

PROSIDING

Seminar Nasional Teknologi,
Kualitas dan Aplikasi

SEMINAR NASIONAL
TEKNOKA
2016

PEMANFAATAN TEKNOLOGI UNTUK INDONESIA BERKEMAJUAN

SABTU, 30 JANUARI 2016
08.30 - 15.30 WIB

Auditorium Ahmad Dahlan
Lt. 6 Kampus UHAMKA
Jl. Tanah Merdeka Kp.Rambutan
Ps. Rebo, Jakarta Timur



KEYNOTE SPEAKER

Dr. Ir. Jumain Appe, M.Si.
Dirjen Penguatan Inovasi Kemeristek Dikti

SPEAKER

Ir. Onno W. Purbo, M.Eng, Ph.D
Pakar Teknologi Informasi Indonesia

Prof. Dr. Ir. Johni Wahyuadi, DEA.
Guru Besar Tetap Bidang Metalurgi Material FTUI

Lingga Wardhana, ST, MBA.
CEO PT. Floatway Systems



PENYELENGGARA : FAKULTAS TEKNIK UHAMKA JAKARTA

Jl. Tanah Merdeka No.6 Kp.Rambutan Ps. Rebo, Jakarta Timur

(021) 8400941 (021) 87782739 teknoka_info@uhamka.ac.id

PROSIDING
SEMINAR NASIONAL
TEKNOLOGI, KUALITAS, DAN APLIKASI
[TEKNOKA]
2016

“PEMANFAATAN TEKNOLOGI
UNTUK INDONESIA
BERKEMAJUAN”

**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL
TEKNOLOGI, KUALITAS, DAN APLIKASI
[TEKNOKA]
2016**

**“PEMANFAATAN TEKNOLOGI
UNTUK INDONESIA
BERKEMAJUAN”**

ISBN: 978-602-73919-0-1

DEWAN PENYUNTING:
Muhammad Mujirudin
Dan Mugisidi
Rifky

DESAIN SAMPUL: Dan Mugisidi

©2016 Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA
Hak cipta dilindungi Undang Undang

Diterbitkan oleh:
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA
Jl. Tanah Merdeka no.6 Kampung Rambutan Ciracas
Jakarta Timur DKI Jakarta 13830
Telepon/Fax.: (021) 8400941/(021)87782739
Website: www.ftuhamka.ac.id
E-mail: ft.uhamka@yahoo.com.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Allah Subhanahuwataala, atas segala rahmat dan hudaiah-Nya yang telah diberikan kepada kita semua, sehingga Alhamdulillah buku Prosiding Seminar Nasional Teknologi "TEKNOKA" yang diselenggarakan oleh Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Prof.DR.HAMKA tanggal 30 Januari 2016 dapat terwujud.

Buku Prosiding ini memuat sejumlah artikel hasil penelitian Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik UHAMKA, Dosen dari Perguruan Tinggi lain, hasil penelitian Kolaboratif antara Dosen dengan Mahasiswa, serta dari peneliti lain. Untuk itu perkenankan kami mengucapkan terimakasih kepada :

1. Rektor Universitas Muhammadiyah Prof.DR.HAMKA yang telah memfasilitasi pelaksanaan seminar ini.
2. Dekan beserta seluruh jajaran Pimpinan Fakultas Teknik UHAMKA, serta Panitia Seminar Nasional Teknologi ini yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya dalam menyukkseskan kegiatan seminar ini.
3. Bapak/Ibu Dosen, Peneliti, dan Mahasiswa yang telah menyumbang artikelnya dalam seminar ini.

Semoga Prosiding ini dapat memberikan Manfaat bagi kita semua, untuk kepentingan pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi, seni dan budaya. Mohon Maaf jika masih banyak terdapat kekurangan baik dalam penyelenggaraan seminar maupun dalam penerbitan Buku Prosiding ini. Saran dan kritik yang membangun tetap kami tunggu demi kesempurnaan Prosiding ini.

Jakarta, Januari 2016

Ketua Panitia,

SUGEMA, ST., M.KOM

PANITIA SEMINAR NASIONAL TEKNOKA 2016

Pengarah:

Prof. Dr. H. Suyatno, M.Pd (Rektor UHAMKA)
Dr. H. Muhdie, M.S. (Wakil I Rektor UHAMKA)
Dr. H. Gunawan Suryoputro, M.Hum. (Wakil II Rektor UHAMKA)

Penanggung Jawab:

Muhammad Mujirudin, S.T., M.T. (Dekan FT UHAMKA)

Ketua:

Sugema, S.Kom., M.Kom

Wakil Ketua:

Dr. Dan Mugisidi, S.T.

Bendahara:

Agus Fikri, S.T., M.M., M.T.

Sekretaris:

Oktarina Heriyani, S.Si, M.T.

Bidang Naskah/Publikasi/Dokumentasi:

Rifky, S.T., M.M.
Dwi Astuti Cahyasiwi, S.T., M.T.
Rosalina, S.T., M.T.
Mia Kamayani, S.Kom., M.Kom
Drs. Arjoni Amir, M.Sc.

Bidang Humas:

Drs. Mohammad Yusuf Djeli, M.M.
P.H. Gunawan, S.T., M.T.
Farida Haryati
Teguh

Bidang Acara:

Emilia Roza, S.T., M.Pd., M.T.
Ir. Mumung Marthasasmita, M.M.
Delvis Agusman, S.T., M.Sc.
Atiqah Meutia Hilda, S.Kom., M.Kom.
Erwin Rizaldi, S.Kom., M.Kom.

Bidang Kesekretariatan

Sanwani
Herman

Elfis
Estu Sinduningrum, S.Kom., M.Kom
Selly Novita, S.Kom., M.Kom.
Junaidi
Margiono
Mulyadi

Lukman Hidayat
Sukirno
Susanto

Bidang TI:

Arry Avorizano, S.Kom., M.Kom.
E. Rizal, S.Kom., M.Kom.
Mohammad Sholeh, S.Kom., M.Kom.
Nuroji
Bahar

DAFTAR ISI

TEKNIK INFORMATIKA

NO	KODE	JUDUL	HALAMAN
1	TI-01	Rancang Bangun <i>Prototype Pengering Padi Otomatis Berbasis Mikrokontroler AT89S52</i> <i>Teguh Hidayat Iskandar Alam</i>	1
2	TI-02	Merancang Konfigurasi IP Address dan Management Bandwidth dengan Metode Queue Simple Menggunakan Mikrotik pada Warnet Mainem Net <i>Aditama Dinulhaki, Gunarwan Prayitno & Emilia Roza</i>	10
3	TI-03	Perancangan <i>Website</i> dengan Inovasi Konten Radio <i>Streaming FISIP UHAMKA</i> <i>Alkautsar Ramadhana, Emilia Roza & Irfan</i>	14
4	TI-04	Perancangan Jaringan Keamanan <i>Virtual Private Network (VPN) Site to Site</i> <i>Chairul Umam, Emilia Roza & Irfan</i>	23
5	TI-05	Optimalisasi Distribusi Informasi Objek dan Daya Tarik Wisata Indonesia Berbasis <i>Augmented Reality</i> Melalui <i>Mobile Computing</i> <i>Ahmad Fajar, Atiqah Meutia Hilda & Endy Syaiful Alim</i>	31
6	TI-06	Perancangan Sistem Informasi <i>Inventory</i> Barang Berbasis <i>Web</i> pada Perusahaan Pergudangan <i>Raden, Atiqah Meutia Hilda & Arry Avorizano</i>	38
7	TI-07	Analisis Beberapa Shopping Cart Gratis untuk Pembuatan Toko Online <i>I Putu Kusuma Negara, Dyah Sukowati & Atiqah Meutia Hilda</i>	49
8	TI-08	Penggunaan Metode Jalur Kritis pada Manajemen Proyek (Studi Kasus: PT. Trend Communications International) <i>Nurvelly Rosanti, Erwin Setiawan & Asti Ayuningtyas</i>	58

TEKNIK ELEKTRO

1	TE-01	Analisa Sistem Kendali Radar Penjejak Pesawat Terbang dengan Metode Root Locus <i>Rosalina</i>	67
2	TE-02	Simulasi Kendali Gerak Longitudinal Pesawat Terbang Menggunakan <i>Instantaneous Linearization</i> Berbasis <i>Neural Network</i> <i>Yulia Kartika, M. Mujirudin & Arjoni Amir</i>	79
3	TE-03	Analisa Interferensi Long Term Evolution terhadap WIFI pada Frekuensi <i>UnliceNsed</i> <i>Enggo Nofriando, Dwi Astuti Cahyasiwi & Endy Sjaiful Alim</i>	87

4	TE-04	Rancang Bangun Antena V-double Dipole pada Frekuensi Kerja LTE (<i>Long Term Evolution</i>) 710 MHz <i>Canty Subastari, Arjoni Amir & Dwi Astuti Cahyasiwi</i>	100
5	TE-05	Rancang Bangun Antena Biquad pada Frekuensi Kerja LTE (<i>Long Term Evolution</i>) 710 MHz <i>Yonard Hanudry Subroto Putra, Emilia Roza & Dwi Astuti Cahyasiwi</i>	112
6	TE-06	Rancang Bangun Sistem Pendingin Mesin Mobil Menggunakan Pengendali Logika Fuzzy <i>Purwanto Priyojtmiko & Akhmad Musafa</i>	121

TEKNIK MESIN

1	TM-01	Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik Sebagai Campuran Bahan Bakar Premium terhadap Prestasi Mesin Sepeda Motor Merk-X <i>Untung Surya Dharma & Dwi Irawan</i>	132
2	TM-02	Pengaruh Pengisian Pasir dan Lilin terhadap Kualitas Pembentukan Batang Silinder Pipa <i>Aep Surahito, Novi Laura & Perdi</i>	140
3	TM-03	Uji Mekanik Material Struktur Aluminium Tangki Reaktor untuk Keandalan Operasionalnya <i>Pancatatva Hesti Gunawan & Sriyono</i>	149
4	TM-04	Pembangunan Pembangkit Listrik Nuklir Menopang Kebutuhan Energi Listrik Nasional <i>Tjipta Suhaemi</i>	162
5	TM-05	Pembuatan Instalasi Air Bersih untuk Daerah Banjir dengan Air Banjir sebagai Air Baku <i>Dan Mugisidi, Oktarina Heriyani & Endy Syaiful Alim</i>	171
6	TM-06	Pengusulan SOP untuk Mengatasi Kemungkinan <i>Not-Go</i> Produk di PT. CP <i>Delvis Agusman & Metasilani</i>	176
7	TM-07	Konsep Desain Tas Pengaman Nasabah Bank Mampu Lacak (Penerapan Teknologi Implating Bag dan <i>APRS</i> [<i>Automatic Position Reporting System</i>] untuk Pengamanan Nasabah Bank) <i>Pancatatva Hesti Gunawan & Rosalina</i>	184
8	TM-08	Pengaruh Temperatur Pendingin Mesin terhadap Kinerja Mesin Induk di KM TRIAKSA <i>Mohammad Yusuf Djeli & Andi Saidah</i>	194
9	TM-09	Pengaruh Karbon Aktif dan Zeolit pada Ph Hasil Filtrasi Air Banjir <i>Oktarina Heriyani & Dan Mugisidi</i>	199
10	TM-10	Analisis Kerusakan Katup pada Mesin Diesel 9 L21/31 (<i>Internal Combustion Engine</i>) <i>Ridwan Usman</i>	203

Rancang Bangun *Prototype* Pengereng Padi Otomatis Berbasis Mikrokontroler AT89S52

Teguh Hidayat Iskandar Alam

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Informatika,
Universitas Muhammadiyah Sorong
Jl. Pendidikan No.27, Kelurahan Klabulu, Distrik Malaimsimsa,
Kota Sorong - Papua Barat
Website: www.um-sorong.ac.id
E-mail: teguhhidayat@gmail.com

Abstrak

Pengeringan padi pasca panen hingga saat ini dilakukan petani dengan metode tradisional yaitu menebarkan dan meratakan padi di bawah sinar matahari dengan tujuan mengurangi kelembaban dan menghindari kemungkinan berkembang biaknya jamur dan bakteri, serta mempermudah pengelupasan kulit padi. Proses ini memakan waktu 1 minggu agar padi yang dihasilkan berkualitas bergantung pada tingkat kecerahan cuaca.

Prototype mesin pengereng padi berbasis mikrokontroler AT89S52 ini dirancang dari segi hardware: mekanisme kelistrikan dan desain mekanik, dan software: perancangan program otomatis dengan tujuan untuk membantu menghemat tenaga petani juga mempersingkat waktu pengeringan padi karena seluruh proses dikerjakan secara otomatis oleh sistem.

Hasil uji coba proses pengeringan dengan prototype pengereng padi otomatis menghasilkan kualitas beras yang terjaga sesuai dengan standar dan mendekati kondisi kelembaban yang sesuai dengan beras normal.

Kata kunci : Pengereng padi, AT89S52, Sensor suhu dan kelembaban SHT-11

1 PENDAHULUAN

Masalah yang sering dihadapi petani adalah bakteri dan jamur yang bertumbuh, hama dan kualitas padi yang kurang baik akibat lembabnya padi yang disimpan didalam gudang karena proses pengeringan padi yang kurang sempurna. Hal tersebut disebabkan oleh terhambatnya proses pengeringan pasca panen dikarenakan cuaca yang kurang mendukung. Petani sangat memanfaatkan tingkat kecerahan matahari untuk menjemur padi dalam proses pengeringan dan dilakukan kurang lebih selama satu minggu untuk mendapatkan hasil pengeringan yang sesuai standar dan berkualitas baik.

Oleh karena itu perlu adanya suatu prototype mesin yang dapat dimanfaatkan oleh petani untuk melakukan proses pengeringan pasca panen untuk menghindari permasalahan yang terjadi diatas

dengan tujuan menghemat waktu dan tenaga petani, dapat dilakukan dalam kondisi cuaca apapun dan kapanpun sehingga petani tidak perlu lagi bergantung penuh pada tingkat kecerahan cuaca karena seluruh proses pengeringan dilakukan oleh sistem secara otomatis.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Perancangan Perangkat Keras

2.1.1 Mikrokontroler AT89S52

Fungsi mikrokontroler pada prototype ini yaitu sebagai pusat pengendali utama dari sistem secara keseluruhan. *Device* ini bekerja selayaknya otak yang memberikan perintah pada seluruh hardware sesuai dengan kegunaanya secara otomatis.

Inputan mikrokontroler diterima dari sensor SHT-11 dan memberikan output untuk mengaktifkan

relay motor AC, *heater*, *blower*, *exhaust fan*, *buzzer* sesuai dengan waktu yang *disetting* pada program.

Mikrokontroler AT89S52 memiliki 32 buah pin I/O, dimana yang terpakai sebanyak 2 pin sebagai input dan output sekaligus dan 17 pin sebagai output.

2.1.2 Modul Relay, Motor AC, Heater, Blower, dan Exhaust fan

Modul relay pada rangkaian ini berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan tegangan AC 220 Volt dengan peralatan elektronika. Modul *relay* ini digunakan untuk mengaktifkan *heater*, menggerakkan *motor* dan *blower* peniup serta penyedot. Pada *modul relay* ini terdapat 4 buah *relay* yang mewakili masing-masing *channel*.

2.1.3 Sensor SHT-11

Sensor SHT-11 adalah sensor suhu dan kelembaban yang berada di dalam 1 IC. Sensor ini memiliki keluaran berupa sinyal digital sesuai dengan perintah yang diberikan oleh mikrokontroler. Keakuratan dari sensor ini $\pm 3,5\%$ untuk akurasi kelembaban dan $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ @ 25°C untuk akurasi suhu.

Adapun spesifikasi hardware sebagai berikut:

1. -40°C hingga $123,8^{\circ}\text{C}$.
2. Akurasi suhu $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pada 25°C .
3. Range Kelembaban 0-100%
4. Akurasi RH absolut $\pm 3,5\%$
5. Faktor bentuk 8 pin DIP – 0,6"
6. Konsumsi daya rendah (tipikal 30uW)
7. Tegangan supply 5 VDC

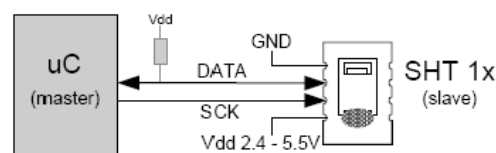
Sensor ini memiliki 8 pin namun pin yang digunakan hanya 4 pin yaitu:

1. Pin 1
Pin ini digunakan untuk transmisi data input maupun output secara serial.
2. Pin 3
Pin ini digunakan sebagai clock generator untuk komunikasi data.
3. Pin 4
Pin ini digunakan sebagai GND.

4. Pin 8

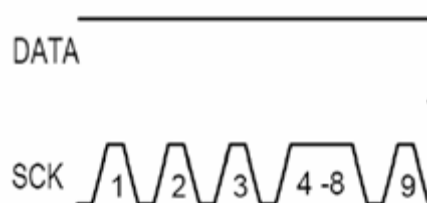
Pin ini digunakan sebagai VCC.

Sensor ini berfungsi sebagai pembaca temperatur dan kelembaban ruangan. Sensor ini menggunakan jalur data *bidirectional* sehingga di dalam penggunaannya dapat menghemat banyak sekali pengalokasian pin mikrokontroler, karena sensor ini hanya menggunakan 2 pin saja yang berfungsi sebagai jalur data dan jalur clock. Rangkaian sensor ini memiliki skematik rangkaian seperti pada gambar 1.



Gambar 1 Skematik rangkaian SHT-11

Pengoperasian sensor ini melalui sinyal yang diprogram secara manual. Untuk memulai setiap transmisi dibutuhkan *transmission reset* yang diikuti oleh *transmission start sequence* yang dapat dilihat pada gambar 2 dan 3.



Gambar 2 Transmission reset



Gambar 3 Transmission start

Pada sensor ini terdapat beberapa perintah yang dapat dijalankan seperti tampak pada tabel 1, dan beberapa *register* untuk *setting* yang lebih lanjut, seperti yang ada pada tabel 2.

Tabel 1 Tabel perintah pada SHT-11

Command	Code
Reserved	0000x
Measure Temperature	00011
Measure Humidity	00101
Read Status Register	00111
Write Status Register	00110
Reserved	0101x-1110x
Soft reset, resets the interface, clears the status register to default values wait minimum 11ms before next command	11110

Tabel 2 Tabel register status pada SHT-11

Bit	Type	Description	Default
7		reserved	0
6	R	End of Battery (low voltage detection) '0' for Vdd > 2.47 '1' for Vdd < 2.47	X No default value, bit is only updated after a measurement.
5		reserved	0
4		reserved	0
3		For Testing only, do not use	0
2	R/W	Heater	0 off
1	R/W	no reload from OTP	0 reload
0	R/W	'1' = 8bit RH / 12bit Temperature resolution '0' = 12bit RH / 14bit Temperature resolution	0 12bit RH 14bit Temp.

Pada pengukuran suhu maupun kelembaban, mikrokontroler hanya meminta dengan memberikan alamat SHT-11, yaitu "000", kemudian diikuti dengan perintah yang diinginkan. Sebagai contoh apabila ingin mengukur kelembaban relatif maka mikrokontroler mengirimkan "000" yang diikuti oleh "000101".

Kemudian mikrokontroler menunggu hasil pengukuran selama waktu yang dibutuhkan. Lama waktu yang dibutuhkan untuk setiap pengukuran bervariasi tergantung resolusi pengukuran yang diminta.

Untuk resolusi 8 bit membutuhkan waktu 11 ms, sedangkan untuk resolusi 12 bit membutuhkan waktu 55ms, dan untuk resolusi 14 bit membutuhkan waktu hingga 210ms. Semakin tinggi resolusi, semakin akurat pula pengukuran yang dihasilkan. Pengukuran selesai ditandai dengan SHT-11 me-Low-kan jalur data.

[Dimas-Lucky, 2009: 30]

2.1.4 Kelembaban Relatif Pengeringan

Kelembaban relatif di dalam pengeringan sangat penting diperhatikan melihat kandungan air yang berada dalam padi saat dipanen masih cukup besar yaitu sekitar 25% bahkan lebih. Proses pemanasan dengan *heater* sangat erat hubungannya dengan kelembaban padi. Apabila suhu semakin tinggi di dalam mesin pengering maka kelembaban akan semakin menurun begitupun sebaliknya.

Kelembaban yang baik untuk padi berkisar antara 13%-14% dimana kelembaban ini akan diperoleh dalam suhu yang tepat pada proses pengeringan. Suhu pada mesin haruslah konstan dan diatur agar kadar air di dalam padi semakin berkurang. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan hasil beras yang baik. Ada dua hal yang harus dihindari dalam proses pengeringan padi yaitu:

Pengaruh kelembaban terlalu tinggi:

1. Padi akan lembab dan sulit untuk menguap
2. Pertumbuhan hama padi serta jamur semakin cepat
3. Menurunkan kualitas beras setelah digiling
4. Pengaruh kelembaban terlalu rendah:
5. Padi akan menjadi sangat kering dan retak
6. Saat dilakukan penggilingan maka padi akan pecah-pecah dan retak
7. Beras akan menjadi sangat keras dan tidak utuh secara fisik yang mengakibatkan penurunan kualitas dari beras tersebut.

[Noble - Andrizal, 2003: 8]

Suhu ruangan yang dipakai dalam proses pengeringan dengan menggunakan mesin pengering padi ini adalah antara 53° Celcius sampai dengan 54° Celcius. Temperatur ini harus dipertahankan agar kadar air yang terdapat dalam padi akan terus berkurang sehingga bisa didapatkan kelembaban ideal padi yaitu kurang lebih antara 13% sampai dengan 14%. Sehingga padi tidak mudah retak dan juga tidak mengandung kadar air yang berlebihan.

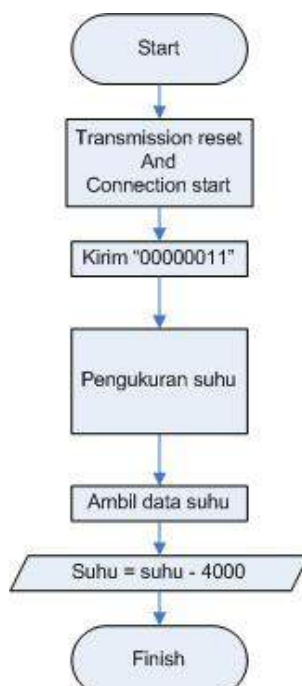
Untuk mencapai suhu tersebut maka dalam mesin pengering ini diberikan *heater* sebagai pemanas untuk menjaga kestabilan suhu dalam proses pengeringan.

3 PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Pemrograman yang digunakan sebagai otomatisasi sistem adalah pemrograman "C" yang *dcompile* menggunakan aplikasi Franklin ProView32 sehingga menghasilkan file .HEX yang akan dimasukkan ke dalam mikrokontroler melalui aplikasi ISP Programmer.

1.1 Proses Cek Suhu

Pada proses ini mikrokontroler melakukan pembacaan suhu, dimulai dari menulis alamat sensor dan diikuti oleh perintah yang ingin dijalankan. Diagram alirnya dapat dilihat pada gambar 4.

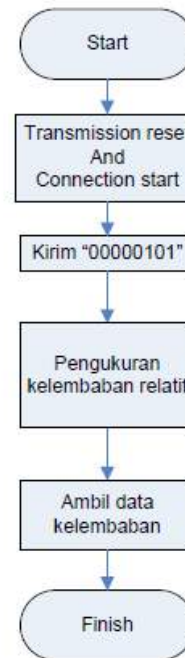


Gambar 4 Diagram alir pembacaan suhu

3.2 Proses Cek Kelembaban

Pada proses ini mikrokontroler melakukan pembacaan suhu, dimulai dari menulis alamat sensor

dan diikuti oleh perintah yang ingin dijalankan. Diagram alirnya dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Diagram alir cek kelembaban

3.2.1 Blower

Blower digunakan sebagai pengatur sirkulasi udara dan penjaga kestabilan kelembaban di dalam mesin pengering padi agar udara dan kelembaban di dalam mesin memiliki sirkulasi yg tepat dan *blower* juga memiliki fungsi lainnya yaitu sebagai *exhaust fan*.

3.2.2 Buzzer

Buzzer digunakan sebagai indikator pada mesin pengering padi ini. *Buzzer* akan berfungsi saat kondisi pada program yang dibuat telah terpenuhi. Rangkaian penggerak *buzzer* menggunakan transistor PNP. Transistor berfungsi sebagai saklar, transistor bekerja bila basis mendapat tegangan yang rendah (aktif low). Pemilihan penggerak *buzzer* aktif low disesuaikan dengan mikrokontroler, saat mikrokontroler aktif maka semua port dalam keadaan tinggi (high). Dengan aktif low maka saat reset tidak adanya bunyi yang dihasilkan *buzzer*.

3.2.3 LCD 16 x 2

LCD 16 x 2 digunakan sebagai tampilan dari mikrokontroler. LCD memiliki 16 pin dengan informasi sebagai berikut:

Tabel 3 Deskripsi pin LCD

Pin	Deskripsi
1	VCC
2	GND
3	Tegangan kontras LCD
4	Register select, 0 = Register Command, 1 = Register Data
5	1 = Read, 0 = Write
6	Enable Clock LCD
7	Data Bus 0
8	Data Bus 1
9	Data Bus 2
10	Data Bus 3
11	Data Bus 4
12	Data Bus 5
13	Data Bus 6
14	Data Bus 7
15	Tegangan positif backlight
16	Tegangan negatif backlight

Interface LCD merupakan sebuah *parallel bus*, di mana hal ini sangat memudahkan dan sangat cepat dalam pembacaan dan penulisan data dari atau ke LCD. Kode ASCII yang ditampilkan sepanjang 8 bit dikirim ke LCD secara 4 atau 8 bit pada satu waktu. LCD dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 6.



Gambar 6 Interface Modul LCD 16 x 2

Display karakter pada LCD diatur oleh pin EN, RS dan RW sebagai berikut:

1. Jalur EN dinamakan *Enable*. Jalur ini digunakan untuk memberitahu LCD bahwa anda sedang mengirimkan sebuah data. Untuk mengirimkan data ke LCD, maka melalui program EN harus dibuat logika low "0" dan set pada dua jalur kontrol yang lain RS dan RW. Ketika dua jalur yang lain telah siap, set EN dengan logika "1" dan tunggu untuk sejumlah waktu tertentu (sesuai dengan datasheet dari LCD tersebut) dan berikutnya set EN ke logika low "0" lagi.
2. Jalur RS adalah jalur *Register Select*. Ketika RS berlogika low "0", data akan dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti clear screen, posisi kursor dll). Ketika RS berlogika high "1", data yang dikirim adalah data text yang akan ditampilkan pada display LCD. Sebagai contoh, untuk menampilkan huruf "T" pada layar LCD maka RS harus diset logika high "1".
3. Jalur RW adalah jalur kontrol Read/Write. Ketika RW berlogika low (0), maka informasi pada bus data akan dituliskan pada layar LCD. Ketika RW berlogika high "1", maka program akan melakukan pembacaan memori dari LCD. Sedangkan pada aplikasi umum pin RW selalu diberi logika low "0". Untuk konfigurasi dari Pin LCD dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4 Pin dan fungsinya pada LCD

Pin	Fungsi
1	Ground
2	VCC
3	Pengatur Kontras
4	"RS" Instruction/Register Select
5	"R/W" Read/Write LCD Registers
6	"EN" Enable clock
7-14	Data I/O Pins

(Dimas-Lucky, 2009: 36)

3.2.4 Motor AC

Berdasarkan karakteristik dari arus listrik yang mengalir, motor AC (Alternating Current, Arus Bolak-balik) terdiri dari 2 jenis, yaitu:

1. Motor listrik AC / arus bolak-balik 1 fasa
2. Motor listrik AC / arus bolak-balik 3 fasa

Pembahasan dalam artikel kali ini di titik beratkan pada motor listrik AC 1 fasa, yaitu motor kapasitor

Motor AC satu fasa berbeda cara kerjanya dengan motor AC tiga fasa, dimana pada motor AC tiga fasa untuk belitan statornya terdapat tiga belitan yang menghasilkan medan putar dan pada rotor sangkar terjadi induksi dan interaksi torsi yang menghasilkan putaran. Sedangkan pada motor satu fasa memiliki dua belitan stator, yaitu belitan fasa utama (belitan U1-U2) dan belitan fasa bantu

3.2.5 Tubular Heater

Adalah jenis pemanas elektrik yang paling umum dan merupakan tipe dasar untuk membuat elemen pemanas lain (cast-in, immersion, finned, radiant). *Tubular heater* memiliki banyak kegunaan, bentuk, dan tipe pipa. Tipe pipa yang tersedia: - Titanium - Incoloy (825, 800) - Stainless Steel (seamless, welded) – Tembaga. *Tubular heater* kegunaannya adalah untuk memanaskan zat padat dan zat cair.

1. Zat padat: direkatkan pada dies, moulds, heat sealing tools, dll.
2. Zat cair: air, minyak, plating, aspal, garam, wax, parafin, dll.

3.3 Metode

3.3.1 Tahap pertama

Perancangan diawali dengan melakukan pra penelitian dan pra uji coba yaitu melakukan wawancara pada para petani mengenai lama waktu, tata cara dan proses pengeringan padi secara konvensional setelah panen.

Kemudian mengambil sampel padi pasca panen dan sampel padi hasil pengeringan petani secara

konvensional untuk di uji coba pada laboratorium bahan pangan agar diketahui kadar kelembaban guna proses penyesuaian standar kelembaban pada padi hasil uji coba dengan prototype pengering padi.

3.3.2 Tahap kedua

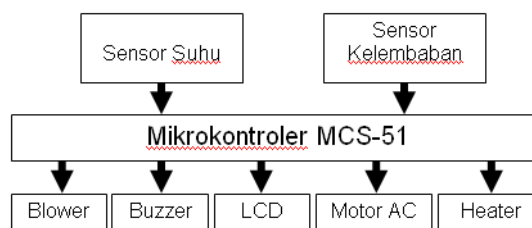
Mendesain perangkat keras yaitu mekanisme kelistrikan dan desain mekanik yang akan digunakan serta mendesain perangkat lunak yaitu perancangan program otomatisasi sistem.

3.3.3 Tahap ketiga

Melakukan uji coba padi pasca panen pada prototype untuk melihat tingkat kesalahan dan *error* dan direvisi dan dicocokkan dengan standar kelembaban hasil uji coba laboratorium bahan pangan untuk disesuaikan pada hardware dan software sehingga mendapatkan hasil yang sinkron dengan standar kelembaban beras normal.

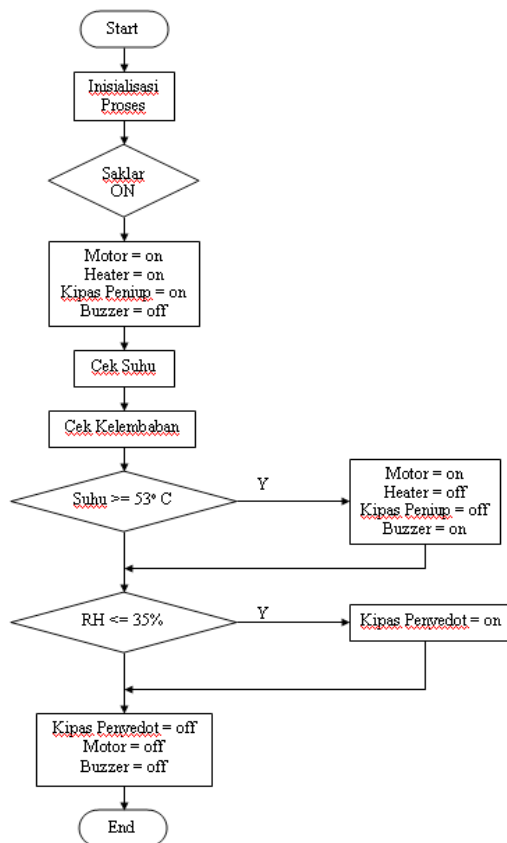
Padi hasil proses pengeringan prototype pengering padi tersebut kemudian diuji coba kembali pada laboratorium bahan pangan untuk dicocokkan dengan hasil pengeringan secara konvensional dan juga mencocokkan kualitas beras dari segi standar kelembaban yang berlaku pada beras normal yaitu sebesar 14%.

Secara garis besar keseluruhan sistem pada prototype digambarkan sesuai dengan blok diagram pada gambar 6



Gambar 6 Blok diagram sistem keseluruhan

serta alur *flowchart* uji coba prototype pengering padi pada gambar 7.



Gambar 7 Flowchart uji coba prototype pengering padi

Berikut ini merupakan spesifikasi dari prototype pengering padi:

1. Alat ini dioperasikan dengan menggunakan tombol.
2. Terdapat pemanas ruangan berupa *heater* 300 watt 220 VAC.
3. Terdapat *blower* sebagai peniup *heater* dan *exhaust fan* sebagai pengatur sirkulasi udara.
4. Dilengkapi dengan motor AC sebagai pemutar silinder mesin pengering padi.
5. Selama proses pengeringan padi, suhu yang dibutuhkan adalah berkisar antara 53° C – 54° C dengan kelembaban antara 35% - 36%, hal ini dilakukan dengan maksud untuk mendapatkan padi dengan hasil yang baik yaitu sekitar 14%, agar

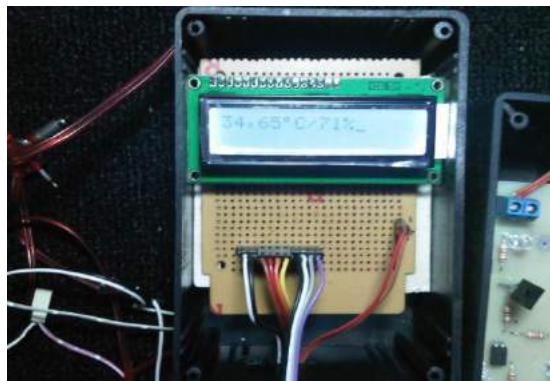
padi tidak terlalu kering dan juga tidak terlalu mengandung banyak kadar air yang mengakibatkan tingkat kelembaban menjadi tinggi.

4 HASIL UJI DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Sistem

4.1.1. Pengujian LCD

Pengujian ini dilakukan untuk mengecek pemberi informasi yaitu LCD kepada para pengguna dari apa yang telah didapat dari proses pengeringan otomatis oleh sistem. Hasil tampilan dari pengujian ini dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8 Hasil pembacaan pada LCD

4.1.2. Pengujian SHT-11

Pengujian ini dilakukan pada tabung ruang mesin pengering ketika mesin ini diuji coba. Hasil pengukuran suhu dan kelembaban ruangan dapat dilihat pada tabel 3. Sensor diuji dengan mencocokkan nilai pada display LCD dengan termometer ruangan dan juga termometer badan.

Seluruh program uji temperatur maupun kelembaban menggunakan program uji terlampir. Mula-mula secara manual kita berikan inputan berupa panas serta kelembaban, kemudian sensor mengirimkan data tersebut pada mikrokontroler yang kemudian mengolah pada program yang didownload untuk memberikan output kepada rangkaian yang dituju. Hasil yang diperoleh untuk termometer ruangan dan badan dibulatkan nilainya

sehingga perbandingan dengan sensor SHT-11 kurang lebih dapat terlihat. Untuk pengambilan data dari sensor SHT-11 dan termometer kami mengambil data per 20 detik dengan *monitoring* menggunakan *stopwatch*.

Tabel 5 Pengujian perbandingan SHT-11 dan termometer

No	Sensor SHT-11	Termometer Ruangan	Termometer Badan
1	32,11	32	-
2	32,43	32	-
3	32,72	32	-
4	33,22	32	-
5	33,71	33	-
6	34,13	33	-
7	34,60	33	-
8	35,27	33	-
9	35,81	34	-
10	36,25	34	-
11	36,63	34	35
12	37,10	34	35
13	37,54	34	36
14	38,00	34	37
15	38,46	35	39
16	39,28	35	39
17	39,98	36	40
18	40,25	36	41
19	40,60	37	-
20	40,99	37	-
21	41,68	37	-
22	41,93	38	-
23	42,51	38	-
24	42,73	38	-
25	43,01	39	-
26	43,43	39	-
27	43,85	40	-

4.1.3 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pada kondisi awal suhu 32,11°C dan kelembaban kurang lebih 79% maka bagian-bagian yang aktif yaitu motor AC, *heater*, *blower*.

Setelah SHT-11 membaca suhu pada kondisi 53° C, maka *blower* dan *heater* serta *motor AC* akan tetap bergerak selama 10 detik dibarengi dengan bunyi dari *buzzer* selama 3 detik yang menandakan bahwa kondisi 53° C telah tercapai.

Setelah 10 detik maka *blower*, *heater* akan mati dan motor tetap menyala dan pengkondisian akan dilakukan yaitu dengan mengecek apabila kelembaban mencapai 35% maka yang akan aktif *exhaust fan* dan *buzzer* mati. Setelah 1 menit maka seluruh sistem akan dinonaktifkan.

Pengujian untuk tabel berikut selain menguji sistem secara keseluruhan, pengujian ini juga berguna untuk informasi tentang pengujian kelembaban ideal padi.

Tabel 6 Hasil pengujian sistem keseluruhan

No.	Time (menit)	Input		Output				
		Suhu (°C)	RH (%)	Motor AC	Heater	Blower	Exhaust	Buzzer
1	10.00	40,11	60	ON	ON	ON	OFF	OFF
2	20.00	46,88	49	ON	ON	ON	OFF	OFF
3	30.00	50,49	42	ON	ON	ON	OFF	OFF
4	40.00	53,00	36	ON	ON	ON	OFF	ON
5	45.00	54,22	35	OFF	OFF	OFF	ON	OFF

4.1.4 Pengujian Kelembaban Padi

Sampel yang diambil yaitu sebesar 500 gram atau 0,5 kg untuk setiap 10 menit selama 40 menit. Hasil perbandingan dari tabel 5 menunjukkan bahwa error perbandingan dari pengukuran dengan menggunakan SHT-11 dan Dole 400 cukup besar, sehingga SHT-11 dirasa belum cocok untuk tingkat pengukuran kadar air pada padi.

Dari hasil yang diperoleh diketahui bahwa tingkat kelembaban padi masih cukup tinggi untuk dikatakan ideal, karena padi yang ideal memiliki kelembaban sekitar 13-14 %, oleh karena itu dibutuhkan waktu yang lebih untuk proses pengeringan.

Tabel 7 Perbandingan hasil kelembaban SHT-11 dengan Dole 400

No	Sampel	Hasil Kelembaban (SHT-11)	Hasil Kelembaban (Dole 400)	Waktu Pengambilan (menit)	Error Perbandingan
1	1	92 %	24,8 %	10.00	67,2%
2	2	91 %	24,2 %	20.00	66,8%
3	3	91 %	23,8 %	30.00	67,2%
4	4	90 %	22,2 %	40.00	67,8%

5 SIMPULAN

Pengujian prototipe menghasilkan kualitas padi yang tidak jauh berbeda dengan hasil pengeringan secara konvensional oleh petani, terlihat pada pengujian hasil padi dengan metode konvensional dan hasil padi dengan prototipe pengering padi. Padi yang terlalu kering akan mengalami keretakan karena proses pengeringan yang tidak merata dan padi yang terlalu lembab akan rusak saat dilakukan proses pemisahan beras dan kulitnya. Disamping itu *Minimum system* dapat dikatakan bekerja dengan baik apabila menu *signature*, *open file*, dan *write* dapat berhasil dikerjakan dan setiap tegangan

keluaran yang dihasilkan tiap *pin* pada *port-port* berkisar antara 0 V sampai dengan 5 V. Begitu pula dengan Pin-pin pada LCD yang digunakan adalah pin 4, 5, 6, 11, 12, 13, 14. Konfigurasi pin-pin dengan mikrokontroler yang terhubung dengan baik akan memberikan informasi data yang baik pula. Pengujian sensor dengan mencocokkan nilai pada display LCD dengan termometer ruangan dan juga termometer badan sangat baik dilakukan untuk mengetahui perbandingan nilai antara pembacaan sensor SHT-11 dan juga termometer.

KEPUSTAKAAN

- [1] Datasheet AT89S52, diakses 20 Desember 2009. URL www.keil.com/dd/docs/datashts/atmel/at89s52_ds.pdf.
- [2] Datasheet SHT11, diakses 01 Oktober 2009 URL http://www.sensirion.com/en/pdf/product_information/Datasheet-humidity-sensor-SHT1x.pdf.
- [3] Direktorat Pengolahan dan Pemasaran Hasil Tanaman Pangan, 2003, *Teknologi Pengeringan Padi*. Jakarta: Departemen Pertanian.
- [4] Hartono, J, 2002, *Konsep Dasar Pemrograman Bahasa C*, Yogyakarta: ANDI.
- [5] Nalwan, Paulus Andi, 2003, *Panduan Praktis Teknik Antarmuka dan Pemrograman Mikrokontroler AT89C51*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- [6] Usman, 2008, *Teknik Antarmuka + Pemrograman Mikrokontroler AT89S52*, Yogyakarta: ANDI.

Merancang Konfigurasi IP Address dan Management Bandwidth dengan Metode Queue Simple Menggunakan Mikrotik pada Warnet Mainem Net

Aditama Dinulhaki¹⁾, Emilia Roza²⁾, Gunarwan Prayitno³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Informatika, Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

Jalan Tanah Merdeka No. 6 Kampung Rambutan Ciracas, Jakarta Timur DKI Jakarta 13830

Telp: (021) 8400941, Fax: (021) 87782739

Abstrak

Semakin banyaknya pengguna jasa internet pada warnet, maka akan semakin banyak problem yang di timbulkan disebabkan IP Address yang selalu berubah-ubah pada satu Personal Computer (PC) dengan bergantinya pengguna PC tersebut sehingga admin kesulitan dalam mengontrol pemakaian dan adanya satu atau lebih client yang menghabiskan kapasitas bandwidth yang menyebabkan pengguna jasa internet yang lain mengeluh tentang lambatnya kecepatan internet yang sedang di gunakan. Oleh karena itu, perlu adanya tambahan mikrotik pada topologi jaringan agar konfigurasi IP Address tidak berubah-ubah lagi dan pembagian bandwidth terdistribusi merata pada setiap PC yang digunakan pada Warnet Mainem Net. Hal ini akan dapat memberikan kemudahan dalam mengontrol pemakaian di setiap PC dan pengguna akan mendapatkan distribusi bandwidth yang sama.

Kata kunci : IP Address, Bandwidth, MikroTik

1 PENDAHULUAN

Warnet Mainem Net dalam proses penyewaan jasa internet belum menggunakan Mikrotik. Masalah yang di timbulkan adalah *Internet Protocol (IP) Address* yang digunakan pada satu urut *Personal Computer (PC)* selalu berubah-ubah sehingga admin mengalami kesulitan dalam mengontrol penggunaan *bandwidth* per PC. Jika ada satu PC yang menggunakan *bandwidth* besar mengakibatkan PC yang lain akan mengalami lambatnya kecepatan internet yang digunakan.

Semakin banyaknya pengguna jasa internet pada warnet akan semakin banyak problem yang akan ditimbulkan jika tidak segera diatasi. Oleh karena itu, perlu adanya langkah agar IP address yang digunakan tidak berubah-ubah dan pembagian bandwidth per PC dapat terdistribusi dengan baik dengan adanya management dalam pendistribusiannya.

Berdasarkan permasalahan di atas maka akan dilakukan Konfigurasi IP Address dan

Management Bandwidth dengan Metode Queue Simple Menggunakan Mikrotik Pada Warnet Mainem Net.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Mikrotik

Mikrotik dikenal luas sebagai router. adalah sebuah perangkat yang berfungsi untuk meneruskan paket-paket dari sebuah *network* ke *network* yang lain sehingga *host-host* yang ada pada sebuah *network* bisa berkomunikasi dengan *host-host* pada *network* yang lain .

2.2 Bandwidth Management

Bandwidth adalah besaran yang menunjukan berapa banyak data yang dapat dilewatkan dalam koneksi melalui sebuah jaringan. *Bandwidth* menunjukan total jarak atau kisaran antara tinggi rendahnya sinyal pada saluran komunikasi. Dalam jaringan komputer *bandwidth* digunakan sebagai data transfer yaitu jumlah data yang dibawa dari

salah satu titik ke titik lain dengan jangka waktu tertentu. Jenis *bandwidth* biasanya diukur dalam bps (*bits per second*), adakalanya dinyatakan juga dalam Bps (*Bytes per second*).

Management bandwidth adalah suatu alat yang digunakan untuk mengoptimalkan berbagai jenis jaringan dengan menerapkan *Quality of Service* (QoS) untuk menetapkan tipe-tipe lalu lintas jaringan dalam menggambarkan suatu tingkat pencapaian dalam suatu komunikasi data.

Management bandwidth memberikan kemampuan mengatur suatu *bandwidth* jaringan dan memberikan level layanan sesuai dengan kebutuhan dan prioritas sesuai dengan permintaan.

2.3 Internet Protocol (IP) ADDRESS

Alamat IP (*Internet Protocol Address* atau sering disingkat IP) adalah deretan angka biner antara 32 bit sampai 128 bit yang dipakai sebagai alamat identifikasi untuk tiap komputer host dalam jaringan Internet. Panjang dari angka ini adalah 32 bit (untuk IPv4 atau IP versi 4), dan 128 bit (untuk IPv6 atau IP versi 6) yang menunjukkan alamat dari komputer tersebut pada jaringan Internet berbasis TCP/IP.

Secara logika, Internet merupakan suatu network besar yang terdiri dari berbagai sub network yang terintegrasi. Oleh karena itu, suatu IP Address harus bersifat unik untuk seluruh dunia. Tidak boleh ada satu IP Address yang sama dipakai oleh dua host yang berbeda.

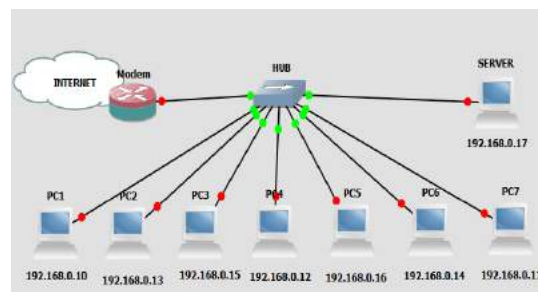
2 METODOLOGI PENELITIAN

Proses pengumpulan data ini dilakukan dengan tiga cara yaitu wawancara, observasi, dan studi literature

Dari hasil observasi dan informasi dari pemilik Mainem Net, sistem yang sedang berjalan adalah sebagai berikut:

1. Mainem Net menggunakan *router* dan *hub* sebagai penghubung antar computer.
2. Satu unit server yang berfungsi sebagai *billing*.
3. 7 unit komputer *client*.
4. 1 unit *router modem* dengan tipe CISCO DPC2320
5. 1 unit *hub* dengan tipe TP-LINK TL-SF1016D

Dengan Topologi jaringannya seperti gambar di bawah ini



Gambar 1 Topologi Jaringan Mainem Net

Data yang di temukan pada warnet Mainem Net:

1. Adanya satu atau lebih client yang menghabiskan kapasitas *bandwidth*.
2. Kesulitan operator warnet pada saat akan memindahkan client dari komputer 1 ke komputer yang lain.
3. Kesulitan pada saat pembayaran jika ada 2 client yang *billing* (waktu penggunaan warnet) habis bersamaan.

Dari data di atas peneliti dapat menyimpulkan bahwa warnet Mainem Net mempunyai masalah pada IP Address yang selalu berubah-ubah pada PC yang sama dan kecepatan internet yang tidak terbagi rata. Untuk mengatasi permasalahan yang terdapat pada warnet Mainem Net, peneliti mengusulkan pemasangan MikroTik sebagai solusi agar konfigurasi *IP Address* PC tidak berubah-

ubah dan dapat *management bandwidth* yang digunakan.

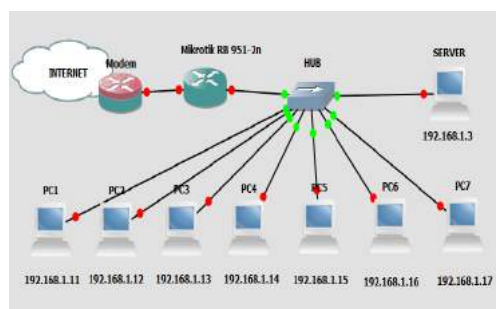
Mikrotik di pasang pada modem, dari modem lalu terhubung pada *HUB* yang nantinya terhubung pada semua *client*. Dalam perancangan perangkat yang digunakan adalah *router* Mikrotik RB 951-2n dan software untuk melakukan konfigurasi pada router MikroTik RB951-2n yaitu WinBox versi 3.RC6 sebagai aplikasi untuk konfigurasi.

Setelah selesai pemasangan maka dilakukan uji coba limitasi *bandwidth*. Apabila limitasi yang dilakukan tidak sesuai dengan perancangan maka akan dilakukan konfigurasi ulang pada komputer *server*.

Setelah didapatkan hasil yang terbaik maka akan dilakukan perbandingan antara *bandwidth* sebelum menggunakan mikrotik dan sesudah menggunakan mikrotik. Jika konfigurasi dan uji evaluasi telah berjalan sesuai dengan tahap perancangan maka topologi jaringan baru berbasis mikrotik telah berjalan.

4 PERANCANGAN

Dalam mengatasi masalah tersebut lalu peneliti membuat topologi jaringan warnet yang sudah menggunakan Mikrotik RB 951-2n seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2 Topologi Jaringan Baru Mainem Net

Langkah-langkah dalam perancangan

- a. Instalasi Winbox pada Server
Peneliti menggunakan Winbox di banding

dengan yang mengkonfigurasi langsung lewat mode CLI (*Command Line Interface*) agar pengerjaannya menjadi lebih simple & mudah.

- b. Implementasi MikroTik dengan Winbox terhadap Server

Dilakukan beberapa langkah dalam melakukan implementasi terhadap jaringan berbasis mikrotik pada warnet Mainem Net yang meliputi konfigurasi *router* Mikrotik RB851-2n menggunakan aplikasi *WinBox*.

1. Login Winbox
2. Pengaturan Interface
3. Konfigurasi *IP Address*
4. Setting NAT

- c. Management Bandwidth dengan Metode *Queue Simple*

Dalam penelitian ini *management bandwidth* yang digunakan adalah metode *queue simple*. Hal ini di karenakan warnet adalah jaringan dengan skala kecil yang menggunakan 1 server dan 7 PC client.

Jaringan pada warnet Mainem Net ditetapkan kecepatan akses *internet* memiliki *bandwidth* 6Mbps dengan pembagian untuk *upstream* 1 Mbps dan *downstream* 1 Mbps. Karena adanya masalah yang sudah dijelaskan didepan maka perlunya di lakukan *management bandwidth*.

- d. Konfigurasi IP Address untuk Client
Konfigurasi IP Address di lakukan static. Hal ini di lakukan agar semua PC dapat terhubung ke internet dan tidak berubahnya IP Address saat server dinyalakan.

5 HASIL KONFIGURASI

Hasil uji *management bandwidth* dengan cara mendownload suatu program di peroleh "*Transfer Rate*" atau kecepatan internet sebelum menggunakan Mikrotik pada saat download adalah 665,467 KB/sec. Kecepatan internet atau "*Transfer Rate*" setelah menggunakan Mikrotik adalah 129,393 KB/sec.

Sebelum Pemasangan Mikrotik	Sesudah Pemasangan Mikrotik
Kecepatan <i>download</i> yang tidak teratur pada setiap <i>client</i> -nya.	Kecepatan <i>download</i> memiliki <i>bandwidth</i> yang sama pada setiap <i>client</i> -nya
Terganggunya kecepatan internet <i>client</i> lain saat ada <i>client</i> yang melakukan <i>download</i> file, <i>streaming</i> video dan bermain game online.	Tidak ada <i>client</i> yang mengganggu kecepatan internetnya saat ada <i>client</i> yang melakukan <i>download</i> file, <i>streaming</i> video dan bermain game online.
IP <i>address</i> setiap <i>client</i> tidak sesuai dengan nomor urut computer	IP <i>address</i> setiap <i>client</i> sesuai dengan nomor urut computer

Setelah dilakukan uji coba pada topologi jaringan yang baru dapat dilihat hasil bahwa setelah ditambahkan dengan mikrotik admin sudah dapat mengatasi kesulitan yang sebelumnya terjadi. Berikut hasil perbandingan kinerja jaringan sebelum dan sesudah menggunakan mikrotik

6 SIMPULAN

1. Pengembangan jaringan baru menggunakan mikrotik dengan metode *queue simple* dapat berfungsi dengan baik pada proses manajemen *bandwidth* dan konfigurasi IP Address.
2. Setiap kali menyalakan modem dan PC server setiap harinya, IP *address* sudah teratur dan sudah tidak berubah-ubah.
3. Hasil uji *managementbandwidth* mendownload suatu program “*Transfer Rate*” setelah menggunakan Mikrotik adalah 129,393 KB/sec. < sebelum menggunakan Mikrotik 665,467 KB/sec.
4. Pada saat komputer lain mati, komputer yang sedang hidup akan mendapatkan alokasi *bandwidth* tertinggi (MIR). Namun jika semua komputer hidup, maka akan mendapatkan alokasi *bandwidth* terendah (CIR).

KEPUSTAKAAN

- [1] Athailah. 2013. *MikroTik untuk Pemula*. Jakarta : MediaKita.
- [2] Nur Aditya, Alan. 2011. *30 Menit Mahir Membuat Jaringan Komputer*. Jakarta: Dunia Komputer.
- [3] Odom, Wendell 2004. *Computer Networking First-Step*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- [5] Sofana, Iwan. 2013. *Membangun Jaringan Komputer*. Bandung: Informatika Bandung.
- [6] Towidjojo, Rendra. 2013. *Mikrotik Kung Fu kitab 1*. Jakarta: Jasakom.
- [7] Towidjojo, Rendra. 2013. *Mikrotik Kung Fu kitab 3*. Jakarta: Jasakom.

Perancangan Website dengan Inovasi Konten Radio Streaming FISIP UHAMKA

Alkautsar Ramadhana¹⁾, Emilia Roza²⁾ & Irfan³⁾

^{1,2,3)}Fakultas Teknik Program Studi Informatika

Universitas Muhammadiyah Prof DR HAMKA

Jl. Tanah Merdeka no.6 Kampung Rambutan Ciracas Jakarta Timur DKI Jakarta 13830

Telp: (021) 8400941, Fax. (021) 87782739

alkautsar_r@hotmail.com

Abstrak

Radio komersial dan radio komunitas di perguruan tinggi berkembang pesat di wilayah Jakarta. Demikian juga radio-radio streaming bertebaran di dunia maya, tetapi tidak banyak radio streaming yang berkonten pendidikan. FISIP UHAMKA salah satu lembaga pendidikan yang memiliki radio komunitas bernama SUARA UHAMKA FM yang bersiaran pada 107.7 fm dengan jangkauan 2,5 kilometer; berarti jangkauannya sangat terbatas. Untuk memperkuat jangkauan dan meningkatkan kemampuan penyampaian informasi dalam kapasitas maupun frekuensi, sangat baik jika memanfaatkan radio streaming. Akan lebih baik radio streaming tersebut ditempatkan ke dalam konten website yang bertema pendidikan. Oleh karena itu peneliti mengusulkan perancangan website dengan konten radio streaming, dimana website tidak hanya menyajikan live streaming radio tetapi rekaman materi siaran juga. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menyebarluaskan informasi dan materi pendidikan dan informasi yang disiarkan sampai kepada masyarakat luas selama terkoneksi dengan internet.

Kata Kunci: Website, Radio, Streaming.

1 PENDAHULUAN

Website dapat diartikan sebagai kumpulan halaman-halaman yang dapat diakses dari browser. Halaman yang digunakan untuk menampilkan informasi, gambar gerak, suara, dan atau gabungan dari semuanya itu baik yang bersifat statis maupun dinamis. Dalam dunia pendidikan website sangat tepat untuk menjadi sarana media pembelajaran apabila diberikan konten radio streaming, karena sangat jarang website lembaga pendidikan yang berkonten radio streaming padahal dalam menyebarluaskan materi pendidikan cukup bagus melalui streaming.

Fakultas FISIP UHAMKA mempunyai radio komunitas yang bernama SUARA UHAMKA FM. Radio ini bersiaran pada frekuensi 107,7 fm dengan jangkauan 2,5 KM menggunakan radio modulasi.

Untuk mendukung radio modulasi dalam segi jangkauan dapat memanfaatkan radio streaming melalui media website.

Oleh karena itu radio FISIP UHAMKA perlu menerapkan website yang memiliki konten radio streaming dalam penyiarannya sehingga penyebaran informasi lebih luas. Sistem yang dipilih yaitu menggunakan media online berbasis web. Pemilihan media web ini karena dapat diakses kapan saja menggunakan perangkat desktop atau perangkat mobile dan dapat diakses dimana saja asalkan terhubung dengan internet.

2 DASAR TEORI

2.1 Perancangan

Pengertian desain sistem menurut, Robert J. Verzello, John Reuter III yaitu "Tahap setelah analisis

dari siklus pengembangan sistem: pendefinisian dari kebutuhan-kebutuhan fungsional dan persiapan untuk rancang bangun implementasi; menggambarkan bagaimana suatu sistem dibentuk”.

2.2 Konsep Dasar Web Portal

Web portal adalah situs web yang menyediakan kemampuan tertentu yang dibuat sedemikian rupa mencoba menuruti selera para pengunjungnya. Web portal merupakan sistem informasi berbasis web yang menyediakan informasi serta akses ke beberapa fitur sistem lain. Portal yang lebih spesifik adalah penyediaan kandungan informasi yang dapat diakses menggunakan beragam perangkat, misalnya komputer pribadi, komputer jinjing (*notebook*), PDA (*Personal Digital Assistant*) atau bahkan telepon genggam.

Web portal merupakan media untuk mengakses informasi dari internet, berbeda dengan blog, portal menyediakan beragam layanan/aplikasi seperti *email*, berita, info harga, hiburan, dan lain-lain.

2.3 Pemrograman Web

Ada 2 kategori dalam pemrograman web, yaitu pemrograman *client side* dan *server side*[3]:

1. *Client Side*
Perintah-perintah program (*script*) dijalankan *web browser*
2. *Server Side*
Perintah-perintah program (*script*) dijalankan di *web server*, kemudian hasil dikirim ke *web browser* dalam bentuk HTML biasa

2.4 World Wide Web (WWW)

WWW adalah sebuah jaringan global situs *internet* multimedia untuk informasi, hiburan, pendidikan, dan bisnis. WWW juga merupakan sistem *hypertext* yang terangkai menjadi jaringan, yang memungkinkan dokumen dibaca banyak orang melalui *internet*.

2.5 Definisi Radio

Radio adalah suatu teknologi yang dipakai untuk pengiriman sinyal, yaitu dengan menggunakan cara modulasi dan cara radiasi gelombang elektromagnetik.

2.6 Konsep Streaming

Streaming adalah sebuah teknologi untuk memainkan *file* video atau audio secara langsung atau pun dengan *pre-record* dari sebuah mesin *server* (*web server*).

2.7 Komponen Radio Streaming

1. Streaming Media Server

Streaming Media Server adalah aplikasi yang berfungsi sebagai repeater untuk mengirimkan streaming audio dari komputer penyiar kepada pendengar melalui internet.

2. Broadcast Tool

Broadcast tool ini fungsinya untuk sebagai alat yang digunakan untuk mengkonversi atau merubah masukan (*input*) siaran ke dalam format audio agar dapat ditangkap oleh *Streaming Media Server* untuk kemudian disiarkan di internet.

3. Pendengar

Ada beberapa cara yang digunakan untuk mendengarkan siaran radio *streaming* yang memasang aplikasi khusus untuk mendengar siaran radio *streaming*, misalnya *tune-in audio pro* dan ada pula pendengar yang mendengarkan siaran radio *streaming* menggunakan *audio player*.

2.8 Metode Pengiriman Paket Data

a. Anycast

Transmisi *Anycast* merupakan sebuah metode pengiriman data dimana data dikirimkan pada lokasi yang terdekat atau pada jalur terbaik yang dilihat oleh sistem.

b. Unicast

Transmisi *Unicast* merupakan sebuah metode pengiriman data dimana data dikirimkan pada satu lokasi yang jelas, dan setiap lokasi yang menerima kemudian mengirimkan laporan penerimaan kepada pengirim.

c. Broadcast

Transmisi *broadcast* merupakan sebuah metode pengiriman data, dimana data dikirimkan ke banyak titik sekaligus, tanpa melakukan pengecekan apakah titik tersebut siap atau tidak, atau tanpa memperhatikan apakah data itu sampai atau tidak

d. Multicast

Transmisi *multicast* merupakan dimana data dikirimkan kepada banyak titik sekaligus, namun perbedaannya adalah, titik tujuan dikelompokkan berdasarkan *group-group* tertentu melalui alamat *group*-nya.

2.9 Pengertian Shoutcast Server

SHOUT cast adalah suatu *freeware* yang biasa digunakan pada teknologi radio *streaming*. *SHOUT cast* membantu *user* menyediakan suatu Internet Radio *Server* pribadi dengan menggunakan *software* yang telah tersedia.

2.10 Perangkat Lunak Pendukung Perancangan**2.10.1 Hyper text Markup Language (HTML)**

HTML singkatan dari *Hyper text Markup Language* merupakan suatu format data yang digunakan untuk membuat dokumen *hypertext* yang dapat dieksekusi dari satu *platform* komputer ke *platform* komputer lainnya tanpa perlu melakukan suatu perubahan apapun dengan suatu alat tertentu [9].

2.10.2 Hypertext Preprocessor (PHP)

PHP adalah singkatan dari “*Hypertext Preprocessor*” merupakan bahasa pemrograman skrip yang diletakkan dalam *server* yang biasa

digunakan untuk membuat aplikasi web yang bersifat dinamis.

2.10.3 Cascading Style Sheet (CSS)

Cascading Style Sheet (CSS) adalah suatu bahasa *stylesheet* yang digunakan untuk mengatur suatu dokumen yang ditulis dalam bahasa *markup*.

2.11 Database (Basis Data)

Menurut Jogiyanto basis data adalah kumpulan dari kata yang saling berhubungan satu dengan yang lainnya, tersimpan di perangkat keras komputer dan digunakan perangkat lunak untuk memanipulasinya

2.12 Structured Query Language (SQL)

SQL adalah bahasa yang menggabungkan fitur-fitur bahasa query formal aljabar relasional dan bahasa *query* formal kalkulus relasional.

2.13 UML (Unified Modeling Language)

UML (*Unified Modeling Language*) adalah sebuah bahasa yang berdasarkan grafik atau gambar untuk memvisualisasi, menspesifikasikan, membangun, dan pendokumentasian dari sebuah sistem pengembang *software* berbasis OO (*Object-Oriented*).

2.15 Metode Pengujian

Metode pengujian adalah cara atau teknik untuk menguji sistem.

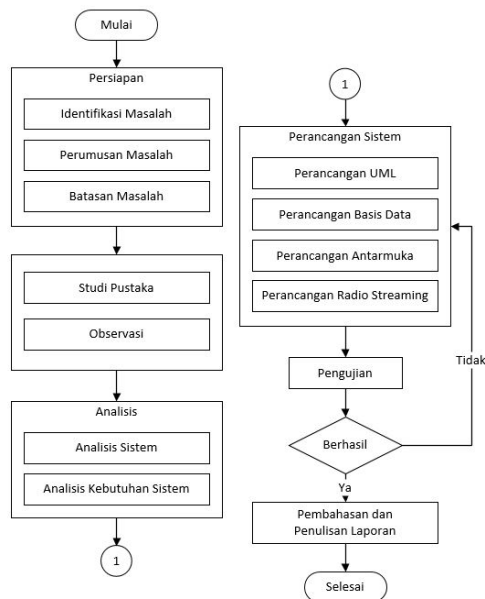
2.15.1 White Box Testing

White box testing (glass box) adalah pengujian yang didasarkan pada pengecekan terhadap detail perancangan, menggunakan struktur kontrol dari desain program secara prosedural untuk membagi pengujian ke dalam beberapa kasus pengujian.

2.15.2 Black Box Testing

Black Box Testing adalah pengujian perangkat lunak dari segi spesifikasi fungsional sistem tanpa memperhatikan struktur logika internal perangkat lunak.

3 METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1 Diagram alur penelitian

3.1 Analisa prosedur saat ini

Sistem yang sedang berjalan pada saat ini di Radio FISIP UHAMKA adalah masih sangat manual, yaitu belum tersedianya media komunikasi yang mempertemukan antara pendengar radio dengan penyiar. Pendengar yang ingin me-request lagu datang langsung ke Laboratorium Radio FISIP UHAMKA. Sedangkan untuk pemberitahuannya mereka mengetahui dari satu orang ke beberapa orang lainnya.

3.2 Analisa kelemahan sistem

Dari proses yang digambarkan pada prosedur di atas dapat dianalisa beberapa kekurangan dari sistem lama yang sedang berlangsung, yaitu:

1. Perangkat yang digunakan untuk mendengarkan siaran radio terbatas pada radio konvensional dan *handphone* yang memiliki aplikasi radio fm.
2. Jarak jangkauan penyiaran radio masih terbatas yaitu pendengar yang berada di luar kota tidak bisa mendengarkan siaran radio.

3. Media komunikasi interaksi antara pendengar dengan penyiar belum tersedia.
4. Rekaman materi siaran radio (*podcast*) tidak bisa didengar kembali oleh pendengar.
5. Belum banyak yang mengetahui Radio FISIP UHAMKA.

3.3 Harapan sistem baru pada Radio FISIP UHAMKA

1. Sistem yang berjalan lebih efisien dan efektif.
2. Perangkat untuk mendengarkan siaran radio tidak hanya terbatas pada radio konvensional dan *handphone* yang memiliki aplikasi radio fm, tetapi bisa menggunakan laptop dan *smartphone* yang terhubung dengan jaringan internet.
3. Siaran radio dapat didengar di mana saja melalui jaringan internet.
4. Tersedianya media komunikasi/interaksi *social media* yang lebih efisien tanpa harus bertemu secara langsung.
5. Pendengar bisa mendengarkan kembali rekaman materi siaran radio (*podcast*).

3.4 Usulan sistem

Setelah menganalisa dan mendapatkan hasil analisa dari Radio FISIP UHAMKA, maka peneliti mengajukan usulan sistem sesuai kebutuhan dari Radio FISIP UHAMKA yaitu Perancangan Website dengan Inovasi Konten Radio *Streaming* FISIP UHAMKA.

3.5 Analisis Kebutuhan Sistem

Setelah menganalisis sistem, langkah selanjutnya adalah menganalisis kebutuhan sistem. Untuk mendukung perancangan ini, peneliti membutuhkan hal-hal sebagai berikut:

- a. Software
Software atau perangkat lunak yang dibutuhkan untuk mendukung penelitian ini seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi Software

Windows 7
XAMPP
Google Chrome atau Mozilla Firefox
Notepad++
Winamp
Shoutcast DSP Plugin

b. Hardware

PC untuk menjalankan Streaming atau penerapannya membutuhkan spesifikasi seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Spesifikasi Hardware

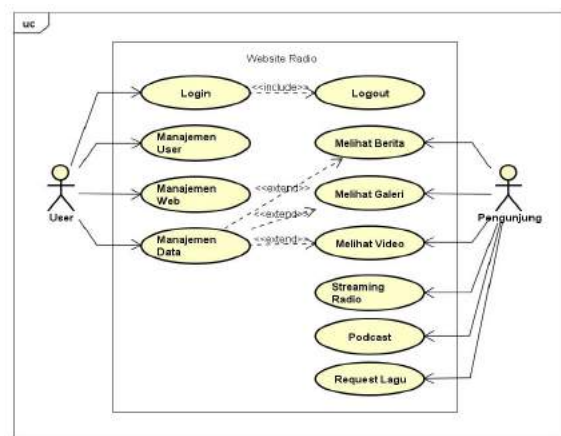
Processor Intel Core i3
RAM minimal 2 GB
Harddisk 320 GB
Monitor LCD
Port Serial / Serial Card
LAN Card/Network Card

4.1 Perancangan UML

Selanjutnya akan di rancang sistem menggunakan permodelan UML (Unified Modelling Language) yang meliputi: rancangan Use Case Diagram, Class Diagram, Activity Diagram dan Sequence Diagram.

4.1.1 Perancangan Use Case Diagram

Pada perancangan use case diagram ini peneliti akan menggambarkan interaksi apa saja yang dilakukan oleh aktor/pengguna terhadap sistem.

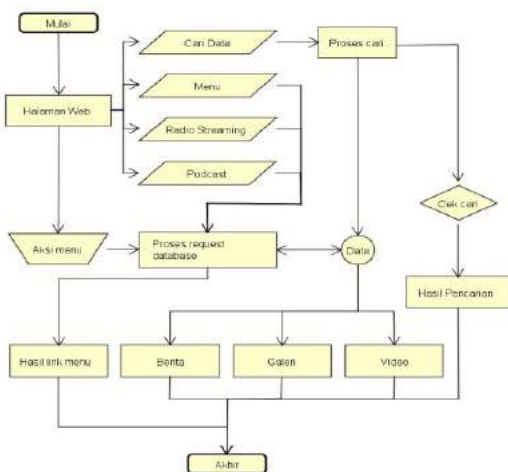


Gambar 3 Perancangan Use Case

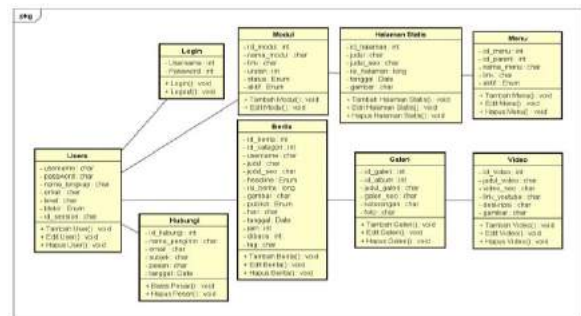
4.1.2 Perancangan Class Diagram

Pada perancangan class diagram ini peneliti akan menjelaskan rancangan class diagram yang di gunakan dalam pembuatan sistem.

4 PERANCANGAN SISTEM

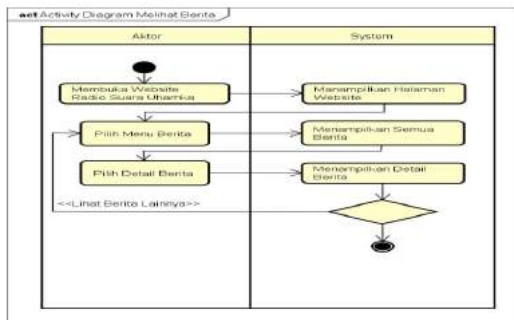


Gambar 2 Flowchart website



Gambar 4 Perancangan Class Diagram

4.1.3 Perancangan Activity Diagram

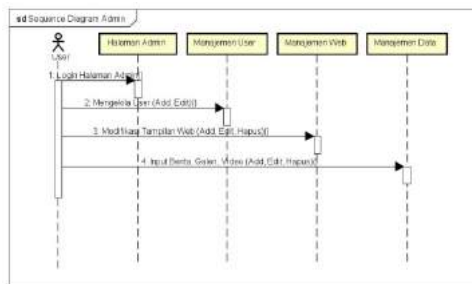


Gambar 5 Activity Melihat Berita

4.1.4 Perancangan Sequence Diagram

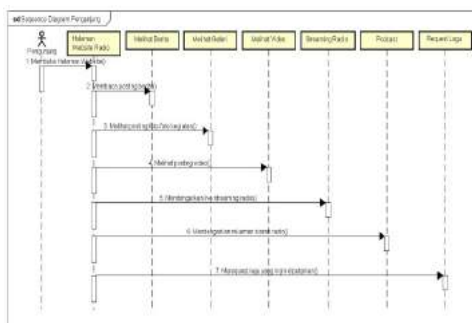
Pada rancangan ini penulis akan menjelaskan alur komunikasi dan interaksi antar objek yang terdapat di dalam sistem.

a. Sequence diagram admin



Gambar 6 Sequence diagram

b. Sequence diagram pengunjung



Gambar 7 Sequence diagram Pengunjung

5 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini peneliti akan menjelaskan hasil dan pembahasan dari website radio streaming yang dilakukan pada server lokal terlebih dahulu dengan menampilkan interface dari sistem yang dibangun. Pengujian sistem dilakukan dengan cara blackbox testing. Yakni pengujian tanpa melihat struktur logika atau algoritma didalam sistem.

5.1 Interface website



Gambar 8 Tampilan Pengunjung



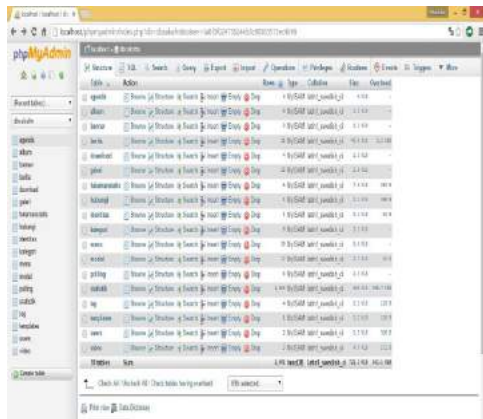
Gambar 9 Konten Radio Streaming



Gambar 10 Tampilan admin

5.2 Implementasi basis data

Pada bagian ini peneliti akan menggambarkan tampilan *database* atau basis data yang terdapat pada website radio FISIP UHAMKA Limau.



Gambar 11 Basis data website

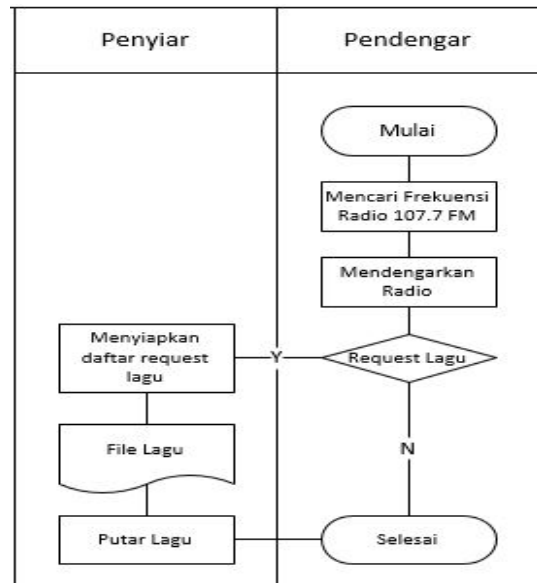
5.3 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memeriksa apakah setiap komponen atau elemen-elemen di dalam sistem telah bekerja dan berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Cara pengujiannya menggunakan metode Black Box yakni dengan memberikan inputan ke dalam sistem dan melihat apakah hasil output yang dihasilkan sudah sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum. Hasil dari pengujian terhadap sistem akan ditampilkan ke dalam bentuk tabel.

5.4 Perbandingan sistem lama dan sistem baru

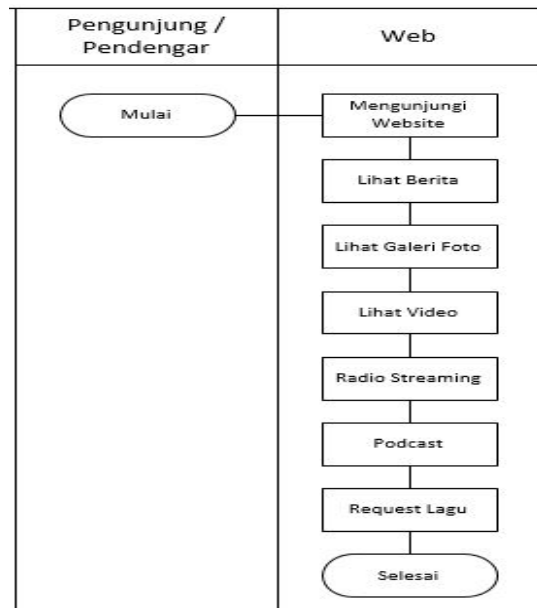
Perbandingan sistem lama dan sistem baru akan digambarkan dalam *flowchart* proses pada pendengar.

a. Flowchart pendengar sistem lama



Gambar 12 Flowchart pendengar sistem lama

b. Flowchart pendengar sistem baru



Gambar 13 Flowchart pendengar sistem baru

Berdasarkan pada *flowchart* 12 dan 13 di atas, dapat dibandingkan efektifitas dan efisiensi sistem lama dan baru. Pada sistem lama, seorang aktor dalam sistem tersebut harus hadir ke laboratorium Radio FISIP UHAMKA Limau agar permintaan *request* lagu diputarkan. Pada sistem baru, selain

mendengarkan radio aktor dapat melihat konten-konten yang disediakan, aktor hanya perlu menggunakan *socialmedia* untuk *request* lagu tanpa harus hadir ke laboratorium Radio FISIP UHAMKA Limau.

5.5 Hasil uji coba website yang telah online

Setelah pengujian radio *streaming* dan pengujian sistem berhasil, *website* di *upload* ke *hosting*, dan dapat diakses melalui jaringan internet dengan memasukkan alamat *websitesaka-fm.tk* pada kolom alamat *browser*. Pada saat pengunjung membuka alamat *website* tersebut, maka secara otomatis akan mendengarkan siaran radio *streaming* apabila Radio FISIP UHAMKA Limau sedang melakukan siaran.

Hasil dari pengujian terhadap *website* yang telah online ditampilkan ke dalam bentuk tabel.

Tabel3 Tabel pengujian *website* yang telah online

Perangkat	Koneksi	Hasil
Laptop	Wifi	Website terbuka & siaran radio dapat didengar
Mobile	PaketData	Website terbuka & siaran terjadi delay yang cukup lama, butuh bandwidth besar

6 SIMPULAN DAN SARAN

6.1 Simpulan

Setelah melakukan analisa masalah, perancangan sistem serta pengujian terhadap *website* Radio FISIP UHAMKA Limau, peneliti dapat menyimpulkan sebagai berikut:

1. Merancang *website* dengan konten radio *streaming*.
2. Memberikan sarana media pembelajaran dalam bentuk *website* dengan konten radio *streaming*.

3. Masyarakat dapat mengakses Radio FISIP UHAMKA melalui *website*.

6.2 Saran

Peneliti menyadari bahwa penelitian masih perlu perbaikan dan pengembangan, olehkarenanya terdapat beberapa saran yang peneliti sampaikan agar nantinya dapat dikaji lebih dalam perihal pengembangan kearah yang lebih baik, sebagai berikut:

1. Untuk penelitian berikutnya diharapkan dapat merubah desain, menu dan konten agar lebih menarik.
2. Dibutuhkannya koneksi jaringan yang cukup lancar saat pengirim data dari DSP Plugin ke Shoutcast Server agar siaran radio *streaming* tidak terputus-putus.
3. Perangkat mobile membutuhkan bandwidth yang besar agar dapat mendengarkan siaran *streaming*.

KEPUSTAKAAN

- [1] Jogiyanto, H. 2005. *Analisis & Perancangan Sistem Informasi*. Yogyakarta: Andi.
- [2] Wikipedia. 2015. *Portal Web*. https://id.wikipedia.org/wiki/Portal_web. diakses 1 Juli 2015.
- [3] Wahana, Komputer. 2006. *Panduan Lengkap Menguasai Pemrograman Web dengan PHP 5*. Yogyakarta: ANDI.
- [4] Hariningsih, S.P. 2005. *Teknologi Informasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [5] Pressman, Roger S. 2002. *Rekayasa Perangkat Lunak*. Yogyakarta : ANDI.
- [6] Sora N. 2014. *Definisi Atau Pengertian Radio Dan Gelombang Radio*. <http://www.pengertianku.net/2014/10/definisi-atau-pengertian-radio-dan-gelombang-radio.html>. diakses 30 Agustus 2015.

- [7] Askari, Azikin dan Yudha, Purwanto. 2005. *Video/TVStreaming dengan Video LANProject*. Yogyakarta : ANDI.
- [8] Cahyo Nugroho, Nur dan Eka Purnama, Bambang. 2013. *Perancangan Inovasi Konten Web Radio Streaming Dan Podcasting Pada Radio Puspa Fm Pacitan*. E-Jurnal.
- [9] Junaedi EP, Fajar. 2005. *Panduan Lengkap Pemrograman HTML*. Yogyakarta : Revisi Percetakan dan Penerbitan PD.Anindaya.
- [10] Kadir, Abdul. 2008. *Dasar Pemrograman Web Dinamis Menggunakan PHP*. Yogyakarta: ANDI.
- [11] Bunafit, Nugroho. 2008. *Aplikasi Pemrograman Web Dinamis Dengan PHP dan MySQL*. Yogyakarta : Gava Media.
- [12] Jogiyanto, H. (2005). *Analisis & Perancangan Sistem Informasi*. Yogyakarta: Andi.
- [13] Kadir, Abdul. 2003. *Konsep dan Tuntunan Praktis Basis Data*. Yogyakarta : ANDI.
- [14] Saputra, Agus. 2012. *Membuat Aplikasi Absensi dan Kuisisioner untuk Panduan Skripsi*. Jakarta: PT.Elex Media Komputindo.
- [15] Abdul Rouf. 2012. *Testing dan Implementasi Sistem*. <http://ejournal.himsya.ac.id/index.php/HIMSYATECH/article/download/28/27>. Semarang.

Perancangan Jaringan Keamanan *Virtual Private Network (VPN) Site to Site*

Chairul Umam¹⁾, Emilia Roza²⁾, Irfan³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Informatika, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

Jalan Tanah Merdeka No. 6 Kampung Rambutan Ciracas Jakarta Timur DKI Jakarta 13830
Telp: (021) 8400941, Fax. (021) 87782739

Abstrak

Virtual Private Network (VPN) merupakan salah satu metode yang tepat untuk solusi keamanan jaringan dalam cakupan *Wide Area Network (WAN)*. *VPN* merupakan suatu cara memanfaatkan jaringan publik sebagai jaringan private secara aman melalui internet. Seiring dengan maraknya penggunaan Internet, banyak perusahaan yang kemudian beralih menggunakan internet sebagai bagian dari jaringan mereka untuk menghemat biaya. Akan tetapi permasalahan keamanan masih menjadi faktor utama. Salah satu teknologi yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut adalah *Site to Site Virtual Private Network (VPN)* yaitu merupakan sebuah teknologi yang memungkinkan adanya koneksi jaringan data private pada jaringan publik untuk menghubungkan antara 2 kantor atau lebih yang letaknya berjauhan, dengan menerapkan sistem enkripsi pada jaringan *VPN* tersebut. Dalam menggunakan *VPN Site to Site*, pegawai perusahaan maupun para pekerja lainnya lebih mobile bisa akses data dimana saja, serta aman dalam melakukan akses data. Pada *VPN* terdapat banyak protokol untuk mendukung keamanan data, salah satu protokol yang sering digunakan yaitu *IPSec (Internet Protocol Security)* adalah sebuah protokol yang menyediakan transmisi data terenkripsi yang aman pada network layer dalam jaringan.

Kata kunci: *Virtual Private Network, Wide Area Network, Site to Site Virtual Private Network, IPSecurity.*

1 PENDAHULUAN

Virtual Private Network merupakan suatu jaringan komunikasi lokal yang terhubung melalui media jaringan internet. Didalam *VPN* terdapat perpaduan teknologi *tunneling* dan *enkripsi* yang membuat *VPN* menjadi teknologi yang handal untuk mengatasi permasalahan keamanan didalam jaringan. Dalam implementasinya, *VPN* terbagi menjadi *remote access VPN* dan *site to-site VPN*.

VPN berkembang seiring perkembangan perusahaan-perusahaan besar yang ingin tetap memperluas jaringan bisnisnya, dengan kantor cabang yang dimiliki dan perusahaan mitra kerjanya yang berada di tempat yang jauh. Perusahaan juga ingin memberikan hak akses kepada pegawai khusus sebagai fasilitas yang efektif dan efisien

agar dapat terhubung ke jaringan lokal milik perusahaan tersebut di manapun mereka berada. Perusahaan tersebut perlu suatu jaringan lokal yang jangkauannya luas, tidak bisa diakses oleh sembarang orang, tetapi hanya orang yang memiliki hak akses saja yang dapat terhubung ke jaringan lokal tersebut sehingga keamanan perusahaan dapat terjaga.

Yana Hendriana (2012) dalam jurnalnya yang berjudul "*Evaluasi Implementasi Keamanan Jaringan Virtual Private Network*" menemukan masih ada celah keamanan di protokol *PPTP*. sehingga masih bisa di *hack* pada *username* dan *password* klien dengan serangan *man in the middle attack* melalui jaringan *hotspot* perusahaan tersebut menggunakan *backtrack*.

Amna Risky (2011) dalam penelitiannya yang berjudul “*VPN PPTP Authentication Weakness*” menemukan bahwa *VPN* yang menggunakan protokol *PPTP* masih bias diserang menggunakan *ARP Poisoning* dan teknik *bruteforce*.

Dari hasil penelitian kedua jurnal tersebut sistem keamanan *VPN* protokol *PPTP* yang menggunakan autentikasi *MS.CHAP v2* pada windows 7 masih memiliki kelemahan dimana masih bisa di serang dengan teknik *bruteforce* menggunakan *tool* asleup pada *backtrack*.

Berangkat dari kelemahan *VPN* pada penelitian sebelumnya maka peneliti ingin mengetahui apakah pencurian *password* *VPN* bisa terjadi pada perancangan pada jurnal penelitian diatas. Peneliti juga ingin mencari solusi yang dapat dilakukan pada sisi *client* *VPN* untuk pencegahan pencurian *password*.

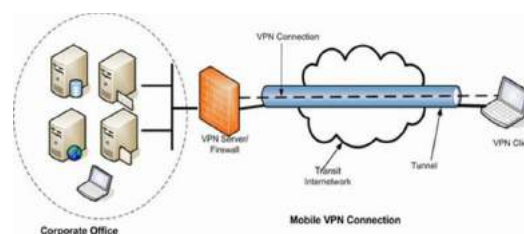
Pencegahan yang akan dilakukan untuk menghentikan pencurian *password log in user* *VPN* adalah dengan melakukan manajemen *password* dengan cara dibuat kombinasi huruf dan angka serta *password*-nya dibuat dari 10 digit. Hal ini bertujuan untuk menyulitkan aksi *generate key* oleh penyerang atau *attacker*. Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka peneliti bermaksud mengambil topik penelitian dengan judul “**Perancangan Jaringan Keamanan Virtual Private Network (VPN) Site to Site**”.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Virtual Private Network

Virtual Private Network (VPN) adalah sebuah teknologi komunikasi yang memungkinkan untuk dapat terkoneksi ke jaringan publik dan menggunakannya untuk dapat bergabung dengan jaringan lokal. Dengan cara tersebut maka akan didapatkan hak dan pengaturan yang sama seperti halnya berada didalam LAN itu sendiri, walaupun sebenarnya menggunakan jaringan milik publik. (Ahmad SS Ramadhana, 2005).

Dari cara pandang jaringan, salah satu masalah jaringan internet (*IP public*) adalah tidak mempunyai dukungan yang baik terhadap keamanan. Sedangkan dari cara pandang perusahaan, *IP* adalah kebutuhan dasar untuk melakukan pertukaran data antara kantor cabang atau dengan rekanan perusahaan. *VPN* muncul untuk mengatasi persoalan tersebut. Sebuah jaringan perusahaan yang menggunakan infrastruktur *IP* untuk berhubungan dengan kantor cabangnya dengan cara pengalamatan secara *private* dengan melakukan pengamanan terhadap transmisi paket data.



Gambar 1 Model VPN

2.2 Fungsi Utama Teknologi VPN

Teknologi *VPN* menyediakan tiga fungsi utama untuk penggunaannya. Ketiga fungsi utama tersebut antara lain:

a. Kerahasiaan

Dengan digunakannya jaringan publik yang rawan pencurian data, maka teknologi *VPN* menggunakan sistem kerja dengan cara mengenkripsi semua data yang lewat melaluinya. Dengan adanya teknologi enkripsi tersebut, maka kerahasiaan data dapat lebih terjaga. Walaupun ada pihak yang dapat menyadap data yang melewati internet bahkan jalur *VPN* itu sendiri, namun belum tentu dapat membaca data tersebut, karena data tersebut telah teracak. Dengan menerapkan sistem enkripsi ini, tidak ada satupun orang yang dapat mengakses dan membaca isi jaringan data dengan mudah.

b. Keutuhan Data

Ketika melewati jaringan internet, sebenarnya data telah berjalan sangat jauh melintasi berbagai negara. Pada saat perjalanan tersebut, berbagai gangguan dapat terjadi terhadap isinya, baik hilang, rusak, ataupun dimanipulasi oleh orang yang tidak seharusnya. Pada VPN terdapat teknologi yang dapat menjaga keutuhan data mulai dari data dikirim hingga data sampai di tempat tujuan.

c. Autentikasi Sumber

Teknologi VPN memiliki kemampuan untuk melakukan autentikasi terhadap sumber-sumber pengirim data yang akan diterimanya. VPN akan melakukan pemeriksaan terhadap semua data yang masuk dan mengambil informasi dari sumber datanya. Kemudian, alamat sumber data tersebut akan disetujui apabila proses autentikasinya berhasil. Dengan demikian, VPN menjamin semua data yang dikirim dan diterima berasal dari sumber yang seharusnya. Tidak ada data yang dipalsukan atau dikirim oleh pihak-pihak lain.

2.3 Tipe-tipe VPN

Terdapat beragam tipe VPN, di antara yang paling populer adalah *Remote-Access* VPN dan *Site-to-Site* VPN.

a. Remote-Access VPN

Remote-Access, juga dikenal sebagai *Virtual Private Dial-Up Network* (VPDN), merupakan koneksi *user-to-LAN* yang digunakan sebuah perusahaan untuk para pekerjanya yang membutuhkan koneksi ke jaringan mereka dari berbagai lokasi remote.

b. Site-to-Site VPN

Dengan penggunaan perlengkapan *dedicated* dan enkripsi skala besar, sebuah perusahaan dapat mengkoneksikan multi site tetap melalui sebuah jaringan publik seperti *internet*.

2.4 Metode Security VPN

Guna menjamin keamanan koneksi dan data, VPN mempekerjakan beberapa metode sekuriti berikut:

a. Firewall

Firewall memberikan retriaksi yang kuat di antara jaringan privat perusahaan dengan jaringan publik (*internet*). Kita dapat mengeset *firewall* untuk melindungi *port-port* koneksi terbuka, memeriksa tipe paket-paket mana yang perlu diteruskan, dan protokol-protokol mana yang diizinkan.

Beberapa produk VPN seperti *router-router* Cisco seri 1700 dapat kita rancang untuk memberikan kapabilitas *firewall* melalui Cisco IOS mereka. Kita biasanya sudah memiliki rancangan firewall sebelum mengimplementasikan VPN, tetapi *firewall* dapat juga kita libatkan dalam sesi-sesi VPN.

b. Enkripsi

Enkripsi (*encryption*) tidak lain proses penyandian (*encoding*) data yang diambil dari satu komputer ke komputer lain. Data disandikan ke bentuk tertentu yang tak mudah dibaca dan hanya penerima yang sah saja yang dapat mengembalikan sandi ke bentuk semula, yang dikenal dengan *decode*.

c. IPSec

Internet Protocol Security Protocol (IPSec) memberikan kapabiliti sekuriti yang lebih jauh melalui algoritma-algoritma enkripsi dan autentikasi (*authentication*).

d. AAA Server

Server-server AAA (*Authentication, Authorization and Accounting*) banyak diimplementasikan untuk memberikan akses yang lebih aman dalam sebuah *environment remote-remote* VPN. Saat request pembentukan sesi dating dari sebuah klien dial-up, request tersebut di-*proxy*-kan ke server AAA (*AAA server*).

AAA kemudian melakukan pengujian sebagai hal-hal berikut:

- Siapa Anda (*Authentication*)
- Apa yang boleh Anda lakukan (*Authorization*)
- Apa yang sebenarnya Anda lakukan (*Accounting*)

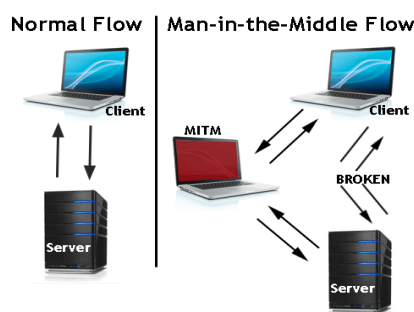
2.5 Serangan Terhadap Keamanan Jaringan Komputer

Menurut W. Stallings [William Stallings, “*Network and Internetwork Security*,” Prentice Hall, 1995.] biasanya serangan terhadap keamanan jaringan VPN antara lain:

a. *Man In The Middle Attack*

Man in The Middle Attack atau *MITM attack* adalah serangan dimana attacker berada di tengah bebas mendengarkan dan mengubah percakapan antara dua pihak. Serangan *Man in The Middle* merupakan suatu tipe serangan yang memanfaatkan kelemahan *Internet Protocol*.

Konsep dasar serangan ini secara umum adalah penyerang berada ditengah – tengah atau diantara dua komputer yang sedang berkomunikasi, sehingga secara teknis memungkinkan penyerang untuk melihat, mengubah dan mengontrol data yang dikirim antar dua komputer tersebut, mesin penyerang secara fisik tidak harus terletak diantara dua computer, namun rute paket yang dikirimkan atau ditujukan kepada *host* lain harus melalui mesin penyerang



Gambar 2 Serangan Man In The Middle Attack

Ada berbagai kegiatan atau istilah kejahatan dunia maya yang termasuk dalam kegiatan *Man in the middle*, antara lain adalah:

1. *Sniffer*

Sniffer yang juga dikenal sebagai *Network Analyzers* atau *Ethernet Sniffer* ialah sebuah aplikasi yang dapat melihat lalu lintas data pada jaringan komputer. Dikarenakan data mengalir secara bolak-balik pada jaringan, aplikasi ini menangkap tiap-tiap paket dan kadang-kadang menguraikan isi dari RFC (*Request for Comments*) atau spesifikasi yang lain. Berdasarkan pada struktur jaringan (seperti *hub* atau *switch*), salah satu pihak dapat menyadap keseluruhan atau salah satu dari pembagian lalu lintas dari salah satu mesin di jaringan.

2. *Spoofing*

Spoofing adalah situasi dimana seseorang berhasil menyamar sebagai user dengan memalsukan data dan dengan demikian mendapatkan keuntungan tidak sah.

3. *Interception*

Merupakan ancaman terhadap *secrecy* dimana orang yang tidak berhak namun berhasil mendapatkan akses informasi dari dalam sistem komputer.

4. *Modification*

Merupakan ancaman terhadap *integrity* dimana orang yang tidak berhak dapat mengakses maupun merubah suatu informasi.

5. *Fabrication*

Menambahkan objek atau informasi palsu pada informasi yang asli, sehingga data atau informasi berubah.

b. *Bruteforce*

Menurut Wikipedia, Serangan brutal (*Bruteforce attack*) adalah sebuah teknik serangan terhadap sebuah sistem keamanan komputer yang menggunakan percobaan terhadap semua

kunci yang mungkin. Teknik yang paling banyak digunakan untuk memecahkan *password*, kunci, kode atau kombinasi. Cara kerja metode ini sangat sederhana yaitu mencoba semua kombinasi yang mungkin.

Sebuah *password* dapat dibongkar dengan menggunakan program yang disebut sebagai *password cracker*. Program *password cracker* adalah program yang mencoba membuka sebuah *password* yang telah terenkripsi dengan menggunakan sebuah algoritma tertentu dengan cara mencoba semua kemungkinan. Teknik ini sangatlah sederhana, tapi efektivitasnya luar biasa, dan tidak ada satu pun sistem yang aman dari serangan ini, meski teknik ini memakan waktu yang sangat lama, khususnya untuk *password* yang rumit.

2.6 Wireshark

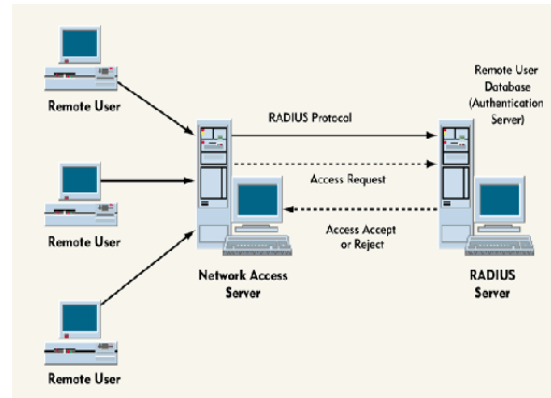
Wireshark merupakan salah satu dari sekian banyak *tool Network Analyzer* yang banyak digunakan oleh *Network Administrator* untuk menganalisa kinerja jaringannya termasuk protokol didalamnya. *Wireshark* banyak disukai karena interfacenya yang menggunakan *Graphical User Interface (GUI)* atau tampilan grafis.

Wireshark mampu menangkap paket-paket data atau informasi yang lewat dalam jaringan. Semua jenis paket informasi dalam berbagai format protokol pun akan dengan mudah ditangkap dan dianalisa. Karenanya tak jarang *tool* ini juga dapat dipakai untuk *sniffing* (memperoleh informasi penting seperti *password e-mail* atau *account* lain) dengan menangkap paket-paket yang lewat di dalam jaringan dan menganalisanya.

2.7 RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Service)

Remote Authentication Dial-In User Service adalah sebuah protokol keamanan komputer yang

digunakan untuk melakukan autentikasi, otorisasi, dan pendaftaran akun pengguna secara terpusat untuk mengakses jaringan. Radius diterapkan dalam jaringan dengan model *client-server*.



Gambar 3 Ilustrasi RADIUS

koneksi user, menghitung durasi waktu dan jumlah transfer data dilakukan oleh *user*. *Software server Radius* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Freeradius* yang bersifat modular dan memiliki banyak fitur. *Freeradius* merupakan *software server* yang berbasis pada open source dan berlisensi GPL.

3 PERANCANGAN

3.1 Identifikasi Masalah

Pada penelitian VPN sebelumnya yang sudah dibahas di latar belakang masalah, masalah perancangan VPN yang terjadi adalah banyaknya serangan yang terjadi pada jaringan lokal/intranet. Salah satunya masih terdapat kelemahan VPN yang masih bisa di *hack username* dan *password* melalui serangan *Man In The Middle Attack* dan *bruteforce* di protokol PPTP. Dalam hal ini peneliti berusaha membahas cara mengamankan jaringan komputer lokal/intranet. Hal ini dimaksudkan ketika kita mengetahui metode, tingkah laku maupun jenis serangan yang dilakukan, kita dapat lebih mengantisipasi serangan-serangan tersebut. Kita pun dapat mengamankan celah-celah yang rentan untuk diserang menjadi lebih baik dan aman.

3.2 Identifikasi Perancangan

Untuk mendukung perancangan VPN *Site to Site* ini, peneliti membutuhkan hal-hal sebagai berikut:

a. Identifikasi Kebutuhan Sistem *Software*

Pada penelitian kali ini perangkat lunak (*software*) yang peneliti gunakan adalah sebagai berikut:

1. Sistem operasi *server* Mikrotik RouterOS v5.9
2. Sistem operasi *client* menggunakan sistem operasi *Windows* 8 Pro
3. Sistem operasi penyerang menggunakan sistem operasi *backtrack* 5 yang diinstal secara *virtual* dan bantuan tool untuk serangan:
 - Ettercap
 - Wireshark
 - Asleap-2.2
 - Chap2asleap.py
 - Genkeys
 - Crunch

b. Identifikasi Kebutuhan Sistem *Hardware*

Sedangkan perangkat keras (*hardware*) yang peneliti gunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Mikrotik RB 1100
- Notebook Acer Aspire 4352

Setelah identifikasi kebutuhan sistem, maka sistem harus dirancang terlebih dahulu sebelum dibangun agar mengetahui bentuk sistem keamanan untuk menahan serangan *Man In The Middle Attack* dan *Bruteforce* di jaringan lokal melalui protokol PPTP.

3.3 Perancangan Sistem

Setelah identifikasi kebutuhan sistem, maka sistem harus dirancang terlebih dahulu sebelum dibangun agar mengetahui bentuk sistem keamanan untuk menahan serangan *Man In The Middle Attack*

dan *Bruteforce* di jaringan lokal melalui protokol PPTP.

3.4 Perancangan PC *Server*

Kemudian selanjutnya setelah perancangan sistem yaitu melakukan perancangan PC server untuk dua buah *server* yang pertama akan dijadikan sebagai VPN *site to site* untuk menghubungkan beberapa perusahaan cabang atau dua mitra perusahaan, selain itu juga untuk menahan serangan *Man In The*

Middle Attack dan *Bruteforce* di protokol PPTP. Kedua adalah *RADIUSserver* yang dapat menangkap user untuk melakukan autentikasi, otorisasi, dan pendaftaran akun pengguna.

3.5 Install

a. *Install PC Server*

Tahap selanjutnya adalah melakukan install sistem operasi pada dua buah PC *Server*. Dimana PC *server* pertama ini diinstal mikrotik routerOS untuk VPN *site to site*. Selanjutnya PC *server* kedua di *install software FreeRadius* untuk melakukan autentikasi, otorisasi, dan pendaftaran akun pengguna secara terpusat untuk mengakses jaringan.

b. *Install Aplikasi*

Selanjutnya setelah melakukan install mikrotik Router OS adalah melakukan konfigurasi VPN *Site to Site* di *winbox* yang akan menahan serangan *Man In The Middle Attack* dan *Bruteforce*. Sedangkan pada PC *server* kedua akan dilakukan install aplikasi *Free Radius*.

3.6 Setting

Setelah selesai install PC server dan aplikasi, lalu lakukan setting atau konfigurasi terhadap PC *Server*. Dimana PC *Server* yang telah di *install* Mikrotik. Konfigurasi PC *Server* ini meliputi *setting PPTP Server, routing, user VPN client*, dalam VPN *server*. Sedangkan setting PC *Server*

kedua yang telah diinstall *Free Radius* memiliki konfigurasi dan aturan yang beda.

3.7 Setting Ulang

Apabila dalam setting awal terjadi kegagalan dalam uji serangan terhadap sistem di jaringan lokal/*intranet*. Apabila hal tersebut terjadi, maka peneliti akan melakukan setting ulang terhadap konfigurasi *server* VPN dan RADIUS.

3.8 Uji Coba Serangan Man In The Middle Attack dan Bruteforce

Pada tahap ini peneliti melakukan uji coba serangan *Man In The Middle Attack* yaitu bentuk aktif menyamar dimana penyerang membuat koneksi independen dengan korban dan pesan *relay* antara mereka, membuat mereka percaya bahwa mereka berbicara langsung satu sama lain melalui koneksi pribadi, padahal sebenarnya seluruh percakapan dikendalikan oleh penyerang.

Selain uji coba *Man In The Middle Attack*, peneliti juga melakukan uji coba serangan *bruteforce*. Dimana serangan *bruteforce* adalah teknik serangan terhadap sistem keamanan komputer yang menggunakan percobaan terhadap semua kunci yang mungkin. Teknik yang paling banyak digunakan untuk memecahkan *password*, kunci, kode atau kombinasi.

4 HASIL

Dari 2 kali penyerangan *Man In The Middle Attack* dan *bruteforce* VPN PPTP di perusahaan "X" dapat memperlambat waktu untuk memecahkan kode *username* dan *password* dengan waktu 5 detik dengan menggunakan kode *password* lebih dari sama dengan (\geq) 8-10 digit seperti keterangan pada gambar 4.21, sedangkan dalam penelitian sebelumnya dalam jurnal Amna Risky (2011) "*VPN PPTP Authentication Weakness*" dan jurnal Yana Hendriana (2012) "*Evaluasi Implementasi Keamanan Jaringan Virtual Private Network*"

langsung bisa ditembus dan dibaca *username* dan *password*nya. Akan tetapi dengan menggunakan aplikasi *wireshark* kita dapat memutus percobaan untuk mendapat *password login* VPN korban.

5 SIMPULAN

1. Model jaringan VPN Site to Site akan mewujudkan akses data yang aman bagi perusahaan serta membuat jaringan yang terjamin keamanannya dari serangan *Man In The Middle Attack* dan *Bruteforce*.
2. Menggunakan *password* 8-10 digit akan dapat memperlambat serangan *hacker* untuk membaca *username* dan *password* selama 5 detik. Dengan waktu selama 5 detik, admin harus mampu memutus serangan tersebut dengan *Wireshark*.

KEPUSTAKAAN

- [1] Aris Wendy, Ramadhana SS Ahmad, 2005. *Membangun VPN Linux Secara Cepat*, Andi Yogyakarta.
- [2] Ariyus, Dony. 2007. *Instruction Detection System*. Yogyakarta : ANDI OFFSET
- [3] `Athailah. 2013. *MikroTik untuk Pemula*. Jakarta: MediaKita.
- [4] Andi, 2005. *Seri Buku Pintar: Menjadi Administrator Jaringan Komputer*. Yogyakarta
- [5] Hendriana, Yana. 2012. *Evaluasi Implementasi Keamanan Jaringan Virtual Private Network*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah
- [6] Pleeger, Charles. 2003. *Security In Computing Third Edition*. United State Of America: Pearson Education
- [7] Stallings, William. 2007. *Komunikasi & Jaringan Nirkabel*. Diterjemahkan oleh: Dimas Aryo Sasongko, S.T. Jakarta: Erlangga

- [8] Pratama, I Putu Agus Eka. 2014. *Handbook Jaringan Komputer*. Bandung: Informatika Bandung.
- [9] Risky,Amna.2011.*VPNPPTPAuthentication Weakness*. Jakarta: Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- [10] Stallings, William. 2000. *Komunikasi Data dan Komputer: Jaringan Komputer*. Diterjemahkan oleh : Thamir Abdul Hafedh Al Hamdany. B,Sc., M.Sc. 2002. Jakarta: Salemba Teknika.
- [11] Tanenbaum, Andrew S. 1996. *Jaringan Komputer Edisi Bahasa Indonesia Jilid 2*. Diterjemahkan oleh: Ir. Gurnita Priatna. 1997. Jakarta: Prenhallindo.

Optimalisasi Distribusi Informasi Objek dan Daya Tarik Wisata Indonesia Berbasis Augmented Reality Melalui Mobile Computing

Ahmad Fajar¹⁾, Atiqah Meutia Hilda²⁾ & Endy Sjaiful Alim³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Informatika Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

Jl. Tanah Merdeka No. 6 Kampung Rambutan Ciracas Jakarta Timur DKI Jakarta 13830

Telp. (021) 8400941, Fax. (021) 87782739, Mobile: 083897250233, 08568063535, 08170717146

E-mail : ahmad.fajar@outlook.co.id¹⁾, atiqah_mh@yahoo.com²⁾, dan endy@uhamka.ac.id³⁾

Abstrak

Objek dan daya tarik wisata (ODTW) terdapat diseluruh wilayah Indonesia mulai dari kesenian, kebudayaan, landscape atau panorama alam dan sejarah peradaban. Informasi masih didistribusikan menggunakan media konvensional, seperti brosur dan katalog. Karya tulis ini bertujuan untuk mengoptimalkan distribusi informasi ODTW dengan konsep pengembangan aplikasi augmented reality yang menarik, interaktif dan efisien yang memanfaatkan kemajuan komputer. Augmented reality merupakan teknologi yang mengkombinasikan dunia nyata dan data digital. Dengan penggabungan QR Code dan augmented reality, pengemasan informasi ODTW dalam bentuk digital akan menjadi lebih interaktif dan bervariasi yang berbasis sistem operasi mobile (android). Hasil perancangan didapatkan bahwa optimalisasi distribusi informasi menjadi menarik melalui aplikasi turis yang memunculkan gambaran awal ODTW tersebut.

Kata kunci: augmented reality, QR code, android, objek dan daya tarik wisata

Abstract

Objects and attractions (ODTW) are all parts of Indonesia ranging from art, culture, landscape or natural and the history of civilization. Information was distributed using conventional media, such as brochures and catalogs. This final project aims to formulate the concept of augmented reality application development that is attractive, interactive and efficient in distributing information objects and tourist attraction of Indonesia be more informative. Augmented reality is a technology which combination between real environment and digital data. With combination of QR Code and augmented reality, packaging ODTW information in digital form will be more interactive and varied based mobile operating system (Android). The results showed that optimization of the distribution of information to be attractive through turis application that gave rise to the initial picture ODTW.

Keyword: augmented reality, QR code, android, objects and tourist attraction.

1 PENDAHULUAN

Menurut laporan Badan Pusat Statistik Indonesia sebagai salah satu destinasi dunia dengan total kunjungan wisatawan mancanegara pada bulan Agustus 2014 sebanyak 826.821 wisatawan, meningkat 9,08 % dari tahun 2013 [1]. Potensi masih terus meningkat dengan meningkatnya sarana dan prasarana penunjang pariwisata.

Namun, sebagian besar penduduk Indonesia masih mengunjungi Objek dan Daya Tarik Wisata yang populer. Bagaimanapun juga ODTW lain yang belum populer menyimpan pesona yang luar biasa.

Perkembangan teknologi semakin cepat merambah ke berbagai bidang termasuk pariwisata. Salah satu teknologi tersebut yaitu *augmented reality*. *Augmented reality* menyediakan *computer*

vision, image processing dan *computer graphics* yang diolah ke konten digital secara real time atau terkini. Teknologi ini juga memungkinkan interaksi antara pengguna, obyek nyata dan obyek virtual secara terkini [2]. Dengan menggunakan teknologi *augmented reality* dapat menampilkan informasi yang lebih interaktif, menarik dan berbeda.

Berbagai penelitian yang telah dilakukan seperti Fathoni dkk. Alat musik perkusi *augmented reality* berbasis android [3]. Penelitian tersebut menggambarkan penggunaan *augmented reality* untuk musik modern. Hal ini membuktikan bahwa strategi penggunaan teknologi tersebut efektif diterapkan pada pengenalan kebudayaan ataupun informasi lainnya. Kelebihan lainnya dengan dukungan adanya *Device portable* seperti *smartphone* akan menjadi lebih mudah dalam penerapannya.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Augmented Reality

Augmented Reality (AR) dalam Bahasa Indonesia adalah realitas bertambah. *Augmented reality* merupakan teknologi komputer yang mengkombinasikan antara dunia nyata dan data digital [2]. Tidak seperti realitas maya yang sepenuhnya menggantikan kenyataan atau dunia nyata, namun *Augmented Reality* hanya menambahkan atau melengkapi kenyataan atau dunia nyata tersebut.

Selain menambahkan objek virtual atau benda maya dalam dunia nyata, *AR* juga berpotensi menghilangkan benda-benda yang sudah ada di dunia nyata yang disebut *mediated* atau *diminished reality*. Menghilangkan objek dari dunia nyata kemudian diganti dengan objek maya dengan informasi virtual yang cocok dengan background [4].

Paul Migram dan Fumio Kishino membuat suatu rentang perbedaan antara dunia nyata

dan dunia nyata yang telah ditambah dengan *Augmented Reality* dan *Augmented Virtuality*. Perbedaan keduanya bahwa *AR* lebih dekat dengan dunia nyata dan *Environment Virtuality (EV)* lebih kepada dunia virtual. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1 [5].



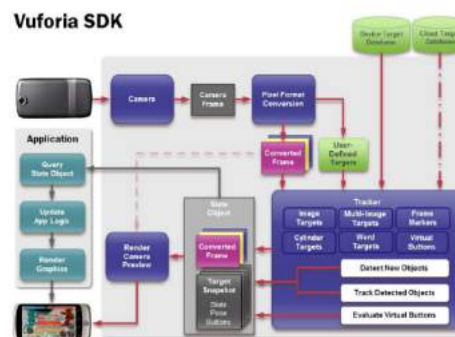
Gambar 1 Reality-Virtual continuum

2.2 Android

Android merupakan sebuah sistem operasi yang diperuntukan untuk sebuah perangkat bergerak (*mobile devices*).

2.3 Unity

Software Unity digunakan untuk menghubungkan objek 3 dimensi dan aplikasi android. Pada unity terdapat vuforia SDK (Software Development Kit) yang memungkinkan pembuatan aplikasi *augmented reality*. Vuforia menyediakan kegunaan untuk memproses kamera, *image converter, tracker, application code, video background renderer, device database* dan *user-defined targets*. Untuk lebih detail proses kegunaan dan tahapan yang terjadi di vuforia SDK dapat dilihat pada Gambar 2.



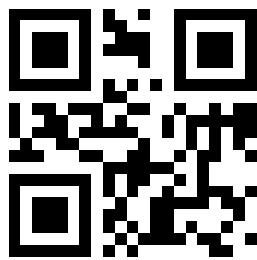
Gambar 2 Data flow diagram vuforia SDK

2.4 Quick Response Code

Quick Response Code atau sering disingkat QR Code merupakan sebuah barcode dua dimensi yang dapat mengandung *alphanumeric text* dan URLs yang menghubungkan pengguna secara langsung ke situs dimana objek tersebut diarahkan [6].

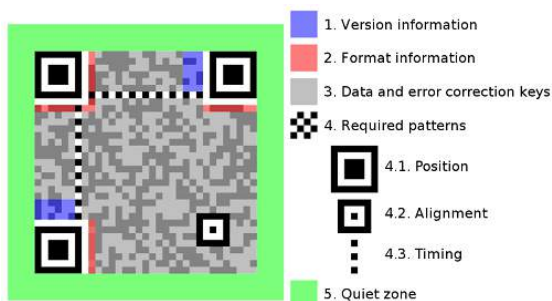
Pada penelitian ini qr code berfungsi sebagai pengarah ke lokasi informasi di marker. QR Code akan berisikan *unified resource locator* atau alamat website dari tiap provinsi.

Contoh qr code dapat dilihat pada Gambar 3 seperti kumpulan dari kotak-kotak hitam yang tersusun secara sistematis dan unik. QR code mampu menyimpan atau *encode data* dengan kemampuan maksimal; *alphanumeric* 4.296 karakter, *numeric*: 7.089 karater, dan *8 bit binary* 2.953 bytes.



Gambar 3 Contoh QR Code

Ada lima bagian vital terdapat pada QR Code, yaitu *version information*, *format information*, *data and error correction keys*, *required patterns* dan *quiet zone*.



Gambar 4 Struktur QR Code

2.5 Pemrograman Berorientasi Objek

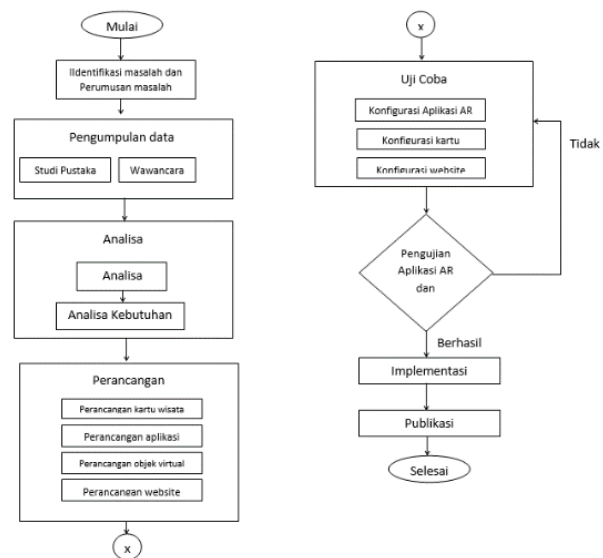
Pemrograman berorientasi objek atau *Object Oriented Programming (OOP)* merupakan paradigma pemrograman yang memandang sistem yang akan dibangun berdasarkan objek-objek yang terlibat dan interaksinya dalam sistem [7].

2.6 Unified Modeling Language

Unified Modeling Language adalah sebuah bahasa modeling standar untuk membangun perangkat lunak dan sistem [8].

3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Pelaksanaan



Gambar 5 Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan diagram alir penelitian pada Gambar 5, hasil optimasi distribusi informasi ODTW berbasis *Augmented Reality* melalui tahapan berikut:

- a. Identifikasi masalah dan perumusan masalah. Distribusi informasi Objek dan Daya Tarik Wisata (ODTW) Indonesia belum memanfaatkan teknologi sebagai alternatifnya.

Teknologi Augmented Reality dalam mengemas informasi ODTW menjadi lebih menarik dan informatif. Visualisasi ODTW menjadi obyek 3 dimensi akan mudah diingat dan dicerna oleh masyarakat. Penggunaan media kartu sebagai alat pun menjadi nilai solusi pada permasalahan tersebut

- b. Pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan media-media seperti buku, jurnal-jurnal baik nasional maupun internasional, majalah, katalog wisata, brosur, artikel-artikel di internet yang berkaitan dengan perancangan aplikasi *augmented reality* dan penerapannya pada proses distribusi informasi Obyek dan Daya Tarik Wisata.
- c. Analisa masalah merupakan salah satu cara mengidentifikasi semua masalah-masalah terkait dengan penelitian yang akan dibuat terutama dalam teknis. Pada penelitian ini masalah yang terjadi bagaimana membuat suatu sistem aplikasi distribusi informasi obyek dan daya tarik wisata Indonesia secara menarik dan interaktif.
- d. Perancangan terhadap sistem secara keseluruhan melalui beberapa tahapan diantaranya perancangan kartu wisata, perancangan aplikasi android, perancangan objek virtual dan perancangan website.
- e. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah aplikasi yang dibuat dapat berjalan dengan sebagaimana mestinya dengan menggunakan marker kartu wisata tersebut.

3.2 Perancangan Sistem

Aplikasi turisca merupakan aplikasi berbasis *augmented reality*. Aplikasi ini akan memindai *marker* berupa kartu, kemudian akan dihasilkan suatu obyek 3 dimensi virtual pada android.

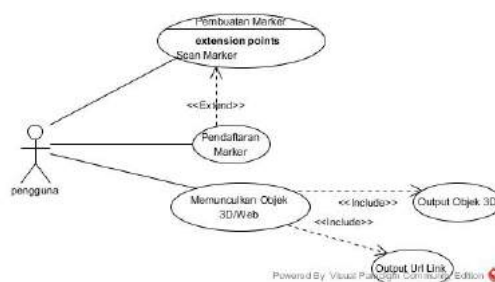
Perancangan fungsional menggunakan metode rancangan *Unified Modeling Language* (UML) sebagai standar untuk pemodelan obyek dunia nyata [9].

Use case diagram menjelaskan keterkaitan dan interaksi antara sistem yang dibangun dengan pengguna. Diagram ini menunjukkan fungsionalitas suatu sistem.

Dalam pengembangannya, aplikasi ini dilakukan melalui tiga tahapan. Pertama pembuatan marker, proses pendaftaran dan proses pemunculan output. Pada proses pembuatan marker menjadi tahapan pertama sebelum obyek dapat di *scan* dan *output* ditampilkan. Marker yang akan di *scan*, dilakukan proses pendaftaran marker sampai marker tersebut dapat digunakan. Selanjutnya, tahapan terakhir adalah pemunculan obyek yang dipilih berdasarkan metodenya. Metode AR akan memunculkan output berupa obyek 3D, metode QR akan memunculkan keluaran berupa link website turisca.com.

Selain *use case diagram*, perancangan juga menggunakan *state machine diagram* yang menggambarkan perilaku kelas dalam menanggapi rangsangan. Pada penelitian ini terdapat empat buah *state machine diagram*, yaitu *state machine diagram* pembuatan kartu/marker, *target manager*, *augmented reality* dan *qr code*.

Use case diagram dapat dilihat pada Gambar 6.

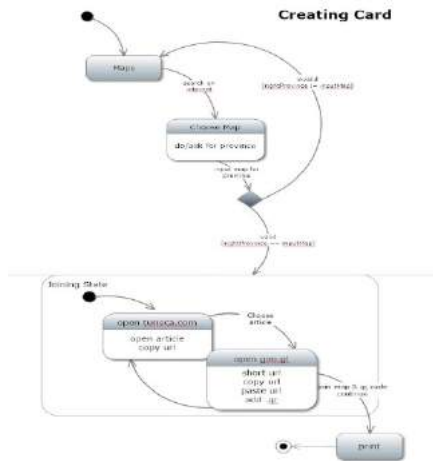


Gambar 6 Use Case Diagram

3.3 State Machine Diagram

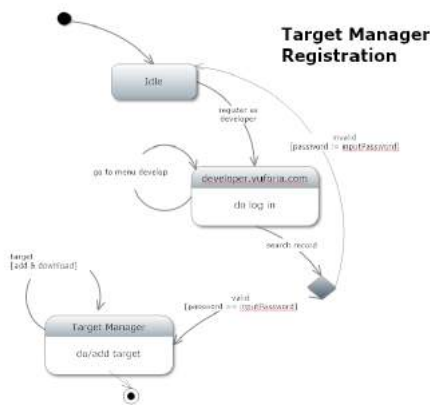
State machine diagram menggambarkan perilaku kelas dalam menanggapi rangsangan. Pada penelitian ini, setidaknya terdapat empat *state machine diagram*.

- a. *State machine diagram* pembuatan kartu/ marker. State machine ini akan menjelaskan mengenai proses pengambilan data-data pendukung untuk membuat sebuah marker.



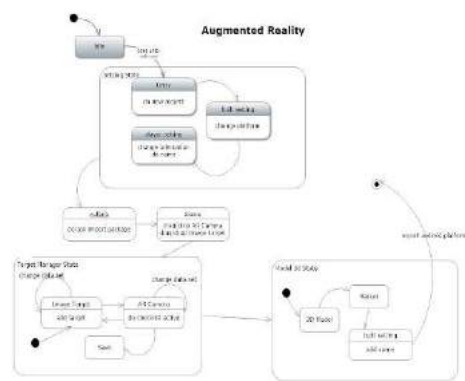
Gambar 7 State Diagram Pembuatan Kartu

- b. *State Machine Diagram Target Manager*. Target manager merupakan proses pendaftaran marker yang sudah dibuat kedalam satu database. Penambahan dan pengurangan marker dapat dilakukan pada sistem target manager ini.



Gambar 8 State Diagram target manager

- c. *State Machine Diagram Augmented Reality*. Diagram ini menjelaskan secara detail setiap proses sampai dengan obyek 3D yang mensimbolkan dari Objek dan Daya Tarik Wisata tiap provinsi.

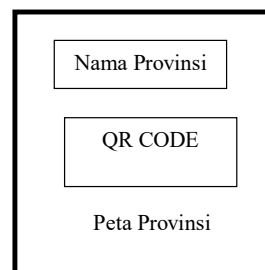


Gambar 9 State Diagram Augemented Reality

3.4 Perancangan Kartu Wisata Turisca

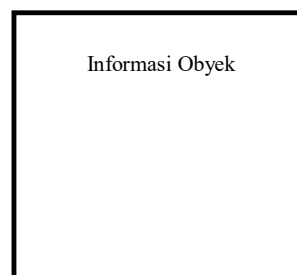
Kartu wisata dalam penelitian ini digunakan sebagai marker atau media untuk memunculkan informasi 3D tiap ODTW. Kartu wisata dirancang menjadi dua sisi, yaitu sisi depan dan sisi belakang. Sisi depan sebagai marker aplikasi sedangkan sisi belakang sebagai informasi tambahan.

Tampilan sisi depan kartu wisata turisca dapat di lihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Sisi depan kartu

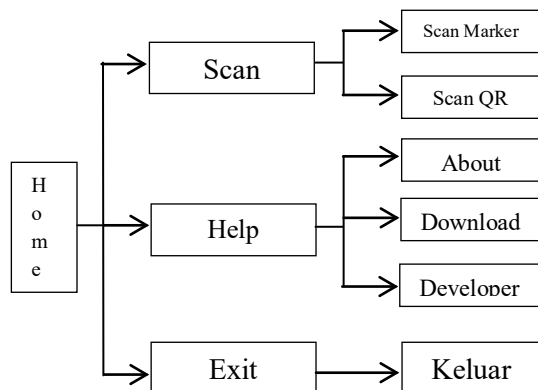
Tampilan sisi belakang kartu wisata turisca dapat di lihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Sisi belakang kartu

3.4 Struktur navigasi aplikasi

Navigasi aplikasi dirancang dengan tujuan untuk memudahkan pengguna mengoperasikannya. Navigasi disusun secara hirarki seperti pada Gambar 12.



Gambar 12 Struktur Navigasi

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Sistem Hardware dan Software

Proses pembuatan aplikasi android pun memerlukan beberapa hal yang perlu dipersiapkan, seperti *hardware* (perangkat keras) dan *software* (perangkat lunak) pendukung. Pada penelitian ini, sebagian besar perangkat lunak yang digunakan bersifat *free license* yang sudah terinstall. Perangkat lunak tersebut diantaranya *Java Development Kit* (JDK), *AndroidStudio Integrated Development Environment* (IDE), *Android Software Development Kit* (SDK), *Android Development Tools* (ADT), *Unity 3D*, *Wordpress* dan *Blender 3D*.

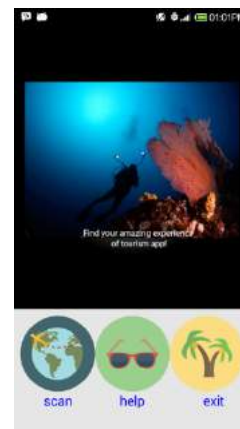
Perangkat lunak tersebut tersedia untuk berbagai sistem operasi, yaitu windows, MacOS dan Linux sehingga dapat menggunakan sistem operasi manapun sesuai dengan keinginan. Implementasi perangkat keras pada penelitian ini langsung ke perangkat android (*smartphone* android). Integrasi antara perangkat lunak dan perangkat keras tidak menjadi masalah karena android dapat berjalan pada sebuah *virtual-machine*.

4.2 Proses Dasar Aplikasi

Pada tahapan dasar proses aplikasi berdasarkan rancangan seperti yang telah diuraikan pada metodologi penelitian. Proses berjalannya aplikasi dilakukan beberapa hal, yaitu pemrograman aplikasi, pembuatan web berbasis *Content Management System* (CMS) *wordpress*, pembuatan objek 3 dimensi dan pembuatan kartu turisca.

4.3 Uji Coba Aplikasi

Saat pertama kali dijalankan, aplikasi akan menampilkan halaman *splash screen* sebelum menu utama yang menawarkan tampilan dan tiga pilihan menu untuk *user* sebagai berikut.



Gambar 13 Tampilan utama

Terdapat dua fungsi utama dari aplikasi turisca, yaitu pembacaan *QR Code* dan *Augmented Reality*. Uji coba fungsionalitas pun dapat berjalan dengan baik.



Gambar 14 Tampilan scan QR Code



Gambar 15 Tampilan scan AR

Pada Gambar 15 dapat diketahui bahwa objek dan daya tarik wisata (ODTW) pada kartu tersebut berupa taman nasional yang disimbolkan dengan binatang langka di dalamnya. Setiap ODTW yang divisualisasikan akan berbeda tiap kartu.

Secara keseluruhan mulai dari pembacaan kartu (marker), menampilkan website, menampilkan objek 3 dimensi dan qr code berjalan secara baik. Ketika marker discan, maka muncul objek 3D yang sudah ditentukan.

5 SIMPULAN

Dari perancangan dan pengujian yang dilakukan oleh penulis dalam pembuatan aplikasi android berbasis *augmented reality* sebagai distribusi informasi objek dan daya tarik wisata Indonesia, maka ada beberapa hal yang dapat disimpulkan, yaitu

1. Aplikasi turisca dapat menjadi salah satu bentuk distribusi informasi obyek dan daya tarik wisata yang efektif dan menarik.
2. Penggunaan teknologi *augmented reality* dalam aplikasi turisca menjadi nilai tambah karena menampilkan gambaran awal obyek dan daya tarik wisata dalam bentuk 3 dimensi dan website dinamis.
3. Implementasi *marker* dalam bentuk kartu sangat baik mengingat kepraktisannya sebagai media pendukung.

KEPUSTAKAAN

- [1] Pusdatin KEMENPAREKRAF RI. *Jumlah Kunjungan Wisatawan Mancanegara Per Bulan Agustus*.2014.
- [2] Siltanen, Sanni. "Theory and application of marker-based augmented reality". *VTT Science*3. Espoo: Finland. (2012).
- [3] *Fathoni, M., Cahyono, E.B. & Kusuma, W.A. Alat Musik Perkusi Augmented Reality Berbasis Android. Makalah Seminar Tugas Akhir. Universitas Diponegoro : Semarang, (2012).*
- [4] Azuma, Ronald, et al. *Recent Advance in Augmented Reality*. IEEE. 2001.
- [5] Milgram, P., Kishino F. "Taxonomy of Mixed Reality Visual Display". *IEICE Transaction on Information Systems*.1994.
- [6] Educause Learning Initiative. *7 Things You Should Know About QR Codes*. (2009).
- [7] Lewis, John and William Loftus. *Java Software Solution Seventh Edition*. Boston : Addison-Wesley, (2012).
- [8] Hamilton, Kim and Russel Miles. *Learning UML 2.0*. O'Reilly, (2006).
- [9] Lee, Sunguk. "Unified Modelling Language (UML) for Database Systems and Computer Application", *International Journal of Database Theory and Application*. Vol. 5, No. 1, Maret, 2012.

Perancangan Sistem Informasi InventoryBarang Berbasis Web pada Perusahaan Pergudangan

Raden Adhiyaksa Indiharto¹⁾, Atiqah Meutia Hilda²⁾&Arry Avorizano³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Informatika Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Prof. DR. Hamka

Jl. Tanah Merdeka No. Kampung Rambutan Ciracas Jakarta Timur DKI Jakarta 13830

Telp. (021) 8400941, Fax. (021) 87782739,

Email : Radenadhiyaksa89@gmail.com¹⁾, atiqah_mh@yahoo.com²⁾, arryavorizano@uhamka.ac.id³⁾

Abstrak

Di era modern ini perkembangan teknologi informasi kian pesat. Sejumlah aplikasi dibuat untuk memudahkan pekerjaan manusia. Salah satunya mekanisme pengadaan barang yang dahulu dikerjakan secara manual, namun sekarang pengerjaannya bisa dipermudah dengan adanya sistem pengadaan barang berbasis web yang selain dapat mempermudah juga dapat mempercepat proses inventarisasi dan pengadaan barang di suatu perusahaan pergudangan. Sistem informasi inventory barang ini merupakan sistem informasi berbasis web multi-user dengan mekanisme proses pengadministrasian dan pengadaan barang dilakukan secara online. Aplikasi ini merupakan penunjang dari proses administrasi pengadaan barang di setiap perusahaan pergudangan. Aplikasi ini juga dilengkapi dengan fitur untuk melakukan request pengadaan barang, maintenance pengadaan barang, dan laporan pengadaan barang secara online.

Kata kunci: data mining, UML, sistem informasi, pengadaan barang

1 PENDAHULUAN

Pada hakekatnya teknologi informasi memiliki peranan sebagai sebuah alat untuk memudahkan setiap pekerjaan yang pada awalnya manual menjadi terotomatisasi. Berkat teknologi informasi kini kita bisa hidup dengan nyaman dan segala hal pekerjaan yang sekiranya rumit akan bisa cepat terselesaikan. Setiap pekerjaan itu sendiri memiliki tingkat kerumitan yang berbeda-beda, semakin kompleks *workflow* pekerjaan itu, maka semakin kompleks pula sistem yang akan dibuat untuk menyelesaikan pekerjaan itu.

Salah satunya adalah proses administrasi pengadaan barang. Dari *request* pengadaan barang, *maintenance* pengadaan barang, hingga sampai pada pelaporan pengadaan barang. Semuanya itu bisa terselesaikan dengan baik tanpa ada hambatan sekalipun. Namun apabila pengadaan barangnya tersebut sudah semakin banyak dan kompleks, maka

user akan mengalami kesulitan dalam melakukan pengadministrasian pengadaan barang tersebut. Dalam hal ini perusahaan pergudangan masih ada yang melakukan proses pengadministrasian pengadaan barang dengan cara manual. Walaupun sudah menggunakan sistem komputer dalam aktivitasnya membuat laporan pendataan inventaris perlengkapan dan peralatan kantor di beberapa perusahaan tapi belum menerapkan sistem komputerisasi secara optimal. Ini dapat diamati ketika menyajikan laporan tersebut penggunaan komputer hanya sebatas pengetikanseluruh data inventaris menggunakan Ms-Word atau Ms-Excel. Sehingga di dalam menghasilkan seluruh laporan yang akurat dan tepat membutuhkan waktu yang relatif lama atau bahkan kurang lengkapnya laporan yang dihasilkan.

Pada awalnya berjalan lancar karena proses pengadministrasian pengadaan barang masih sedikit, namun dengan semakin banyaknya barang

yang di-*manage* dan keterbatasan sumber daya manusia, maka *user* mengalami kesulitan.

Atas dasar inilah penulis ingin membuat suatu sistem informasi yang nantinya akan menyelesaikan setiap permasalahan yang dihadapi oleh *user*. Aplikasi ini bertujuan untuk membantu *user* dalam melakukan *request* pengadaan barang, *maintenance* pengadaan barang, dan pelaporan pengadaan barang. Di dalam pelaporan tersebut sistem akan memberikan deteksi dini terhadap ketersediaan barang di gudang sehingga diharapkan pihak pimpinan/pengambilan keputusan dapat segera mengintruksikan supaya tidak sampai terjadi kekosongan barang di gudang.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Inventaris

Dalam pengertian umum inventarisasi barang adalah kegiatan melaksanakan pengurusan, penyelenggaraan, pengaturan, pencatatan dan pendaftaran barang inventaris/hak milik. Sedangkan daftar barang inventaris/hak milik adalah suatu dokumen berharga yang menunjukkan sejumlah barang milik organisasi dan dikuasai pimpinan organisasi yang berada di Sub Bagian-bagian, baik yang bergerak maupun yang tidak bergerak.

Adanya daftar inventaris yang lengkap, teratur dan berkelanjutan di semua Sub Bagian organisasi mempunyai fungsi dalam rangka:

1. Menertibkan administrasi barang/hak milik.
2. Pendaftaran, pengendalian dan pengawasan setiap hak milik.
3. Usaha untuk memanfaatkan penggunaan setiap barang/hak milik secara maksimal dalam melancarkan pencapaian maksud dan tujuan organisasi.
4. Menunjang pelaksanaan penyelenggaraan organisasi.

2.2 Pengadaan Barang

Pengadaan barang/jasa adalah kegiatan pengadaan barang/jasa yang dilaksanakan secara swakelola maupun oleh penyedia barang/jasa.

Ada beberapa istilah yang digunakan dalam proses pengadaan ini, diantaranya:

1. Pengguna Anggaran sebagai pemilik pekerjaan yang bertanggung jawab atas pelaksanaan pengadaan barang/jasa.
2. Penyedia barang/jasa, adalah badan usaha atau perseorangan yang menyediakan barang/jasa.
3. Barang, adalah benda dalam berbagai bentuk dan uraian, yang meliputi bahan baku, bahan setengah jadi, barang jadi/peralatan yang spesifikasinya ditetapkan oleh pengguna barang/jasa.
4. Khusus jasa, terbagi atas 3 jenis, yaitu jasa pemborongan, jasa konsultasi dan jasa lainnya.

2.3. Pengembangan Sistem

Pengembangan sistem (*Sistem Development*) dapat berarti menyusun atau membuat suatu sistem baru untuk menggantikan atau memperbaiki sistem lama, baik secara keseluruhan atau sebagian dari sistem yang telah ada dengan mengintegrasikan dan memadukan prosedur, sarana dan sumber daya manusia yang dimiliki. Sistem yang lama perlu diperbaiki atau diganti disebabkan karena beberapa hal sebagai berikut:

1. Adanya permasalahan-permasalahan yang timbul di sistem yang lama seperti adanya ketidakberesan atau adanya pertumbuhan organisasi.
2. Untuk meraih kesempatan-kesempatan, kesempatan ini dapat berupa peluang pasar, pelayanan yang meningkat kepada pelanggan.
3. Adanya instruksi-instruksi dari atasan atau pimpinan atau dari luar organisasi, seperti peraturan pemerintah.

Dalam sebuah perancangan perangkat lunak diperlukan model-model proses atau paradigma rekayasa perangkat lunak berdasarkan sifat aplikasi dan proyeknya, metode dan alat bantu yang dipakai dan kontrol serta penyampaian yang dibutuhkan.

2.4 Metodologi Berorientasi Objek

Metodologi berorientasi objek adalah suatu strategi pembangunan perangkat lunak yang mengorganisasikan perangkat lunak sebagai kumpulan objek yang berisi data dan operasi yang diberlakukan terhadapnya. Metode berorientasi objek didasarkan pada penerapan prinsip-prinsip pengelolaan kompleksitas. Metode berorientasi objek meliputi rangkaian aktivitas analisis berorientasi objek, perancangan berorientasi objek, pemrograman berorientasi objek, dan pengujian berorientasi objek.

Aplikasi yang dikembangkan pada saat ini sangat beragam (aplikasi bisnis, *real-time*, *utility*, dan sebagainya) dengan platform yang berbeda-beda, sehingga menimbulkan tuntutan kebutuhan metodologi pengembangan yang dapat mengakomodasi ke semua jenis aplikasi tersebut. Metodologi berorientasi objek memberikan keuntungan meningkatkan produktivitas, kecepatan dalam pengembangan, kemudahan pemeliharaan, adanya konsistensi, meningkatkan kualitas perangkat lunak.

2.5 UML (*Unified Modelling Language*)

UML (*Unified Modeling Language*) adalah metode pemodelan secara visual sebagai sarana untuk merancang dan atau membuat software berorientasi objek. Karena UML ini merupakan bahasa visual untuk pemodelan bahasa berorientasi objek, maka semua elemen dan diagram berbasiskan pada paradigma *object oriented*.

UML adalah salah satu tool/model untuk merancang pengembangan software yang *object oriented*. UML sendiri juga memberikan standar penulisan sebuah sistem blueprint, yang meliputi

konsep bisnis proses, penulisan kelas-kelas dalam bahasa program yang spesifik, skema database, dan komponen-komponen yang diperlukan dalam sistem perangkat lunak.

UML selain merupakan sebuah bahasa pemrograman visual, juga dapat secara langsung dihubungkan ke berbagai bahasa pemrograman atau bahkan dihubungkan secara langsung ke dalam sebuah *object-oriented database*. Begitu juga mengenai pendokumentasian dapat dilakukan seperti; *requirements*, arsitektur, *design*, *source code*, *project plan*, *tests*, dan *prototypes*.

Langkah-langkah penggunaan *Unified Modeling Language* (UML):

1. Buatlah daftar business process dari level tertinggi untuk mendefinisikan aktivitas dan proses yang mungkin muncul.
2. Petakan use case untuk setiap business process untuk mendefinisikan dengan tepat fungsional yang harus disediakan oleh sistem, kemudian perhalus use case diagram dan lengkapi dengan requirement, constraints dan catatan-catatan lain.
3. Buatlah deployment diagram secara kasar untuk mendefinisikan arsitektur fisik sistem.
4. Definisikan requirement lain non fungsional, security dan sebagainya yang juga harus disediakan oleh sistem.
5. Berdasarkan use case diagram, mulailah membuat activity diagram.
6. Definisikan obyek-obyek level atas package atau domain dan buatlah sequence dan/atau collaboration untuk tiap alir pekerjaan, jika sebuah use case memiliki kemungkinan alir normal dan error, buat lagi satu diagram untuk masing-masing alir.
7. Buatlah rancangan user interface model yang menyediakan antarmuka bagi pengguna untuk menjalankan skenario use case.

8. Berdasarkan model-model yang sudah ada, buatlah class diagram. Setiap package atau domain dipecah menjadi hirarki class lengkap dengan atribut dan metodenya. Akan lebih baik jika untuk setiap class dibuat unit test untuk menguji fungsionalitas class dan interaksi dengan class lain.
9. Setelah class diagram dibuat, kita dapat melihat kemungkinan pengelompokkan class menjadi komponen-komponen karena itu buatlah component diagram pada tahap ini. Selain itu, definisikan test integrasi setiap komponen untuk meyakinkan ia dapat bereaksi dengan baik.
10. Perhalus deployment diagram yang sudah dibuat. Detailkan kemampuan dan requirement piranti lunak, sistem operasi, jaringan dan sebagainya. Petakan komponen ke dalam node.
11. Mulailah membangun sistem. Ada dua pendekatan yang tepat digunakan:
 - Pendekatan use case dengan mengassign setiap use case kepada tim pengembang tertentu untuk mengembangkan unit kode yang lengkap dengan test.
 - Pendekatan komponen yaitu mengassign setiap komponen kepada tim pengembang tertentu.
12. Lakukan uji modul dan uji integrasi serta perbaiki model beserta codenya. Model harus selalu sesuai dengan code yang aktual.
13. Perangkat lunak siap dirilis.

2.6 Web

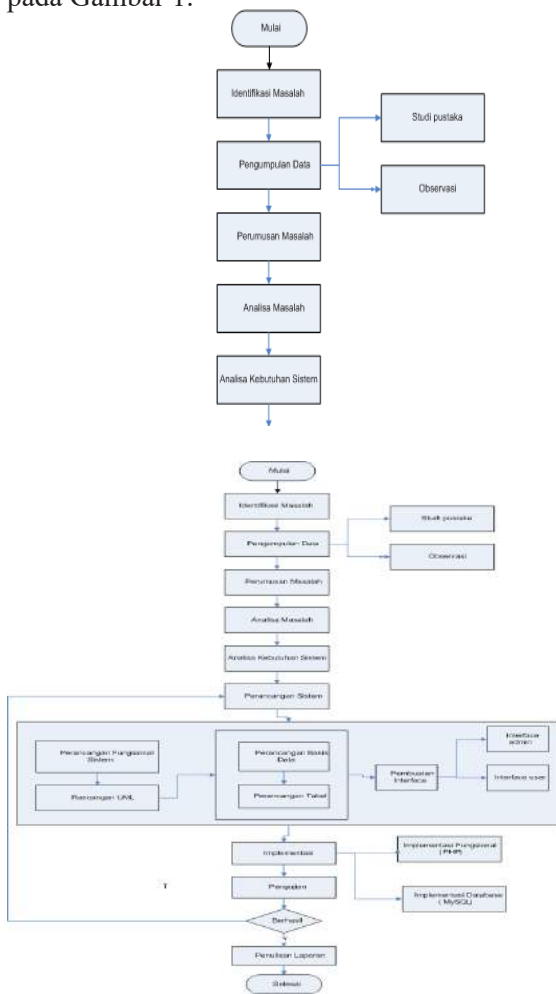
Web adalah fasilitas *Hypertext* untuk menampilkan data berupateks, gambar, animasi, dan data multimedia lainnya yang salingberhubungan satu sama lain.

2.7 Aplikasi Web

Semula aplikasi *web* dibangun dengan menggunakan bahasa yang disebut HTML (*HyperText Markup Language*) dan protokol yang digunakan dinamakan HTTP (*HyperText Transfer Protocol*). Namun pada perkembangan selanjutnya sejumlah skrip dan objek dikembangkan untuk memperluas kemampuan HTML (Kadir, 2005: 5).

3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam metodologi penelitian terdapat beberapa tahapan penelitian yang dilakukan yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Alur Penelitian

Masing-masing terdiri dari:

1. Identifikasi masalah, pada penelitian ini masalah yang terjadi yaitu bagaimana menerapkan aplikasi Sistem Informasi Inventory Barang Berbasis Web pada perusahaan pergudangan.
2. Pengumpulan Data
 - Studi Pustaka, pada tahap ini dilakukan penelusuran data-data dan pengumpulan informasi yang digunakan untuk merancang sistem informasi inventory barang berbasis web pada perusahaan pergudangan.
 - Observasi
Teknik ini merupakan teknik mendapatkan data primer dengan cara mengamati langsung terhadap objek data yang diteliti.
3. Perumusan Masalah
Berdasarkan latar belakang, penulis dapat merumuskan suatu permasalahan yaitu bagaimana merancang dan mengembangkan aplikasi sistem informasi inventory barang pada perusahaan pergudangan.
4. Analisis Masalah
Dalam penelitian ini lebih menitikberatkan pada penerapan aplikasi sistem informasi inventory barang di perusahaan pergudangan.
5. Analisis Kebutuhan Sistem
Kebutuhan sistem ini meliputi perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan yaitu sebuah komputer, sedangkan untuk perangkat lunaknya yaitu *web server* Xampp serta menggunakan pemrograman PHP dan MySQL. Penelitian ini menggunakan metode analisis kebutuhan dari sistem yang ditentukan sendiri dan disesuaikan dengan sistem yang akan dibangun.
6. Perancangan Sistem Berbasis Objek
Rancangan Fungsional terdiri dari

perancangan sistem dengan menggunakan perangkat lunak AstahUML. Selanjutnya dilakukan perancangan *database* dan perancangan *interface*.

7. Implementasi
Aplikasi terdiri dari implementasi fungsional dan *database*. *Database* yang digunakan adalah *MySQL* yang dibuat menggunakan *phpMyAdmin*.
8. Pengujian Aplikasi
Pada pengujian ini digunakan *web server* XAMPP versi 1.7.1 dan *web browser* yang digunakan adalah *Internet Explorer* dan *Mozilla Firefox*. Setiap fungsi yang ada di aplikasi seperti fungsi tampil, input, edit dan fungsi hapus data dijalankan dan dianalisis apakah fungsi-fungsi tersebut sudah berjalan sebagaimana mestinya atau belum.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

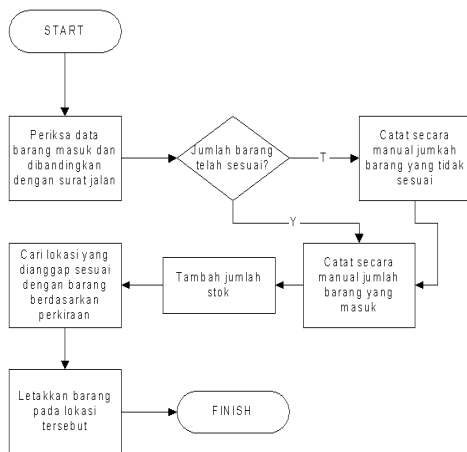
Cakupan pada sistem informasi inventaris pengadaan barang berbasis web ini terdiri dari 5 (lima) fungsi, yaitu:

- a. Inventaris Barang
- b. Permintaan Barang
- c. Pengadaan Barang
- d. Penerimaan Barang
- e. Laporan-laporan dari data inventarisasi dan pengadaan barang

Ada dua mekanisme proses pada pada sistem informasi inventaris pengadaan barang berbasis web ini, yaitu:

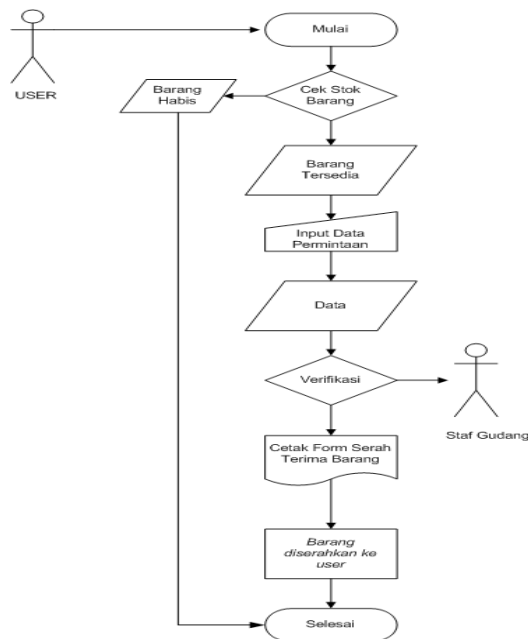
1. Mekanisme Proses Barang Masuk
Pada sistem administrasi gudang mekanisme barang masuk merupakan awal dari suatu proses pengadministrasian sebuah gudang. Dari mulai pencatatan surat jalan atau *purchasing order* dari supplier, melakukan perhitungan jumlah stok barang yang masuk dari supplier (dilakukan secara *random*), menandatangani *purchasing order* dari

supplier dan dilakukan serah terima barang, serta terakhir adalah melakukan input barang masuk ke Sistem Informasi Inventory Barang Berbasis Web. Berikut merupakan mekanisme dari proses barang masuk dari supplier:



Gambar 2 Mekanisme Barang Masuk

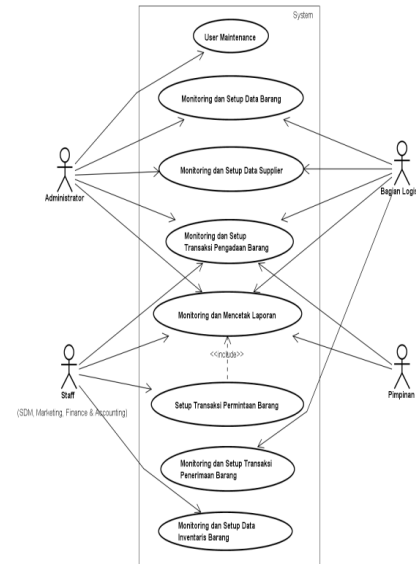
2. Mekanisme Proses Permintaan Barang Secara umum dalam sistem administrasi gudang terdapat proses permintaan barang dari user. Berikut adalah proses request barang yang dilakukan oleh user:



Gambar 3 Mekanisme Permintaan Barang

3.1 Use Case Diagram Sistem Inventory

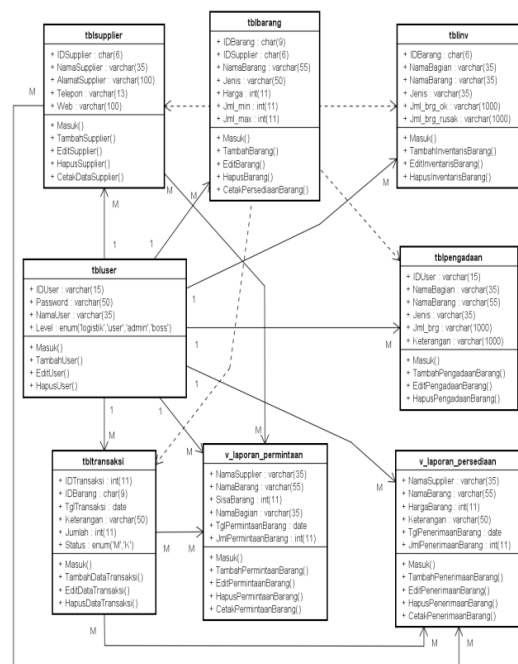
Berikut merupakan use case Diagram Sistem inventory berbasis web



Gambar 4 Use Case Diagram

3.2 Class Diagram

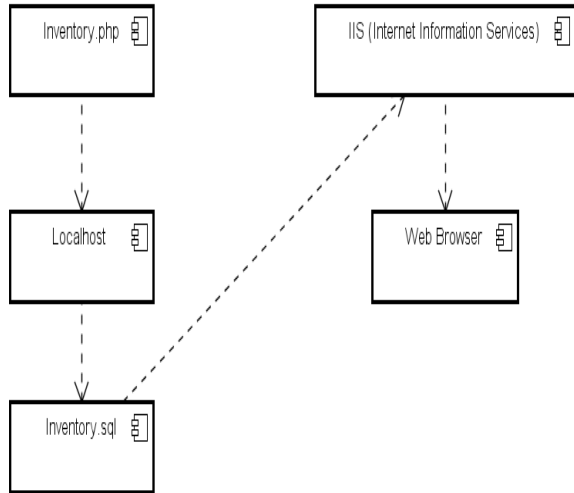
Class Diagram pada Gambar 5 menjelaskan relasi antar kelas yang terdapat dalam Sistem Informasi Inventaris Barang.



Gambar 5 Class Diagram

3.3 Component Diagram

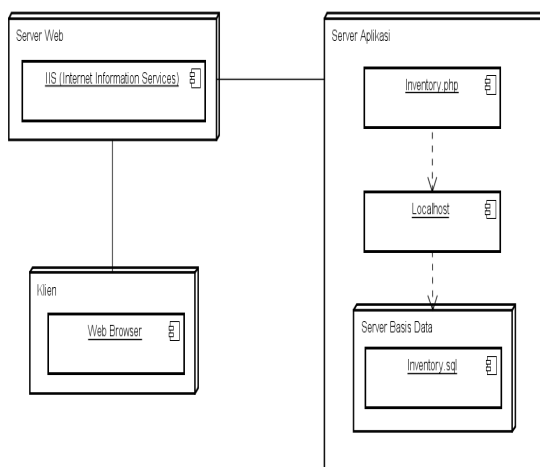
Pada *component diagram* pada Gambar 6. dijelaskan bahwa komponen-komponen yang terlibat dalam sistem ini adalah:



Gambar 6 Component Diagram

3.4 Deployment Diagram

Diagram *deployment* menunjukkan tata letak sebuah sistem secara fisik. Diagram ini akan menampilkan bagian-bagian *software* yang berjalan pada bagian-bagian *hardware* yang digunakan untuk mengimplementasikan sebuah sistem dan keterhubungan antara komponen-komponen *hardware* tersebut. Berikut merupakan gambar dari *deployment diagram*:



Gambar 7 Deployment Diagram

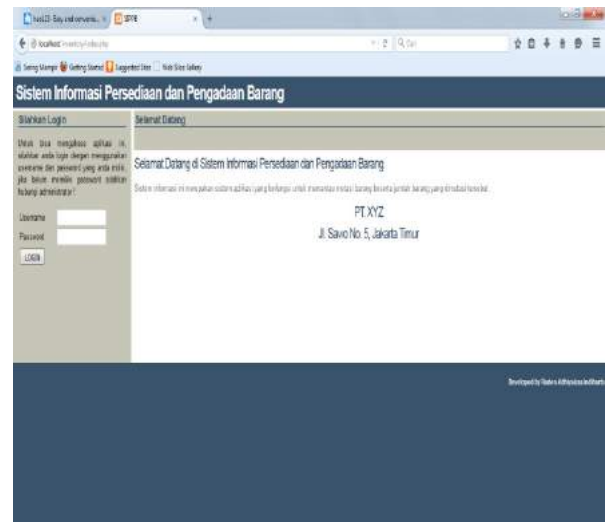
3.5 Antarmuka Sistem

Dalam membangun sistem ini, ada beberapa antarmuka yang dibuat. Berikut ini merupakan antarmuka-antarmuka yang dibuat untuk sistem ini, yaitu:

a. Login

Berdasarkan dari *use case diagram*, masing-masing pengguna memiliki hak akses yang berbeda-beda dalam menggunakan fitur di sistem.

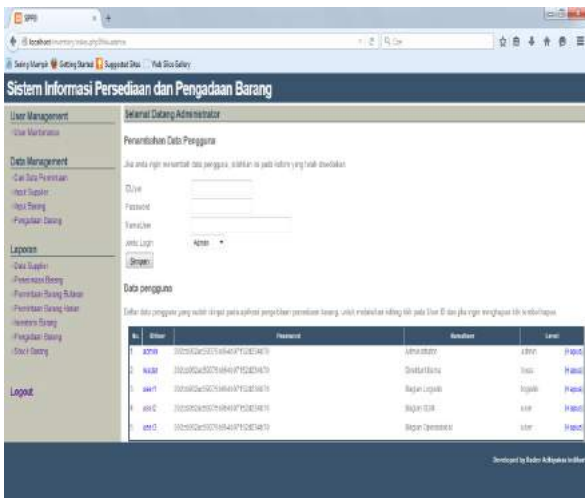
Untuk dari segi keamanan, salah dalam memasukkan *password* sebanyak 3 (tiga) kali, maka sistem akan otomatis memblokir *user* tersebut dan dipersilahkan untuk menghubungi administrator. Halaman Login sebagaimana terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Halaman Login

b. User Maintenance

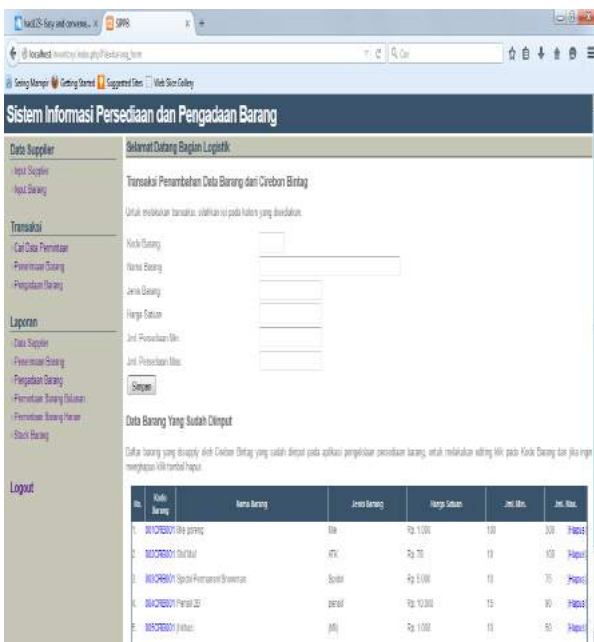
Halaman ini memiliki fungsi untuk melakukan penambahan, perubahan, maupun penghapusan data *user*. Otorisasi pengaksesan hanya dilakukan oleh administrator. Halaman *User Maintenance* sebagaimana terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Halaman User Maintenance

c. Monitoring dan Setup Data Barang

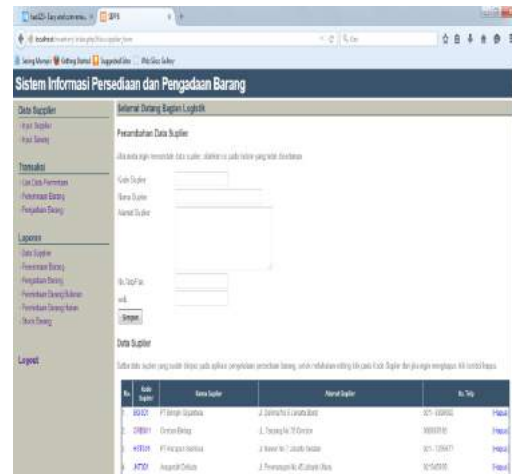
Halaman ini berfungsi untuk melakukan monitoring dan input data barang yang telah dipasok oleh supplier. Otorisasi pengaksesan hanya dilakukan oleh administrator dan Staf Gudang Bagian Logistik. Halaman Monitoring dan Setup Data Barang sebagaimana terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Halaman Monitoring dan Setup Data Barang

d. Monitoring dan Setup Data Supplier

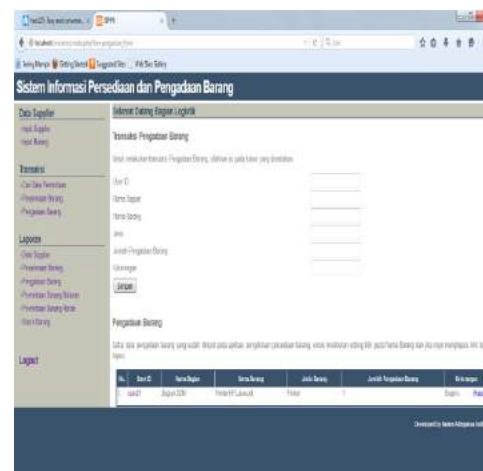
Halaman ini berfungsi untuk melakukan penambahan data baru atau pengkinian data pada supplier. Otorisasi pengaksesan hanya dilakukan oleh administrator dan Staf Gudang Bagian Logistik. Pada Gambar 11 merupakan halaman Monitoring dan Setup Data Supplier.



Gambar 11 Halaman Monitoring dan Setup Data Supplier

e. Monitoring dan Setup Pengadaan Barang

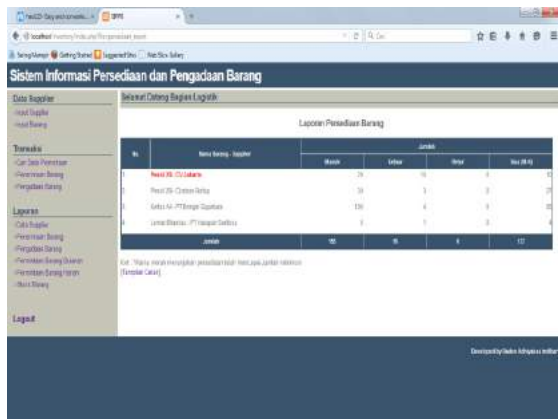
Halaman ini berfungsi untuk melakukan pengadaan barang baru, jika barang pada Stock Barang di gudang tidak ada. Otorisasi pengaksesan bisa dilakukan oleh semua pengguna (*user*). Halaman Monitoring dan Setup Pengadaan Barang sebagaimana terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Halaman Monitoring dan Setup Pengadaan Barang

f. Monitoring dan Mencetak Laporan

Sub menu yang ada pada menu laporan bisa digunakan untuk mencetak laporan atau hanya melakukan monitoring saja. Laporan tersebut merupakan seluruh data transaksi yang ada di Sistem Informasi Inventaris Barang. Otorisasi pengaksesan bisa dilakukan oleh semua pengguna (*user*). Gambar 13 merupakan halaman untuk monitoring dan mencetak seluruh laporan.



Gambar 13 Halaman Monitoring dan Mencetak Laporan

g. Setup Transaksi Permintaan Barang

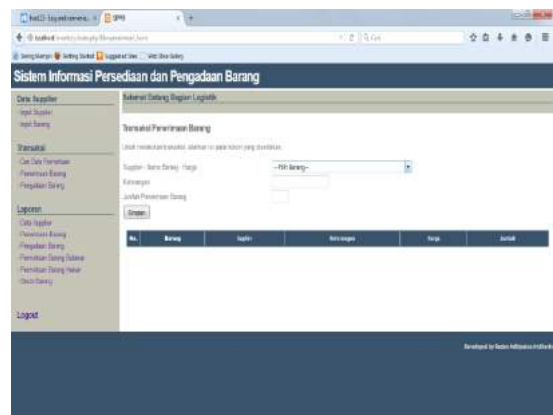
Halaman ini berfungsi untuk melakukan transaksi permintaan barang. Otorisasi pengaksesan halaman ini hanya bisa dilakukan oleh Staff Bagian. Apabila barang tersebut telah mencapai limit, maka Staff Bagian tidak bisa melakukan *request*. Hal ini terjadi karena telah diprogram oleh penulis supaya persediaan barang di gudang tidak serta merta habis total, namun memiliki jumlah limit yang nantinya digunakan sebagai acuan Staff Gudang Bagian Logistik untuk melakukan pengadaan barang kembali. Halaman Setup Transaksi Permintaan Barang sebagaimana terlihat pada Gambar 14.



Gambar 14 Halaman Setup Transaksi Permintaan Barang

h. Monitoring dan Setup Transaksi Penerimaan Barang

Halaman ini merupakan form untuk melakukan transaksi penerimaan barang dari supplier. Jadi setelah melakukan serah terima barang antara Staf Gudang Bagian Logistik dengan Supplier, maka barang tersebut diinput ke dalam sistem. Otorisasi pengaksesan halaman ini hanya bisa dilakukan oleh Staf Gudang Bagian Logistik. Halaman Monitoring dan Setup Transaksi Penerimaan Barang sebagaimana terlihat pada Gambar 15.



Gambar 15 Halaman Monitoring dan Setup Transaksi Penerimaan Barang

i. Monitoring dan Setup Data Inventaris Barang

Setelah melakukan *request* barang pada form permintaan barang, Staff Bagian harus melakukan inventaris barang jika barang yang diminta merupakan peralatan elektronika/non-elektronika dan bukan perlengkapan ATK. Otorisasi pengaksesan hanya bisa dilakukan oleh Staff Bagian. Halaman Monitoring dan Setup Data Inventaris Barang sebagaimana terlihat pada Gambar 16.



Gambar 16 Halaman Monitoring dan Setup Data Inventaris Barang

3.6 Pengujian

Dalam proses pengujian sistem ini diperoleh sebagai berikut.

Tabel 1 Proses Pengujian Sistem

Aktivitas yang diuji	Konten	Hasil
Login	ID Pengguna	OK
	Kata Sandi Pengguna	
	Validasi Pengguna	
User Maintenance	Tambah Pengguna	OK
	Edit Pengguna	
	Hapus Pengguna	
Monitoring dan Setup Data Barang	Tambah Barang	OK
	Edit Barang	
	Hapus Barang	

Monitoring dan Setup Data Supplier	Tambah Supplier	OK
	Edit Supplier	
	Hapus Supplier	
Monitoring dan Setup Transaksi Pengadaan Barang	Tambah Pengadaan	OK
	Edit Pengadaan	
	Hapus Pengadaan	
Monitoring dan Mencetak Laporan	Kolom Periode	OK
	Tampilan Cetak PDF	
	Ekspor Data ke Excel	
Setup Transaksi Permintaan Barang	Mencari Data Permintaan	OK
	Tambah Data Permintaan	
	Edit Data Permintaan	
	Hapus Data Permintaan	
Monitoring dan Setup Transaksi Penerimaan Barang	Mencari Data Penerimaan	OK
	Tambah Data Penerimaan	
	Edit Data Penerimaan	
	Hapus Data Penerimaan	
Monitoring dan Setup Data Inventaris Barang	Tambah Data Inventaris	OK
	Edit Data Inventaris	
	Hapus Data Inventaris	

5 SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang penulis peroleh dari proses analisis, perancangan, dan pembangunan sistem ini, penulis berhasil membangun sistem informasi inventaris barang berbasis web yang dapat melakukan hal-hal sebagai berikut:

1. Membuat hak akses bagi pengguna sehingga hanya pengguna yang telah terdata dalam basis data saja yang dapat masuk ke dalam sistem.
2. Sistem ini memudahkan pengaksesannya karena berbasis web dan bisa diakses dari mana saja dan kapan saja.

3. Memudahkan penghitungan jumlah barang dan aset pada saat dilakukan *stock opname* dari barang-barang yang telah ada di gudang, serta pendataan inventaris barang yang dimiliki oleh setiap bagian.
4. Dari hasil pengujian, sistem ini dapat dioperasikan dengan baik.

KEPUSTAKAAN

- [1]. Pressman, Roger S. *Rekayasa Perangkat Lunak Pendekatan Praktis*. Andi: Yogyakarta.(2005)
- [2]. Sadeli, Muhammad. *Aplikasi Bisnis dengan PHP dan MySQL*. Maxikom: Palembang.(2014)
- [3]. Sutarmanto. *Membangun Aplikasi Web dengan PHP dan MySQL*. Graha Ilmu: Yogyakarta.(2007)
- [4]. Sidik, Betha. *MySQL Untuk Pengguna, Administrator, dan Pengembangan Aplikasi Web*. Informatika: Bandung. (2003)
- [5]. Sommerville, Ian. *Rekayasa Perangkat Lunak*. Edisi ke-6. Erlangga: Jakarta. (2003)
- [6]. Tohari, Hamim. *Analisis serta Perancangan Sistem Informasi melalui Pendekatan UML*. Andi: Yogyakarta.(2014)
- [7]. Simarmata, Janner. *Rekayasa Web*. Andi: Yogyakarta.(2010)

Analisis Beberapa Shopping Cart Gratis untuk Pembuatan Toko Online

I Putu Kusuma Negara¹⁾, Dyah Sukowati²⁾ & Atiqah Meutia Hilda³⁾

^{1,2)}Program Studi Teknologi Informasi, Magister Ilmu Komputer,

Program Pascasarjana, Universitas Budi Luhur

Jl. Raya Ciledug, Petukangan Utara, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12260

Telp. (021) 5853753, Fax. (021) 586636,

³⁾Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. Hamka

Jl. Tanah Merdeka No. 6, Kp. Rambutan, Ps. Rebo Jakarta Timur

Telp. (021) 8400941, Fax. (021) 87782739,

E-mail : putukn@gmail.com, dyah.sukowati05@gmail.com, atiqah_mh@yahoo.com

Abstrak

Permasalahan yang diangkat dalam makalah ini adalah memilih shopping cart yang tepat untuk toko online sesuai kebutuhan dan budget. Shopping cart yang digunakan adalah Woocommerce, prestashop dan Quick cart. Informasi yang digunakan dalam pemilihan shopping cart ini berdasarkan pada data teknis dari official website masing-masing shopping cart seperti kebutuhan minimal sistem dari shopping cart, fitur-fitur yang dimiliki, kemudahan mempelajari, kemudahan mendapatkan template. Metode yang digunakan adalah kajian di internet dan pengamatan langsung. Untuk membandingkan ketiga shopping cart ini penulis menginstall langsung ke tiga shopping cart tersebut. Manfaat dari penelitian ini sangat penting yaitu membantu calon pembisnis online dalam pemilihan shopping cart sesuai dengan kebutuhan mereka, seperti budget dan fitur.

Kata kunci : shopping cart, woocommerce, prestashop, opencart, perbandingan shopping cart, toko online

1 PENDAHULUAN

Sekarang ini pemerintah sedang menggalakkan warganya untuk berwirausaha. Dengan semakin berkembangnya teknologi maka semakin berkembang juga usaha – usaha online melalui internet. Salah satu usaha yang banyak dilakukan di Internet adalah dengan jualan online, baik itu melalui media sosial facebook, twitter, blog ataupun Web. Dengan adanya online shop ini maka sangat memudahkan pembeli untuk berbelanja sesuai dengan kebutuhannya di manapun pembeli berada tanpa harus datang ke tokonya secara langsung.

Untuk itu dalam penelitian ini penulis membatasi pada 3 buah shopping cart yang banyak digunakan yaitu: *Woocommerce*, *Quick Cart*, dan *Prestashop*. Instalasi dilakukan pada web hosting dengan cPanel yang disewa penulis dari

salah satu penyedia layanan web hosting di luar negeri.

2 LANDASAN TEORI

Shopping Cart adalah suatu jenis aplikasi penghitungan total biaya pembelian barang atau jasa yang terdapat pada suatu toko online yang akan dibeli dari konsumen. Mekanisme belanja online secara elektronik yang memfokuskan diri pada transaksi bisnis berbasis individu dengan menggunakan internet (teknologi berbasis jaringan digital) sebagai medium pertukaran barang atau jasa baik antara dua buah institusi dan konsumen langsung melewati kendala ruang dan waktu yang selama ini merupakan hal-hal yang dominan. *Shopping cart* juga dapat didefinisikan sebagai suatu cara berbelanja atau berdagang secara *online* atau

direct selling yang memanfaatkan fasilitas Internet dimana terdapat website yang dapat menyediakan layanan tersebut. Biasanya pembayaran langsung yang digunakan dalam *shopping cart* itu *paypal* dan kartu kredit.

2.1 Woocommerce



Gambar 1 Woocommerce

WooCommerce pada Gambar 1 adalah *plugin WordPress* yang sangat populer, *plugin* ini menyulap *WordPress* menjadi *platform e-commerce* yang handal. *Plugin* ini memiliki kemampuan dan banyak fitur yang keren. Karena *WooCommerce* berjalan di atas *WordPress*, yang notabennya salah satu CMS terbaik, hal ini membuat *WooCommerce* sangat fleksibel dan relatif mudah untuk disesuaikan.

Tapi, bagi *online seller* yang ingin membuat toko online sendiri, setidaknya ada 3 hal penting yang harus diketahui. Hal tersebut adalah:

a. Search widget produk yang membingungkan

WooCommerce telah dilengkapi *search widget* yang dibangun hanya untuk menampilkan hasil pencarian produk saja. Pada halaman hasil pencarian terlihat cukup baik karena menjadi seperti halaman kategori produk.

Jika toko online ingin menggunakan *WooCommerce* dan *WordPress* untuk menampilkan informasi produk, maka widget ini bekerja sangat baik.

Namun, kadang-kadang widget ini justru membuat bingung. Biasanya pengunjung tidak menyadari bahwa pencarian ini sebenarnya hanya menampilkan hasil pencarian produk saja.

Akibatnya, jika pengunjung menggunakan fitur

pencarian untuk mencari artikel yang diinginkan mungkin akan frustrasi atau bingung karena karena hasil pencarian tidak ditemukan.

Jika menggunakan standar pencarian pada *WordPress*, maka hasil pencarian adalah berupa produk dan konten, tapi biasanya lebih difokuskan untuk pencarian konten tertentu.

Oleh karena itu, sebaiknya berikan label pada widget pencarian yang digunakan. Misal, "*Product Search*" atau "*Search for Product*" agar membantu pengunjung.

b. Tidak ada built-in bulk upload atau fitur update

Salah satu kekurangan *WooCommerce* adalah tidak dilengkapi bulk upload atau fitur update. Produk yang ingin ditambahkan ke *WooCommerce* harus dimasukkan secara manual satu per satu.

Tentu ini bukan masalah besar bagi merchants yang menjual produk dalam jumlah kecil. Tapi bagaimana jika kita punya banyak ratusan atau bahkan ribuan produk? Apa kita harus mengentri produk satu per satu?

WooThemes, perusahaan yang pertama kali membuat *WooCommerce*, menawarkan sebuah *plugin WordPress* yang bisa import produk dari format CSV file, tapi harganya cukup mahal sekitar \$199. Selain *WooThemes*, *WebPresencePartners* juga memiliki *plugin* serupa.

Tapi, hampir semua *online seller* yang memilih untuk menggunakan *WooCommerce* biasanya akan membeli *plugin* tersebut atau membayar developer untuk membuat sebuah *plugin* sesuai keinginan untuk mengelola katalog produk yang besar dan berubah-ubah.

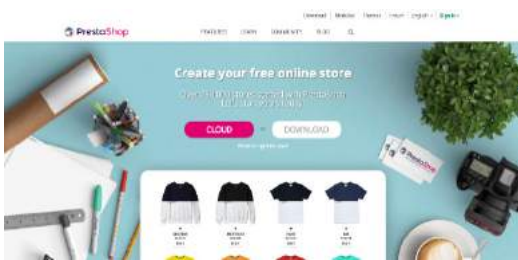
c. Tantangan dengan beberapa tema WooCommerce

Salah satu keuntungan menggunakan *WooCommerce* yang berjalan pada *WordPress* adalah banyak sekali tersedia tema-tema yang berkualitas. Dengan kata lain, ada banyak tema

WordPress yang bisa dipakai pada *WooCommerce* atau bisa dengan membuat sendiri tema khusus untuk *WooCommerce*. Oleh karena itu, jika kita sebagai merchants haruslah berhati-hati dalam memilih dan menggunakan tema tepat untuk situs *e-commerce*.

2.2 Prestashop

PrestaShop yang ditunjukkan pada Gambar 2 adalah salah satu CMS *e-commerce* yang bisa digunakan untuk membuat website toko online, *PrestaShop* memiliki fitur-fitur yang cukup lengkap, mudah dipahami dan bisa diinstall dengan mudah, *Prestashop* juga cukup populer dan lumayan banyak digunakan di Indonesia.



Gambar 2 Prestashop

Yang lebih menarik lagi *PrestaShop* adalah salah satu CMS Opensource yang dapat didownload secara gratis. *PrestaShop* juga sudah memiliki forum karena cukup banyak digunakan di Indonesia. *PrestaShop* didirikan di Paris, Perancis. Lebih dari 40 bahasa tersedia untuk berbagai tingkat, dengan hanya Bahasa Inggris dan Bahasa Perancis memiliki dukungan penuh dalam semua versi rilisnya. Disamping dukungan resmi tidak disediakan, pertanyaan yang terjawab tersedia pada forum resminya.

Selain itu *PrestaShop* memiliki fitur-fitur yang sangat mendukung untuk toko online seperti *PrestaShop* menyediakan *shopping cart* atau keranjang belanja sebagai salah satu fitur utama untuk berbelanja online. Fungsi *shopping cart* ini sama dengan fungsi keranjang belanja jika anda berbelanja di pasar swalayan. Pembeli dapat

menampung belanjanya sebelum menuju ke kasir untuk melakukan pembayaran. Dalam berbelanja *online* proses mulai membayar ini disebut dengan *checkout*.

PrestaShop juga menyediakan kemudahan-kemudahan untuk pemilik toko. Tugas utama pemilik toko adalah memasukan data-data produk ke dalam katalog yang akan ditampilkan dalam toko *Online*. Tugas ini dimudahkan oleh *PrestaShop* melalui halaman administrasi yang mudah digunakan.

CMS yang menggunakan mesin *templateSmart* ini digunakan oleh ribuan Toko *online* di seluruh dunia. CMS ini menggunakan AJAX pada admin panel secara luas, saat blok-blok modul dengan mudah ditambahkan pada toko (halaman depan) untuk menambahkan fungsinya; modul-modul tersebut biasanya disediakan secara gratis oleh pengembang independen.

PrestaShop bisa digunakan dengan tanpa mengeluarkan biaya sepeserpun. Anda hanya memerlukan biaya operasional berupa sewa *domain* dan *web hosting*. *Domain* adalah alamat di internet dan *webhosting* adalah tempat menyimpan data-data toko online di Internet. *PrestaShop* tidak memerlukan konfigurasi hosting yang kompleks sehingga dengan biaya murah sudah bisa memiliki toko *online*.

2.3 Quick.Cart

Quick.Cart adalah salah satu perangkat lunak untuk jualan online yang sederhana dan mudah digunakan. Dengan fitur standar berupa *shopping cart*, dan fitur tambahan berupa CMS (*content management system*), membuat *Quick.Cart* bisa disebut sebagai perangkat lunak *eCommerce-CMS* yang terintegrasi secara sederhana. Penekanan kepada kesederhanaan ini membuat *Quick.Cart* cocok digunakan untuk para pedagang *online* pemula yang tidak ingin direpotkan dengan kompleksnya konfigurasi dan instalasi perangkat lunak *shopping cart*.

Gambar 3 menunjukkan tampilan halaman depan dari toko online demo *Quick.Cart*, dengan tema, bahasa, dan contoh produk standar yang disediakan dalam paket unduhan *Quick.Cart*.



Gambar 3 Tampilan halaman depan dari toko online demo *Quick.Cart*

Quick.Cart tersedia dalam tiga versi: standar, Pro, dan Ext. Dari ketiga versi tersebut hanya versi standar yang gratis. Versi Pro dan Ext yang berbayar memiliki fitur-fitur tambahan yang mempermudah calon pelanggan dalam berbelanja *online*, dan memudahkan pemilik toko dalam menggelar dagangan *online*-nya. Tulisan ini fokus ke *Quick.Cart* standar

Ada 2 Fitur dalam *Quick Card* yaitu fitur-fitur *quick Card* untuk pelanggan yang berkunjung ke toko online dan untuk pemilik toko online.

a. Fitur-fitur *Quick card* untuk Pelanggan terdiri dari

1. Halaman Produk dan Konten

Halaman penampil produk sudah harus menjadi fitur yang wajib ada pada paket *e-Commerce*. *Quick.Cart* standar bisa menampilkan produk dalam daftar menurut kategori atau pabrikan, dan juga menampilkan satu produk tertentu dalam halaman detail.

Konten adalah halaman yang berisi berita atau tulisan yang bisa digunakan untuk mengkomunikasikan informasi mengenai toko online, tata cara pengiriman

dan pembayaran, aturan-aturan, dan lain sebagainya. Dalam *Quick.Cart*, konten bisa ditulis dari layar admin dan ditampilkan dalam sebuah halaman web.

2. Mencetak Halaman Produk dan Konten
Quick.Cart menyediakan fungsi untuk mencetak ke printer langsung pada halaman penampil detail produk dan konten. Dengan fitur ini, pencetakan bisa dilakukan hanya terhadap informasi produk atau konten, tanpa mengikutsertakan bagian navigasi, header, maupun footer dari halaman penampil produk dan konten tersebut.

3. Pencarian Produk

Quick.Cart menyediakan fitur pencarian produk dengan cara mengetikkan kata atau frase yang terdapat dalam nama atau penjelasan suatu produk. Fitur ini mirip pencarian pada Google, hanya saja dalam *Quick.Cart* yang dicari adalah produk-produk yang digelar di sebuah toko online. Fitur ini tentunya melengkapi navigasi produk berdasarkan kategori dan pabrikan.

4. Mengirim dan Mencetak order

Quick.Cart menggunakan konsep yang mirip dengan *shopping cart* yaitu *shopping basket*. Fungsinya sama dengan keranjang atau tas belanja yang kita pakai kalau kita belanja di swalayan. Hanya saja *shopping cart* dan *shopping basket* bersifat virtual, hanya ada di dalam situs web pada saat kita berbelanja di toko online.

Setelah selesai berbelanja, pelanggan memulai satu proses *checkout* yang dimulai dari pengisian alamat pengiriman, pemilihan kurir pengiriman, dan metode pembayaran. Dalam *Quick.Cart*, proses *checkout* tidak memerlukan registrasi. Pelanggan dihadapkan pada satu form yang harus diisi untuk menyelesaikan proses *checkout*

Order akan secara otomatis terkirim

pada saat kita menyelesaikan proses *checkout*. Fungsi cetak order disediakan untuk mencetak order yang telah terkirim sebagai bahan referensi bagi pelanggan pada saat diperlukan nanti.

5. Mengirim Email ke Admin
Sebagai konsekuensi desain *Quick.Cart* yang tidak memerlukan registrasi pelanggan pada saat berbelanja *online*, komunikasi antara pelanggan dan toko *online* salah satunya bisa dilakukan melalui email. Pelanggan bisa mengirim email kapan saja kepada admin atau pemilik toko *online*, misalnya untuk menanyakan status ordernya.

b. Fitur-fitur *Quick card* untuk Pemilik Toko *Online* terdiri dari:

1. Manajemen Produk
Meng-*update* katalog produk adalah salah satu tugas utama pemilik toko *online*. *Quick.Cart* menyediakan layar administrasi yang mudah digunakan oleh pemilik toko *online* untuk mengisi katalog dengan produk-produk yang akan dipajang dalam toko *online*. Pemilik toko bisa menambah, mengubah, dan menghapus produk tertentu.
2. Manajemen Konten
Sama seperti halnya produk, konten dalam *Quick.Cart* bisa ditampilkan dan diubah dari halaman admin.
3. Manajemen *order*
Pemilik toko *online* bisa melihat semua *order* dari layar manajemen *order*. Dengan fitur ini pemilik toko *online* bisa mengetahui tentang adanya *order* baru dan memproses *order* tersebut sampai selesai.
4. Manajemen pengiriman dan pembayaran
Walaupun sederhana, *Quick.Cart* menyediakan layar administrasi untuk mengatur modul pengiriman dan

pembayaran. Dari modul ini pemilik toko bisa menambah maupun mengubah data-data tentang cara pembayaran dan kurir pengiriman.

5. Pengaturan Bahasa
Quick.Cart bisa diatur untuk menampilkan toko dalam bahasa tertentu, misalnya bahasa Indonesia. Tentu saja kita harus menyediakan berkas terjemahan dalam bahasa Indonesia untuk semua kata-kata yang dipakai dalam *Quick.Cart*.
6. Konfigurasi Umum
Konfigurasi umum berfungsi mengatur fungsi-fungsi toko *online* yang bersifat global seperti nama toko, deskripsi, slogan, login admin, dan lain-lain.

3 INSTALASI *SHOPPING CART*

Untuk melakukan pengujian pada 3 buah *shopping cart* ini maka penulis melakukan installasi satu per satu dari ketiga *shopping cart* yang akan diamati ini. Installasi dilakukan pada *webhosting* milik penulis yang disewa dari salah satu perusahaan *webhosting* di internet.

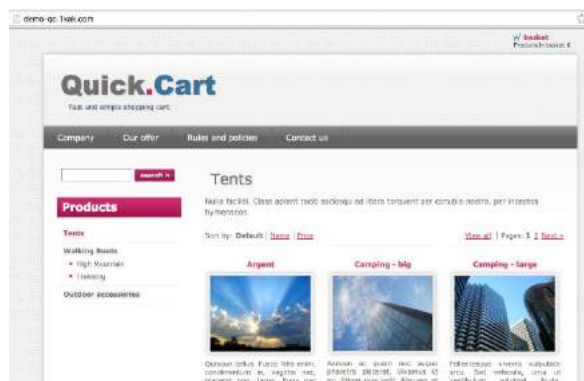
3.1 Installasi *Quick.Cart*

Untuk installasi ini *quick.cart* tidak tersedia di *cpanel* maka harus didownload secara manual di <http://opensolution.org/download/home.html#cart>



Gambar 4 Download *Quick.cart*

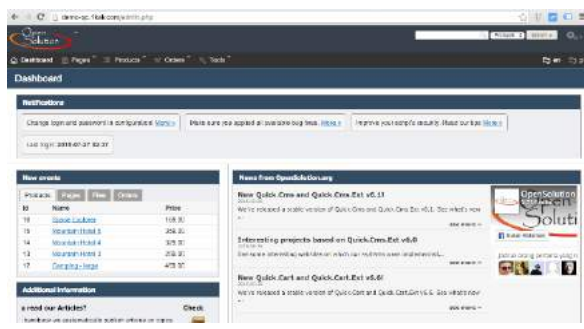
installasi dilakukan dengan mengupload file *installer* ke server dengan *file manager*, kemudian di ekstrak, setelah itu langsung dapat diakses dari url nya. Hasilnya tampak seperti pada Gambar 5.



Gambar 5 Tampilan Quick.cart

Waktu yang dibutuhkan untuk installasi ini kurang lebih 30 detik. Perlu diketahui bahwa *Quick.Cart* ini tidak memerlukan database MySQL karena menggunakan flat file database, yaitu databasenya berupa file.

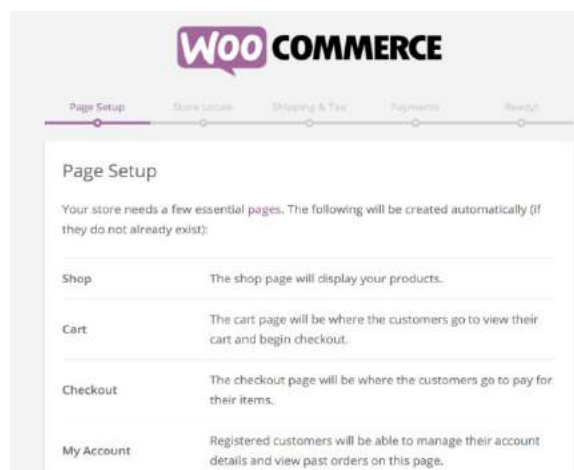
Untuk manajemen produk dapat dilakukan pada admin area, tampilannya seperti Gambar 6.



Gambar 6 Admin Area Quick Cart

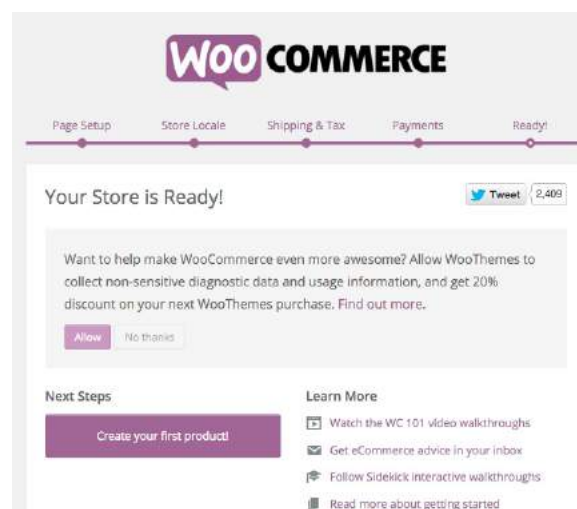
3.2 Installasi WooCommerce

WooCommerce adalah *plugin* dari *wordpress* jadi pertama-tama harus diinstall *wordpress* terlebih dahulu baru kemudian dari *wordpress install plugin* dan *template* yang sesuai dengan *woocommerce*. Installasi *wordpress* dapat dilakukan dengan otomatis dari *cpanel* karena sudah tersedia di sana. *Installasi wordpress* membutuhkan waktu sekitar 20 detik.



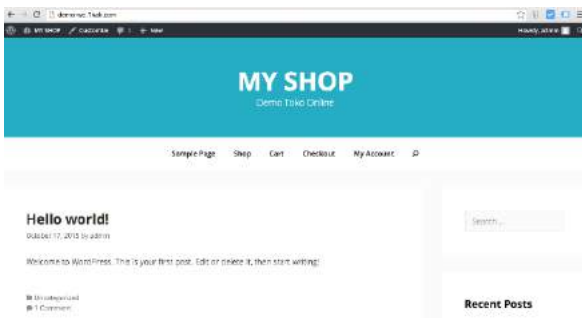
Gambar 7 Woocommerce Setup

Kemudian dilakukan installasi *plugin-woocommerce* dan theme '*statement*' semua dilakukan dengan tinggal klik instalasi *plugin* dan *theme* akan berlangsung secara otomatis, jadi tidak perlu ada download dan *upload* secara manual seperti pada *quick.cart*.



Gambar 8 Hasilinstallasi plugin woocommerce dan theme 'statement'

Tampilan awal dari *woocommerce* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 tidak ada demo product.



Gambar 9 Tampilan awal dari woocommerce

3.3 Installasi Prestashop

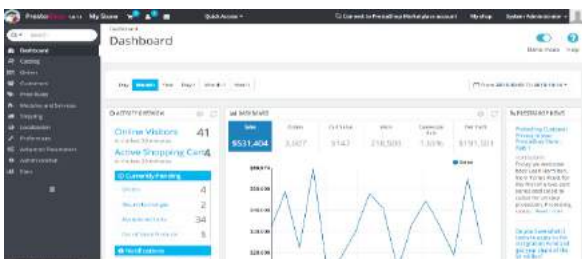
Installasi *prestashop* dapat dilakukan dengan mudah, yaitu dengan cpanel, dengan beberapa klik mudah, mengisi user dan password admin maka installasi selesai kurang lebih dalam hitungan 15 detik.

Tampilan *prestashop* 1.6.1.1 ditunjukkan seperti Gambar 10 menampilkan demo produk berupa pakaian.



Gambar 10 Tampilan prestashop 1.6.1.1

Sedangkan untuk administrasi produk dilakukan di admin area. Setelah login ke admin area tampilannya seperti Gambar 11.



Gambar 11 Hasil login ke admin area

Demikianlah proses installasi dari 3 buah shopping cart yang akan dianalisa pada tulisan ini.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dibahas hasil analisis dari 3 buah *shopping cart*, mulai dari kemudahan installasi, ukuran *disk space*, dan fitur.

4.1 Kemudahan Installasi

Kemudahan instalasi bisa menjadi pertimbangan bila menggunakan *hosting* dengan cpanel. Berikut perbandingan 3 buah *shopping cart* tersebut dalam proses installasi.

Table 1 Table Installasi Shopping Cart

	Otomatis	Manual
Quick.cart		X
Woocommerce	X	
Prestashop	X	

4.2 Demo Produk

Pada saat seseorang mengamati *shopping cart*, hal yang paling sering dicari adalah demo toko online dengan produk yang tersedia, bukan tanpa produk. User akan mencoba-coba fitur-fitur yang ada di toko *online* bila ada demo produk. Misalnya apakah gambar produk dapat di *zoom* atau tidak, bagaimana dengan produk yang memiliki beberapa photo untuk satu produk, dimana posisi photo, harga barang, deskripsi dan tombol *add to cart*. Dengan adanya demo produk maka user akan bisa mengetahui apakah itu *shopping cart* yang diinginkan atau bukan.

Table 2 Table Demo Produk Shopping Cart.

	Tersedia	Tidak
Quick.cart	X	
Woocommerce		X
Prestashop	X	

4.3 Disk Space

Disk space yang digunakan oleh toko online sangat penting terutama bagi pengguna yang akan membuat toko *online* memiliki dana yang terbatas. Semakin besar *space* umumnya *web hosting* semakin mahal.

Tabel 3 Table Disk Space Shopping Cart.

	Core	Plugin
<i>Quick.cart</i>	609 KB	
<i>WP+ Woocommerce</i>	18.72 MB	1.7MB
<i>Prestashop</i>	51.88 MB	

4.4 Regenerate Image

Regenerate image size adalah kemampuan software untuk mengubah ukuran photo produk agar bisa menyesuaikan tampilannya dengan *file size* yang dapat ditekan seminim mungkin. Dari hasil pengamatan ketiga *shopping cart* ini dapat dibuat Tabel 4.

Tabel 4 Table Regenerate Image

	Bisa	Tidak
<i>Quick.cart</i>		X
<i>WP+ Woocommerce</i>	x	
<i>Prestashop</i>	x	

4.5 Variasi Produk

Variasi produk sangat penting apabila menjual pakaian, contohnya sebuah baju kaos oblong merek C-59. Viarasinya bisa berupa ukuran S-M-L-X dan warna misal, kuning, merah, putih, biru, hitam. Dengan kemampuan *handle* variasi ini maka pemilik toko tidak perlu menginput satu persatu kombinasi dari pakaian tersebut, cukup menginput data-data variasi tersebut.

Tabel 5 Table Kemampuan Manajemen Variasi Produk

	Tersedia	Tidak
<i>Quick.cart</i>		x
<i>Woocommerce</i>	x	
<i>Prestashop</i>	x	

4.6 Management Stock

Management stock atau persediaan salah satu fitur yang sangat penting untuk toko online terutama bagi toko online yang memang memiliki produk terbatas untuk setiap itemnya.

Tabel 6 Table Manajemen Stock

	Tersedia	Tidak
<i>Quick.cart</i>		X
<i>Woocommerce</i>	X	
<i>Prestashop</i>	X	

5 SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pada bab sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Ketiga *shopping cart* yaitu *Quick.cart*, *Woocommerce*, *Prestashop* dapat digunakan untuk membuat toko online tanpa harus membayar lisensi.
2. Ketiga *shopping cart*, memiliki kemampuan mengatur produk, yaitu membuat kategori, menambah produk termasuk photo, keterangan harga.
3. Dari Kemudahan instalasi berturut turut adalah *Prestashop*, *Woocommerce*, *Quick.cart*.
4. *Quick.cart* membutuhkan *space* yang paling kecil.
5. *Quick.cart* bisa dipakai membuat toko online yang tidak memerlukan variasi produk dan manajemen stock.

KEPUSTAKAAN

- [1] Quick.cart official website: <http://opensolution.org/why-quick-cart-is-better.html>.
- [2] Prestashop official website. <https://www.prestashop.com>.
- [3] Woocommerce official website. <http://www.woothemes.com/woocommerce>
- [4] Mengenal Prestashop sebagai CMS <http://jaringanwebsite.blogspot.co.id/2012/11/mengenal-prestashop-sebagai-cms-e.html>
- [5] Free Toko Online dengan Quick.cart, <http://hatisesama.blogspot.co.id/2009/10/free-toko-online-dengan-cms.html>

Penggunaan Metode Jalur Kritis pada Manajemen Proyek (Studi Kasus: PT. Trend Communications International)

Nurvelly Rosanti¹⁾, Erwin Setiawan²⁾ & Asti Ayuningtyas³⁾

^{1,2,3)} Teknik Informatika Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email : nurvelly.rosanti@ftumj.ac.id

Abstrak

Manajemen proyek merupakan bagian yang penting dalam proyek pengembangan perangkat lunak, karenanya penggunaan teknologi untuk mendukung efektifitas dan efisiensi dari manajemen proyek. PT. Trend Communications International (TRENDcom) merupakan sebuah perusahaan penyedia jasa Project Management Office (PMO) dengan menawarkan keahlian mereka dalam mengelola proyek-proyek IT. Salah satu masalah yang mereka hadapi adalah dalam mengelola waktu. Keterlambatan proyek disebabkan oleh berbagai faktor yang berhubungan dengan manusia, proses dan teknologi. Dari aspek teknologi, tidak adanya aplikasi yang mampu menyediakan informasi bagi manajer proyek dan timnya tentang aktifitas yang berpotensi menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan, serta tugas yang sering terlewatkan tenggat waktunya merupakan penyebabnya. Dengan menggunakan Metode Jalur Kritis, sebuah aplikasi telah dibangun untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Aplikasi tersebut dapat menunjukkan informasi jalur kritis atau jalur yang aktifitasnya perlu dimonitor dengan seksama sehingga dapat diprioritaskan dan fitur pengingat untuk aktifitas yang tenggat waktunya sudah dekat.

Kata Kunci: Manajemen Proyek, Critical Path Method/Metode Jalur Kritis, Manajemen Waktu

Abstract

Project Management has been an important part of software development projects, therefore the use of technology to endorse effectiveness and efficiency of Project Management is a crucial aspect. PT. Trend Communications Internation (TRENDcom) is a company providing Project Management Office (PMO) service. Their main service is to provide expertise in managing Information Technology projects. One of the big issues they are facing is managing timeline. Late of delivery is caused by people, process and technology reasons. Technology-wise, the absence of application to let project manager and his PMO team the important activities that will cause delay on overall progress as well as the lack of reminder for their due project activities. Using Critical Path Method, an application is developed to address the issues. The application managed to give information of activities in a schedule which has big impact on overall delivery timeline and to provide reminder of due activities.

Keyword: Project Management, Critical Path Method, Scheduling, Time Management

1 PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya kemajuan teknologi informasi meningkatkan penggunaan teknologi tersebut di dunia bisnis. Maka dalam rangka penggunaan teknologi informasi, banyak proyek-proyek teknologi informasi dijalankan baik itu proyek untuk pengadaan perangkat keras maupun untuk pembuatan perangkat lunak atau gabungannya.

Manajemen proyek untuk implementasi proyek teknologi informasi menjadi hal yang penting agar proyek-proyek tersebut dapat terlaksana dengan baik dan mencapai hasil semaksimal mungkin dengan tetap memperhatikan penggunaan waktu dan biaya selagi mempertahankan kualitas (mutu) proyek tersebut. Manajemen proyek mencakup banyak aspek seperti pengelolaan lingkup

kerja (Scope Management), manajemen waktu (Time Management), manajemen biaya (Cost Management), manajemen kualitas dan sebagainya. Setiap aspek dalam pelaksanaan manajemen proyek memiliki kendalanya masing-masing.

PT. Trend Communications International (PT. TRENDcom) adalah sebuah perusahaan yang bergerak di bidang konsultasi Teknologi Informasi dengan spesifikasi di bidang Telekomunikasi. Salah satu jasa yang ditawarkan adalah PMO (Project Management Office) bagi operator-operator telekomunikasi dalam melakukan implementasi proyek teknologi informasi.

Setiap proyek mengharuskan PMO PT. TRENDcom memberikan deliverable atas pelaksanaan manajemen proyek yang dilakukan. Meskipun setiap proyek memiliki keunikan tersendiri, secara umum deliverable tim PMO untuk pelaksanaan manajemen proyek mencakup area Project Planning, Schedule and Change Control, Quality Control, Communication Management, Risk Identification and Control serta Expert Assistance. Deliverable tersebut merupakan indikator kesuksesan manajemen proyek yang dilakukan.

Setiap proyek memiliki indikator beragam untuk deliverable dari area Schedule Control, namun secara umum indikator utama dari Schedule Control ini adalah tenggat waktu proyek tercapai dan setiap perubahan tenggat waktu proyek tercatat dan terdokumentasi dengan baik. Berdasarkan wawancara dengan manajer program (sekumpulan proyek), manajer proyek dan beberapa anggota tim PMO PT. TRENDcom, diketahui bahwa PMO menghadapi kendala untuk memberikan deliverable yang memuaskan untuk area Schedule Control ini. Tidak ada proyek yang tepat waktu sesuai dengan perencanaan pertama. Sekitar 2 dari 5 proyek selesai sesuai dengan perencanaan kedua dan ketiga. Sisanya memerlukan beberapa kali revisi penjadwalan.

Keterlambatan proyek merugikan banyak pihak baik itu kerugian yang dapat dihitung maupun

yang tidak dapat dihitung. Kerugian material atau kerugian yang dapat dihitung terjadi karena membengkaknya biaya yang perlu dikeluarkan untuk membayar tenaga profesional/ahli yang diperlukan dalam menjalankan proyek, biaya denda jika ada kontrak dengan pihak ketiga yang terikat waktu, dan lain sebagainya. Kerugian nonmaterial atau yang tidak dapat dihitung misalnya time-to-market yang terlambat sehingga mengakibatkan kalah persaingan dengan kompetitor, motivasi kerja yang menurun dari tim proyek karena tekanan yang semakin tinggi dan waktu kerja yang tidak kunjung selesai, dan lain sebagainya.

Meskipun secara kontrak dengan klien yang menggunakan jasa PMO biasanya tidak ada penalti atas keterlambatan proyek selama itu tidak menimbulkan biaya tambahan pada aspek lainnya seperti sumber daya manusia atau lisensi aplikasi, sehingga tidak ada target eksplisit mengenai ketepatan dalam memenuhi tenggat waktu. Namun secara internal PT. TRENDcom, demi meningkatkan mutu jasa, ditargetkan 100% dari proyek-proyek yang dijalankan dapat diselesaikan, 70% diselesaikan sesuai dengan tenggat waktu pada perencanaan awal dan sisanya selesai maksimal dengan tenggat waktu 2 kali perencanaan awal proyek (misalnya periode proyek awalnya direncanakan 1 tahun, maka maksimal toleransi untuk keterlambatan proyek adalah 2 tahun).

Keterlambatan penyelesaian proyek ini harus dikurangi bahkan dihilangkan untuk dapat memenuhi target internal PT. TRENDcom dan juga menghindari kerugian-kerugian yang tidak diinginkan. Untuk itu penggunaan metode jalur kritis digunakan agar dapat menjawab permasalahan yang ada berkaitan dengan pencegahan keterlambatan tersebut.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Manajemen Proyek

Proyek adalah sebuah kumpulan aktivitas yang bersifat sementara (*temporary*) yang dirancang

untuk mencapai suatu hasil yang unik (tidak bersifat operasional atau terus menerus). Karena proyek bersifat sementara, maka proyek memiliki batasan ruang lingkup dan sumber daya. Untuk itu diperlukan suatu pengaturan atau manajemen terhadap batasan-batasan proyek tersebut dengan tetap berusaha mencapai tujuan proyek (Project Management Institute, 2013).

Manajemen proyek adalah penerapan pengetahuan (*knowledge*), keterampilan (*skill*), alat (*tools*) dan teknik (*techniques*) terhadap aktifitas proyek dalam rangka memenuhi atau melebihi ekspektasi pemegang kepentingan proyek terhadap kebutuhan dan harapan dari hasil proyek tersebut.

2.2 Metode Jalur Kritis (*Critical Path Method*)

Metode Jalur Kritis atau *critical path method* (CPM) adalah sebuah teknik pemodelan proyek yang dikembangkan oleh Morgan R. Walker dari DuPont dan James E. Kelley dari Remington Rand di akhir tahun 1950.

Metode ini mampu mengidentifikasi jalur kritis pada sekumpulan aktifitas yang telah ditentukan ketergantungan antar aktifitasnya. Aktifitas adalah sebuah tugas spesifik yang memiliki satu hasil yang dapat diukur yang memiliki durasi pengerjaannya. Jalur kritis adalah sekumpulan aktifitas yang saling bergantung yang harus selesai sesuai dengan waktu yang direncanakan karena jika tidak maka keseluruhan waktu pengerjaan proyek akan terlambat. Dengan kata lain waktu yang diperlukan oleh jalur kritis adalah waktu yang diperlukan sebuah proyek untuk selesai. Sebuah proyek dapat memiliki lebih dari satu jalur kritis. Mengingat pentingnya setiap aktifitas di jalur kritis untuk terlaksana tepat waktu, maka aktifitas-aktifitas tersebut perlu dimonitor lebih khusus (Olivier de Weck, 2012).

2.2.1 Keuntungan Penggunaan Metode Jalur Kritis

Kegunaan Metode Jalur Kritis pada implementasi perencanaan sebuah proyek adalah sebagai berikut (L. Baker, Samuel: 2004):

- Membantu memberikan informasi seberapa lama sebuah proyek memerlukan waktu
- Mengidentifikasi aktifitas-aktifitas mana saja yang ada pada jalur kritis dan perlu dimonitor dengan seksama
- Memberikan gambaran tentang kemungkinan sebuah proyek dapat dijalankan lebih cepat atau tidak

2.2.2 Diagram

Diagram yang dapat digunakan dalam menggambarkan aktifitas proyek dengan metode jalur kritis ini adalah Activity-on-node yang diambil dari *Precedence Diagram*. Dalam *Precedence Diagram* garis menunjukkan *dependency* atau ketergantungan antar aktifitas dan node sebagai aktifitasnya.

Tabel 1 Simbol Precedence Diagram

Simbol	Penjelasan
	Hubungan/ <i>relationship</i> aktifitas/task
	Aktifitas/ <i>Task</i>

2.2.3 Tahapan Penerapan Metode Jalur Kritis

Tahapan yang dilakukan dalam metode jalur kritis adalah sebagai berikut

- Tentukan aktifitas-aktifitas proyek dan identifikasi ketergantungan (*dependency*) antar aktifitas tersebut. Aktifitas yang hanya dapat dilakukan setelah aktifitas tertentu selesai dilakukan disebut *predecessor* dan aktifitas yang menjadi prasyarat itu disebut *successor*. Contoh dapat dilihat di tabel 2 berikut ini.

Tabel 2 Contoh Aktifitas Proyek

Activity ID	Duration	Successor	Predecessor
A	6		C
B	3		D,F
C	5	A	G
D	2	B	F
E	2	D, F	H
F	1	B	E
G	3	C	H
H	2	E, G	

- b. Tentukan durasi (*duration*) untuk setiap aktifitas
- c. Tentukan waktu tercepat untuk memulai (*early start*), waktu tercepat untuk selesai (*early finish*) serta waktu paling akhir untuk memulai dan selesai tanpa mengubah keseluruhan waktu proyek (*late start* dan *late finish*).

Early start adalah waktu tercepat sebuah aktifitas dapat dimulai setelah *predecessornya* selesai dilakukan. *Early finish* adalah waktu tercepat aktifitas tersebut selesai, dalam hal ini berarti *early start* + *duration*. Menentukan *early start* dimulai dari start lalu aktifitas paling awal. *Early start* untuk aktifitas pertama (yang tidak memiliki *predecessor*) adalah 0 dan *early finish*nya adalah $0 + \text{duration}$ aktifitas tersebut. Mencari ES dan EF dimulai dari *start* dan dirunut hingga ke aktifitas terakhir sebelum *finish*. EF dari sebuah aktifitas adalah ES untuk aktifitas *sucessornya*. Jika ada dua aktifitas sebelum sebuah *sucecessor*, maka diambil EF yang paling besar. Sebagai contoh, jika aktifitas A adalah aktifitas yang tidak memiliki *predecessor* dan memiliki durasi 6, maka *early start* (ES) adalah 0 dan *early finish* (EF) adalah $0 + 6$ atau 6.

Early Start (ES) 0	Activity ID A	Early Finish (EF) 6
Late Start (LS)	Duration 6	Late Finish (LF)

Gambar 1 Contoh Diagram Activity-on-node dengan *Early Start* dan *Early Finish*

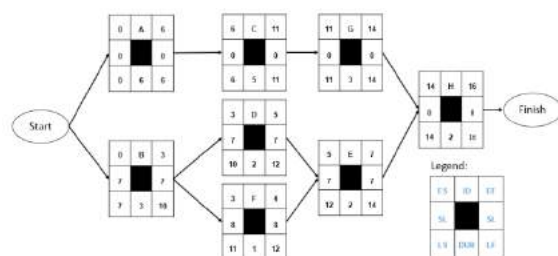
Sedangkan *late start* (LS) adalah waktu paling lambat sebuah aktifitas dapat dimulai tanpa mengubah target waktu akhir dari keseluruhan proyek. Sementara *late finish* (LF) adalah waktu paling lambat sebuah aktifitas harus selesai tanpa mengubah target waktu akhir. LS adalah $LF - \text{duration}$. Jika saat mencari ES dan EF dimulai dari *start* dan dirunut hingga ke aktifitas terakhir sebelum *finish* (aktifitas yang tidak memiliki *successor*), pada LS dan LF dirunut dari aktifitas terakhir mundur hingga start karena patokannya adalah target waktu terakhir dari proyek. Sehingga LF untuk aktifitas terakhir adalah waktu keseluruhan proyek akan berakhir, dan LSnya adalah $LF - \text{duration}$. LS dari sebuah aktifitas adalah LF untuk aktifitas *predecessornya*. Jika ada dua aktifitas sebelum sebuah *predecessor*, maka diambil LS yang paling kecil. Sebagai contoh jika aktifitas H adalah aktifitas yang tidak memiliki *successor* dan memiliki durasi 2 dan diketahui bahwa target akhir proyek adalah 16, maka *late finish* (LF) adalah 16 dan *late start* (LS) adalah $16 - 2$ atau 14.

Early Start (ES)	Activity ID H	Early Finish (EF)
Late Start (LS) 14	Duration 2	Late Finish (LF) 16

Gambar 2 Contoh Diagram Activity-on-node dengan *Late Start* dan *Late Finish*

Float atau *slack* adalah toleransi waktu telat sebuah aktifitas untuk dimulai dari *early start* (ES) tetapi tidak mengubah tenggat waktu keseluruhan proyek. Aktifitas-aktifitas pada jalur kritis memiliki *float* atau *slack* 0.

Sehingga dari tabel aktifitas di atas, dapat dibuat diagram jaringan sebagai berikut.



Gambar 3 Contoh Diagram Activity-on-node Pada Penjadwalan dengan Metode Jalur Kritis

Keterangan:

ES: Early Start
 ID: Activity ID
 EF: Early Finish
 SL: Slack time
 LS: Late Start
 DUR: Duration
 LF: Late Finish

Dari gambar tersebut maka didapatkan jalur A-C-G-H, B-D-E-H, dan B-F-E-H. Jalur kritis pada diagram tersebut adalah A-C-G-H, ditandai dengan *slack time* setiap aktifitasnya 0 dan waktu yang diperlukan jalur tersebut (16) adalah waktu terpanjang serta merupakan waktu keseluruhan proyek tersebut.

3 PERANCANGAN SISTEM

3.1 Analisis Sistem Berjalan

Sistem berjalan atau *existing system* yang akan dianalisa adalah sistem penjadwalan yang dilakukan oleh tim PMO atau *Project Management Service*. Prosedur penjadwalan aktifitas proyek

pada sistem berjalan dilakukan beberapa tahap.

a. Prosedur yang dilakukan oleh manajer proyek:

1. Manajer proyek mengidentifikasi aktifitas yang akan dilakukan di dalam pelaksanaan proyek berdasarkan kebutuhan proyek dan permintaan dari klien/*user*.
2. Manajer proyek membuat *project plan*. *Project milestones* dan aktifitas proyek yang berhubungan dengan kontrak akan didokumentasikan ke dalam bentuk Microsoft Project Plan (MPP). *Project plan* tersebut akan digunakan sebagai acuan untuk setiap anggota PMO dalam menjalankan aktifitas/tugas proyek. Selain informasi tenggat waktu, setiap *milestone* juga memiliki status yang menjelaskan perkembangan atau progress aktifitas/tugas tersebut.
3. Manajer proyek menerima *status update* untuk setiap aktifitas/tugas dari anggota tim PMO.
4. Manajer proyek memberikan laporan rutin kepada *stakeholder* mengenai kemajuan proyek.

b. Prosedur yang dilakukan oleh anggota tim PMO:

1. Setiap anggota PMO meng-update status perkembangan dari aktifitas proyek. Status setiap aktifitas/tugas akan secara rutin diperbaharui di Project Plan tersebut sebagai bahan laporan perkembangan proyek rutin. Setiap anggota PMO dan pihak yang berkepentingan memiliki akses terhadap Project Plan yang sudah diperbaharui tersebut. Project plan tersebut adalah file MPP yang diunggah ke *shared directory*.
2. Jika ada tugas yang merupakan bagian dari tugas di *project plan*, maka tugas-tugas tersebut akan didokumentasikan ke dalam *spreadsheet* oleh masing-masing anggota tim PMO untuk

kebutuhan areanya masing-masing. Tugas tersebut tidak dimonitor di *project plan*, agar *project plan* tidak menjadi terlalu detail.

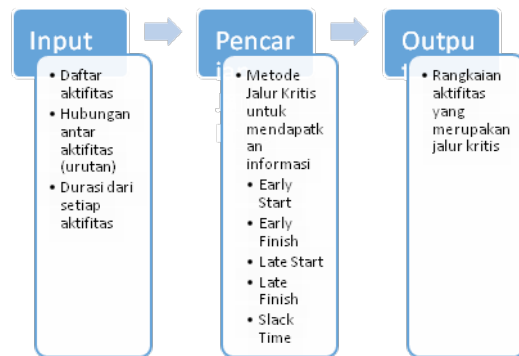
3.2 Sistem Usulan

Sebagai solusi atas permasalahan pada sistem berjalan maka diusulkan sistem penjadwalan yang dapat diakses oleh setiap pihak yang berkepentingan. Sistem tersebut akan memiliki fitur sebagai berikut:

Tabel 3 Solusi Usulan Terhadap Permasalahan di Sistem Berjalan

No	Solusi	Deskripsi	Kode Masalah
1	Fitur yang menampilkan informasi mengenai jalur kritis	Jalur kritis atau sekumpulan aktifitas yang saling bergantung yang harus selesai sesuai dengan waktu yang direncanakan karena jika tidak maka keseluruhan waktu pengerjaan proyek akan terlambat, akan dimunculkan setelah input jadwal dilakukan oleh manajer proyek. Sehingga manajer proyek dan tim PMO terkait dapat melakukan <i>monitoring</i> yang lebih pada aktifitas-aktifitas tersebut.	M01
2	Dapat diakses secara online	Dengan adanya akses pihak yang berkepentingan terhadap jadwal, maka pembaharuan atau peng-update-an status perkembangan sebuah aktifitas akan lebih cepat. Hal ini akan mempermudah pengambilan tindakan jika diketahui bahwa suatu aktifitas tidak akan memenuhi target tenggat waktunya	M02
3	Pengingat tugas	Setiap aktifitas akan memiliki fitur pengingat. Dengan mengaktifkan fitur pengingat ini, maka setiap penanggung jawab tugas atau PIC (<i>Person in Charge</i>) diharapkan lebih sigap dalam menyelesaikan tugasnya.	M03

Konsep metode jalur kritis yang akan diterapkan adalah sebagai berikut.



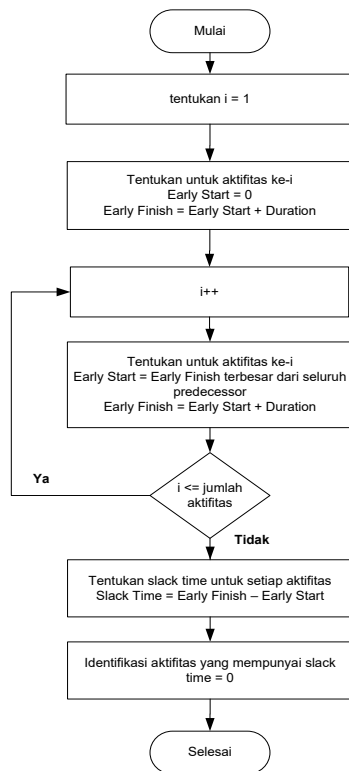
Gambar 4 Konsep Metode Jalur Kritis

Berikut adalah diagram alur perhitungan jalur kritisnya.

Berdasarkan daftar aktifitas tersebut penghitungan jalur kritis akan dilakukan. Penghitungan ini akan menghasilkan *early start*, *early finish*, *late start*, *late finish* dan *slack time* yang diperlukan untuk mengidentifikasi jalur kritis.

Early start adalah waktu tercepat sebuah aktifitas dapat dimulai setelah predecessornya selesai dilakukan. *Early finish* adalah waktu tercepat aktifitas tersebut selesai, dalam hal ini berarti $earlystart + duration$. Sedangkan *late start* (LS) adalah waktu paling lambat sebuah aktifitas dapat dimulai tanpa mengubah target waktu akhir dari keseluruhan proyek. Sementara *late finish* (LF) adalah waktu paling lambat sebuah aktifitas harus selesai tanpa mengubah target waktu akhir. LS adalah $LF - duration$.

Float atau *slack* adalah toleransi waktu telat sebuah aktifitas untuk dimulai dari *early start* (ES) tetapi tidak mengubah tenggat waktu keseluruhan proyek. Aktifitas-aktifitas pada jalur kritis memiliki *float* atau *slack* 0.



Gambar 5 Diagram Alur Metode Jalur Kritis

4 HASIL DAN IMPLEMENTASI

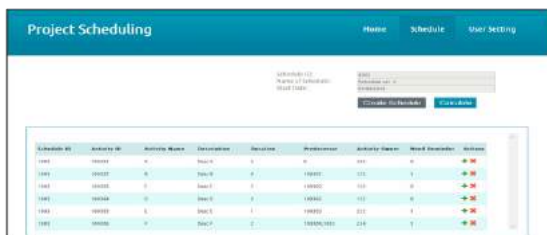
4.1 Validasi Terhadap User Requirement

4.1.1 Fitur yang menampilkan informasi mengenai jalur kritis.

- 1 Memasukkan informasi mengenai *schedule*.

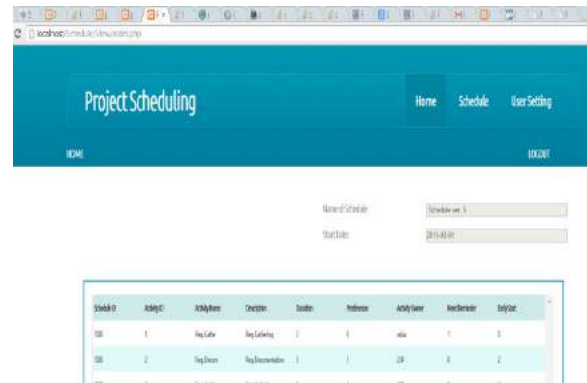


- 2 Memasukkan aktifitas detail di dalam *grid*



- 3 Klik tombol Calculate
- 4 Informasi Jalur Kritis muncul

4.1.2 Fitur yang menampilkan informasi mengenai jalur kritis.



4.1.3 Fitur yang menampilkan informasi mengenai jalur kritis.

- a. Pada pembuatan jadwal, aktifitas yang memerlukan reminder diberikan *flag* 1

Schedule ID	Activity ID	Activity Name	Description	Duration	Predecessor	Activity Owner	Flag Reminder	Earl
1001	1	Reg. Guide	Reg. Gathering	2	0	ada	1	0
1001	2	Reg. Guide	Reg. Documentation	1	1	ada	1	2

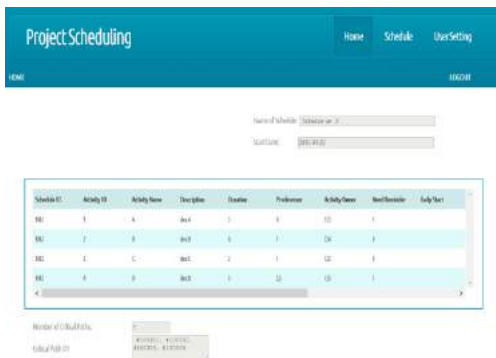
- b. *Scheduler* diatur untuk berjalan harian

Schedule ID	Activity ID	Activity Name	Description	Duration	Predecessor	Activity Owner	Flag Reminder	Earl
1001	1	Reg. Guide	Reg. Gathering	2	0	ada	1	0
1001	2	Reg. Guide	Reg. Documentation	1	1	ada	1	2

4.2 Pengujian Fungsi Pada Sistem

4.2.1 Pengujian pada halaman login dijelaskan pada tabel berikut ini.

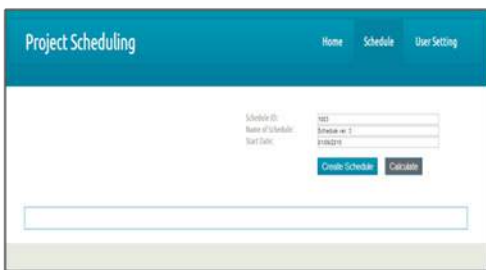




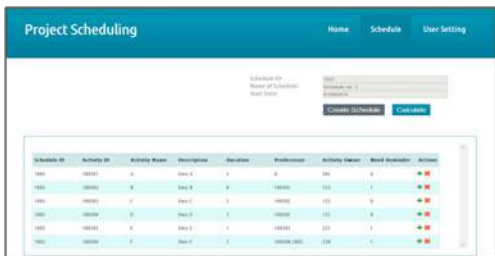
4.2.2 Create Schedule Berhasil

Membuat jadwal dengan memasukkan data-data yang dibutuhkan.

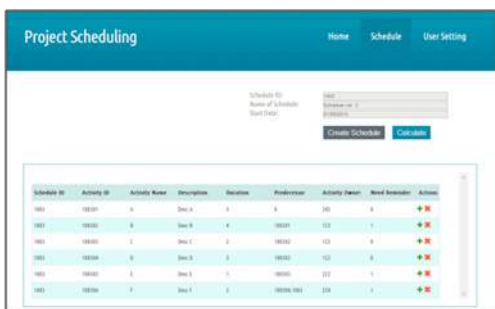
- a. Memasukkan informasi mengenai *schedule*.
Klik tombol **Create Schedule**



- b. Memasukkan aktifitas detail di dalam *grid*

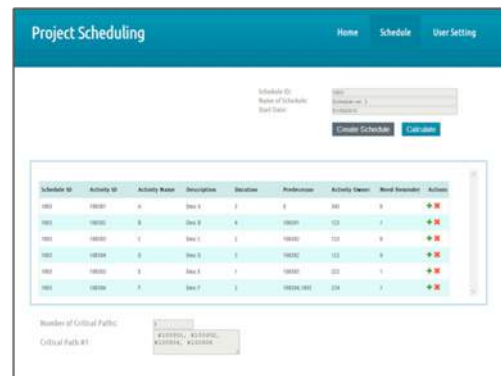


Menggunakan jalur kritis, pembuatan jadwal dilakukan dengan memasukkan daftar aktifitas seperti ditampilkan pada gambar berikut ini.



Gambar 6 Jadwal Proyek

Maka jalur kritis akan ditampilkan berdasarkan input daftar aktifitas tersebut.



Gambar 7 Jadwal Proyek dan Jalur Kritisnya

5 SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan aplikasi dengan menggunakan metode jalur kritis yang dapat membantu:

1. Memberikan informasi untuk mencegah terjadinya keterlambatan
2. Memberikan informasi mengenai toleransi keterlambatan
3. Mengingatkan anggota tim mengenai aktifitas yang due date/batas waktunya sudah dekat.

Berikut ini adalah beberapa saran bagi penelitian selanjutnya.

1. Mengembangkan aplikasi dengan media pengingat selain email, sehingga jika terjadi masalah pada salah satu media, alternatif media dapat digunakan. Sebagai contoh, pengingat menggunakan Short Messaging Service atau SMS.
2. Mengembangkan aplikasi yang mampu menampilkan jalur kritis lebih dari satu rangkaian.

KEPUSTAKAAN

- [1] Project Management Institute. 2009. Project Management Body of Knowledge (4th Edition). Project Management Institute. Pennsylvania, USA.
- [2] Mosaic Project Services. 2007. The Origins of Modern Project Management. Mosaic Project Services. Melbourne.
- [3] Baker, Samuel L. 2004. Critical Path Method (CPM). (<http://hspm.sph.sc.edu/COURSES/J716/CPM/CPM.html>], diakses 14 Desember 2014).
- [4] De Weck, Olivier. 2012. Critical Path Method (CPM) (ocw.mit.edu/.../MITESD_36F12_Lec02.pdf, diakses 14 Desember 2014).
- [5] Sommerville, Ian. 2011. Software Engineering (9th Edition). Pearson. Boston, Massachusetts, USA.
- [6] Solichin, Achmad. 2009. Pemrograman Web dengan PHP dan MySQL.

Analisa Kendali Radar Penjejak Pesawat Terbang dengan Metode Root Locus

Rosalina¹⁾ & Pancatatra Hesti Gunawan²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik

²⁾Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

Jl. Tanah Merdeka no.6 Kampung Rambutan Ciracas Jakarta Timur DKI Jakarta 13830

Telp.(021) 87782739, Fax. (021) 87782739, Mobile +6281283069764

E-mail: rosalina.husnul@yahoo.com

Abstrak

Metode Root Locus merupakan salah satu metode yang dipakai dalam keilmuan control engineering yang menggambarkan pergeseran letak kutub-kutub suatu sistem loop tertutup dari perubahan besarnya penguatan loop terbuka dengan gain adjustment. Analisa ini dipakai sebagai salah satu dasar untuk mendesain suatu sistem kendali sesuai dengan karakteristik dan spesifikasi yang diinginkan. Juga dapat menentukan apakah suatu system stabil atau tidak. Selain itu dapat menentukan besarnya rentang penguatan loop terbuka, agar suatu system masih dapat dikatakan stabil.

Kata kunci : Kendali radar, Sistem kendali, Metode Root Locus

1 PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi sistem kendali telah mengalami kemajuan yang pesat seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Teori sistem kendali banyak diterapkan di berbagai bidang antara lain sistem persenjataan, pesawat terbang, satelit, industri dan sebagainya. Salah satunya radar, radar biasanya diklasifikasikan sebagai radar pencari (*search radar*) atau radar penjejak (*tracking radar*). *Search* (atau *surveillance*) radar mencari volume yang ditunjuk di udara untuk mendeteksi target yang mungkin ada. *Tracking* radar secara otomatis menjaga *beam axis*-nya menunjuk pada target yang dipilih.

Metode dan teori sistem kendali ini sudah lama berkembang sejak pertengahan abad 19. Diantaranya metode Tempat Kedudukan Akar (*Root Locus*), Metode Root Locus merupakan suatu teknik grafis yang memberikan deskripsi secara kualitatif performansi suatu sistem kendali dan juga suatu alat (*tool*) kuantitatif yang ampuh

(*powerful*), dapat digunakan untuk memecahkan persoalan-persoalan kontrol untuk sistem-sistem ordo tinggi dan dapat juga digunakan untuk menaksir stabilitas.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Fungsi Alih

Dalam teknik kendali, fungsi yang disebut fungsi alih seringkali digunakan untuk mencirikan hubungan masukan-keluaran dari sistem linier parameter konstan. Dapat juga diperluas untuk suatu sistem kendali nonlinier.

Fungsi alih sistem linier parameter konstan didefinisikan sebagai perbandingan dari transformasi Laplace keluaran (fungsi tanggapan) dan transformasi Laplace masukan (fungsi penggerak), dengan menganggap semua syarat awal nol.

Tinjau sistem linier parameter konstan yang didefinisikan persamaan diferensial sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 & a_0^{(n)} y + a_1^{(n-1)} \dot{y} + \dots + a_{n-1} \ddot{y} + a_n y \\
 & = b_0^{(m)} x + b_1^{(m-1)} \dot{x} + \dots + b_{m-1} \ddot{x} + b_m x
 \end{aligned}$$

(n ≥ m) (1)

dengan y adalah keluaran sistem dan x adalah masukan. Fungsi alih dari sistem ini diperoleh dengan mencari transformasi Laplace dari kedua ruas Persamaan 1, dengan menganggap semua syarat awal nol akan didapat
 Fungsi alih =

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{b_0 s^m + b_1 s^{m-1} + \dots + b_{m-1} s + b_m}{a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_{n-1} s + a_n}$$

Dengan menggunakan konsep ini adalah menyatakan dinamika suatu sistem dengan beberapa persamaan aljabar dalam s . Pangkat tertinggi dari s pada penyebut fungsi alih sama dengan orde suku turunan tertinggi dari keluaran. Jika pangkat tertinggi dari s tersebut n , maka sistem tersebut disebut sistem orde ke- n .

Langkah-langkah untuk mencari fungsi alih suatu sistem adalah sebagai berikut:

- a. Tulis persamaan diferensial dari sistem
- b. Cari transformasi Laplace dari persamaan diferensial, dengan menganggap semua syarat awal nol.
- c. Cari perbandingan dari keluaran dan masukan. Perbandingan ini adalah fungsi alih yang dicari.

2.2 Diagram Blok

Diagram blok suatu sistem adalah suatu penyajian bergambar dari fungsi yang dilakukan oleh tiap komponen dan aliran sinyal. Gambar (1) menunjukkan suatu elemen diagram blok. Anak panah yang menuju ke blok menyatakan masukan dan anak panah yang meninggalkan blok menyatakan keluaran. Anak panah yang menuju

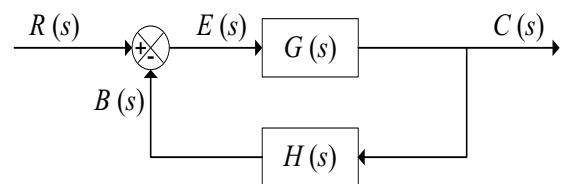
ke blok dan anak panah yang meninggalkan blok dianggap sebagai sinyal.



Gambar 1 Elemen diagram blok

Gambar 1. diagram blok suatu sistem loop tertutup secara lengkap seperti pada Gambar 2) Titik penjumlahan disimbolkan dengan Σ atau \otimes , yang mempunyai sejumlah masukan bertanda positif atau negatif. Tanda ini menyatakan masing-masing sinyal penjumlahan dan pengurangan. Keluaran $C(s)$ diumpan balik ke titik penjumlahan untuk dibandingkan dengan masukan acuan $R(s)$. Keluaran yang diumpan balik ke titik penjumlahan ini harus diubah, agar bentuk sinyal keluaran tersebut sama dengan bentuk sinyal masukan. Misalkan dalam suatu sistem pengendalian temperatur, maka sinyal keluarannya adalah temperatur.

Sinyal keluaran yang mempunyai dimensi temperatur ini diubah menjadi suatu gaya atau posisi. Pengubahan ini dilakukan oleh elemen umpan balik yang mempunyai fungsi alih $H(s)$. Sinyal umpan balik yang diumpan balik ke titik penjumlahan ini untuk dibandingkan dengan sinyal masukan, dan dengan persamaan $B(s) = H(s).C(s)$.



Gambar 2 Diagram blok suatu sistem loop Tertutup

Perbandingan antara sinyal umpan balik $B(s)$ dengan sinyal kesalahan $E(s)$ disebut fungsi alih simpul terbuka, yang dinyatakan Fungsi alih lintasan terbuka =

$$\frac{B(s)}{E(s)} = G(s).H(s) \quad (2)$$

Perbandingan antara keluaran $C(s)$ dengan sinyal kesalahan $E(s)$ disebut fungsi alih umpan maju yang dinyatakan Fungsi alih umpan maju =

$$\frac{C(s)}{E(s)} = G(s)$$

Untuk sistem yang ditunjukkan pada Gambar 2. keluaran $C(s)$ dan masukan $R(s)$ dinyatakan sebagai berikut

$$C(s) = G(s).E(s).$$

$$E(s) = R(s) - B(s)$$

$$= R(s) - H(s).C(s)$$

eliminasi $E(s)$ dari persamaan-persamaan diatas memberikan $C(s) = G(s)[R(s) - H(s).C(s)]$ sehingga

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)} \quad (3)$$

atau

$$C(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)} R(s) \quad (4)$$

Suatu blok lengkap yang meliputi beberapa lintasan umpan balik dapat disederhanakan dengan menyusun kembali langkah demi langkah dengan menggunakan aturan aljabar diagram blok. Penyederhanaan diagram blok dengan penyusunan kembali dan substitusi memungkinkan untuk memudahkan analisis matematik. Harus diperhatikan bahwa bila suatu blok disederhanakan maka fungsi alih dalam diagram blok yang baru menjadi lebih kompleks karena kutub-kutub baru dan nol baru terbentuk.

Dalam menyederhanakan suatu diagram blok, harus diingat

- Hasil fungsi alih dalam arah umpan maju harus tetap sama.
- Hasil fungsi alih sekitar lintasan harus tetap sama.

2.3 Grafik Aliran Sinyal

Grafik aliran sinyal dapat dianggap sebagai versi sederhana dari diagram blok. Perbedaan pada penampilan fisis grafik aliran sinyal dan diagram blok adalah pada grafik aliran sinyal dibatasi oleh aturan matematis yang lebih ketat, sedangkan dengan menggunakan notasi diagram blok lebih bebas. Grafik aliran sinyal dapat diartikan sebagai gambaran grafis hubungan masukan dan keluaran antara variabel dari sekumpulan persamaan aljabar linier.

Sistem linier yang diuraikan dengan sekumpulan N persamaan aljabar adalah seperti berikut

$$y_j = \sum_{k=1}^N a_{jk} y_k \quad , \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (5)$$

Dari Persamaan 5. dimana N buah persamaan ini dapat ditulis dalam bentuk hubungan sebab dan akibat seperti berikut

$$\text{pengaruh ke } j = \sum_{k=1}^N (\text{penguatan dari } k \text{ ke } j) \times (\text{penyebab ke } k) \quad (6)$$

Pada kasus seketika dari Persamaan.5 direpresentasikan ke persamaan transformasi Laplace, maka persamaan ini menjadi

$$Y_j(s) = \sum_{k=1}^N G_k(s) Y_k(s) \quad , \quad j = 1, 2, \dots, N \quad (7)$$

2.4 Tempat Kedudukan Akar

2.4.1 Syarat Sudut Dan Syarat Magnitude

Tinjau sistem yang ditunjukkan pada Gambar 3, Fungsi alih *loop* tertutup sistem adalah

$$\frac{\theta_R(s)}{\theta_A(s)} = \frac{KG(s)}{1+KG(s)H(s)} \tag{8}$$

Persamaan karakteristik sistem loop tertutup ini diperoleh dengan menyamakan ruas kanan Persamaan (2) dengan nol, jadi

$$1 + KG(s)H(s) = 0 \tag{9}$$

atau

$$K = -\frac{1}{G(s)H(s)} \tag{10}$$

Karena $G(s)H(s)$ adalah besaran kompleks, maka Persamaan 10, dapat dipisahkan menjadi dua persamaan dengan menyamakan masing-masing sudut dan *magnitude* dari kedua ruas persamaan tersebut, jadi

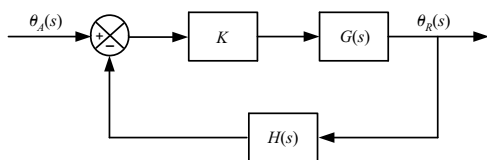
*) Syarat sudut

$$\begin{aligned} \angle G(s)H(s) &= \tan^{-1}G(s)H(s) \\ &= \pm 180^\circ (2k + 1), \quad (k = 0,1,2,\dots) \end{aligned} \tag{11}$$

*) Syarat *magnitude*

$$|K| = \frac{1}{|G(s)H(s)|} \tag{12}$$

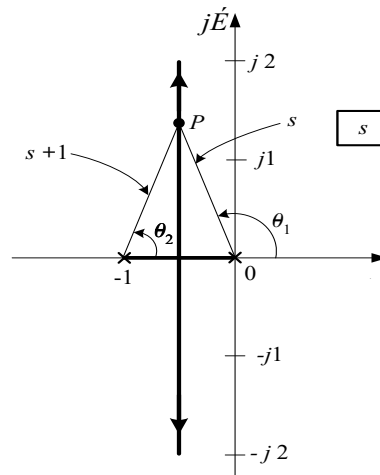
Harga-harga s yang memenuhi syarat sudut dan syarat *magnitude* adalah akar-akar persamaan karakteristik, atau kutub-kutub loop tertutup. Suatu diagram titik pada bidang kompleks yang hanya memenuhi syarat sudut. Akar-akar persamaan karakteristik (kutub-kutub loop tertutup) untuk suatu harga penguatan yang diberikan dapat diperoleh dari syarat *magnitude*.



Gambar 3 Diagram blok untuk tempat kedudukan akar

Tinjau titik P pada tempat kedudukan akar seperti pada Gambar 3, Besaran kompleks s dan

$s + 1$ masing-masing mempunyai sudut θ_1 dan θ_2 , dan *magnitude* masing-masing adalah $|s|$ dan $|s + 1|$. Semua sudut dianggap positif jika diukur berlawanan arah jarum jam. Jelaslah bahwa jumlah sudut θ_1 dan θ_2 adalah 180° .



Gambar 4 Tempat kedudukan akar untuk titik P yang ditinjau

Jika titik P terletak pada sumbu nyata antara 0 dan -1 , maka $\theta_1 = 180^\circ$ dan $\theta_2 = 0^\circ$. Jadi dapat dilihat bahwa setiap titik pada tempat kedudukan akar tersebut memenuhi syarat sudut. Juga dapat dilihat bahwa jika titik P bukan merupakan titik pada tempat kedudukan akar, maka jumlah antara θ_1 dan θ_2 tidak sama dengan $180^\circ (2k + 1)$ dimana $k = 0,1,2, \dots$. Jadi titik yang tidak terletak pada tempat kedudukan akar, tidak memenuhi syarat sudut, sehingga bukan merupakan kutub loop tertutup untuk setiap harga K .

Jika dari tempat kedudukan akar adalah kutub-kutub loop tertutup, maka harga K yang berkaitan dengan kutub tersebut ditentukan dari syarat *magnitude*. Sebagai contoh jika kutub loop tertutup yang dipilih adalah $s = -\frac{1}{2} \pm j2$, maka harga K untuk kondisi ini adalah

$$\begin{aligned} \text{atau} \quad |G(s)H(s)| &= \left| \frac{K}{s(s+1)} \right|_{s=-\frac{1}{2} \pm j2} = 1 \\ K &= |s(s+1)|_{s=-\frac{1}{2} \pm j2} = \frac{7}{4} \end{aligned}$$

2.4.2 Aturan-aturan Dalam Penyusunan Tempat Kedudukan Akar

Langkah-langkah yang digunakan dalam penyusunan tempat kedudukan akar adalah paling sering menggunakan syarat sudut yang menjadi syarat *magnitude* pada sebuah titik bidang *s* yang berada di tempat kedudukan akar. Syarat sudut tersebut diberikan oleh Pers 12.

Langkah 1.

Tulis persamaan karakteristik dalam bentuk nol-kutub.

Aturan ini dapat diterapkan karena model sistem yang digunakan merupakan fungsi rasional (polinomial) dengan koefisien nyata. Dengan demikian jika persamaan karakteristik memiliki akar $1 + KG(s)H(s) = 1 + \frac{Kb_m(s-z_1)(s-z_2)\dots(s-z_m)}{(s-p_1)(s-p_2)\dots(s-p_n)}$ dan akar tersebut adalah akar dari persamaan itu juga. Persamaan karakteristik sistem pada Gambar 4, dapat dinyatakan dengan

(13)

Persamaan ini dapat dipisahkan berdasarkan fraksinya menjadi

$$\frac{(s-p_1)(s-p_2)\dots(s-p_n) + Kb_m(s-z_1)(s-z_2)\dots(s-z_m)}{(s-z_m)} = 0 \tag{14}$$

Untuk $K=0$, akar-akar persamaan karakteristik adalah kutub-kutub dari fungsi *loop* terbuka $G(s)H(s)$. Untuk K mendekati tak hingga dan s terhingga, maka percabangan tempat kedudukan akar mendekati nol-nol fungsi *loop* terbuka. Jika fungsi memiliki nol-nol tak hingga yaitu $n > m$, maka tempat kedudukan akar akan mendekati nol-nolnya.

Langkah 2.

Tempat kedudukan akar dimulai dari kutub-kutub $G(s)H(s)$ untuk $K=0$ dan berakhir pada nol-

nol dari $G(s)H(s)$ untuk $K \rightarrow \infty$, termasuk nol-nol pada titik tak hingga.

Aturan ini yang berhubungan dengan bentuk tempat kedudukan akar untuk harga-harga s yang besar.

Langkah 3.

Tentukan sudut dari asimtot serta pusat asimtot tempat kedudukan akar.

Jika fungsi *loop* terbuka memiliki α nol pada titik tak hingga dengan $\alpha \geq 1$, maka tempat kedudukan akar mendekati α asimtot untuk K mendekati tak hingga.

Sudut-sudut antara asimtot dan sumbu nyata

$$KG(s)H(s) = \frac{K(b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + \dots)}{s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots} = \frac{K(b_m s^m + \dots)}{s^{m+\alpha} + \dots} \tag{15}$$

Berdasarkan Persamaan 14, fungsi *loop* terbuka dapat ditulis sebagai berikut

(15)

$$\lim_{s \rightarrow \infty} KG(s)H(s) = \lim_{s \rightarrow \infty} \frac{Kb_m s^m}{s^n} = \lim_{s \rightarrow \infty} \frac{Kb_m}{s^\alpha} \tag{16}$$

Jika $\alpha > 0$

maka persamaan tersebut akan mendekati harga tertingginya, dengan

$$\lim_{s \rightarrow \infty} [1 + KG(s)H(s)] = \lim_{s \rightarrow \infty} \left[\frac{Kb_m}{s^\alpha} \right] = 0 \tag{17}$$

Persamaan ini memiliki akar-akar

$$s^\alpha + Kb_m = 0 \tag{18}$$

Atau

$$s^\alpha = -Kb_m = Kb_m / k \ 180^\circ, \ k = \pm 1, \pm 3, \dots \tag{19}$$

Magnitude akar-akar ini mendekati tak hingga

karena anggapan bahwa s mendekati tak hingga. Sudut akar-akarnya adalah harga dasar dari sudut

$$\beta = \frac{k180^\circ}{\alpha}, \quad k = \pm 1, \pm 3, \dots \quad (20)$$

Sudut dari Persamaan (20) adalah sudut asimtot tempat kedudukan akar, karena umumnya akar-akar tempat kedudukan mendekati sudut ini di titik s (dan juga K) mendekati tak hingga. Tabel 1) memberikan sudut-sudut ini untuk harga α kecil. Untuk $\alpha = 0$, maka tidak terdapat asimtot. Tentu saja besar akar-akarnya adalah $(Kb_m)^{1/\alpha}$. Terlihat bahwa untuk harga α yang diketahui, sudut mula-mula adalah $180^\circ/\alpha$, dengan kenaikan sebesar $360^\circ/\alpha$.

Tabel 1 Sudut-sudut asimtot

α	Sudut
0	Tidak ada
1	180°
2	$\pm 90^\circ$
3	$\pm 60^\circ, \pm 180^\circ$

Cara 2

$$\beta = \begin{cases} \frac{(2k+1)180^\circ}{n-m}, & \text{untuk } K > 0 \\ \frac{(2k)180^\circ}{n-m}, & \text{untuk } K < 0 \end{cases} \quad (21)$$

Su dapat

juga ditentukan dari persamaan seperti berikut

Untuk $k=0,1,2, \dots, n-m-1$, ini menghasilkan banyaknya asimtot yang sama dengan $n-m$.

Dari tempat ke- t cabang asimtot garis lurus $\sigma_c = -\frac{\sum_{i=1}^n p_i - \sum_{i=1}^m z_i}{n-m}$ dari suatu titik pada bidang s di sumbu nyata yang disebut pusat asimtot σ_c yang diberikan oleh

dengan p_i adalah kutub-kutub, z_i adalah nol-nol, n adalah banyaknya kutub dan m adalah nol dari $KG(s)H(s)$.

Langkah 4.

Tentukan tempat kedudukan akar pada sumbu nyata.

Untuk menentukan tempat kedudukan akar pada sumbu nyata gunakan svarat sudut seperti Pers $KG(s)H(s) = \frac{K(s-z_1)}{(s-p_1)(s-p_2)}$ (23)

dan fungsi loop terbuka dengan dua kutub dan sebuah nol, dengan persamaan seperti berikut

Untuk mengetahui tempat kedudukan akar dari Gambar 3.3(a), pilih titik uji di sebelah kanan kutub p_1 . Jika titik uji dipilih pada sumbu nyata di sebelah kanan kutub p_1 , maka

$$\angle s-z_1 = \angle s-p_1 = \angle s-p_2 = 0^\circ$$

Jadi

$$-\angle s-z_1 - \angle s-p_1 - \angle s-p_2 = 0^\circ$$

Ini menunjukkan bahwa syarat sudut tidak terpenuhi. Oleh karena itu, tidak ada tempat kedudukan akar di sebelah kanan kutub p_1 . Kemudian pilih uji titik s yang berada diantara kutub p_1 dan nol z_1 (lihat Gambar 3.3(b)), maka

$$\angle s-z_1 = 0^\circ, \quad \angle s-p_1 = 180^\circ, \quad \angle s-p_2 = 0^\circ$$

Jadi

$$-\angle s-z_1 - \angle s-p_1 - \angle s-p_2 = -180^\circ$$

Kondisi ini memenuhi syarat yang sesuai dengan syarat sudut yang diperlukan, dan semua titik yang berada di antara p_1 dan z_1 adalah berada pada tempat kedudukan akar. Untuk titik uji s yang berada diantara z_1 dan p_2 , adalah

$$\angle s-z_1 = 180^\circ, \quad \angle s-p_1 = 180^\circ, \quad \angle s-p_2 = 0^\circ$$

Jadi

$$-\angle s-z_1 - \angle s-p_1 - \angle s-p_2 = -360^\circ$$

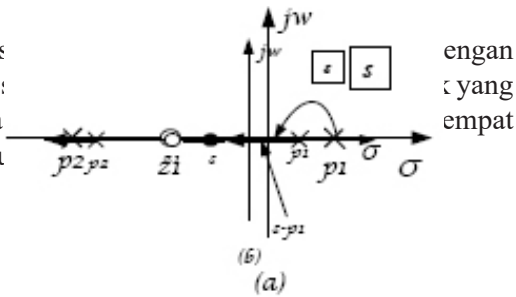
Kondisi ini syarat sudut tidak dipenuhi, sehingga semua titik yang berada diantara z_1 dan p_2 tidak berada pada tempat kedudukan akar. Untuk titik uji s yang berada di sebelah kiri p_2 , adalah

$$\angle s-z_1 = 180^\circ, \quad \angle s-p_1 = 180^\circ, \quad \angle s-p_2 = 180^\circ$$

Jadi

$$-\angle s-z_1 - \angle s-p_1 - \angle s-p_2 = -180^\circ (2k + 1), \quad k = 1$$

Kondisi syarat : berada kedudukan

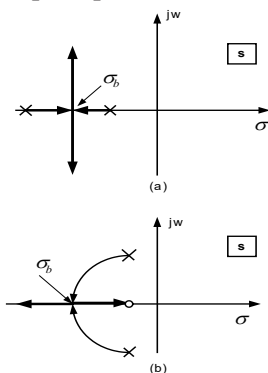


Gambar 5 Tempat kedudukan akar pada sumbu nyata

Langkah 5.

Tentukan titik pencar tempat kedudukan akar di antara akar-akar polynomial (bila ada).

Langkah ini adalah menjelaskan tentang titik yang memiliki 2 atau lebih percabangan pada tempat kedudukan akar yang masuk dan keluar. Titik percabangan ini disebut titik pencar. Dua cabang yang meninggalkan sumbu nyata dapat digambarkan seperti pada Gambar 6 (b) dan dua cabang yang masuk ke dalam sumbu nyata dapat digambarkan seperti pada Gambar 6 (a).



Gambar 6 (a) Titik pencar yang meninggalkan sumbu nyata

$$1 + KG(s)H(s) = 1 + K \frac{N(s)}{D(s)} = 0 \tag{24}$$

2 polinomial $N(s)$, dan $D(s)$ maka persamaan karakteristik sistem dapat ditulis

Kemudian :

$$D(s) + KN(s) = Q(s) = 0 \tag{25}$$

dengan $Q(s)$ adalah polinomial karakteristik, jadi Persamaan (23) dan (24) dapat ditulis

$$K = -\frac{1}{G(s)H(s)} = -\frac{D(s)}{N(s)} \tag{26}$$

Persamaan karakteristik memiliki akar orde banyak pada titik pencar σ_b yang dapat dinyatakan dengan

$$\begin{aligned} \frac{dQ(s)}{ds} &= Q'(s) = \gamma(s - \sigma_b)^{\gamma-1} Q_1(s) + (s - \sigma_b)^\gamma Q_1'(s) \\ &= (s - \sigma_b)^\gamma [\gamma Q_1(s) + (s - \sigma_b) Q_1'(s)] \end{aligned} \tag{28}$$

terlepas dari persamaan 27, akan

$Q'(s)$ memiliki akar orde $(\gamma - 1)$ di $s = \sigma_b$, yaitu $Q'(\sigma_b) = 0$, maka Persamaan (28) menjadi

$$Q'(s) = D'(s) + KN(s) \tag{29}$$

Substitusi Persamaan 26, ke Persamaan 29, akan menghasilkan

$$Q'(s) = D'(s) - \frac{D(s)}{N(s)} N'(s) \tag{30}$$

bila s dinyatakan $s = \sigma_b$, dan Persamaan 30, diset sama dengan nol, maka menjadi

$$Q'(\sigma_b) = 0 = D'(s)N(s) - D(s)N'(s) \Big|_{s=\sigma_b} \tag{31}$$

Dari Pers 31, akan memberikan polinomial dengan akar-akar yang merupakan titik pencar dari tempat kedudukan akar.

Langkah 6.

Tentukan sudut datang dan sudut pergi (bila ada)

Aturan ini adalah aturan yang dapat dikembangkan dari sudut yang terbentuk karena percabangan tempat kedudukan akar yang mendekati nol (sudut datang) dan yang meninggalkan kutub (sudut pergi). Untuk menentukan sudut datang (θ_a) dan sudut pergi (θ_d) ini adalah seperti berikut

$$\theta_a = \sum_i \theta_p - \sum_{i \neq j} \theta_z + k(180^\circ) \quad (32)$$

$$\theta_d = \sum_i \theta_z - \sum_{i \neq j} \theta_p + k(180^\circ) \quad (33)$$

dengan θ_a adalah melambangkan sudut dari kutub p_i sampai ke p_j , θ_{z_i} adalah melambangkan sudut dari nol z sampai ke z dan

$$k = \frac{KG(s)H(s)}{s^2 + 2s + 3} \quad (34)$$

menentukan sudut pergi, perhatikan sistem dengan fungsi loop terbuka sebagai berikut

Terlihat bahwa $KG(s)H(s)$ dari Persamaan 34, diatas mempunyai sepasang kutub konjugasi kompleks pada

$$s = -1 + j\sqrt{2}, \quad s = -1 - j\sqrt{2}$$

Untuk menentukan sudut pergi lihat Gambar 7, jika dipilih suatu titik uji s pada posisi yang sangat dekat dengan kutub loop terbuka di $s = -p_1$, maka jumlah kontribusi sudut dari kutub di $s = -p_2$ dan nol di $s = -z_1$ ke titik uji tersebut dapat dianggap tetap sama. Karena $\theta'_{p_2} \cong \theta_{p_2} \cong 90^\circ$ dan $\theta'_{z_1} \cong \theta_{z_1} \cong 55^\circ$, maka sudut pergi pada Gambar 3.5 tersebut adalah

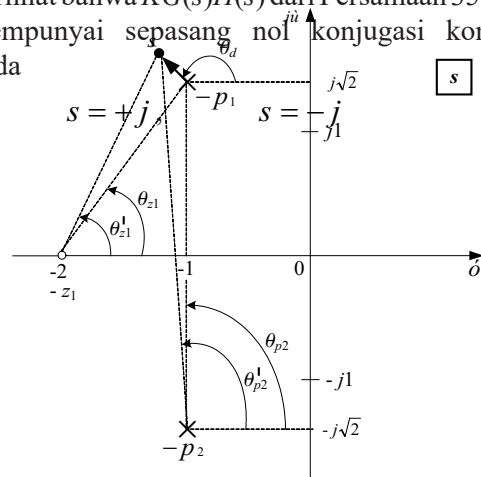
$$\theta_d = 55^\circ - 90^\circ + 180^\circ = 145^\circ$$

Karena tempat kedudukan akar simetris terhadap sumbu nyata, maka sudut pergi dari kutub

$$s = - \quad KG(s)H(s) = \frac{K(s+j)(s-j)}{s(s+1)} \quad (35)$$

sudut datang, perhatikan sistem dengan fungsi loop terbuka sebagai berikut

Terlihat bahwa $KG(s)H(s)$ dari Persamaan 35, diatas mempunyai sepasang nol konjugasi kompleks pada

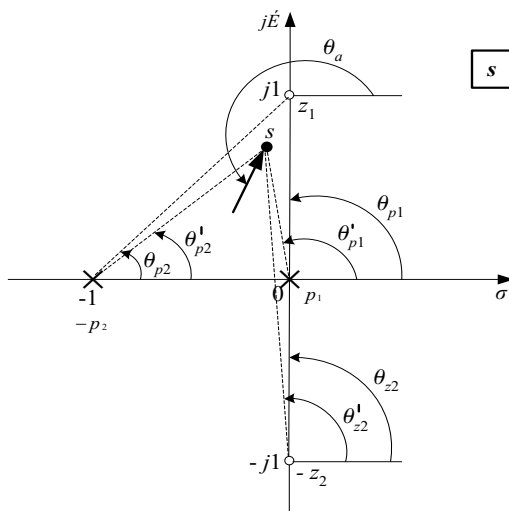


Gambar 7 Penentuan sudut pergi pada sistem fungsi loop terbuka dari Pers (34)

Untuk menentukan sudut datang lihat Gambar 8), jika dipilih suatu titik uji s pada posisi yang sangat dekat dengan nol loop terbuka di $s = z_1$, maka jumlah kontribusi sudut dari nol di $s = -z_2$ dan kutub di $s = p_1$ dan $s = -p_2$ ke titik uji tersebut dapat dianggap tetap sama. Karena $\theta'_{p_1} \cong \theta_{p_1} \cong 90^\circ$ dan $\theta'_{p_2} \cong \theta_{p_2} \cong 45^\circ$ dan $\theta'_{z_2} \cong \theta_{z_2} \cong 90^\circ$, maka sudut datang pada Gambar 8) tersebut adalah

$$\theta_a = 90^\circ + 45^\circ - 90^\circ + 180^\circ = 225^\circ$$

Karena tempat kedudukan akar simetris terhadap sumbu nyata, maka sudut datang ke nol di $s = -z_2$ adalah -225° .



Gambar 8 Penentuan sudut datang pada sistem fungsi loop terbuka dari Pers (35)

Langkah 7.

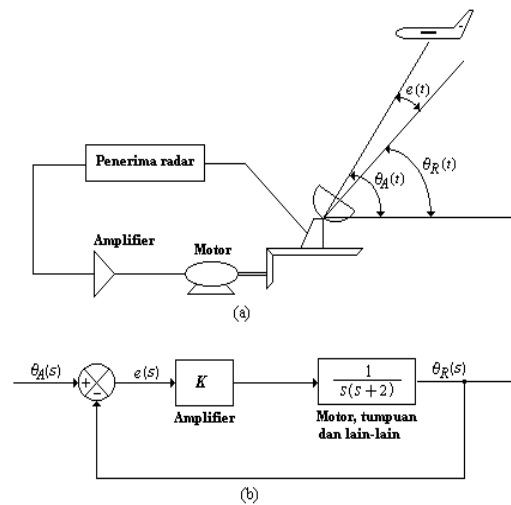
Tentukan titik-titik potong tempat kedudukan akar dengan sumbu khayal (bila ada).

Titik potong ini dapat diperoleh secara mudah dengan menggunakan kriteria Routh-Hurwitz, dengan substitusi $s = j\omega$ pada persamaan karakteristik, kemudian menyamakan baik bagian nyata maupun bagian khayal sama dengan nol, dan akhirnya mencari ω dan K . Jadi harga ω yang diperoleh akan memberikan informasi mengenai frekuensi pada saat tempat kedudukan akar memotong sumbu khayal, dan mengenai harga K yang merupakan penguatan kritis kestabilan.

3 PERANCANGANSISTEM KENDALI

3.1 Sistem Radar Penjejak Pesawat Terbang dan Diagram Blok

Gambar sistem radar penjejak pesawat terbang dan diagram blok seperti gambar 9.a dan 9.b dibawah ini



Gambar 9. a). Sistem radar penjejak pesawat terbang
b). Diagram blok sistem radar penjejak-pesawat terbang

Perhatikan sistem radar penjejak pesawat terbang seperti pada Gambar 9.a, Gambar 9.b, yang menunjukkan diagram blok sistem tersebut. Fungsi alih loop tertutup adalah

$$T(s) = \frac{KG_p}{1 + KG_p(s)} = \frac{\frac{K}{s(s+2)}}{1 + \frac{K}{s(s+2)}} = \frac{K}{s^2 + 2s + K} \tag{36}$$

dari Pers.36 diatas persamaan karakteristiknya adalah

$$s^2 + 2s + K = 0 \tag{37}$$

3.2 Menentukan Harga K Dengan Metode Tempat Kedudukan Akar

Pers.37 merupakan persamaan orde 2, untuk mengetahui pengaruh pemilihan harga K , maka akar-akar persamaan karakteristik sistem harus digambarkan pada bidang s . Dari Pers.37 akar-akarnya adalah

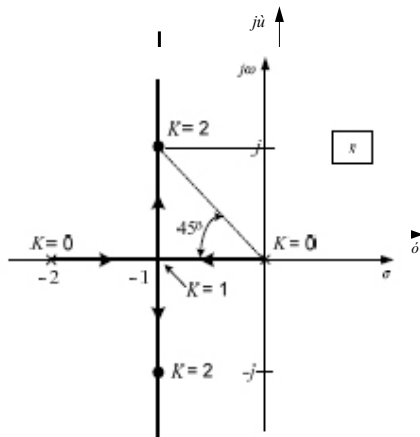
$$s = \frac{-2 \pm \sqrt{4 - 4K}}{2} = -1 \pm \sqrt{1 - K} \tag{38}$$

Akar-akar dari Pers.38 adalah nyata dan negatif untuk $0 < K \leq 1$ dan $K > 0$ ini dapat dilihat

seperti pada Gambar 10). Karakteristik dinamik dari tanggapan undak satuan pada Gambar 10. ini, ada kaitannya dengan sistem redaman, yang dapat disimpulkan sebagai berikut:

Tabel 2 Dinamika Sistem

Harga Penguatan (K)	Akar-akar persamaan karakteristik	Dinamika system
$0 < K < 1$	Dua akar nyata negatif berbeda	Sangat teredam ($\xi > 1$)
$K=1$	Dua akar nyata negatif yang sama	Teredam kritis ($\xi = 1$)
$1 < K < \infty$	Dua akar kompleks sekawan bagian nyata negatif	Kurang teredam ($\xi < 1$)
$-\infty < K < 0$	Dua akar nyata berbeda, satu positif dan satu negatif	Sistem tidak stabil ($\xi < 0$)



Gambar 10 Tempat kedudukan akar dari Persamaan (38)

Dari Gambar 10 tempat kedudukan akar-akar diberi skala K sebagai parameter (pergerakan akar-akar dengan membesarnya harga K yang ditunjukkan dengan anak panah). Jika harga K diperbesar dari 0 sampai 1, maka kutub-kutub $loop$ tertutup bergerak menuju titik $(-1, 0)$, dan semua kutub $loop$ tertutup terletak pada sumbu nyata, sehingga sistem terjadi redaman lebih. Pada $K = 1$, kedua kutub $loop$ tertutup nyata bersatu, sehingga

sistem terjadi redaman kritis. Jika K diperbesar dari 1 atau kutub $loop$ tertutup konjugasi bergerak menuju $s = -1 + j\infty$ dan yang lain bergerak menuju $s = -1 - j\infty$, maka kutub-kutub $loop$ tertutup bergerak meninggalkan sumbu nyata atau menjadi kompleks, dan karena bagian nyata dari kutub $loop$ tertutup adalah konstan untuk $K > 1$, sehingga sistem terjadi redaman kurang.

3.3 Menentukan Persamaan Kedudukan

Persamaan kedudukan dapat ditentukan dari fungsi alih sebagai berikut

$$\text{Atau } \frac{\theta_R(s)}{\theta_A(s)} = \frac{K}{s^2 + 2s + K} \quad (39)$$

$$s^2 \theta_R(s) + 2s \theta_R(s) + K \theta_R(s) = K \theta_A(s) \quad (40)$$

$$\ddot{\theta}_R + 2\dot{\theta}_R + K\theta_R = K\theta_A \quad (41)$$

Persamaan umum

$$\ddot{\theta}_R + a_1 \dot{\theta}_R + a_2 \theta_R = b_0 \ddot{\theta}_A + b_1 \dot{\theta}_A + b_2 \theta_A \quad (42)$$

dengan

$$a_1 = 2 ; a_2 = K$$

$$b_0 = 0 ; b_1 = 0 ; b_2 = K$$

sehingga

$$\beta_0 = b_0$$

$$\beta_1 = b_1 - a_1 \beta_0$$

$$\beta_2 = b_2 - a_1 \beta_1 - a_2 \beta_0$$

Dengan demikian diperoleh variabel keadaan sebagai berikut

$$x_1 = x_2 + \beta_1 + \theta_A$$

$$x_2 = -a_2 x_1 - a_1 x_2 + \beta_2 \theta_A \quad (43)$$

Persamaan diatas bila ditulis dalam bentuk matrik sebagai berikut

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -a_2 & -a_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \beta_2 \end{bmatrix} \theta_A \quad (44)$$

Persamaan keluaran adalah

$$c = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \quad (45)$$

4 SIMULASI

Simulasi sistem kendali ditentukan dari persamaan keadaan dengan menggunakan penyelesaian persamaan differensial metode Runge-Kutta sehingga susunan programnya dalam bahasa *MATLAB* adalah sebagai berikut

```
disp('=====')
disp('= SISTEM KENDALI =')
disp('= PENJEJAK PESAWAT =')
disp('= TERBANG DENGAN =')
disp('= METODE ROOT LOCUS =')
disp('=====')
epsilon = 20.01;
disp('= Set point =')
disp('-----')
Sudut_Target = input(' Sudut Target = ');
disp('-----')
disp(' ')
% Harga parameter-parameter a dan b :
a1 = 2;
disp('Harga K :')
disp('-----')
a2 = input('K = ');
disp(' ')
b0 = 0;
b1 = 0;
b2 = a2;
% Harga-harga beta :
beta0 = b0;
beta1 = b1 - a1*beta0;
beta2 = b2 - a1*beta1 - a2*beta0;
disp('Harga delta t :')
disp('-----')
delta_t = input('delta_t = ');
disp(' ')
% Kondisi awal untuk :
x1 = 0;
x2 = 0;
Sudut_Radar = 0;
```

```
t = 0;
% Matriks b dan c untuk penyelesaian persamaan
% deferensial dengan metoda Runge-Kutta :
a = [1/6 1/3 1/3 1/6];
b = [0 0 0 0;0.5 0 0 0;0 0.5 0 0;0 0 1 0];
disp('=====')
disp('= HASIL =')
disp('=====')
disp('= t ! Posisi Pesawat =')
disp('= (dtk)! (derajat) =')
disp('=====')
while t < epsilon
    K(1) = delta_t*(x2+(beta1*Sudut_Target));
    L(1) = delta_t*(-a2*x1-
(a1*x2)+(beta2*Sudut_Target));
for i = 2 : 1 : 4
    K(i) = delta_t*((x2+b(i,1:i-1)*K(1:i-
1)'+(beta1*Sudut_Target));
    L(i) = delta_t*(-a2*(x1+b(i,1:i-
1)*L(1:i-1)'))-(a1*(x2+b(i,1:i-1)*L(1:i-
1)'))+(beta2*Sudut_Target));
end
    x1 = x1 + a*K';
    x2 = x2 + a*L';
    Posisi_pesawat = [1 0]*[x1; x2];
    t = t + delta_t;
    v = [0 epsilon 0 2*Sudut_Target];
axis(v);
plot(t,Posisi_pesawat,'p')
grid on
hold on
fprintf('!%6.2f!%9.2f !\n',t,Posisi_pesawat)
end
disp('=====')
xlabel('Waktu, detik')
ylabel('Posisi Pesawat, derajat')
```

5 SIMPULAN

1. Karakteristik tanggapan *transient* sistem *loop* tertutup dapat ditentukan dari lokasi kutub-kutub (*loop* tertutupnya).
2. Bila harga *K* berubah, maka letak kutub-kutub nya juga berubah.

KEPUSTAKAAN

- [1] Cekdin, Cekmas., Sailah,Siti., *Dasar Teknik Kendali*, Palembang, Tunas Gemilang Press, 2009
- [2] Kuo, Benjamin C., *Automatic Control System*, Seventh Edition, Prentice-Hall International, Inc, 1995
- [3] Nise, Norman S.,*Control System Engineering*, Second Edition, Addison-wesley, 1995
- [4] Ogata, Katsuhiko., *Modern Control Engineering*, Third Edition, Prentice-Hall International, Inc, 1997

Simulasi Kendali Gerak Longitudinal Pesawat Terbang Menggunakan *Instantaneous Linearization* Berbasis *Neural Network*

Yulia Kartika¹⁾, Muhammad Mujirudin²⁾ & Arjoni Amir³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

Jl. Tanah Merdeka No. 6 Kampung Rambutan Ciracas Jakarta Timur DKI Jakarta 13830

Telp.(021) 87782739, Fax. (021) 87782739

E-mail: kartikacleofatra@gmail.com

Abstrak

Pergerakan pesawat pada umumnya dibagi menjadi tiga bagian berdasarkan sumbu pergerakan, yaitu gerak pitching, yawing, dan roll. Pitching merupakan gerak pesawat berdasarkan sumbu horizontal yang tegak lurus terhadap sumbu roll yang menyebabkan hidung pesawat akan turun atau naik. Dalam penelitian ini, penulis meneliti gerak longitudinal atau gerak pitching pesawat terbang saat berada di udara dengan elevator sebagai sinyal kendali gerak pesawat terbang tersebut. Pengendalian gerak longitudinal pesawat terbang dilakukan untuk mendapatkan rise time, delay time, dan settling time yang cepat serta steady state dan overshoot yang kecil dengan cara membuat pemodelan persamaan matematika dari gerak longitudinal pesawat terbang dengan menggunakan Instantaneous Linearization berbasis Neural Network. Algoritma yang digunakan yaitu algoritma BFGS dan Lavenberg Marquadt dengan simulasi menggunakan program MATLAB Ver: 7.8.0.347. Nilai yang diinginkan dalam penelitian ini yaitu waktu naik (rise time), waktu tunda (delay time), dan waktu tunak (steady state) yang tidak lebih dari 2 detik serta overshoot yang tidak lebih dari 5%. Hasil yang diperoleh dari pengendalian sistem gerak longitudinal pesawat terbang diperoleh delay time sebesar 0,12 detik, rise time sebesar 0.84 detik, peak time sebesar 1.24 detik, settling time sebesar 1.48 detik, steady state sebesar 1,6 detik, dan overshoot sebesar 0.38%. Ini menunjukkan bahwa nilai rise time, settling time, dan delay time yang relative cepat, serta steady state dan overshoot yang relative kecil sehingga sistem gerak longitudinal pesawat terbang ini sudah cukup sesuai dengan perancangan pengendalian yang diinginkan.

Kata kunci: kontrol, gerak longitudinal pesawat terbang, Neural Network, Instantaneous Linearization.

Abstract

The movement of aircraft in general is divided into three parts based on the axis of movement, which is pitching motion, yawing, and roll. Pitching is the motion of the aircraft based on the horizontal axis perpendicular to the axis of roll that causes a plane going down or up the nose. In this research, the author would study the motion of longitudinal or an airplane when pitching motion was in the air with an elevator as a signal motion control rapidly the fly. Control of the motion of longitudinal flying plane done to get rise time, a delay time, and settling time fast and steady state and small overshoot with modeling how to make a mathematical equation of using aircraft with longitudinal motion instantaneous linearization based neural network. Algorithms used namely algorithms lavenberg marquadt BFGS and using the program with the simulation matlab ver. 7.8.0.347. Desired value in this research, rise time, delay time and steady state that no more than 2 seconds and overshoot that no more than 5%. The results obtained from the longitudinal plane flying control system of the motion obtained delay 0.12 second time, rise of 0.84 second time, peak time of 1.24 seconds, settling of 1.48 second time, steady state of 1.6 seconds, and overshoot of 0.38%. Showing that the rise time, settling time, and the delay time fast relatively, and steady state and overshoot the relative small longitudinal plane mechanical systems so that flying is enough in accordance with the design of desired control.

Keywords: Control, motion of longitudinal plane, Neural Network, Instantaneous Linearization.

1 PENDAHULUAN

Pergerakan pesawat dibagi menjadi tiga bagian berdasarkan sumbu pergerakan, yaitu gerak

pitching, *yawing*, dan *roll*. *Pitching* merupakan gerak pesawat berdasarkan sumbu horizontal yang tegak lurus terhadap sumbu roll yang menyebabkan hidung pesawat akan turun atau naik. Dalam penelitian ini, penulis akan meneliti gerak longitudinal atau gerak *pitching* pesawat terbang saat berada di udara dengan *elevator* sebagai sinyal kendali gerak pesawat terbang tersebut.

Pengendalian gerak pesawat terbang sangatlah penting terkait tingkat keamanan, ketepatan dan kecepatan pesawat terbang saat melakukan gerakan di udara. Untuk itu, adanya sistem pengaturan kendali yang baik, aman, dan tepat dengan *rise time*, *delay time*, dan *settling time* yang cepat serta *steady state* dan *overshoot* yang kecil, diperlukan dalam pergerakan pesawat terbang.

Perancangan kendali gerak longitudinal pesawat terbang ini dilakukan dengan membuat model matematika dan konstanta persamaan keadaan dari gerak longitudinal pesawat terbang berjenis Boeing 747 menggunakan sumbu kartesian berdasarkan referensi penelitian tesis yang telah ditulis oleh M. Mujirudin [Mujr'03]. Sedangkan *Neural Network*, merupakan salah satu representasi buatan otak manusia yang mensimulasikan proses pembelajaran dari otak manusia, digunakan sebagai pengendalian dalam penelitian ini dengan arsitektur *Instantaneous Linearization* yang diperkenalkan oleh Noorgard dan kemudian disimulasikan dengan menggunakan software Matlab versi 7.8.0.347. Algoritma pembelajaran yang digunakan dalam perancangan ini adalah algoritma Levenberg Marquadt dan BFGS.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Model Gerak Longitudinal Pesawat Terbang

Persamaan fungsi alih dari gerak longitudinal pesawat terbang didapatkan dengan cara

mensubstitusi persamaan dengan menggunakan bantuan program MATLAB [Mujr'03]:

$$[A_{long}] = \begin{bmatrix} -1.2984 & -1.6822 & -0.0150 & -0.0002 & 0.0000 \\ 1.0000 & 0 & 0 & 0 & 0.0000 \\ 0 & 1.0000 & 0 & 0 & 0.0000 \\ 0 & 0 & 1.0000 & 0 & 0.0000 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0000 \end{bmatrix}$$

$$[B_{long}] = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$[C_{long}] = [0 \quad -2.0800 \quad -1.2613 \quad -0.0130 \quad 0]$$

Sehingga didapatkan persamaan fungsi alih gerak longitudinal pesawat terbang:

$$G_L = \frac{-2.08s^2 - 1.2613s - 0.013}{s^4 + 1.2984s^3 + 1.6822s^2 + 0.01s + 0.0002}$$

2.2 Algoritma Pelatihan

Algoritma pelatihan digunakan untuk melatih *Neural Network* dengan cara mengajarkan contoh-contoh kasus atau pola kepada *Neural Network* sampai berhasil mengenali kasus atau pola tersebut.

2.2.1 Algoritma Lavenberg Marquadt

Berikut ini adalah algoritma Lavenberg-Marquadt yang digunakan Norgaard [Norg'00] [Mujr'03] untuk memodifikasi bobot *Neural Network*:

1. Beri nilai awal bobot w adalah μ .
2. Hitung perubahan bobot yang dihasilkan dengan

menggunakan persamaan

$$\Delta w = -[J^T(w)J(w) + \mu I]^{-1}J^T(w)\epsilon(w).$$

3. Hitung rasio r dengan persamaan berikut:

$$r = \frac{V(w)_{lama} - V(w)_{baru}}{V(w)_{lama} - L}$$

Dimana L didefinisikan sebagai berikut:

$$L = V(w)_{lama} + \Delta w^T G \frac{1}{2} \Delta w^T R \Delta w$$

Jika $r < 0.75r < 0.75$ maka μ dibagi dengan dua.

Jika $r \leq 0.25r \leq 0.25$ maka μ dikalikan dengan dua.

4. Jika $V(w)_{baru}$ lebih kecil dari $V(w)_{lama}$ maka modifikasi bobot dan gunakan nilai μ hasil langkah ke-4.
5. Uji kondisi (iterasi \geq maksimum iterasi atau $V(w)_{baru} <$ galat toleransi) tidak terpenuhi maka kembali ke langkah kedua.
6. Modifikasi Lavenberg-Marquadt dengan Metode Gauss Newton, selesai.

2.2.2 Algoritma Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno (BFGS)

Berikut ini algoritma BFGS untuk update pendekatan inverse Hessian yaitu sebagai berikut [Norg'99] [Mujr'03]:

1. Inisialisasi criteria *General Predictive Control* $J(t, U^{(0)})$ dan gradient $G(U^{(0)})$, inisialisasi pendekatan inverse Hessian $B^{(0)} = I, i = 0$;
2. Menentukan *search direction*:
 $f^{(i)} = -B^{(i)}G[U^{(i)}]$;
3. Menentukan *step size* $\mu^{(i)}$, (dengan algoritma *step size*);
4. Ke langkah (8) jika $|U^{(i)} - U^{(i-1)}| < \delta$;
5. $i = i + 1$;
6. Update pendekatan inverse Hessian, lihat persamaan

$$B^{(i)} = \left[I - \frac{\Delta U^{(i)}(\Delta G^{(i)})^T}{(\Delta G^{(i)})^T \Delta U^{(i)}} \right] B^{(i-1)} \left[I - \frac{\Delta U^{(i)}(\Delta G^{(i)})^T}{(\Delta G^{(i)})^T \Delta U^{(i)}} \right]^T$$

7. Ke langkah 1
8. *Sequance control input* yang akan datang terpenuhi, selesai.
Pada algoritma penentuan *step size* harus diperhatikan dua aturan main dalam melakukan perhitungan, yaitu [Norg'99] [Mujr'03]:

$$f^{(i)T}G[U^{(i)} + \mu f^{(i)}] \geq \beta f^{(i)T}G[U^{(i)}]$$

Berikut ini langkah-langkah algoritma *step size* yang digunakan untuk menentukan *step size* [Norg'99] [Mujr'03]:

$$f^{(i)T}G[U^{(i)} + \mu f^{(i)}] \geq \beta f^{(i)T}G[U^{(i)}]$$

Berikut ini langkah-langkah algoritma *step size* yang digunakan untuk menentukan *step size* [Norg'99] [Mujr'03]:

1. Inisialisasi $\mu = i; I = [b_1, b_2] = [0.1]; J_{b_1} = J(U^{(i)}); G_{b_1} = G[U^{(i)}]$;
2. Evaluasi $J_{b_2} = J(U^{(i)} + \mu f^{(i)})$ dan menghitung gradient $G_{b_2} = G[U^{(i)} + \mu f^{(i)}]$;
3. Jika persamaan $J(U^{(i)} + \mu f^{(i)}) \leq J(U^{(i)}) + \delta \mu f^{(i)T}G[U^{(i)}]$ dan $f^{(i)T}G[U^{(i)} + \mu f^{(i)}] \geq \beta f^{(i)T}G[U^{(i)}]$ keduanya terpenuhi, ke langkah (10);
4. Jika persamaan $J(U^{(i)} + \mu f^{(i)}) \leq J(U^{(i)}) + \delta \mu f^{(i)T}G[U^{(i)}]$ tidak terpenuhi, ke langkah (5);
5. Menghitung β sebagai nilai ekstrim dari persamaan polynomial orde dua yaitu sebagai berikut:

$$P(x) = p_2x^2 + px + p_0$$

Dan,

$$\begin{aligned} P(b_1) &= J_{b_1} \\ P(b_1) &= f^{(i)T}G_{b_1} \\ P(b_2) &= J_{b_2} \end{aligned}$$

Dan masing-masing ekuivalen dengan:

$$\begin{aligned} p_0 &= J_{b_1} - p_2b_1^2 - p_1b_1 \\ p_1 &= f^{(i)T}G_{b_1} - 2p_2b_1 \end{aligned}$$

$$p_2 = \frac{J_{b_2} - J_{b_1} + f^{(i)T}G_{b_1}(b_1 - b_2)}{(b_1 - b_2)^2}$$

Dan,

$$\beta = -\frac{p_1}{2p_2}$$

6. Jika $\{\min(\beta - b_1, b_2 - \beta) \geq 0.1(b_2 - b_1), \mu = \beta; \text{otherwise, } \mu = (b_1 + b_2)/2\}$;
7. Evaluasi criteria $J(U^{(i)} + \mu f^{(i)})$ dan menghitung gradient $G[U^{(i)} + \mu f^{(i)}]$;
8. Jika persamaan $f^{(i)T}G[U^{(i)} + \mu f^{(i)}] \geq \beta f^{(i)T}G[U^{(i)}]$ dan $P(x) = p_2x^2 + px + p_0$ keduanya terpenuhi, ke langkah (10);
9. Jika persamaan $f^{(i)T}G[U^{(i)} + \mu f^{(i)}] \geq \beta f^{(i)T}G[U^{(i)}]$ terpenuhi:
Set $I = [\mu, b_2]; J_{b_1} = J(U^{(i)} + f^{(i)}); G_{b_1} = G(U^{(i)} + f^{(i)})$, ke langkah (5);

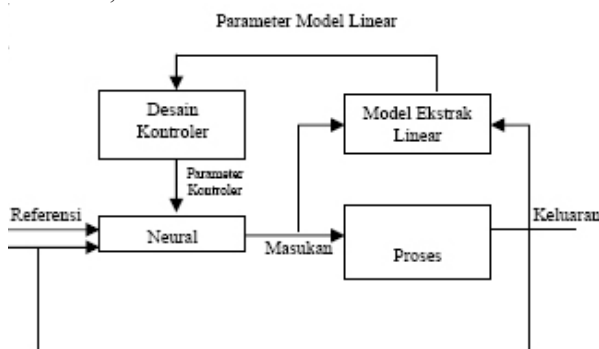
Set yang lain
 $I = [b_2, \mu]; J_{b_2} = J(U^{(i)} + f^{(i)}); G_{b_2} = G(U^{(i)} + f^{(i)})$

ke langkah (5);

10. Step size terpenuhi, ke langkah (4) atau (5) algoritma BFGS.

2.3 Sistem Instantaneous Linearization

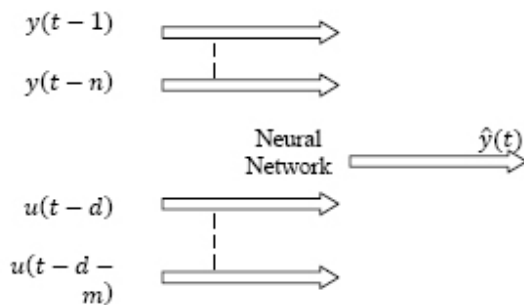
Untuk menerapkan *Neural Network* pada sistem kendali *Instantaneous Linearization* perlu ditentukan konfigurasi yang akan digunakan selain jumlah lapis, jumlah neuron pada tiap lapis, dan fungsi aktivasi yang digunakan pada tiap neuron. Setelah dilakukan pelatihan, pengendalian dapat dilakukan terhadap plant, dan diawali dengan melakukan perhitungan untuk memprediksi keluaran,



Gambar 1 Diagram Instantaneous Linearization

dengan menggunakan bobot-bobot *Neural Network* hasil pelatihan, dan keluaran sistem selama proses berlangsung.

2.4 Pelatihan Neural Network



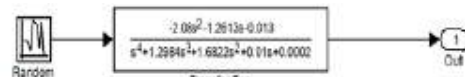
Gambar 2 Diagram Blok Struktur NNARX

Pada gambar 2. ditunjukkan digram struktur NNARX dengan y adalah data keluaran sistem yang akan dilatih, u adalah data masukan sistem yang akan dilatih, \hat{y} adalah keluaran *Neural Network*. Dalam pelatihan ini akan dihasilkan model *Neural Network* yang akan digunakan dalam perhitungan memprediksi keluaran dan sinyal kendali.

2.5 Perancangan Sistem Kendali Gerak Longitudinal Pesawat Terbang

Perancangan sistem kendali gerak longitudinal pesawat terbang dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Membuat proses simulasi persamaan gerak longitudinal pesawat terbang dengan menggunakan Simulink.



Gambar 3 Diagram blok pembangkit data

- Membangkitkan data masukan dan keluaran dari simulasi persamaan gerak longitudinal pesawat terbang dengan memberikan sinyal random pada masukan proses. Kemudian data tersebut direkam untuk masukan dan keluarannya.



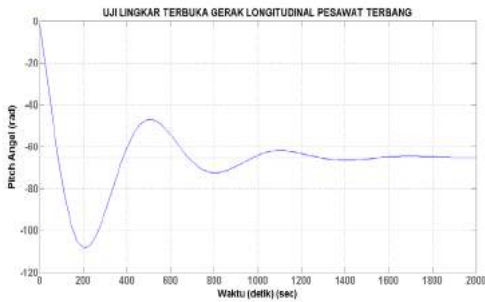
Gambar 4 Diagram blok pembangkit data masukan dan keluaran

- Melakukan pelatihan *Neural Network* dengan metode Lavenberg Marquadt dari toolbox *Neural Network* Noorgard, dimana di dalamnya terdapat fungsi NNARX. Kemudian didapat hasil berupa bobot-bobot *Neural Network* yang akan digunakan dalam proses perhitungan selanjutnya.
- Melakukan simulasi sistem pengendalian gerak longitudinal pesawat terbang dengan menghitung sinyal kendali menggunakan

algoritma BFGS dengan menggunakan algoritma *Instantaneous Linearization*.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

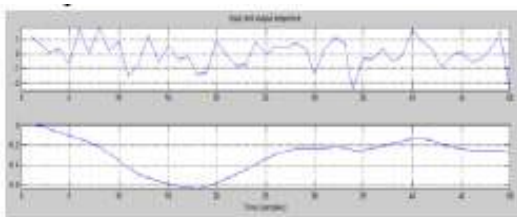
3.1 Uji Loop Terbuka Gerak Longitudinal Pesawat Terbang



Gambar 5 Grafik Tanggapan Uji Loop Terbuka Gerak Longitudinal Pesawat Terbang

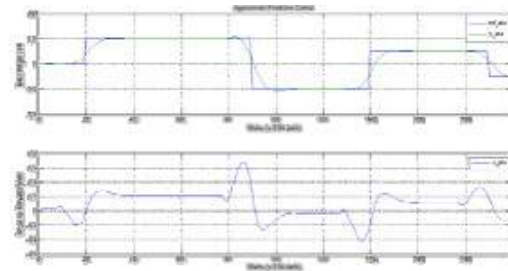
Gambar 5 menunjukkan hasil keluaran sinyal terhadap uji step respon. Sinyal step yang diberikan sebagai masukan membuat sinyal keluaran turun mula-mula dari nol rad menuju -108.4 rad. Kemudian sinyal kembali naik kembali sampai pada -47 rad. Sinyal kemudian berada pada keadaan tunak pada saat -65.22 rad.

3.2 Uji Gerak Longitudinal Pesawat Terbang dengan *Instantaneous Linearization*



Gambar 6 Grafik Hasil Rekam Data Masukan dan Keluaran Gerak Longitudinal Pesawat Terbang

Setelah data direkam, dilakukan pelatihan model *Neural Network* dari toolbox *Neural Network* Noorgard. Parameter-parameter yang diberikan berupa periode sampling sebesar 0.1 detik dengan jumlah sampel sebanyak 200, fungsi aktivasi neuron lapis berupa tanh.

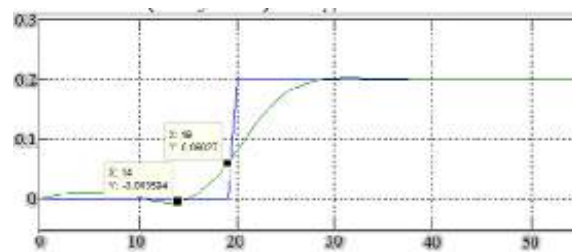


Gambar 7 Grafik Uji Gerak Longitudinal Pesawat Terbang dengan *Instantaneous Linearization*

Setelah didapatkan hasil model sistem berupa bobot-bobot *Neural Network* dari pelatihan sebelumnya, dilakukan perhitungan menggunakan metode perhitungan algoritma BFGS dan algoritma step size. Gambar 7 merupakan grafik tampilan gerak longitudinal pesawat terbang menggunakan *Instantaneous Linearization*.

Dari grafik gambar 4.8, di atas menunjukkan set point mula-mula pada 0 rad menjadi 0.2 rad. Kemudian sinyal tanggapan keluaran mengikuti perubahan set point dengan cepat.

Dari grafik gambar 4.8. jika diperbesar, dapat dicari waktu tunda (*delay time*) sebagai berikut:



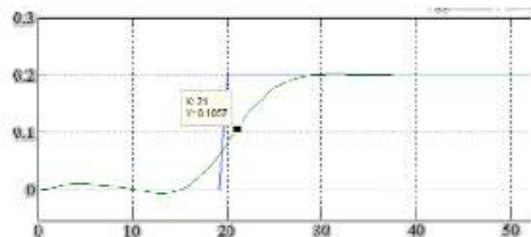
Gambar 8 Waktu Tunda (*delay time*)

Waktu tunda (*delay time*) merupakan waktu yang dibutuhkan tanggapan untuk mencapai setengah dari nilai akhir dari tanggapan untuk pertama kali. Dari Gambar 8. menunjukkan waktu tunda berada pada detik 14 sampai detik 19, maka waktu tunda bernilai:

$$t_d = 19 - 14(0.04) = 0.12 \text{ detik}$$

Jadi, waktu tunda (*delay time*) dari sistem kendali gerak longitudinal pesawat terbang menggunakan *Instantaneous Linearization* sebesar 0.12 detik.

Waktu naik (*rise time*) ditunjukkan oleh gambar berikut:

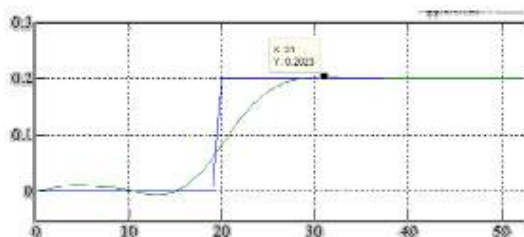


Gambar 9 Waktu Naik (*rise time*)

Waktu naik (*rise time*) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk naik dari 10% - 90%, 5% - 95%, atau 0% - 100% dari nilai akhir tanggapan. Sehingga dari gambar 4.10. diperoleh nilai *rise time* sebesar:

$$t_r = 21 \times (0.04) = 0.84 \text{ detik}$$

Jadi, waktu naik (*rise time*) dari sistem kendali gerak longitudinal pesawat terbang menggunakan *Instantaneous Linearization* sebesar 0.84 detik.

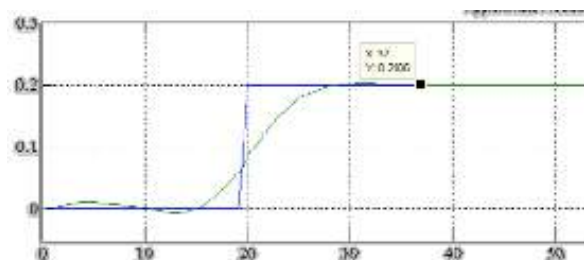


Gambar 10 Waktu Puncak (*peak time*)

Untuk waktu puncak (*peak time*) ditunjukkan oleh gambar 10. Waktu puncak (*peak time*) merupakan waktu yang dibutuhkan tanggapan untuk mencapai nilai puncak dari *overshoot* pertama kali. Dari gambar 4.11. diperoleh waktu puncak sebesar:

$$t_p = 31 \times (0.04) = 1.24 \text{ detik}$$

Jadi, waktu puncak (*peak time*) dari sistem kendali gerak longitudinal pesawat terbang menggunakan *Instantaneous Linearization* sebesar 1.24 detik. Waktu *settling* (*settling time*) ditunjukkan oleh gambar berikut:



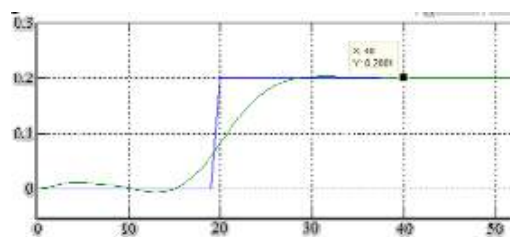
Gambar 11 Waktu *settling* (*settling time*)

Waktu *settling* (*settling time*) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai akhir dari tanggapan dan tetap berada pada nilai tersebut dalam range persentase tertentu dari nilai akhir (biasanya 5% atau 2%). Dari gambar 11 dapat diperoleh *settling time* sebesar:

$$t_s = 37 \times (0.04) = 1.48 \text{ detik}$$

Jadi, waktu *settling* (*settling time*) dari sistem kendali gerak longitudinal pesawat terbang menggunakan *Instantaneous Linearization* sebesar 1.48 detik.

Waktu tunak (*steady state*) ditunjukkan oleh gambar berikut ini:

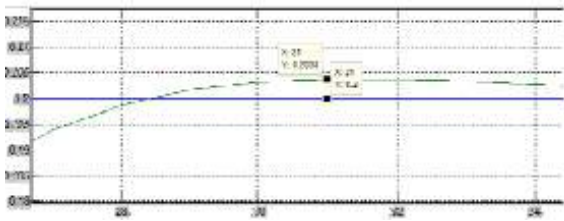


Gambar 12 Waktu Tunak (*steady state*)

Waktu tunak (*steady state*) merupakan waktu saat sistem tidak berubah dengan berjalannya waktu atau konstan. Dari grafik dapat diperoleh nilai waktu tunak (*steady state*) sebesar:

$$t_{ss} = 40 \times (0.04) = 1.6 \text{ detik}$$

Jadi, waktu tunak (*steady state*) dari sistem kendali gerak longitudinal pesawat terbang menggunakan *Instantaneous Linearization* sebesar 1.6 detik. Untuk *overshoot* dapat ditunjukkan dari gambar di bawah ini:



Gambar 13 *Overshoot Maksimum*

Overshoot maksimum (*maximum overshoot*) merupakan nilai puncak maksimum dari tanggapan diukur dari nilai akhir dari tanggapan. Biasanya dirumuskan dalam persentase. Dari grafik di atas dapat diperoleh nilai *overshoot* maksimum sebesar:

$$M_p = (0.2038 - 0.2) \times 100\% = 0.38\%$$

Jadi, *overshoot* maksimum dari sistem kendali gerak longitudinal pesawat terbang sebesar 0.38%.

Dari keseluruhan grafik di atas, terlihat bahwa nilai *rise time*, *settling time*, dan *delay time* yang relative cepat, serta *steady state* dan *overshoot* yang relative kecil. Hal ini berarti, sistem gerak longitudinal pesawat terbang ini sudah cukup sesuai dengan perancangan pengendalian yang diinginkan.

4 SIMPULAN

1. Sistem gerak longitudinal pesawat terbang berupa sistem dengan orde empat dengan masukan deflaksi elevator dan keluaran pitch angel.
2. Simulasi kendali dari sistem gerak longitudinal pesawat terbang dengan menggunakan *Instantaneous Linearization* berbasis *Neural Network* telah berhasil dilakukan dengan delay time sebesar 0,12 detik, rise time sebesar 0.84 detik, peak time sebesar 1.24 detik, settling time sebesar 1.48 detik, steady state sebesar 1,6 detik, dan overshoot sebesar 22% .
3. Dari hasil yang diperoleh dari pengendalian

sistem gerak longitudinal pesawat terbang menunjukkan bahwa nilai *rise time*, *settling time*, *delay time*, dan *steady state* yang kurang dari 2 detik, serta *overshoot* yang kurang dari 5% sehingga sistem gerak longitudinal pesawat terbang ini sesuai dengan perancangan pengendalian yang diinginkan.

4. Hasil dari sistem kendali gerak longitudinal pesawat terbang ini dirasakan masih perlu dilakukan pengkajian kembali untuk mendapatkan hasil yang lebih maksimal dengan memberikan variasi dari sistem gerak lateral pesawat terbang, struktur model, serta arsitektur *neural network* seperti *feedback linearization* atau *optimal control*.

KEPUSTAKAAN

- [1] Amir, Arjoni. 2003. Rancang Bangun Kendali Start-Up dan Daya Tetap Reaktor Riset Kartini dengan Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan. ITB: Bandung.
- [2] Bishop, Robert. *Modern Control System Analysis and Design Using MATLAB*. Addison-Wesley; Austin.
- [3] Golten, Jack. Verwer, A. 1991. *Control System Design and Simulation*. Mc-Graw Hill: UK.
- [4] Goodwin, Graham. 2000. *Control System Design*. John Wiley; USA.
- [5] Hermawan, Arief. 2006. *Jaringan Saraf Tiruan Teori dan Aplikasi*. Andi Offset: Yogyakarta.
- [6] Jek Siang, Jong. 2005. *Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrogramannya Menggunakan Matlab*. Andi Offset: Yogyakarta.
- [7] Mujirudin, Muhammad. 2003. *Simulasi Pengendalian Gerak Pesawat Terbang dengan Nonlinear Predictive Control Berbasis Neural Network*. UI: Jakarta.
- [8] Nise, Norman. 2011. *Control System Engineering Sixth Edition*. John Wiley; USA.

- [9] Norgaard, M. 2000. *Neural Network Based Control System Design Toolkit and Neural Network Based Identification Toolbox Ver. 2*. Department of Automation, Department of Mathematical Modelling, Technical University of Denmark.
- [10] Philips, Charles. 1998. *Dasar-Dasar Sistem Kontrol Edisi Bahasa Indonesia*. Prentice Hall: New Jersey.
- [11] Puspitaningrum, Diyah. 2006. *Pengantar Jaringan Saraf Tiruan*. Andi Offset: Yogyakarta.

Analisa Interferensi Long Term Evolution terhadap Wifi pada Frekuensi *Unlicensed*

Enggo Nofriando¹⁾, Dwi Astuti Cahyasiwi²⁾ & Endy Syaiful Alim³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

Jl. Tanah Merdeka no.6 Kampung Rambutan Ciracas Jakarta Timur DKI Jakarta 13830

Telp.(021) 87782739, Fax. (021) 87782739

E-mail: Enggo1991@gmail.com

Abstrak

Long term evolution (LTE) merupakan bagian teknologi nirkabel dengan rentang frekuensi 2300-2400 MHz pada E-UTRA yang beroperasi di band 40 dengan mode transmisi time division duplex (TDD). Salah satu perangkat wireless yang frekuensi kerjanya mendekati sistem tersebut adalah WLAN (Wifi) dengan standar IEEE 802.11 b/g di frekuensi 2400 MHz. Interferensi dapat terjadi apabila pita frekuensi pada 2 sistem perangkat wireless yang berbeda mempunyai frekuensi yang sama atau berdekatan. Untuk melindungi Wifi dari interferensi yang disebabkan oleh perangkat LTE, perlu dilakukan kajian yang menganalisis interferensi LTE terhadap wifi 802.11 b/g. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis interferensi dari pengirim LTE band 40 terhadap penerima wi-fi 802.11 b/g menggunakan Spectrum Engineering Advanced Monte-Carlo Analysis Tool (SEAMCAT), yaitu model simulasi statistik yang menggunakan metode analisis yang disebut monte carlo dengan propagasi outdoor-indoor dengan melihat faktor jarak yang bervariasi antara pengirim pengganggu LTE terhadap penerima terganggu wi-fi. Dari hasil simulasi didapatkan desired Received Signal Strength (dRSS) menurun seiring jarak wanted transmitter (AP wifi) ke victim receiver (MS wifi) dijauhkan dengan jarak IT-VR minimum 50 meter; dRSS memiliki nilai sebesar -82.15 dBm dimana nilai ini dibawah nilai sensitivitas penerima yang ditetapkan. Sisi lain nilai C/I pada jarak IT-VR minimum 50 meter dengan jarak WT-VR maksimum 30 meter sebesar 13.01 dB mendekati nilai C/I yang ditetapkan dan probabilitas interferensi sebesar 16.79 %. Dengan mengetahui pengaruh interferensi LTE band 40 terhadap wifi 802.11 b/g pada band unlicensed dapat dilihat dari nilai C/I yang dihasilkan. Semakin dekat jarak pengganggu LTE maka semakin besar probabilitas interferensi yang dialami penerima wifi 802.11 b/g, sementara nilai C/I nya semakin kecil.

Katakunci : long term evolution (LTE), wifi 802.11 b/g, interferensi, SEAMCAT.

1 PENDAHULUAN

Jaringan nirkabel (*wireless*) merupakan komunikasi antar sistem komputer tanpa menggunakan kabel. Teknologi *wireless* tersebut antara lain *Wi-fi*, Bluetooth, GSM, WIMAX dan yang terbaru yang sedang berkembang adalah *Long Term Evolution (LTE)*. LTE pada *Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA)* beroperasi di band 40 dengan frekuensi kerja 2,3-2,4 GHz dengan mode TDD^[2]. *Wireless Fidelity (Wi-fi)* merupakan sekumpulan standar yang

digunakan untuk jaringan lokal nirkabel (*Wireless Local Area Network- WLAN*) yang didasari pada spesifikasi IEEE 802.11^[3]. *Wi-fi* bekerja pada band frekuensi 2,4 GHz dan 5 GHz. Interferensi dapat terjadi antara *wi-fi* dengan standar IEEE 802.11 b/g di band frekuensi 2,4 GHz dengan LTE (frekuensi uplink dan downlink 2,3-2,4 GHz) pada operation band 40. LTE pada operation band 40 berada pada band yang berdekatan dengan *wi-fi* di band 2,4 GHz yang di sebut *Adjacent Channel Interference (ACI)*.

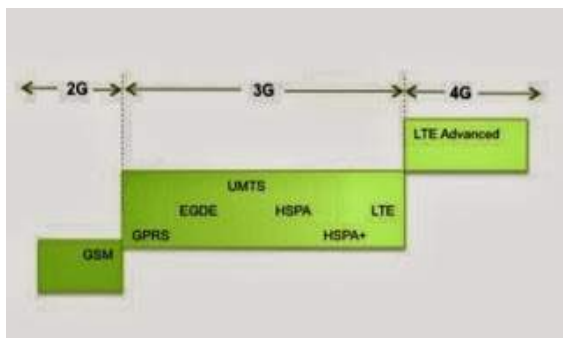
Menurut weiwei wang dalam penelitiannya telah membahas evaluasi dan deteksi interferensi koeksistensi pada sistem teknologi LTE tentang analisis komprehensif yang dilakukan untuk mengetahui kegagalan transmisi LTE yang disebabkan oleh gangguan *in-device coexistence* (IDC) dari radio *wifi*^[4] dan *coexistence* untuk distribusi system *indoor* dari TD-LTE dengan sistem WLAN, penelitian tersebut menghasilkan kesimpulan bahwa antara TD-LTE dengan WLAN pada band 2.4 GHz akan saling mempengaruhi, dimana menunjukkan bahwa interferensinya cukup *significant*^[5].

Berdasarkan penelitian tersebut penulis ingin menganalisa interferensi LTE terhadap *wi-fi* pada band yang berdekatan (*adjacent*) dengan melihat efek interferensi yang disebabkan oleh *transmitter* LTE terhadap *receiver* pengguna *wi-fi* (MS 802.11 b/g).

2 DASAR TEORI

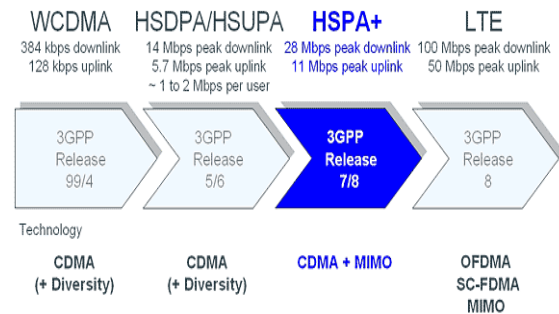
2.1 Long Term Evolution (LTE)

LTE adalah sebuah nama baru dari layanan yang mempunyai kemampuan tinggi dalam sistem komunikasi bergerak yang merupakan langkah menuju generasi ke-4 (4G) dari teknologi radio yang dirancang untuk meningkatkan kapasitas dan kecepatan jaringan telepon mobile. LTE adalah suatu proyek dalam *third generation partnership project* (3GPP). Evolusi jaringan seluler sampai ke teknologi LTE ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Evolusi Jaringan^[6]

Menurut standar, LTE memberikan kecepatan uplink hingga 50 megabit per detik (Mbps) dan kecepatan downlink hingga 100 Mbps dengan bandwidth mencapai 20 MHz. Tidak diragukan lagi, LTE akan membawa banyak manfaat bagi jaringan selular. Perkembangan telekomunikasi menurut standar 3GPP terlihat pada Gambar 2^[7].



Gambar 2 Evolusi 3GPP^[7]

• Karakteristik LTE

LTE memberikan layanan bandwidth sebesar 20 MHz dengan kecepatan mencapai 100 Mbps pada downlink dan 50 Mbps pada uplink. Spesifikasi utama LTE menurut 3GPP, LTE dapat dilihat pada tabel 1^[10].

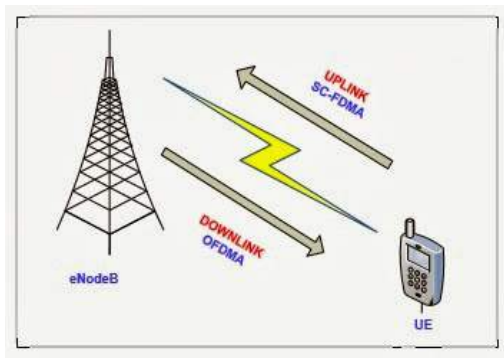
Parameter	Details
Peak downlink speed 64QAM(Mbps)	100 (SISO), 172 (2x2 MIMO), 326 (4x4 MIMO)
Peak uplink speeds (Mbps)	50 (QPSK), 57 (16QAM), 86 (64QAM)
Channel bandwidth (MHz)	1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz
Duplex schemes	FDD dan TDD
Mobility	0 – 15 km/h (Optimised) 15 – 120 km/h (High performance) 120 – 350 km/h (Mobility maintained) 350 – 500 km/h (Under consideration Depending on frequency band)
Spectral efficiency	Downlink: 3 – 4 times Rel 6 HSDPA Uplink: 2 – 3 x Rel 6 HSUPA
Access Schemes	OFDMA (Downlink) SC-OFDMA (Uplink)
Cell Range	~ 5 km: Best Throughput, Spectrum Efficiency and mobility ~ 30 km: mobility as defined above, some degradation in throughput, Spectrum Efficiency ~ 100 km: Supported, degradations accepted
Modulation types supported	QPSK, 16QAM, 64QAM (Uplink dan Downlink)

Karakteristik ini memberikan nilai acuan untuk dapat menganalisis simulasi yang akan dijelaskan

pada bab selanjutnya. Berikut acuan parameter *transmitter* LTE yang merupakan parameter masukan terlihat di tabel 2^[11].

Frekuensi	2300-2400 MHz
Tinggi Antena TX	30 meter (Urban/Suburban)
Tinggi Antena RX	1 meter
Daya Tx	43 dBm (untuk 1.4, 3, dan 5 MHz) 46 dBm (untuk 10,15 dan 20 MHz)
Bandwidth	10 MHz
Gain antena	15 dBi
Masking	10 MHz
Noise Figure	5 dB
Minimum Coupling Loss ^[19]	45 dB
Sensitivitas Receiver	-94 dBm
Variabel jarak	50 meter, 200 meter, 600 meter, 700 meter, 800 meter, 1000 meter

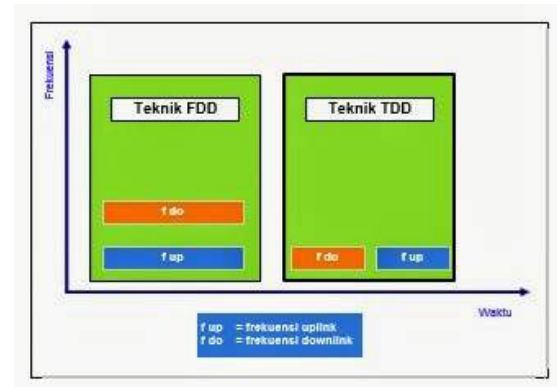
Pada LTE teknik akses yang digunakan pada transmisi dalam arah downlink dan uplink berbeda. Arah downlink adalah arah komunikasi dari eNodeB ke UE, sementara arah uplink adalah arah dari UE menuju eNodeB seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Arah transmisi downlink dan uplink pada LTE^[6]

Pada komunikasi seluler sangat penting untuk mempertimbangkan kemampuan jaringan untuk melakukan komunikasi dalam dua arah secara simultan atau dikenal dengan istilah komunikasi full duplex. Oleh karena itu untuk dapat melakukan komunikasi dua arah secara simultan, maka dibutuhkan suatu teknik duplex.

Pada umumnya terdapat dua teknik duplex yang biasanya digunakan, yaitu *frequency division duplex* (FDD) dan *time division duplex* (TDD). Perbedaan teknik FDD dan TDD dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 3 FDD dan TDD pada LTE^[6]

Operasi Band LTE E-UTRA

Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) LTE mendefinisikan band 40 beroperasi pada arah *uplink* dan *downlink* menggunakan teknik *access time division duplex* (TDD) dengan frekuensi 2,3-2,4 GHz terlihat pada tabel 3^[11].

E-UTRA Operating Band	Uplink (UL) operating band BS receive UE transmit	Downlink (DL) operating band BS receive UE transmit	Duplex Mode
	$F_{UL\ low} - F_{UL\ high}$	$F_{DL\ low} - F_{DL\ high}$	
1	1920 MHz - 1980 MHz	2010 MHz - 2025 MHz	FDD
2	1850 MHz - 1910 MHz	1930 MHz - 1990 MHz	FDD
3	1710 MHz - 1785 MHz	1805 MHz - 1880 MHz	FDD
4	1710 MHz - 1755 MHz	2110 MHz - 2155 MHz	FDD
5	824 MHz - 849 MHz	869 MHz - 894 MHz	FDD
6	830 MHz - 840 MHz	875 MHz - 885 MHz	FDD
7	2500 MHz - 2570 MHz	2620 MHz - 2690 MHz	FDD
8	880 MHz - 915 MHz	925 MHz - 960 MHz	FDD
9	1749.9MHz - 1784.9MHz	1844.9MHz - 1879.9 MHz	FDD
10	1710 MHz - 1770 MHz	2110 MHz - 2170 MHz	FDD
11	1427.9MHz - 1447.9MHz	1475.9MHz - 1495.9 MHz	FDD
12	698 MHz - 716 MHz	728 MHz - 746 MHz	FDD
13	777 MHz - 787 MHz	746 MHz - 758 MHz	FDD
14	788 MHz - 798 MHz	758 MHz - 768 MHz	FDD
17	704 MHz - 716 MHz	734 MHz - 746 MHz	FDD
33	1900 MHz - 1920 MHz	1900 MHz - 1920 MHz	TDD
34	2010 MHz - 2025 MHz	2010 MHz - 2025 MHz	TDD
35	1850 MHz - 1910 MHz	1850 MHz - 1910 MHz	TDD
36	1930 MHz - 1990 MHz	1930 MHz - 1990 MHz	TDD
37	1910 MHz - 1930 MHz	1910 MHz - 1930 MHz	TDD
38	2570 MHz - 2620 MHz	2570 MHz - 2620 MHz	TDD
39	1880 MHz - 1920 MHz	1880 MHz - 1920 MHz	TDD
40	2300 MHz - 2400 MHz	2300 MHz - 2400 MHz	TDD

Tabel 4 kanal bandwidth E-UTRA

E-UTRA band	E-UTRA band / channel bandwidth					
	1.4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
1			Yes	Yes	Yes	Yes
2	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
3	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
4	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
5	Yes	Yes	Yes	Yes		
6			Yes	Yes		
7			Yes	Yes	Yes	Yes
8	Yes	Yes	Yes	Yes		
9			Yes	Yes	Yes	Yes
10			Yes	Yes	Yes	Yes
11			Yes	Yes		
12	Yes	Yes	Yes	Yes		
13			Yes	Yes		
14			Yes	Yes		
17			Yes	Yes		
18			Yes	Yes	Yes	
19			Yes	Yes	Yes	
20			Yes	Yes	Yes	Yes
21			Yes	Yes	Yes	Yes
23	Yes	Yes	Yes	Yes		
24			Yes	Yes		
25	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
33			Yes	Yes	Yes	Yes
34			Yes	Yes	Yes	Yes
35	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
36	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
37			Yes	Yes	Yes	Yes
38			Yes	Yes	Yes	Yes
39			Yes	Yes	Yes	Yes
40			Yes	Yes	Yes	Yes

NOTE 1: bandwidth for which a relaxation of the specified UE receiver sensitivity requirement (clause 7.3) is allowed

2.2 Wireless Fidelity (WI-FI)

Wi-fi adalah sekumpulan standar yang digunakan untuk jaringan lokal nirkabel (*Wireless local area network* – WLAN) yang didasari pada spesifikasi IEEE 802.11. *Wi-fi* atau biasa disebut dengan WLAN dirancang bertujuan untuk didapatkan sistem komunikasi data menggunakan radio frekuensi berkecepatan tinggi sederhana mungkin dan bebas lisensi, sehingga digunakan spektrum frekuensi *industry, science, and medical* (ISM) pada frekuensi 2,4 GHz.

Teknologi WLAN

Wireless LAN (WLAN) adalah teknologi LAN yang menggunakan frekuensi dan transmisi radio sebagai media penghantarnya, pada area tertentu, menggantikan fungsi kabel^[3]. Konfigurasi jaringan WLAN terdiri dari akses point yang dihubungkan ke pengguna melalui media udara (frekuensi dan transmisi radio) seperti yang terlihat pada gambar 5:



Gambar 5 Contoh Jaringan WLAN

Frekuensi yang kini umum dipergunakan untuk aplikasi WLAN adalah 2.4 Ghz dan 5.8 Ghz yang secara internasional dimasukkan ke dalam wilayah license exempt (bebas lisensi) dan dipergunakan bersama oleh publik (frequency sharing).

Standarisasi WLAN/ Wi-Fi

Ada empat variasi WLAN Berdasarkan spesifikasi IEEE 802.11 yaitu 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n^[3].

- IEEE 802.11b
Digunakan mulai akhir tahun 1999 Standar 802.11b menggunakan frekuensi 2,4 GHz, maksimum bandwidth yang bisa dicapai adalah 11 Mbps (Megabit per second).
- IEEE 802.11a
Digunakan akhir 2001 bekerja pada frekuensi 5GHz mengikuti standard dari *Unlicensed National Information Infrastructure* (UNII). Maksimum badwidth yang bisa dicapai 54 Mbps.
- IEEE 802.11g
Digunakan mulai pertengahan 2003 dengan frekuensi 2,4 GHz. Standar 802.11g menawarkan bandwidth yang tinggi (54 Mbps throughput maksimum, 30 Mbps dalam praktek) pada rentang frekuensi 2,4 GHz. Standar 802.11g mundur-kompatibel dengan standar 802.11b, yang berarti bahwa perangkat yang mendukung standar 802.11g juga dapat bekerja dengan 802.11b.

- d. IEEE 802.11n
Standar jaringan wireless masa depan yang bekerja pada frekuensi 2,4 Ghz dan dikabarkan kecepatan transfer datanya mencapai 100-200 Mbps. Standar IEEE terbaru dalam kategori Wi-Fi adalah 802.11n.

Karakteristik WLAN/Wi-fi 802.11 b/g

WLAN mempunyai karakteristik masing-masing sesuai standar 802.11 yang digunakan dan kompatibel satu dengan yang lain pada frekuensi kerja yang sama. Dalam teknologi WLAN ada dua standar frekuensi yang digunakan untuk *indoor* dan *outdoor*, yaitu 2.4 GHz dan 5 GHz. Frekuensi yang digunakan didalam analisis adalah WLAN 802.11 b/g beroperasi di band 2.4 Ghz yang tergolong pada *Industrial, Scientific, dan Medical (ISM)*. Berikut adalah tabel perbandingan spesifikasi perangkat WLAN [9] terlihat pada tabel 5.

	802.11a	802.11b	802.11g
Standar	September 1999	September 1999	2002
Frekuensi	5,15 -5,25 GHz 5.25-5,35 GHz dan 5.725-5.825 GHz	2,4-2,485 GHz (ISM)	2.4-2,485 GHz
Bandwidth	300 MHz	83.5 MHz	83,5 MHz
Frekuensi Non Overlapping	4 indoor (UNII 1), Indoor/outdoor (UNII2), 4 outdoor (UNII3)	3 (indoor/outdoor)	3 (indoor/outdoor)
Kecepatan Data Per perkanal	54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, dan 6 Mbps	11, 5.5, 2, dan 1 Mbps	54, 36, 33, 24, 22, 12, 11, 9, 6, 5.5, 2, dan 1 Mbps
Modulasi	BPSK (6, 9 Mbps) QPSK (12, 18 Mbps) 16-QAM (24, 36 Mbps) 64-QAM (48, 54 Mbps)	DQPSK/CCK (11, 5.5 Mbps) DQPSK (2 Mbps) DBPSK (1 Mbps)	OFDM/CCK (6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54) OFDM (6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54) DQPSK/CCK (22, 33, 11, 5.5 Mbps) DQPSK (2 Mbps) DBPSK (1 Mbps)
Kompatibilitas	Wi-fi5	Wi-fi	Wi-fi pada 11 Mbps Ke bawah

Antenna omni directional yang digunakan pada MS WLAN 802.11 b/g mempunyai karakteristik parameter masukan sebagai berikut, lihat tabel 6[16].

Tinggi Antena TX	3 meter
Tinggi Antena RX	1 meter
Gain Antena TX	5 dBi
Gain Antena RX	0 dBi
Sensitivitas Penerima	-82 dBm
Bandwidth	10 MHz (IEEE 802.11 b/g)
C/I objective	10 dB
Radius Jangkauan	45 M
Fading	12 dB
Availibility	60 %
Variabel jarak	10 meter, 15 meter, 20 meter, 25 meter, 30 meter

2.3 Interferensi

Intereferensi merupakan suatu gangguan yang sering terjadi pada sistem komunikasi. Dalam komunikasi Interferensi terbagi menjadi 2 macam diantaranya *co-channel interferensi (CCI)* dan *adjacent-channel interference (ACI)*. *interferensi co-channel* merupakan interferensi yang disebabkan oleh sinyal frekuensi *carrier* sama dengan sinyal informasinya sedangkan *interferensi adjacent channel* merupakan interferensi yang disebabkan oleh pengaruh dari frekuensi kanal yang berdekatan.



Gambar 4 Skema interferensi LTE terhadap WLAN 802.11 b/g

Interferensi LTE band 40 terhadap WLAN standar IEEE 802.11 b/g dapat diketahui pada gambar 2.6 dalam interferensi yang terjadi, terlihat pada sinyal pengganggu berwarna merah seperti

noise dari perangkat aktif LTE band 40 terhadap WLAN 802.11 b/g. berikut skema interferensi yang terjadi.

perangkat antara LTE E-UTRA yang beroperasi pada band 40 dan *wi-fi* 802.11 b/g memiliki prinsip dasar yang sama yaitu mengirimkan informasi menggunakan frekuensi radio. Namun, perangkat LTE jika dibandingkan dengan *wi-fi* 802.11 b/g, LTE memiliki teknologi OFDM-based yang dapat mencapai data rates lebih tinggi dengan implementasi yang lebih sederhana menyertakan biaya relatif lebih rendah. Dalam table 4 dijelaskan spesifikasi perangkat LTE terhadap *wi-fi* 802.11 b/g yang memiliki kecepatan cukup baik dalam pengiriman sesuai standarisasi masing-masing. Lihat tabel 7.

	LTE	Wifi b/g
Frekuensi	2300 – 2400 MHz	2400 MHz
kecepatan	Downlink (Mbps) 100 (SISO), 172 (2x2 MIMO), 326 (4x4 MIMO) Uplink (Mbps) 50 (QPSK), 57 (16QAM), 86 (64QAM)	54, 36, 33, 24, 22, 12, 11, 9, 6, 5.5, 2, dan 1 Mbps
Jarak	0 – 15 km/h (Optimum) 15 – 120 km/h (performansi tinggi) 120 – 350 km/h (mobilitas dipertahankan) 350 – 500 km/h (dibawah pertimbangan tergantung band frekuensi)	20-100 Meter

3 PEMODELAN SKENARIO

Analisis interferensi pada LTE terhadap *Wi-fi* 802.11 b/g dimulai dengan menetapkan skenario mode propagasi yang akan digunakan, dalam kasus ini yang akan digunakan skenario outdoor – indoor dengan jarak interferensi antara perangkat keduanya maksimal 1 km dengan pertimbangan, jika jarak antara pengirim LTE dengan penerima *wifi* lebih dari 1 km, pengaruh interferensi dapat diabaikan.

Simulasi ini menggunakan *spectrum engineering advanced monte-carlo analysis tools* (SEAMCAT) yang merupakan model simulasi statistik menggunakan metode monte carlo untuk menilai probabilitas sistem radio komunikasi.

3.1 Parameter SEAMCAT

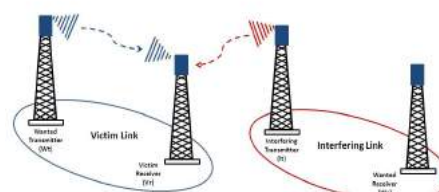
Seamcat 4.1.0 adalah aplikasi bantu yang digunakan dalam menganalisis dan mencari probabilitas interferensi yang terjadi antara LTE dengan *Wi-fi* 802.11 b/g. Seamcat mempunyai dua parameter yang penting dalam simulasi, yaitu:

a. Victim Link

Merupakan area kerja aktif antara sisi pengirim (*wanted transmitter*) dengan sisi penerima (*victim receiver*). *Victim link* ini seperti ruang atau area yang digunakan untuk simulasi.

b. Interfering Link

Merupakan area kerja aktif interfering antara sisi pengirim interfering (*interfering transmitter*) dengan sisi penerima (*wanted receiver*).



Gambar 7 Skema Parameter Seamcat^[14]

Setelah skema parameter pada simulasi ditentukan, masukkan parameter input yang sudah didapat kemudian dilakukan perhitungan untuk menghitung nilai dRSS dan iRSS. Data dRSS dan iRSS yang dihasilkan adalah dalam bentuk *array* pada *event generator engine* (EGE). *Output* EGE ini dijadikan sebagai *input* bagi DEE, dimana data *array* dari EGE ini akan diproses dengan tujuan untuk mengetahui apakah data-data tersebut dapat menghasilkan data statistik yang stabil atau tidak. Dari EGE ini akan dihasilkan distribusi data, jika *output* data dan jumlah iterasi yang dilakukan pada EGE (I) telah memenuhi jumlah data yang telah ditetapkan (N) maka hasilnya merupakan *vector* yang inputannya akan digunakan untuk menghitung probabilitas interferensi pada *Interferensi Calculation Engine* (ICE). Gambar 3.2. merupakan alur proses perhitungan pada SEAMCAT^[9].



Gambar 8 Alur Simulasi Perhitungan SEAMCAT^[9]

3.2 desired Received Signal Strength (dRSS)

dRSS merupakan kekuatan sinyal terima yang diinginkan oleh *victim system link* yang dikirim access point (AP) ke mobile station (MS) wifi. Dalam skenario ini jarak digunakan sebagai variabel yang akan diubah untuk melihat efek interferensinya, untuk itu rumus yang digunakan untuk menghitung dRSS adalah^[14] :

$$dRSS = f_{vr} \left(P_{wt}^{supplied}, g_{wt-vr}, PL_{wt-vr}, g_{vr-wt} \right) \quad (3.1)$$

$$= P_{wt}^{supplied} + g_{wt-vr}(f_{vr}) - PL_{wt-vr}(f_{vr}) + g_{vr-wt}(f_{vr}) \quad (3.2)$$

Keterangan :

- f_{vr} = Frekuensi yang diterima divictim receiver
- g_{wt-vr} = Gain antenna wanted transmitter dalam arah victim receiver
- $P_{wt}^{supplied}$ = Distribusi tingkat daya maksimal yang diberikan pada antenna penerima yang diinginkan
- PL_{wt-vr} = Rugi-rugi jalur antara transmitter yang diinginkan dengan victim receiver

Perhitungan propagasi loss dalam implementasi model Extended Hata pada SEAMCAT antara transmitter dan receiver sebagai berikut^[16]:

$$f_{propagasi}(f, h_1, h_2, d, env) = L + T(G(\sigma)) \quad (3.3)$$

Dimana

- f = frekuensi (MHz)
- h_1 = tinggi antenna transmitter, m, (above ground)
- h_2 = tinggi antenna receiver, m, (above ground)
- d = jarak antara transmitter dan receiver, km
- $T(G(\sigma))$ = Gaussian variation
- env = general environment
- $\sigma = 3.5$ ^[16]
- L = Median propagation loss (dB)

Jika rugi-rugi propagasinya adalah *outdoor-indoor* maka gunakan model hata berikut^[16]:

$$L_{indoor-outdoor}^{hata} = L_{outdoor-outdoor}^{hata} + L_{we} \quad (3.4)$$

Untuk range frekuensi $2000 \text{ MHz} < f < 3000 \text{ MHz}$ (urban), maka L dapat ditetapkan sebagai berikut^[16]:

$$L = 46.3 + 33.9 \log(2000) + 10 \log(f/20) - 13.82 \log(\max\{30, H_b\}) [44.9 - 6.55 \log(\max\{30, H_b\})] \log(d))^\alpha - a(H_m) - b(H_b) \quad (3.5)$$

Dimana :

- $a(H_m) = 1.1 \log(f) - 0.7 \min\{10; H_m\} - (1.56 \log(f) - 0.8) + \max\{0; 20 \log(H_m/10)\}$
- $b(H_b) = \min\{0; 20 \log(H_b/30)\}$

$$\alpha = \begin{cases} 1 & d \leq 20 \text{ km} \\ 1 + (0.14 + 1.87 \times 10^{-4} x f + 1.07 \times 10^{-3} H_b) (\log \frac{d}{20})^{0.8} & 20 \text{ km} < d < 100 \text{ km} \end{cases} \quad (3.6)$$

Simbol :

- $H_m = \min(h_1, h_2)$
- $H_b = \max(h_1, h_2)$

3.3 interference Received Signal Strength (iRSS)

Pada skenario interferensi, iRSS merupakan sinyal interferensi yang diterima victim receiver dari beberapa transmitter penginterferensi. iRSS dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai

berikut^[15]:

$$emission_{IT}(f_{it} - f_{vr}) = unwanted_{rel} + P_{it}^{output} \quad (3.7)$$

Dimana jumlah interferensi N sinyal ($unwanted_{rel}$) diperoleh dari:

$$unwanted_{rel} = 10 \log \left\{ \frac{10}{in10} \sum_{i=0}^{N-1} \frac{(P_{i+1}^{linier} - P_i^{linier})(\Delta f_{i+1} - \Delta f_i)}{P_{i+1}^{dbc} - P_i^{dbc}} \right\} \quad (3.8)$$

Keterangan :

P_{i+1}^{linier} = Daya linier yang dihasilkan transmitter pengganggu i+1

P_i^{linier} = Daya linier yang dihasilkan transmitter pengganggu ke i

P_{it}^{output} = Power transmitter antenna pengganggu

P_{i+1}^{dbc} = Emisi mask yang dinormalisasi (dBc/MHz)

Δf_{i+1} = Selisih frekuensi victim receiver dengan interfering transmitter ditambah $\frac{1}{2}$ kali bandwidth victim receiver

Δf_i = Selisih frekuensi victim receiver dengan interfering transmitter dikurang $\frac{1}{2}$ kali bandwidth victim receiver

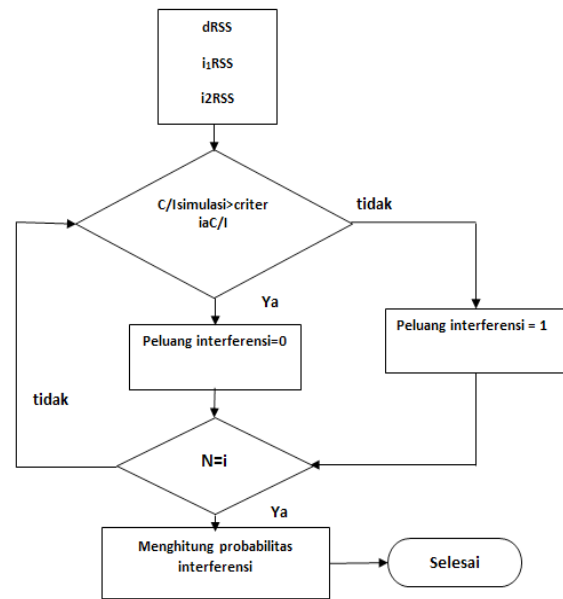
3.4 Menghitung Probabilitas Interferensi

Interferensi calculation engine (ICE) akan melakukan perhitungan interferensi berdasarkan data dRSS dan iRSS yang diperoleh. Probabilitas terjadinya interferensi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut[14]:

$$P_D = P \left(\frac{dRSS}{iRSS_{composite}} > \frac{C}{I} \mid dRSS > sens_{vr} \right) \quad (3.9)$$

Dimana :

$iRSS_{composite}$ merupakan jumlah dari semua sinyal yang menginterferensi receiver.



Gambar 9 Diagram Alir Menghitung Interferensi^[9]

Pada gambar 10 dapat dilihat alur simulasi yang dilakukan untuk perhitungan probabilitas interferensi. Data array iRSS dan dRSS ditentukan apakah perbandingan dRSS dengan $iRSS_{composite}$ nya masih lebih besar dibandingkan dengan kriteria C/I yang telah ditetapkan. Jika hasilnya lebih besar maka ditetapkan besarnya 0 karena tidak terjadi interferensi, tapi jika sebaliknya maka ditetapkan besarnya 1 karena terjadi interferensi.

Untuk melihat interferensi yang terjadi antara LTE terhadap *Wi-fi* 802.11 b/g maka dikumpulkan data mengenai hubungan antar jarak daerah cakupan dan LTE terhadap nilai *carrier to interferensi (C/I)* *wi-fi* 802.11 b/g. dengan persamaan berikut kita dapat menghitung besarnya nilai (C/I)^[14]:

$$\frac{C}{I} \text{ (dB)} = 10 \times \log \left(\frac{10^{dRSS/10}}{10^{iRSS_{composite}/10}} \right) \quad (3.10)$$

4 SIMULASI DAN ANALISA HASIL

4.1 Parameter Simulasi

Nilai kedua tabel parameter dimasukkan dalam simulasi kemudian di jalankan dan skenario perubahan jarak antar WT-VR serta IT-VR dijadikan variabel yang diubah untuk mendapatkan hasil jarak maksimal WT-VR dan jarak minimal IT-VR yang mengganggu penerima WLAN 802.11 b/g (VR).

Tabel 8 Victim Sistem Link (Sistem yang Terganggu) ^[17]

Wanted Transmitter (Access Point)	
Frekuensi	2400 MHz
Tinggi Antena	3 meter
Daya Tx	17 dBm
Kecepatan akses	54 Mbps (20-40 MHz) IEEE 802.11 b/g
Gain Antena	5 dBi (Omnidirectional)
Victim Receiver (User WLAN)	
Tinggi Antena	1 meter
Gain Antena	0 dBi
Sensitivitas Penerima	-82 dBm
Bandwidth	10 MHz (IEEE 802.11 b/g)
C/I objective	10 dB
Radius Jangkauan	45 meter
Fading standar deviasi ^[19]	12 dB
Availibility	60%
Variabel jarak WT-VR	10 meter, 15 meter, 20 meter, 25 meter dan 30 meter

Tabel 9 Interfering Sistem Link (Sistem Pengganggu) ^[10]

Interfering Transmitter (Enode B)	
Frekuensi	2395 MHz
Tinggi Antena	30 meter (Urban/Suburban)
Daya Tx	46 dBm (untuk 10,15 dan 20 MHz)
Gain antena	15 dBi
Masking	-10 dBm / MHz
Noise Figure	5 dB
Wanted Receiver (User Equipment)	
Tinggi Antena	1 meter
Gain Antena	0 dBi
Sensitivitas	-94 dBm
Bandwidth	10 MHz
Noise figure	9 dB
Variabel jarak IT-VR	50 meter, 200 meter, 600 meter, 700 meter, 800 meter dan 1000 meter

4.2 Hasil Simulasi dan Analisis

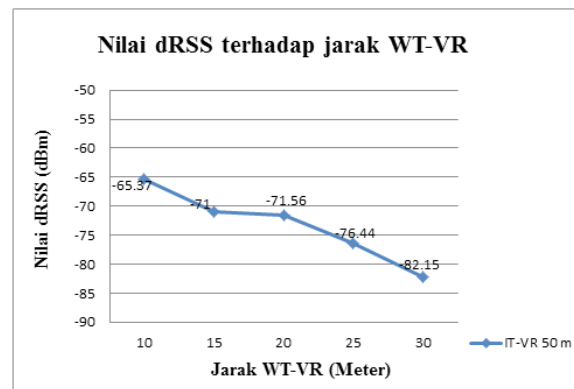
Perubahan jarak WT-VR dan IT-VR yang dimasukkan dalam simulasi menghasilkan data yang dirangkum dalam sub bab berikut:

dRSS pada WLAN 802.11 b/g

Perubahan jarak WT-VR bervariasi dari 10 m, 15 m, 20 m, 25 m dan 30 m dan jarak IT-VR mulai dari 50 m, 200 m, 600 m, 700 m, 800 m dan 1 km memberikan data dRSS yang termuat dalam tabel 10.

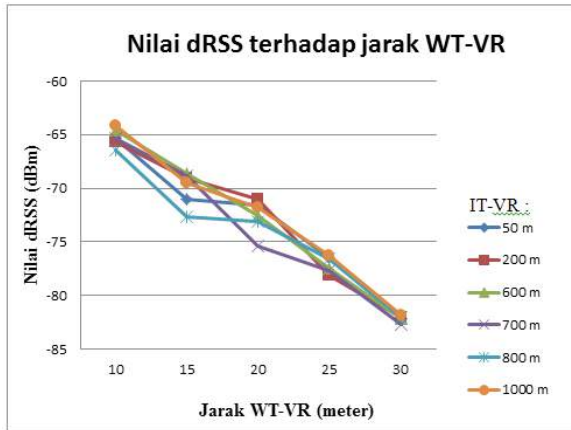
WT-VR (m)	IT-VR (dBm)					
	dRSS 50 m	dRSS 200 m	dRSS 600 m	dRSS 700 m	dRSS 800 m	dRSS 1 km
10 m	-65.37	-65.66	-64.62	-65.38	-66.44	-64.13
15 m	-71	-69.1	-68.62	-68.82	-72.64	-69.45
20 m	-71.56	-71.06	-72.52	-75.4	-73.12	-71.81
25 m	-76.44	-78.08	-77.5	-77.64	-76.63	-76.28
30 m	-82.15	-82.08	-82.17	-82.76	-82.01	-81.84

Dari tabel 10 dapat dibuat grafik yang menunjukkan pola hubungan jarak WT-VR dan IT-VR terhadap perubahan nilai dRSS. Pada WT-VR dengan jarak 10 meter besarnya nilai dRSS adalah -65.37 dBm, sedangkan pada jarak 30 meter nilai dRSS -82.15 dBm, untuk jarak *interfering transmitter* (pengirim LTE) ke *victim receiver* (penerima *wifi* 802.11 b/g) yang sama yaitu 50 meter. Penurunan nilai dRSS ini dipengaruhi oleh faktor jarak antara *wanted transmitter* ke *victim receiver*, hal ini dapat dilihat pada gambar 4.1 bahwa semakin jauh jarak WT-VR maka semakin kecil nilai dRSS yang diperoleh penerima *wifi* 802.11 b/g.



Gambar 10 Nilai dRSS terhadap jarak IT-VR 50 meter

Hubungan keseluruhan antara jarak WT-VR, IT-VR dan dRSS yang diterima oleh *wifi* 802.11 b/g dapat dilihat pada gambar 11 dibawah ini.



Gambar 11 Nilai dRSS keseluruhan terhadap jarak WT-VR

Pada gambar 11 dapat dilihat bahwa semakin jauh jarak WT-VR maka semakin kecil nilai dRSS, bahkan pada WT-VR 30 meter dan IT-VR 50 m, 200 m, 600 m, 700 m dan 800 m didapatkan nilai dRSS yang lebih kecil dari nilai sensitivitas penerima WLAN 802.11 b/g. Hanya pada WT-VR 30 meter dan IT-VR 1 km saja yang memiliki sensitivitas lebih dari standar yang ditetapkan. Sementara pada WT-VR 10 – 25 meter tidak ada nilai dRSS yang dibawah sensitivitas penerima.

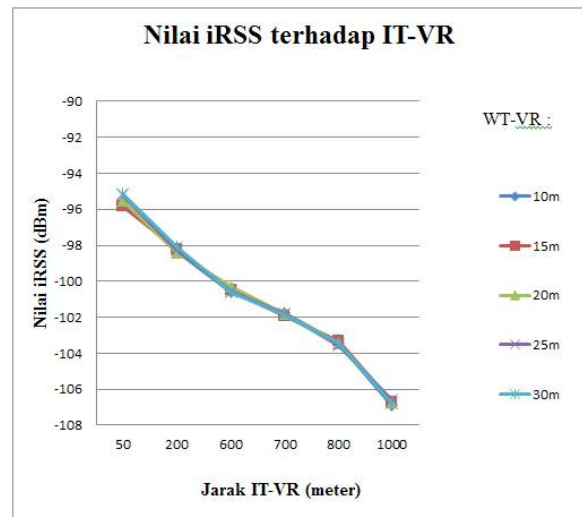
iRSS pada WLAN 802.11 b/g

Untuk mengetahui besarnya nilai interferensi (iRSS) pada perangkat LTE terhadap *wifi* 802.11 b/g dapat dilihat pada tabel 11.

WT-VR (m)	IT-VR (dBm)					
	iRSS 50 m	iRSS 200 m	iRSS 600 m	iRSS 700 m	iRSS 800 m	iRSS 1 km
10 m	-95.55	-98.35	-100.61	-101.77	-103.46	-106.89
15 m	-95.82	-98.22	-100.48	-101.96	-103.34	-106.7
20 m	-95.5	-98.42	-100.29	-101.79	-103.47	-106.71
25 m	-95.22	-98.31	-100.54	-101.67	-103.55	-106.62
30 m	-95.16	-98.08	-100.62	-101.84	-103.45	-106.79

Pengaruh faktor jarak IT-VR terhadap besarnya iRSS dapat terlihat pada table 11, bahwa pada jarak IT-VR yang semakin jauh maka nilai iRSS nya akan semakin kecil untuk jarak WT-VR yang sama. Pada tabel 4.4 dapat dilihat juga 10 m, 15 m, 20 m, 25 m dan 30 m tidak memberikan pengaruh pada nilai iRSS, sejauh jarak IT-VR tetap. Berarti potensi kemungkinan terjadinya interferensi pada jarak WT-VR 10 meter dan IT-VR 50 meter akan besar.

Untuk melihat hubungan jarak WT-VR terhadap IT-VR dengan nilai iRSS dapat dilihat pada gambar 4.3.dari gambar terlihat nilai iRSS terjadi penurunan yang signifikan seiring bertambahnya jarak IT-VR.



Gambar 12 Nilai iRSS terhadap jarak IT-VR

Dari grafik diatas dapat dilihat pola hubungan iRSS, bahwa daya sinyal iRSS dapat bertambah dan berkurang di akibatkan oleh pengaruh faktor jarak jauh dan dekatnya penginterferensi (IT-VR). Hubungan yang akan bertambah jika jarak IT-VR nya mendekati.

Pengaruh interferensi LTE terhadap *wifi* 802.11 b/g ditunjukkan oleh pengaruh jarak antara transmitter LTE terhadap *wifi* 802.11 b/g terhadap carrier to interference ratio (C/I).

Hasil Perhitungan C/I

Untuk mengetahui besarnya nilai *carrier to interference ratio* (C/I) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.10. Salah satu contoh besarnya nilai perhitungan nilai C/I dari nilai dRSS dan iRSS yang dihasilkan sebagai berikut :

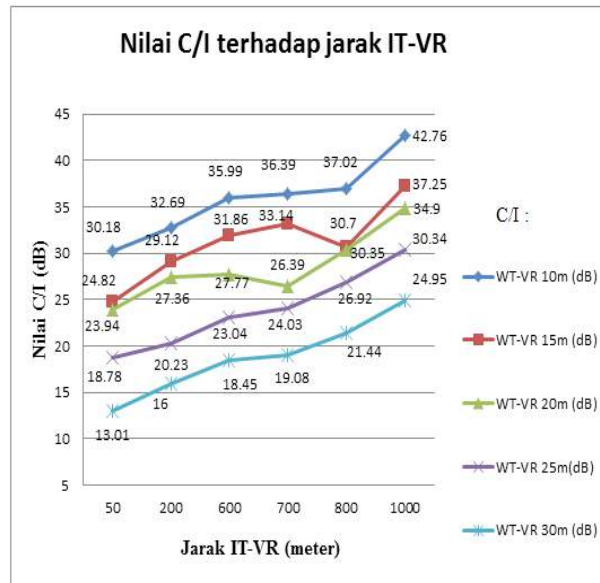
$$\frac{C}{I} \text{ (dB)} = 10 \times \log \left(\frac{10^{-65.37/10}}{10^{-95.55/10}} \right) = 30.18 \text{ dB}$$

Hasil lebih lanjut dijelaskan pada tabel 12 dan untuk grafiknya dapat dilihat pada gambar 13. pada tabel 12 dapat dilihat bahwa nilai C/I diperoleh dari kondisi WT-VR 10 m, 15 m, 20 m, 25 m dan 30 m terhadap jarak minimum IT-VR 50 meter sebesar 30.18 dB, 24.82 dB, 23.94 dB, 18.78 dB dan 13.01 dB. Sedangkan ketika jarak IT-VR maksimum 1 km nilai C/I yang dihasilkan sebesar 42.76 dB, 37.25 dB, 34,9 dB, 30.34 dB dan 24.95 dB. Faktor ini dikarenakan nilai pada IT-VR 50 meter memiliki nilai iRSS yang besar sedangkan nilai iRSS pada IT-VR 1 km memiliki nilai iRSS kecil. Dapat dilihat pada tabel 12.

IT-VR (m)	Nilai C/I terhadap jarak WT-VR				
	C/I 10m (dB)	C/I 15m (dB)	C/I 20m (dB)	C/I 25m (dB)	C/I 30m (dB)
50	30.18	24.82	23.94	18.78	13.01
200	32.69	29.12	27.36	20.23	16
600	35.99	31.86	27.77	23.04	18.45
700	36.39	33.14	26.39	24.03	19.08
800	37.02	30.7	30.35	26.92	21.44
1000	42.76	37.25	34.9	30.34	24.95

Pada table 12 terlihat bahwa nilai C/I tertinggi berada pada WT-VR saat jarak 10 meter dan jarak IT-VR 1 km yaitu sebesar 42.76 dB sedangkan C/I terendah pada saat jarak WT-VR 30 meter dan jarak IT-VR 50 meter. Hal Ini terlihat bahwa semakin dekat jarak penginterferensi (IT-VR) terhadap jarak WT-VR maka dapat mengakibatkan penurunan nilai C/I, dengan kata lain interferensi dapat saja terjadi apabila nilai C/I simulasi lebih

kecil dibandingkan nilai C/I yang ditetapkan pada tabel 8.



Gambar 13 Nilai C/I terhadap jarak IT-VR

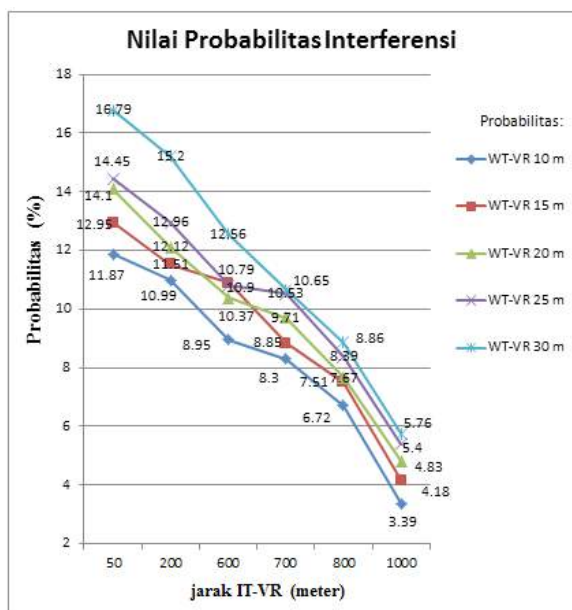
Pada gambar 13 pola grafik C/I menurun secara signifikan seiring dengan bertambahnya jarak WT-VR dan berkurangnya jarak IT-VR. Dari hasil akhir penelitian ini didapatkan dimana nilai C/I simulasi masih lebih besar dari nilai C/I yang ditetapkan. Kemungkinan terjadinya interferensi ada pada nilai C/I yang paling kecil, karena hal ini menunjukkan bahwa nilai iRSS nya paling besar sementara nilai dRSS nya paling kecil. Dari kurva diatas, hanya kurva biru yang menunjukkan nilai dRSS nya yang kecil dan nilai iRSS nya yang besar, dimana kondisi ini terjadi pada saat WT – VR berjarak paling jauh 30 m.

Hasil Simulasi Probabilitas Interferensi

Untuk melihat nilai probabilitas interferensi dari jarak IT-VR dan WT-VR dapat dilihat pada tabel 13.

IT-VR (m)	Nilai Probabilitas Interferensi				
	Prob. 10m (%)	Prob. 15m (%)	Prob. 20 m (%)	Prob. 25 m(%)	Prob. 30 m (%)
50	11.87	12.95	14.1	14.45	16.79
200	10.99	11.51	12.12	12.96	15.2
600	8.95	10.9	10.37	10.79	12.56
700	8.3	8.85	9.71	10.53	10.65
800	6.72	7.51	7.67	8.39	8.86
1000	3.39	4.18	4.83	5.4	5.76

Pada tabel 13 terlihat bahwa nilai tertinggi probabilitas interferensi terdapat pada jarak WT-VR 30 meter dan IT-VR 50 meter sebesar 16.79% sedangkan nilai terendah probabilitas interferensi pada jarak WT-VR 10 meter dan IT-VR 1 km sebesar 3.39%. Ini menandakan semakin tinggi nilai probabilitas interferensinya maka semakin besar resiko terjadinya interferensi.



Gambar 14 Nilai Probabilitas Interferensi

Pada gambar 14 terlihat jarak IT-VR 50 meter pada kurva grafik probabilitas interferensi meningkat seiring dengan WT-VR di jauhkan dan ketika jarak IT-VR di jauhkan nilai probabilitas interferensi yang dihasilkan menurun. Ini disebabkan karena faktor jarak IT-VR menentukan jarak terjadinya interferensi.

KEPUSTAKAAN

- [1]. Suyuti, Saidah. 2011. *Studi Perkembangan Teknologi 4G –LTE dan WIMAX di Indonesia*. Jurnal Ilmiah UNHAS Vol 09/No.02/Mei-Agustus/2011
- [2]. ETSI TS 136 101 V10.3.0 (2011-06) *LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception* (3GPP TS 36.101 version 10.2.0 Release 10)
- [3]. Hartono. Rudi dkk. 2011. *Wireless Network 802.11.D3 TI FMIPA UNS*
- [4]. Wang. Weiwei dkk. "In-device Coexistence Interference Evaluation and Detection in LTE-A System". Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2012 IEEE 75th
- [5]. Jiwei He, dkk. "Coexistence Studies For Indoor Distribution System Of Td-Lte With Wlan System". Cloud Computing and Intelligent system (CCIS), 2012 IEEE 2nd international Conference on. DOI: 10.1109/CCIS.2012.6664307
- [6]. S.Siburian(2011). <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/29936/4/Chapter%20II.pdf> [21 pebruari 2015]
- [7]. Rohde dan schwarz <http://www2.rohdeschwarz.com/product/AMUK59.html> [21 pebruari 2015]
- [8]. Miriam Bank, M. Bank, M. Haridim, B. Hill "OFDMA in high-speed mobile system, pilots and simulation problem Int'l. J. Of Communications, 1(4), 2007 (173-179)". (<http://en.wikipedia.org/wiki/OFDMA> akses tanggal 21 Pebruari 2015).
- [9]. Cahyasiwi, Dwi Astuti. *Interferensi Agregat UWB Terhadap WLAN 802.11a*, Jakarta : Tesis, Universitas Indonesia. 2008.
- [10]. International journal of Advanced Science and Technology. "Study on Coexistence between Long Term Evolution and Digital Broadcasting services". Vol. 38. Januari. 2012

- [11]. ETSI TS 136 101 V10.3.0 (2011-06) *LTE; Evolved universal terrestrial radio access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception* (3GPP TS 36.101 version 10.2.0 release 10).
- [12]. Noviyanto. halaman 1, *wireless local area network (WLAN)*, jaringan komputer, pertemuan 11
- [13]. Irwan, Hadi. *Analisis Interferensi Tunggal WLAN 802.11a Terhadap Ultra Wide Band (UWB)*. Jakarta : Skripsi, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA. 2011
- [14]. SEAMCAT Handbook. *European Communication Office*. Copenhagen, Denmark, Januari. 2010.
- [15]. On-line manual, www.seamcat.org
- [16]. Information document for SEAMCAT-3 Wiki Help database SEAMCAT implementation of Extended Hata and Extended Hata-SRD models. *Hata-and-Hata-SRD-implementation_v3.pdf*
- [17]. ECC report 201 “*Compatibility Study between MBANS operating in the 2400-2483.5MHz and 2483.5-2500 MHz bands and other systems in the same bands or in adjacent bands*”.sept 2013. Hal-18
- [18]. 3GPP TR 25.951 V8.0.0 (2008-12) “*3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; FDD Base Station (BS) classification*” (Release 8).
- [19]. ETSI TR 101 112 V3.2.0 (1998-04), Title: *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS)*;

Rancang Bangun Antena V-Double Dipole pada Frekuensi Kerja LTE (Long Term Evolution) 710 Mhz

Canty Subastari¹⁾, Arjoni Amir²⁾ & Dwi Astuti Cahyasiwi³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

Jl. Tanah Merdeka no.6 Kampung Rambutan Ciracas Jakarta Timur DKI Jakarta 13830

Telp.(021) 87782739, Fax. (021) 87782739

cantysubastari@gmail.com

Abstrak

Antena dipole merupakan antena yang dapat dikembangkan dalam berbagai aplikasi. Salah satunya pada aplikasi 4G LTE (Long Term Evolution) yang memiliki kawasan frekuensi kerja di 710 Mhz. Antena dipole ini dibuat menggunakan kawat tembaga dan dipotong sesuai ukuran agar dapat beresonansi pada frekuensi kerja yang diinginkan. Perancangan antena dipole ini memiliki tujuan untuk mendapatkan nilai Return Loss ≤ 10 dB dan nilai VSWR ≤ 2 dengan Bandwidth 12 Mhz. Hasil simulasi antena V-Double Dipole menunjukkan dalam frekuensi kerja antara 700 Mhz – 720 Mhz antena ini memiliki nilai Return Loss -13,07 dB dengan Nilai VSWR 1,575 Sedangkan pada Frekuensi resonansi 710 Mhz mendapatkan nilai VSWR sebesar 1,04 . Sementara pada hasil pengukuran antena prototype menunjukkan dalam frekuensi kerja antara 685 Mhz – 718,5 Mhz, antena ini memiliki nilai Return Loss -13.19 dB dengan VSWR 1.53 dan pada frekuensi yang diinginkan 710 Mhz memiliki nilai VSWR 1,32 .

Kata Kunci : Antena Dipole, LTE 710 Mhz, VSWR, Return Loss

1 PENDAHULUAN

Antena adalah salah satu komponen yang dikembangkan dalam sistem komunikasi. Antena merupakan daerah transisi antara saluran transmisi dan ruang bebas, sehingga antena berfungsi sebagai pemancar atau penerima gelombang elektromagnetik.

Dimana pada sisi penerima antena akan menerima gelombang elektromagnetik dan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat diproduksi oleh radio penerima. Sedangkan pada sisi pemancar antena mengubah energi Radio Frequency (RF) menjadi medan elektromagnetik yang akan dipancarkan ke udara [1].

Teknologi komunikasi nirkabel yang berkembang serta kebutuhan komunikasi yang semakin luas sehingga menjadikan bertambahnya

popularitas sistem nirkabel pengembangan antena. Pada kesempatan ini perancangan melakukan perkembangan Tugas Akhir dari saudara Muhammad Fahrul Zein yaitu “Rancang Bangun Antena V Dipole pada Frekuensi 144,2 MHz”. Dimana untuk perkembangannya dibuat menjadi V-Double Dipole pada frekuensi 710 Mhz untuk aplikasi teknologi 4G LTE (Long Term Evolution).

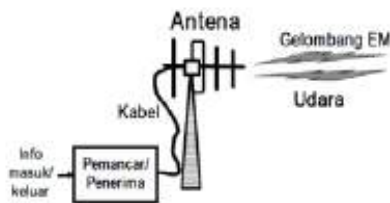
Perancangan ini menggunakan software Mmana-Gal Basic V.3.0.0.31 . Dimana pada perancangan antena, sudut yang diteliti dalam simulasi yaitu 30° , 45° dan 60° 30° , 45° dan 60° . Kemudian melakukan fabrikasi pada sudut yang memiliki nilai VSWR terendah dari hasil simulasi untuk mendapatkan hasil pengukuran VSWR ≤ 2 , Return Loss ≤ 10 dan Bandwidth 12Mhz pada antena prototype.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Dasar Teori

Antena merupakan salah satu komponen yang mempunyai peranan sangat penting dalam sistem komunikasi. Antena adalah daerah transisi antara saluran transmisi dan ruang bebas, sehingga antena berfungsi sebagai pemancar atau penerima gelombang elektromagnetik [2].

Dimana pada sisi penerima akan menerima gelombang elektromagnetik dan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat di produksi oleh radio penerima. Sedangkan pada sisi pemancar antena mengubah energi *Radio Frequency* (RF) menjadi medan elektromagnetik yang akan dipancarkan ke udara [1].



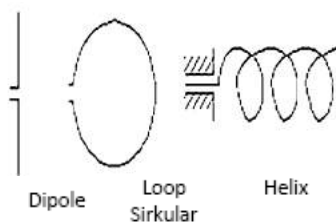
Gambar 1 Antena sebagai pengirim dan penerima gelombang elektromagnetik

2.2 Jenis-Jenis Antena

Pada umumnya tipe antena berdasarkan bentuk dan bahannya yang biasa digunakan terbagi menjadi 6 (enam) yaitu:

2.2.1 Antena Kawat (*Wire Antenna*)

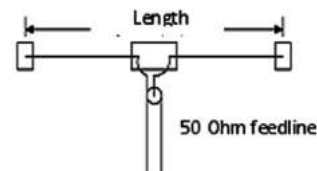
Antena kawat merupakan jenis antena yang paling populer karena sering dilihat sehari-hari – pada kendaraan mobil, gedung, kapal-kapal, pesawat terbang, spacecraft, telepon, TV, dll. Bentuk antena kawat bermacam-macam: linier (dipole, monopole, Loop Circular dan helix) [2].



Gambar 2 Jenis Antena Wire

a. Antena Dipole

Antena dipole adalah sebuah antena yang dibuat dari kawat tembaga dan dipotong sesuai ukuran agar beresonansi pada frekuensi kerja yang diinginkan. Agar dapat beresonansi, maka panjang total sebuah Dipole (L) adalah $L = 0,5 \lambda \times K$ [6].



Gambar 3 Bentuk antena dipole

Dimana:

- λ adalah panjang gelombang diudara dan
- K adalah *velocity factor* pada kawat tembaga.

Rumus yang digunakan untuk menghitung total panjang antena dipole adalah :

$$\lambda = 300 / f \quad (2-1)$$

$$L = 0,5 \times K \times \lambda$$

Dimana:

- λ adalah panjang gelombang diudara
- f adalah frekuensi kerja yang diinginkan
- L adalah panjang total antena dipole
- K adalah *velocity factor* yang diambil sebesar 0,95

b. Karakteristik Antena Dipole

Antena ini disebut dipole dikarenakan *outer* dari *coaxial* tidak di *ground* dan disambung dengan logam lagi ini yang menjadikan antena dengan dua pole. Antena dipole ini memiliki panjang yang lebih pendek dari panjang gelombangnya. Antena dipole sebenarnya merupakan sebuah antena yang dibuat dari kawat tembaga dan dipotong sesuai ukuran agar beresonansi pada frekuensi kerja yang diinginkan [6].

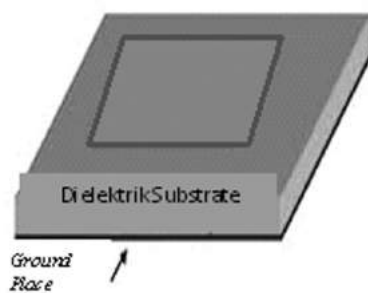
2.2.2 Antena Aperture (*Aperture Antenna*)

Antena aperture ini merupakan jenis antena yang banyak digunakan pada frekuensi tinggi. Tipe ini sangat berguna untuk aplikasi pada pesawat

terbang dan kendaraan angkasa. Biasanya terdapat pada aircraft dan spacecraft karena kemudahannya dalam pemasangannya. Contoh antena aperture antara lain antena parabola, pyramidal horn, conical horn.

2.2.3 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip adalah suatu konduktor metal yang menempel diatas *ground plane* yang diantaranya terdapat bahan dielektrik. Antena mikrostrip merupakan antena yang memiliki massa ringan, dengan sifatnya yang nonformal sehingga dapat ditempatkan pada hampir semua jenis permukaan dan ukurannya kecil dibandingkan dengan antena jenis lain, karena sifat yang dimilikinya, antena mikrostrip sangat sesuai dengan kebutuhan saat ini [7].



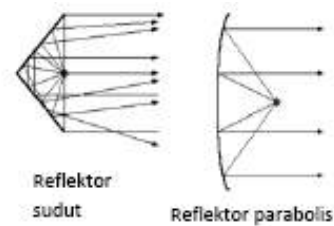
Gambar 4 Antena Mikrostrip

2.2.4 Antena Susun (*Array Antenna*)

Antena array adalah antena yang dibentuk dari beberapa elemen yang tersusun secara array dengan tujuan untuk menaikkan *gain* dan memperoleh pola radiasi tertentu. Contoh antena susun (*array antenna*) adalah Yagi – Uda Array.

2.2.5 Antena Reflektor (*Reflektor Antenna*)

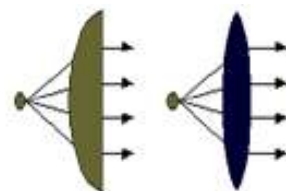
Antena reflektor merupakan antena yang cocok digunakan untuk eksplorasi angkasa luar karena *gain* yang besar sebanding dengan dimensinya. Bentuk reflektor dapat berupa bidang datar, sudut, dan parabola.



Gambar 5 Antena Reflektor

2.2.6 Antena Lensa (*Lens Antenna*)

Lensa digunakan terutama untuk mengkolimasi energi elektromagnetik agar tidak tersebar ke arah yang tidak diinginkan. Antena lensa diklasifikasikan berdasarkan bahan konstruksi, atau berdasarkan bentuk geometris.



Gambar 6 Antena Lensa

2.3 Parameter Antena

Kinerja dan daya guna suatu antena dapat dilihat dari nilai parameter-parameter antena tersebut. Berikut beberapa parameter yang saling berhubungan satu sama lain.

2.3.1 Impedansi Masukan

Impedansi Masukan didefinisikan sebagai impedansi sebuah antena pada terminal masukan, sebagai perbandingan antara besarnya tegangan terhadap arusnya [8]. impedansi dari sebuah antena dirumuskan:

$$Z_{in} = R_{in} + jX_{in} \quad (2-2)$$

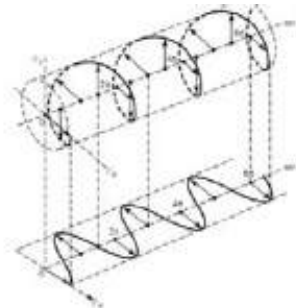
Dengan Z_{in} adalah impedansi antena R_{in} adalah resistansi antena dan X_{in} reaktansi antena.

2.3.2 Polarisasi

Polarisasi antenna adalah gelombang elektromagnetik yang di transmisikan oleh antenna. Untuk antenna dipole maka polarisasinya searah dengan panjang bentangnya, bila antenna tersebut dipasang secara horizontal maka polarisasinya horizontal pula. Tetapi, apabila dipasang secara vertikal maka polarisasinya vertikal. Polarisasi dapat di klarifikasikan sebagai linier (*linear*), melingkar (*circular*), atau elips (*elliptical*) [8].

a. Polarisasi Linier

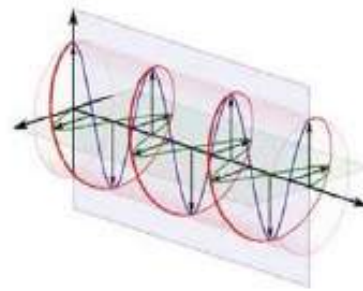
Polarisasi linier terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik di ruang memiliki vektor medan elektrik (magnet) pada titik tersebut selalu berorientasi pada garis lurus yang sama pada setiap waktu.



Gambar 7 Polarisasi Linear

b. Polarisasi Melingkar

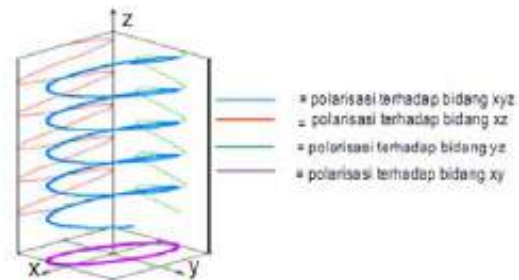
Polarisasi melingkar terjadi jika suatu gelombang yang berubah menurut waktu pada suatu titik memiliki vektor medan elektrik (magnet) pada titik tersebut berada pada jalur lingkaran sebagai fungsi waktu. Polarisasi melingkar bagi menjadi dua, yaitu *Left Hand Circular Polarization* (LHCP) dan *Right Hand Circular Polarization* (RHCP).



Gambar 8 Polarisasi Melingkar

c. Polarisasi Elips

Polarisasi elips terjadi ketika gelombang yang berubah menurut waktu memiliki vektor medan (elektrik atau magnet) berada pada jalur kedudukan elips pada ruang.



Gambar 9 Polarisasi Elips

2.3.3 Keterarahan (*Directivity*) dan Penguatan (*Gain*)

Keterarahan (*Directivity*) antenna ditentukan oleh bentuk dan ukurannya, sebagian besar keterarahan dari antenna mempunyai arah yang khusus tergantung dari *gain* antenna yang dipancarkan [9]. *Gain* merupakan besaran nilai yang menunjukkan adanya penambahan tingkat sinyal dari sinyal masukan menjadi sinyal keluaran. *Gain* bergantung pada keterarahan efisiensi.

2.3.4 Pola Radiasi

Pola Radiasi sebuah antenna didefinisikan sebagai fungsi matematik atau sebuah representasi

grafik dari radiasi antena sebagai sebuah fungsi dari koordinat ruang [8].

2.3.5 Return Loss

Return loss adalah perbandingan antara *amplitudo* dari gelombang yang direfleksikan terhadap *amplitudo* gelombang yang dikirimkan. *Return loss* dapat terjadi karena adanya diskontinuitas di antara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena) [8]. Besarnya *return loss* bervariasi tergantung pada frekuensi seperti yang ditunjukkan oleh rumus dibawah ini.

$$\text{Return Loss} = 20 \log |\Gamma| \quad (2-3)$$

2.3.6 Lebar Pita (*Bandwidth*)

Bandwidth dari sebuah antena didefinisikan sebagai jarak dari frekuensi-frekuensi dimana karakteristik dari antena sesuai dengan standar yang ditetapkan. *Bandwidth* dinyatakan sebagai perbandingan antara frekuensi atas dan frekuensi bawah dalam level yang dapat diterima.

2.3.7 VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*)

VSWR adalah perbandingan antara *amplitudo* gelombang berdiri (*standing wave*) maksimum ($|V|_{\max}$) dengan minimum ($|V|_{\min}$). Perbandingan antara tegangan yang direfleksikan dengan tegangan yang dikirimkan disebut sebagai koefisien refleksi tegangan (Γ) [8].

$$|\Gamma| = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \quad (2-4)$$

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2-5)$$

Kondisi yang paling baik adalah ketika VSWR bernilai (VSWR=1) yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dalam keadaan matching sempurna.

2.4 LTE (*Long Term Evolution*)

LTE adalah sebuah standar komunikasi akses data *nirkabel* tingkat tinggi yang berbasis pada jaringan GSM/EDGE dan UMTS/HSDPA. Menurut standar, LTE memberikan kecepatan *uplink* hingga 50 megabit per detik (Mbps) dan kecepatan *downlink* hingga 100 Mbps dengan *bandwidth* mencapai 20 Mhz. Tidak diragukan lagi, LTE akan membawa banyak manfaat bagi jaringan selular. Perkembangan telekomunikasi menurut standar 3GPP terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10 Evolusi 3GPP^[7]

2.4.1 Operasi Band LTE E-UTRA

E-UTRA (*Evolved Universal Terrestrial Radio Access*) LTE mendefinisikan band 17 beroperasi pada arah *uplink* dan *downlink* menggunakan teknik *access FDD* (*frekuensi division duplex*) dengan frekuensi 704-716 Mhz terlihat pada tabel 1 [11].

Tabel 1 Operasi Band E-UTRA

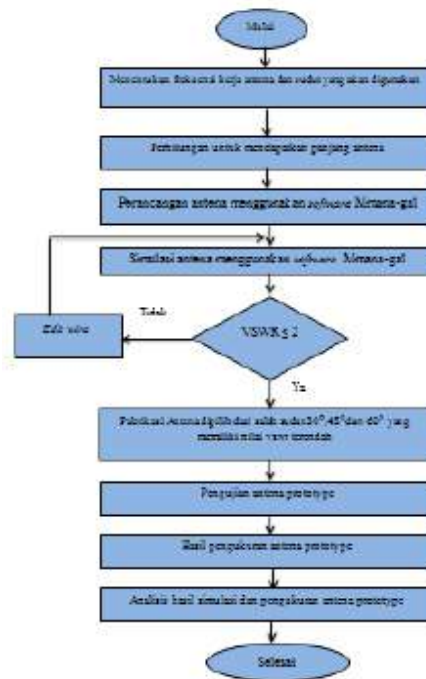
E-UTRA Operating Band	Uplink (UL) operating band BS receive UE transmit	Downlink (DL) operating band BS receive UE transmit	Duplex Mode
	$F_{ULlow} - F_{ULhigh}$	$F_{DLlow} - F_{DLhigh}$	
1	1920 MHz - 1980 MHz	2010 MHz - 2025 MHz	FDD
2	1850 MHz - 1910 MHz	1930 MHz - 1990 MHz	FDD
3	1710 MHz - 1785 MHz	1805 MHz - 1880 MHz	FDD
4	1710 MHz - 1755 MHz	2110 MHz - 2155 MHz	FDD
5	824 MHz - 849 MHz	869 MHz - 894 MHz	FDD
6	830 MHz - 840 MHz	875 MHz - 885 MHz	FDD
7	2500 MHz - 2570 MHz	2620 MHz - 2690 MHz	FDD
8	880 MHz - 915 MHz	925 MHz - 960 MHz	FDD
9	1749.9 MHz - 1784.9 MHz	1844.9 MHz - 1879.9 MHz	FDD
10	1710 MHz - 1770 MHz	2110 MHz - 2170 MHz	FDD
11	1427.9 MHz - 1447.9 MHz	1475.9 MHz - 1495.9 MHz	FDD
12	698 MHz - 716 MHz	728 MHz - 746 MHz	FDD
13	777 MHz - 787 MHz	746 MHz - 758 MHz	FDD
14	788 MHz - 798 MHz	758 MHz - 768 MHz	FDD
17	704 MHz - 716 MHz	734 MHz - 746 MHz	FDD
33	1900 MHz - 1920 MHz	1900 MHz - 1920 MHz	TDD
34	2010 MHz - 2025 MHz	2010 MHz - 2025 MHz	TDD
35	1850 MHz - 1910 MHz	1850 MHz - 1910 MHz	TDD
36	1930 MHz - 1990 MHz	1930 MHz - 1990 MHz	TDD
37	1910 MHz - 1930 MHz	1910 MHz - 1930 MHz	TDD
38	2570 MHz - 2620 MHz	2570 MHz - 2620 MHz	TDD
39	1880 MHz - 1920 MHz	1880 MHz - 1920 MHz	TDD
40	2300 MHz - 2400 MHz	2300 MHz - 2400 MHz	TDD

3 PERANCANAN PEMBUATAN ANTENA

3.1 Perancangan Antena

Antena dipole ini akan dirancang sebagai pemancar yang berfungsi sebagai media transmisi gelombang radio yang akan bekerja pada frekuensi 710 Mhz yang akan digunakan untuk aplikasi 4G LTE (*Long Term Evolution*) dan jadi bahan pembelajaran di Laboratorium Teknik UHAMKA. Adapun simulasi yang akan dilakukan menggunakan perangkat lunak yaitu *MMANA-GAL Basic V.3.0.0.31*.

Berikut adalah tahapan yang diperlukan untuk mensimulasikan dan membubrikasi antena V-Double Dipole.



Gambar 11 Diagram alir perancangan antenna dipole

Pada perancangan antena V-Double dipole ini frekuensi kerja yang dipakai yaitu 710 Mhz maka dapat kita ketahui nilai panjang gelombang antena tersebut dengan perhitungan:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$= \frac{3 \times 10^8}{710 \times 10^6}$$

$$= 0,4225 \text{ m}$$

Setelah kita mendapatkan nilai panjang gelombang dari perhitungan di atas diketahui $\lambda = 0,4225 \text{ m}$, sehingga untuk rancangan antenna dipole dibuat dari panjang gelombang 1λ yang dibentuk menjadi V-Double dipole yang memiliki bentuk antenna V yang masing-masing sisi nya memiliki $\frac{1}{4} \lambda$. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

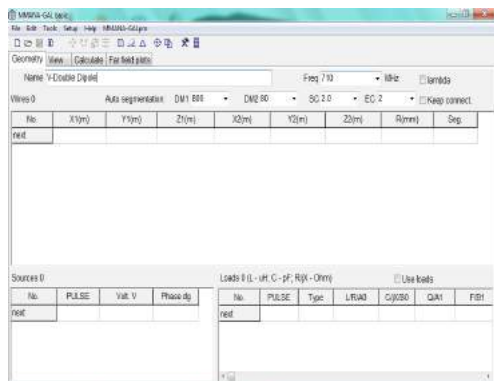
- $\lambda = 0,4225 \text{ m}$
- $\frac{1}{4} \lambda = \frac{1}{4} (0,4225)$
 $= 0,105625 \text{ m}$

Sehingga hasil yang didapat dari $\frac{1}{4} \lambda$ yaitu $0,105625 \text{ m}$ untuk masing-masing panjang kawat antenna.

3.2 Proses Simulasi Antena V-Double Dipole menggunakan Perangkat Lunak MMANAGAL Basic V.3.0.0.31

1. Tahap Pertama

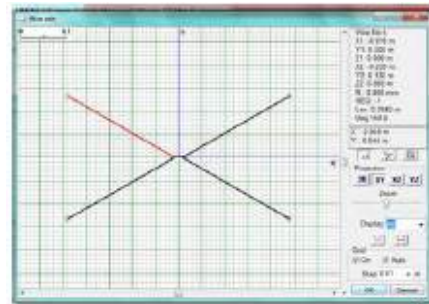
Pada tahapan ini pertama-tama kita memasukkan frekuensi kerja yang akan digunakan yaitu sebesar 710 Mhz kedalam tab *Frequency*.



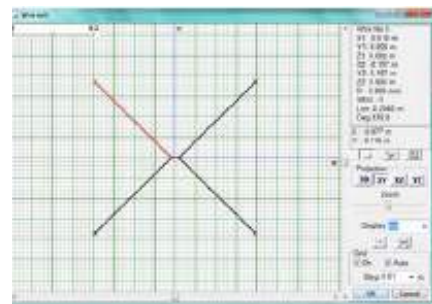
Gambar 12 Tahapan pertama memasukan frekuensi kerja pada tab frequency.

2. Tahap Kedua

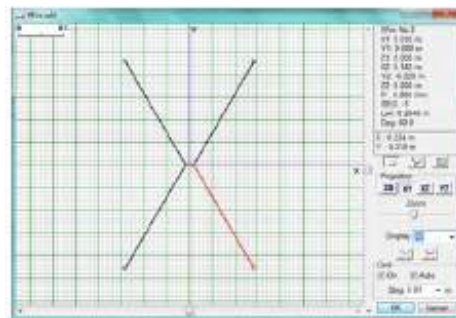
Pilih menu *Wire Edit*, dan memulai mendesain bentuk antenna dipole yaitu berbentuk V-Double. Dimana sudut yang akan direncanakan pada bentuk antenna V-Double dipole ini yaitu pada sudut $30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$.



Gambar 13 Desain Antena V-Double $30^\circ 30^\circ$



Gambar 14 Desain Antena V-Double Dipole $45^\circ 45^\circ$.



Gambar 15 Desain Antena V-Double Dipole $60^\circ 60^\circ$.

3. Tahap Ketiga

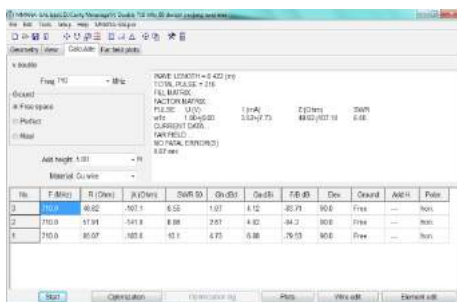
Pada menu *Calculate* kita masukkan bahan antenna yang akan kita gunakan yaitu kawat tembaga pada kolom *Material*.



Gambar 16 Kolom memasukan material antenna.

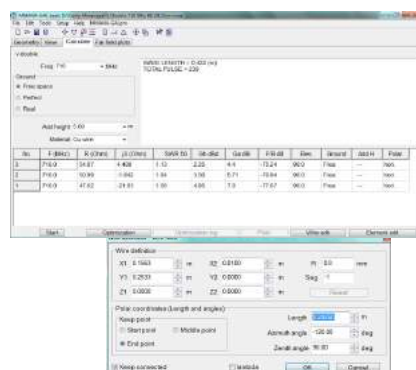
4. Tahap Keempat

Klik *Button Start* pada menu *Calculate* dan kita akan mendapatkan nilai awal dari antenna tersebut. Kita akan mencoba satu persatu 30°, 45°, 60° untuk mencari nilai SWR yang serendah mungkin .



Gambar 17 Kalkulasi nilai awal parameter antenna

Selanjutnya melakukan *Edit Wire* sesuai dengan sudut yang sudah dirancang sebelumnya. Dimana pada *Edit Wire* ini melakukan perubahan terhadap panjang kawat agar dapat memenuhi nilai-nilai parameter yang diinginkan.



Gambar 18 Penambahan Panjang sisi Antena

Pada gambar 18 di atas terlihat adanya penambahan panjang sisi antenna menjadi 29.25 cm disetiap sisinya. Dari hasil kalkulasi terakhir ini yang akan digunakan sebagai pabrikan atau pembuatan prototype antenna .

Tabel 2 Kalkulasi nilai penambahan panjang sisi antenna

Sudut	Frekuensi	Impedansi	SWR	Ga dBi
30°	710 Mhz	47,62Ω - j21,63Ω	1,56	7,0
45°	710 Mhz	50,99Ω - j1,636Ω	1,04	5,71
60°	710 Mhz	54,97Ω + j4,413Ω	1,14	4,4

1.2 Pembuatan Prototype Antena V-Double Dipole

Setelah melakukan simulasi dan mendapatkan hasil telah memenuhi syarat itu akan menjadi acuan dalam pembuatan prototype ini. Adapun bahan yang akan digunakan yaitu memakai kawat tembaga dengan diameter 2.5 mm. , konektor tipe N-Female dan N-Male yang memiliki resistansi sebesar 50Ω, kabel *Coaxial* tipe RG 8.

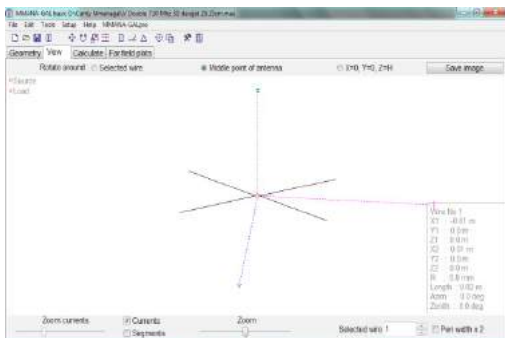


Gambar 19 Prototype V-Double antenna

3 ANALISA HASIL SIMULASI DAN PENGUKURAN

4.1 Hasil Simulasi

Setelah melakukan perhitungan untuk merancang antena dipole maka langkah selanjutnya adalah melakukan simulasi antena untuk mendapatkan karakteristik nilai-nilai parameter yang diinginkan.



Gambar 20 Desain Akhir Antena V-Double Dipole

Pada gambar 20 adalah desain akhir antena yang akan dipabrikasi yang memiliki panjang setiap wire nya 29.25 cm dengan sudut 45°45°. Hasil tersebut didapatkan dari perbandingan sudut yang memiliki nilai VSWR terendah.

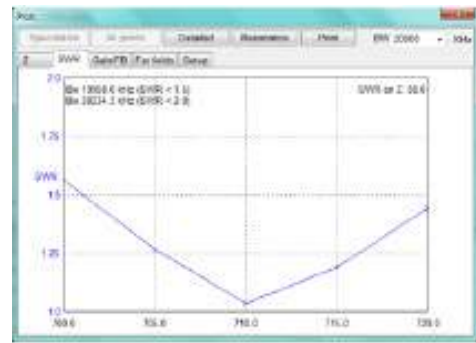
4.1.1 VSWR

Antena hasil simulasi bekerja pada rentang frekuensi 700-720Mhz yang memiliki nilai VSWR 1,575. Nilai VSWR ini menunjukkan bahwa antena V-Double Dipole tersebut telah sesuai dengan kriteria yang diinginkan penulis yaitu ≤ 2 , sehingga antena dapat bekerja secara optimal.

Tabel 3 Nilai VSWR pada simulasi

Frek	Impedansi	SWR
710 Mhz	50,99 Ω - j 1,642 Ω	1,04

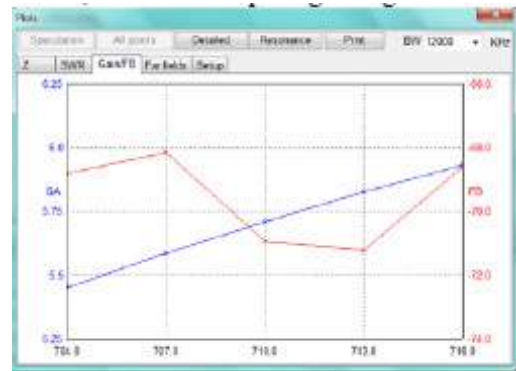
Adapun Grafik nilai SWR sendiri dapat kita lihat pada Gambar 21 dimana pada frekuensi 710 Mhz nilai SWR nya adalah 1,04 .



Gambar 21 Grafik VSWR Antena V-Double Dipole pada simulasi

4.1.2 Gain

Pada simulasi nilai Gain yang diperoleh sebesar 5,71 dB dilihat pada grafik gambar 22.



Gambar 22 Grafik Nilai Gain pada simulasi

4.1.3 Return Loss

Perhitungan *return loss* dapat menggunakan rumus (2-8) dikarenakan pada *software Mmana-gal basic V 3.0.0.31* tidak dapat menampilkan nilai *return loss*.

$$RL = 20 \text{ LOG } |\Gamma| \quad (2-6)$$

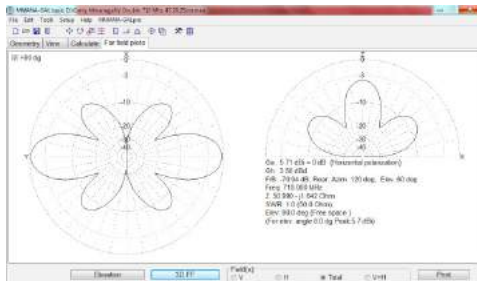
$$|\Gamma| = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} = \frac{1,575 - 1}{1,575 + 1} = \frac{0,575}{2,575} = 0,222$$

$$RL = 20 \log|\Gamma| = 20 \log 0,222 = -13,07$$

Dari perhitungan diatas diperoleh nilai *return loss* sebesar -13.07 dB.

4.1.4 Polarisasi

Pada simulasi dapat terlihat antenna V-Double Dipole memiliki polarisasi linear vertikal seperti pada gambar 23 dibawah ini.



Gambar 23 Farfield Plots pada simulasi

Dari beberapa hasil simulasi yang telah dicoba menggunakan software Mmana-gal pada perancangan Antena V-Double Dipole, didapatkan hasil nilai dari parameter-parameter antenna yang diinginkan sebagai berikut :

Tabel 4 Parameter antenna pada simulasi

Frek	Impedansi	Gain (dBi)	SWR	Return Loss	BW
710 Mhz	50,99 Ω - j1,636 Ω	5,71	1,04	-34,15dB	20 Mhz

4.2 Hasil Pengukuran Prototype

Tujuan pengukuran adalah untuk mengetahui karakteristik antenna yang telah dibuat, sehingga bisa diketahui parameter-parameter antenna tersebut untuk kemudian dijadikan bahan perbandingan dengan hasil perhitungan secara teori dan hasil simulasi dari perangkat lunak Mmana-gal Basic. Pengukuran ini dilaksanakan di laboratorium telekomunikasi FTUI dengan alat Network Analyzer yang dibantu dengan Laboran Telekomunikasi UI.

4.2.1 Pengukuran Port Tunggal

Sesuai dengan namanya pengukuran ini hanya menggunakan satu buah port saja pada network analyzer. Sedangkan parameter-parameter

antenna yang dapat diukur dalam port pengukuran tunggal ini meliputi pengukuran return loss, VSWR, dan Impedansi Antena. Pengukuran parameter-parameter tersebut menggunakan alat ukur Network Analyzer.

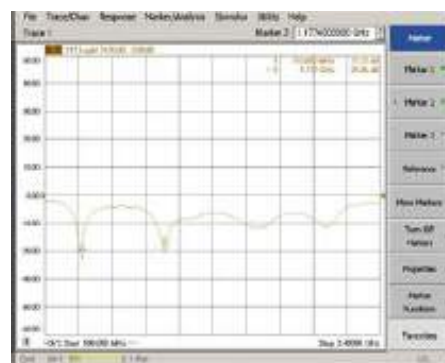
Tabel 5 Hasil Pengukuran Perancangan Antena

Parameter	Nilai
Frekuensi kerja	685 Mhz – 718,5 Mhz
VSWR	1,53
Bandwidth	33,5 Mhz
Return Loss	-13,19 Db

Dari Tabel 5 dapat dilihat parameter dan nilai yang dihasilkan dari antenna prototype bahwa antenna ini masih dapat bekerja dengan optimal dari standar yang diinginkan penulis.

4.2.2 Return Loss

Hasil pengukuran antenna prototype nilai return loss nya didapat sebesar -13.19 dB dengan rentang frekuensi 685-718.5 Mhz sedangkan nilai return loss pada frekuensi kerja 710Mhz yang diinginkan yaitu sebesar -17.12 dB .

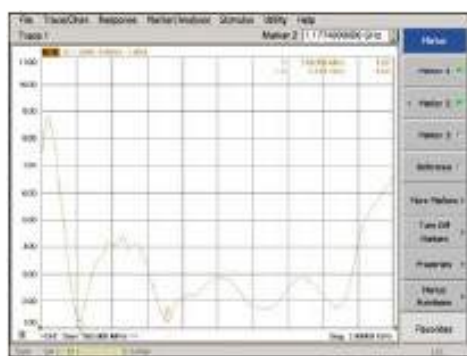


Gambar 24 Grafik Return Loss hasil pengukuran

4.2.3 VSWR

Dari hasil pengukuran antenna prototype pada rentang frekuensi kerja 685 Mhz-718.5Mhz

diperoleh nilai VSWR sebesar 1.53 dan memperoleh nilai VSWR minimum sebesar 1,16 pada frekuensi 699,5 Mhz. Sedangkan pada frekuensi 710Mhz diperoleh nilai VSWR sebesar 1,32. Dimana hal ini menunjukkan bahwa pada frekuensi 710Mhz masih masuk dalam frekuensi kerja antenna tersebut.



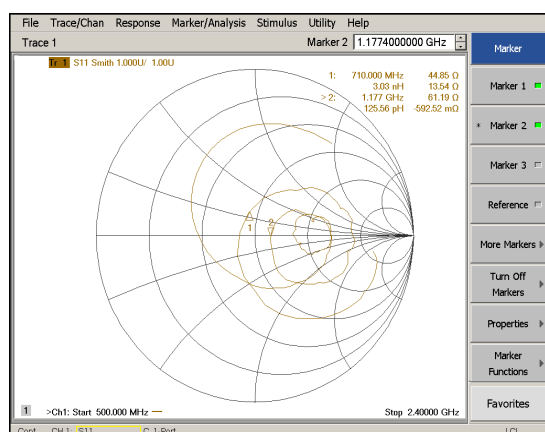
Gambar 25 Grafik VSWR hasil Pengukuran

pengukuran antenna yang meliputi nilai VSWR, *return loss*, dan Impedansi Antena.

Tabel 6 Perbandingan hasil simulasi hasil perancangan

Antena	Simulasi	Pengukuran
Frekuensi kerja	700-720Mhz	685-718,5 Mhz
Bandwidth	20 Mhz	33,5 Mhz
VSWR	1,575	1,53
Return Loss	-13,07 dB	-13,19 dB
Frekuensi Resonansi	710 Mhz	699,5Mhz
VSWR pada frekuensi 710 Mhz	1,04	1.32
Impedansi Antena pada frekuensi 710 Mhz	50,99 Ω – j1,642Ω	44,85 Ω + j13,54Ω

4.2.4 Smith Chart



Gambar 26 Smith chart hasil pengukuran pada Network Analyzer

Impedansi Antena V-Double Dipole hasil pengukuran pada frekuensi 710Mhz adalah 44,86Ω + j13,54 Ω . Sebagaimana terlihat pada gambar 26.

4.3 Analisis Hasil Simulasi dan Pengukuran Antena

Pada subbab ini akan dibahas tentang perbandingan antara hasil simulasi dengan hasil

Dari tabel 6 dapat dilihat nilai vswr nya mengalami kenaikan jika dari hasil simulasi dapat nilai VSWR nya sekitar 1,04 tapi pada saat pengukuran nilainya naik menjadi 1,32 pada frekuensi 710Mhz. Ini membuktikan bahwa nilai hasil simulasi lebih baik dibandingkan dari hasil pengukuran prototype .Hal ini dikarenakan oleh beberapa faktor yang mempengaruhi hasil pengukuran seperti pada saat pabrikan Antena V-Double Dipole . Akan tetapi nilai VSWR dari hasil pengukuran dikatakan baik karena nilai hasil pengukuran prototype adalah 1,32 ini masih sesuai dengan yang diharapkan yaitu nilai VSWR ≤ 1,6.

5 SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Dari hasil perancangan yang sudah di ujicoba dan dianalisis maka diambil kesimpulan

1. Hasil simulasi antenna V-Double Dipole pada sudut 30°, 30°, 45° dan 60°60° , yang menghasilkan nilai VSWR terendah sebesar 1,04 yaitu pada sudut 45°45°. Maka pada sudut ini dilakukan pabrikan antenna.

2. Hasil dari pengukuran prototype antena V-Double Dipole pada frekuensi 710 Mhz menunjukkan adanya perbedaan dengan hasil pada simulasi. Dimana pada simulasi frekuensi kerja 700 Mhz – 720 Mhz dengan nilai VSWR 1,575 , *Bandwidth* 20 Mhz dan *Return Loss* -13,07 dB. Sementara pada hasil pengukuran antena prototype frekuensi kerja antena mulai dari 685 Mhz – 718,5 Mhz dengan nilai VSWR 1,53 , *Bandwidth* 33,5 Mhz dan *Return Loss* -13,19 dB .
3. Perbedaan nilai frekuensi resonansi, VSWR, *Return Loss*, dan *Bandwidth* antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran bisa disebabkan oleh kurang akuratnya pada saat pabrikan antena.

5.2 Saran

1. Pada proses simulasi dapat menggunakan perangkat lunak yang lain seperti Feko, ADS Momentum dan Antena Magus.
2. Proses pengukuran sebaiknya dilakukan pada ruangan bebas gema (*Anechoic Chamber*) agar mendapatkan kondisi pengukuran yang ideal terutama mendapatkan nilai *gain*, polarisasi dan polarisasi melingkar.

KEPUSTAKAAN

- [1]. Tri.Joko,Yohanes.2008. “*Antenna Wireless Untuk Rakyat*”. Yogyakarta:CV Andi Ofset.
- [2]. Balanis, Constantine A. “*Antenna Theory Analysis and Design*”. 2nd ed. Jhon Wiley & Sons Inc. Kanada. 2005.
- [3]. Dwian Prakoso,Angga. 2012, “*Perancangan dan Realisasi susunan 8 Patch Antena Mikrostrip Rectangular Pada Frekuensi 2,9-3,1 Ghz untu Radar Pengawas Pantai*”, Proyek Akhir, Institut Teknologi Telkom, Bandung.
- [4]. Alaydrus,Mudrik.2011.*Antenna Prinsip dan Aplikasi*.Yogyakarta.Graha Ilmu.
- [5]. Lesmana,Ridwan.2001.*Antena Dipole*. Jakarta:LEMLOKTA.
- [6]. Pengetahuan dasarradio Komunikasi.*Antenna dipole dan monopole*.1998.Organisasi Amatir Radio Indonesia Pusat.
- [7]. Nakor,Punit S. 2004. *Design of a compact microstrip Patch Antenna for use in wireless/ cellular devices*. The Florida state university, Thesis.
- [8]. Kraus, J. D. “*Antennas*”. 2nd ed. MC. Graw Hill. New Delhi. 1988.
- [9]. Adriansyah, Nachan Mufti, 2004. *Konsep dasar Antena*. Mobile Communication Laboratory.
- [10]. S.Siburian(2011).Skripsi Universitas Sumatra Utara [21 Februari 2015]
- [11]. Rohde dan schwarz AMUK59. [21 Februari 2015]
- [12]. International journal of Advanced Science and Technology.“*Study on Coexistence between Long Term Evolution and Digital Broadcasting services*”.Vol. 38. Januari. 2012
- [13]. ETSI TS 136 101 V10.3.0 (2011-06) LTE; *Evolved universal terrestrial radio access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception (3GPP TS 36.101 version 10.2.0 release 10)*

Rancang Bangun Antena Biquad pada Frekuensi Kerja LTE (*Long Term Evolution*) 710 MHz

Yonard Hanudry Subroto Putra¹⁾, Emilia Roza²⁾ & Dwi Astuti Cahyasiwi³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

Jl. Tanah Merdeka no.6 Kampung Rambutan Ciracas Jakarta Timur DKI Jakarta 13830

Telp.(021) 87782739, Fax. (021) 87782739

E-mail: yonard.hanudry@gmail.com

Abstrak

Antena merupakan tulang punggung jaringan nirkabel. Antena sangat penting sebagai perangkat penyesuai (*matching device*) antara sistem pemancar dengan udara bila antena berfungsi sebagai media radiasi gelombang radio dan sebagai perangkat penyesuai dari udara ke sistem penerima. Desain antena ideal yang diharapkan adalah antena yang mempunyai nilai $VSWR \leq 2$, nilai *return loss* ≤ -10 , gain yang tinggi dan bandwidth yang lebar. Dalam perancangan ini akan membahas tentang rancang bangun antena biquad pada frekuensi kerja LTE (*Long Term Evolution*) 710 Mhz. Perancangan antena biquad ini dilakukan menggunakan software MMANA-GAL Basic V 3.0.0.31. Pada simulasi antena menunjukkan antena bekerja pada range frekuensi 692 – 728 MHz dengan bandwidth sebesar 36 MHz. Pada simulasi antena juga diperoleh nilai $VSWR$ 1,65, nilai *return loss* sebesar -12,22. Berdasarkan hasil pengukuran terhadap prototype antena diperoleh hasil nilai $VSWR$ sebesar 1,89, nilai *return loss* sebesar -10,45 dB. Prototype Antena Biquad bekerja pada range frekuensi dimulai dari 623,5 MHz – 710 MHz dan memiliki bandwidth sebesar 86 MHz.

Kata kunci: antena dipole loop, antena biquad, LTE (*Long Term Evolution*)

1 PENDAHULUAN

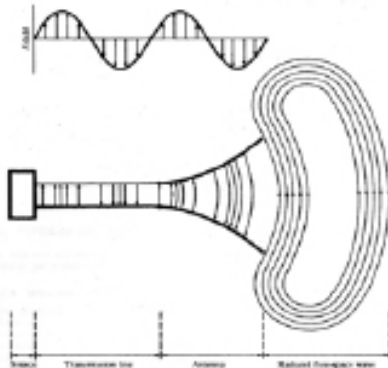
Antena dianggap sebagai tulang punggung sistem nirkabel. Antena sangat penting sebagai perangkat penyesuai (*matching device*) antara sistem pemancar dengan udara bila antena berfungsi sebagai media radiasi gelombang radio dan sebagai perangkat penyesuai dari udara ke sistem penerima. Bentuk dan desain antena ideal yang diharapkan adalah antena yang mempunyai gain yang tinggi, efisiensi tinggi, bobot yang ringan. Penyesuaian kebutuhan kondisi di lapangan dalam bentuk arah grid atau point to point sangat ditentukan oleh model struktur antena. Arah grid yaitu radiasi power output antena radial ke satu arah sama kuat. Sedangkan point to point adalah pancaran satu titik ke titik lain dalam jangkauan jarak yang lebih jauh dari arah grid. Ini terjadi karena pemusatan power output oleh struktur antena kedalam satu arah saja.

Untuk itu dibutuhkan suatu perancangan desain antena yang dapat memenuhi berbagai macam kebutuhan transmisi yang ideal. Dari berbagai macam bentuk antena ideal yang diharapkan, penulis memilih untuk membahas tentang antena biquad. Hal ini dikarenakan desainnya yang sederhana, efisien, ekonomis, dan kinerja antena yang memadai. Penulis melakukan analisis perancangan antena biquad pada frekuensi 710 MHz untuk aplikasi teknologi 4G LTE (*Long Term Evolution*).

2 KAJIAN PUSTAKA

Antena didefinisikan sebagai “sebuah alat logam yang digunakan untuk meradiasikan atau menerima gelombang radio”. Menurut “The IEEE Std 145-1983), definisi antena adalah suatu bagian dari sistem telekomunikasi nirkabel yang

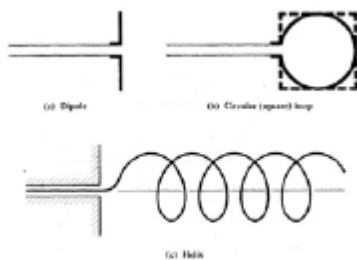
digunakan untuk memancarkan atau menerima gelombang radio[1].



Gambar 1 Antena Sebagai Alat Transisi [1]

Gelombang terpandu adalah gelombang dengan sedikit rugi-rugi dalam saluran transmisi, sedangkan gelombang ruang hampa adalah gelombang yang dipancarkan ke ruang bebas sehingga membentuk lapisan-lapisan. Gelombang terpandu yang mengalir sepanjang saluran transmisi diradiasikan menjadi gelombang ruang hampa. Daerah transisi antara gelombang terpandu dan gelombang ruang hampa dapat disebut antenna[1].

2.1 Antena Kawat (*Wire Antenna*)



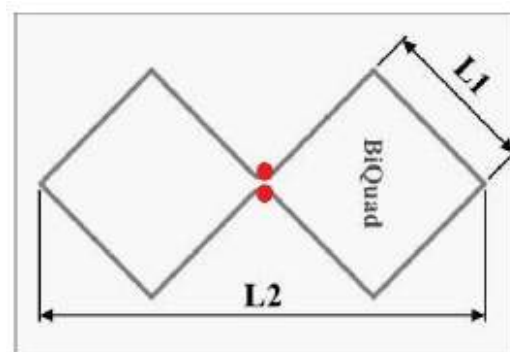
Gambar 2 Konfigurasi Antena Kawat [1]

Antena Kawat biasanya digunakan di mobil, gedung, perkapalan, penerbangan, dll. Ada beberapa macam bentuk dari antenna kawat, seperti antenna kawat lurus (dipol), loop, dan helix, seperti pada gambar 2 di atas. Antena Loop tidak hanya berbentuk lingkaran, tapi juga dapat berbentuk persegi panjang, kotak, elips, ada juga

yang menggabungkan 2 antena persegi yang biasa dikenal dengan antenna biquad. Antenna biquad prinsip kerjanya sama dengan antenna loop persegi, namun antenna biquad dibentuk dari 2 antenna loop persegi yang digabungkan. Antena Circular Loop yang paling banyak digunakan karena bentuknya yang simple dan sederhana[1].

2.2 Antena Biquad

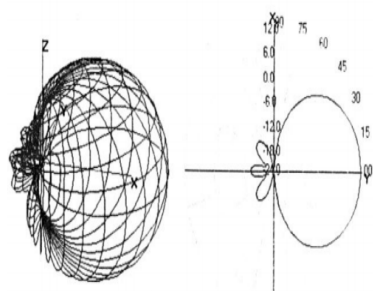
Antena Biquad merupakan antenna kawat dipole loop persegi ganda dengan reflektornya berbentuk sebuah flat panel dengan lebar sisi yang sedikit lebih panjang daripada rangkaian dipolnya sehingga bertindak seolah-olah sebagai bidang yang tak terhingga luasnya. Letak reflektor tidak jauh dari dipolnya yang bertujuan untuk mengurangi radiasi kearah belakang. Dengan jarak yang kecil antara antenna dengan reflektornya, maka susunan ini akan menghasilkan gain yang lebih besar pada radiasi kearah depan. Antena ini terdiri dari 2 buah antenna loop persegi yang digabungkan menjadi satu, sehingga antenna biquad memiliki 2 loop. Bentuk antenna biquad seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3 Konfigurasi Antena Biquad

Gain yang dihasilkan oleh antenna dengan large flat sheet reflektor relatif tergantung dari jarak dipolnya. Semakin jauh jarak dipolnya, gain yang diperoleh akan semakin kecil namun bandwidthnya akan semakin besar. Sedangkan pola radiasi antenna biquad pada umumnya

berbentuk lobe seperti terlihat pada gambar 4 berikut ini.[3]



Gambar 4 Pola radiasi Antena Biquad

2.2.1 Dimensi Antena Biquad

Antena biquad merupakan perpaduan 2 antena quad yang dirancang dalam 1 elemen. Panjang elemen driven antena biquad adalah 1λ yang mana nilai panjang gelombangnya (λ) yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$(\lambda) = \frac{c}{f} (m) \quad (2.1)$$

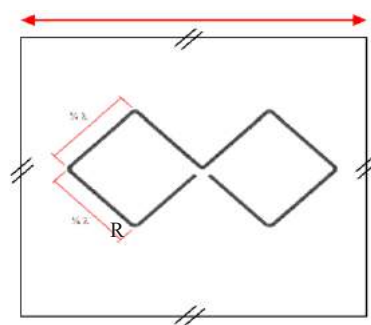
Dengan : λ = Panjang gelombang (m)
 c = Kecepatan gelombang cahaya $3 \times 10^8 \times 10^8$ m/s
 f = Frekuensi gelombang kerja (Hz)

Untuk rancangan dipole antena biquad didapat dari panjang gelombang $1/8\lambda$. Jarak dipole biquad yang digunakan sejauh $1/8\lambda$ dari reflektornya. Reflektor antena biquad berbentuk bujur sangkar dengan lebar sisi yang sedikit lebih panjang daripada rangkaian dipolnya, dengan ukuran dapat dirumuskan sebagai berikut: [3]

$$R = R_a + 0,1 R_a \quad (2.2)$$

Dengan: R = Panjang elemen reflektor (m)
 R_a = Panjang elemen dipolnya (m)

Perencanaan ukuran desain antena biquad dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 5 Rancangan Ukuran Desain Antena Biquad [3]

2.2.2 Kelebihan Antena Biquad

Beberapa kelebihan antena Biquad diantaranya:

- Dapat menghemat ruang karena desainnya yang kecil dibandingkan antena kawat panjang.
- Memiliki nilai gain yang lebih besar kearah depan
- Dapat meningkatkan kinerja sistem transmitter yang sederhana.

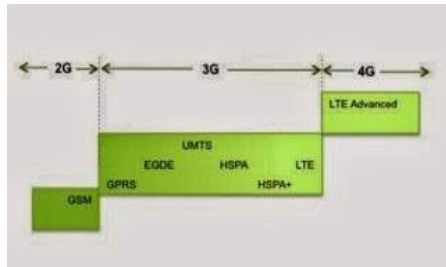
Berdasarkan karakteristik dari antenna biquad yang di jelaskan diatas maka penulis memilih Antena Biquad untuk dijadikan bahan penelitian dalam penulisan tugas akhir ini.

Kesimpulannya, antena ideal adalah antena yang dapat memancarkan semua daya yang dikirim kepadanya dari arah yang diinginkan atau arah lain. Dalam prakteknya, keadaan ideal tersebut tidak dapat dicapai, namun dapat dibuat mendekati. Terdapat berbagai jenis antena saat ini dan masing-masing jenis antena dapat mengambil bentuk yang berbeda untuk mencapai karakteristik radiasi yang diinginkan untuk aplikasi tertentu.[1]

a. LTE (Long Term Evolution)

LTE adalah sebuah nama baru dari layanan yang mempunyai kemampuan tinggi dalam sistem komunikasi bergerak yang merupakan langkah menuju generasi ke-4 (4G) dari teknologi radio yang dirancang untuk meningkatkan kapasitas dan

kecepatan jaringan telepon mobile. LTE adalah suatu proyek dalam third generation partnership project(3GPP). Evolusi jaringan seluler sampai ke teknologi LTE ditunjukkan pada gambar dibawah ini [6]



Gambar 6 Evolusi Jaringan[6]

LTE (*Long Term Evolution*) diciptakan untuk memperbaiki teknologi sebelumnya. Kemampuan dan keunggulan dari LTE terhadap teknologi sebelumnya selain dari kecepatannya dalam transfer data tetapi juga karena LTE dapat memberikan *coverage* dan kapasitas dan layanan yang lebih besar, mengurangi biaya dalam operasional, mendukung penggunaan *multiple*-antena, *fleksibel* dalam penggunaan *bandwidth* operasinya dan juga dapat terhubung atau terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada. [4] Menurut standar, LTE memberikan kecepatan uplink hingga 50 megabit per detik (Mbps) dan kecepatan downlink hingga 100 Mbps dengan bandwidth mencapai 20 MHz. Tidak diragukan lagi, LTE akan membawa banyak manfaat bagi jaringan seluler. Perkembangan telekomunikasi menurut standar 3GPP terlihat pada Gambar 7.[7]



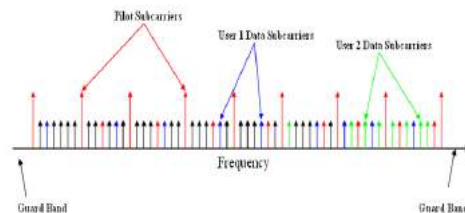
LTE (*Long Term Evolution*) dapat beroperasi pada salah satu pita spectrum seluler yang telah dialokasikan yang termasuk kedalam standar IMT-2000 yaitu (450, 850, 900, 1800, 1900, 2100 MHz) maupun pada pita spectrum yang baru seperti 700 MHz dan 2,5 GHz. [5]

2.3.1 Teknologi LTE

Teknologi LTE sendiri merupakan pengembangan teknologi dari aplikasi GSM dan CDMA yang sudah ada di Indonesia saat ini. Bila pada GSM (2G), berevolusi menjadi GPRS (2,5G), yang dilanjutkan dengan EDGE, serta EDGE Evolved. Maka di WCDMA (3G), berevolusi menjadi HSPA (3,5G) dan HSPA+, maka solusi berikutnya adalah penggunaan LTE yang mempunyai layanan kapasitas gigabytes di atas semuanya. Teknologi yang membuat LTE dapat memberikan kemampuan lebih, yaitu[7]:

2.3.1.a OFDMA(DL)/SC-FDMA(UL)

OFDMA dapat meningkatkan spektral efisiensi sedangkan SC-FDMA memiliki keunggulan dalam efisiensi daya. Selain itu, penggunaan kedua teknik multiple access tersebut membuat rancangan Rx lebih sederhana sehingga harga user equipment (UE) menjadi lebih murah. Teknologi LTE Menggunakan OFDM-based pada suatu air interface yang sepenuhnya baru yang merupakan suatu langkah yang radikal dari 3GPP. Merupakan pendekatan evolusiner berdasar pada peningkatan advanced dari CDMA. Teknologi OFDM-based dapat mencapai data rates yang tinggi dengan implementasi yang lebih sederhana menyertakan biaya relatif lebih rendah dan efisiensi konsumsi energi pada perangkat kerasnya.



Gambar 8 Orthogonal frequency division multiple access-OFDMA[8]

Gambar 8 merupakan modulasi OFDMA yang menghindari permasalahan yang disebabkan oleh pemantulan *multipath* dengan mengirimkan pesan per bits secara perlahan. Beribu-Ribu subkanal *narrow* menyebar untuk mengirimkan banyak pesan dengan kecepatan yang rendah secara serempak kemudian mengkombinasikan pada penerima kemudian tersusun menjadi satu pesan yang dikirim dengan kecepatan tinggi. Metode ini menghindari distorsi yang disebabkan oleh *multipath*. Subkanal *narrow* pada OFDMA dialokasikan pada basis *burst by burst* menggunakan suatu algoritma yang memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi RF (*Radio Frequency*) seperti kualitas saluran, *loading* dan interferensi. LTE menggunakan OFDMA pada *downlink* dan *single carrier – Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA)* pada uplink nya. SC-FDMA secara teknis serupa dengan OFDMA tetapi lebih cocok diaplikasikan pada *devicehandheld* karena lebih sedikit dalam konsumsi baterai.

2.4 SPESIFIKASI LTE

Spesifikasi utama LTE menurut 3GPP, LTE dapat dilihat pada table 1.[10]

Tabel 1 Spesifikasi Utama LTE

	Details
Peak downlink speed 64QAM(Mbps)	100 (SISO), 172 (2x2 MIMO), 326 (4x4 MIMO)
Peak uplink speeds (Mbps)	50 (QPSK), 57 (16QAM), 86 (64QAM)
Channel bandwidth (MHz)	1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz
Duplex schemes	FDD dan TDD
Mobility	0 – 15 km/h (Optimised) 15 – 120 km/h (High performance) 120 – 350 km/h (Mobility maintained) 350 – 500 km/h (Under consideration Depending on frequency band)
Spectral efficiency	Downlink: 3 – 4 times Rel 6 HSDPA Uplink: 2 – 3 x Rel 6 HSUPA
Access Schemes	OFDMA (Downlink) SC-OFDMA (Uplink)

Cell Range	~ 5 km: Best Throughput, Spectrum Efficiency and mobility ~ 30 km: mobility as defined above, some degradation in throughput, Spectrum Efficiency ~ 100 km: Supported, degradations accepted
Modulation types supported	QPSK, 16QAM, 64QAM (Uplink dan Downlink)

3 PERANCANGAN ANTENA

Perancangan diawali dengan menentukan frekuensi kerja antenna biquad, bentuk antenna biquad, tinggi antenna dari *ground*, dan jenis lapisan bahan antenna.

Antena biquad ini akan dirancang sebagai pemancar yang bekerja pada frekuensi 710 MHz. Simulasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak MMANA-GAL Basic V.3.0.0.31 untuk memperoleh dimensi bentuk dan parameter antenna biquad.

Berikut adalah tahap-tahap yang dilakukan untuk membuat dan mensimulasikan antenna biquad pada frekuensi 710 MHz

- Perancangan model antenna biquad.
- Simulasi dari model yang diperoleh.
- Pembuatan prototype antenna biquad.
- Pengukuran antenna biquad.

Dalam perancangan antenna Biquad ini, Bahan utama yang digunakan adalah tembaga baik itu dalam pembuatan antenna dan reflektornya. Untuk bahan tembaga diketahui :

- Konstanta dielektrik relatif (ϵ_r) = 1
- Konduktifitas tembaga (σ) = $5,8 \times 10^{-7}$
 $5,8 \times 10^{-7}$ mho m^{-1}

Untuk frekuensi kerja 710 MHz, dapat diketahui nilai panjang gelombangnya dengan perhitungan :

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$= \frac{3 \times 10^8}{710 \times 10^6}$$

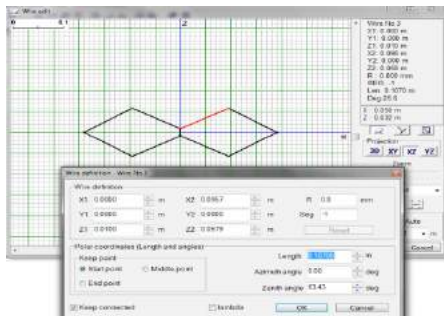
$$= 0,4225 \text{ m}$$

Sehingga untuk rancangan dipole antenna dibuat dari panjang gelombang $1/2\lambda$ yang dibentuk menjadi dipole lipat yang memiliki bentuk berupa persegi sama sisi yang masing-masing sisinya memiliki panjang $1/8 \lambda$. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

- $\lambda = 0,4225 \text{ m}$
- $\frac{1}{2}\lambda = \frac{1}{2}(0,4225)$
= $0,21125 \text{ m}$
- $\frac{1}{4}\lambda = \frac{1}{4}(0,21125)$
= $0,105625 \text{ m}$
- $\frac{1}{8}\lambda = \frac{1}{8}(0,105625)$
= $0,0528125 \text{ m}$

3.1 Hasil Simulasi Antena

Setelah melakukan beberapa kali percobaan pada software, akhirnya didapatkan dimensi akhir antenna, dan nilai SWR terendah yaitu 1,3. Ini menunjukkan bahwa salah satu parameter yang dibutuhkan untuk menunjang kinerja antenna yang baik yaitu nilai $SWR \leq 2$. Hasil simulasi inilah yang di jadikan pedoman untuk pembuatan prototype pada tahap selanjutnya.



Gambar 9 Panjang sisi akhir antenna

No.	F (MHz)	R (Ohm)	A (dBS)	dSWR (S)	Gain (dB)	Eff (dB)	SWR	Direct	Adapt.	Port
22	652	38,39	6,8887	1,34	6,69	-13,01	52,9	Free	-	ref.
18	652	38,1	5,951	2,18	3,88	-13,01	51,9	Free	-	ref.
19	652	38,1	5,951	2,18	3,86	-13,01	51,9	Free	-	ref.
17	652	34,47	5,951	2,1	3,79	-13,01	48,7	Free	-	ref.
16	652	34,73	5,951	1,9	3,52	-13,01	48,7	Free	-	ref.
15	652	31,64	5,951	1,65	3,3	-13,01	37,9	Free	-	ref.
14	652	41,87	4,273	1,65	3,08	-13,01	22,9	Free	-	ref.
13	652	67,84	2,943	1,62	2,92	-13,01	-	Free	-	ref.
12	652	87,81	1,7443	1,62	2,92	-13,01	-	Free	-	ref.

Gambar 10 Hasil akhir Parameter Antena

Tabel 2 Hasil Parameter Antena pada Simulasi

Hasil Simulasi	Frekuensi Kerja 692 – 728 MHz	Frekuensi Resonansi 710 MHz
VSWR	$\leq 1,65$	1,3
Gain (dB)	≥ 6	6,11
Bandwidth (MHz)	36	-
Return Loss (dB)	$\leq -12,22$	-17,22
Impedansi Antena (Ω)	-	$(38,81 + j2,571)$

4 HASIL PENGUKURAN ANTENA

Pengukuran prototype antenna biquad ini dilakukan pada tanggal 6 November 2015 di Laboratorium Departemen Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Depok. Pengukuran ini dilakukan oleh staf laboran yang bernama Ria Andaliza. Pada pengukuran parameter antenna yang meliputi nilai VSWR, Return Loss dan impedansi antenna ini menggunakan Network Analyzer tipe AgilentN5230C.

4.1 VSWR

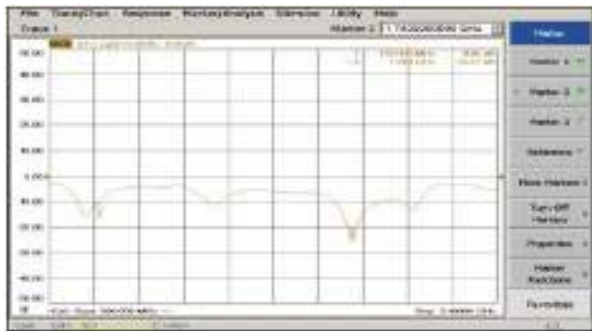


Gambar 11 Grafik nilai VSWR

Dari pengukuran nilai VSWR menggunakan Network Analyzer tersebut, diperoleh 2 frekuensi yang memiliki nilai VSWR terendah, yaitu pada frekuensi 652 MHz dan 1,784 GHz yang masing-masing memiliki nilai VSWR 1,3 dan 1,1. Ini menunjukkan bahwa frekuensi kerja antenna biquad

optimal yang di desain semula 710 MHz memiliki nilai VSWR yang lebih besar dibanding pada frekuensi 652 MHz, meskipun demikian pada frekuensi 710 MHz masih memiliki nilai $VSWR \leq 2$ yaitu sebesar 1,89. Dari hasil pengukuran antenna diperoleh rentang frekuensi kerja dimulai dari 623,5 MHz – 710 MHz dan memiliki bandwidth sebesar 86,5 MHz.

4.2 RETURN LOSS



Gambar 12 Grafik nilai Return Loss

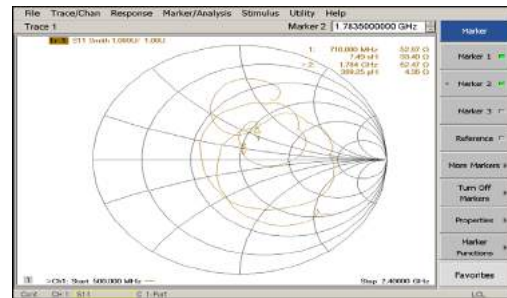
Dari hasil pengukuran diperoleh nilai return loss yang rendah berada di frekuensi 1,788 GHz dan 652 MHz sebesar -25,57 dB dan -17,72 dB. Sedangkan pada frekuensi kerja yang di harapkan yaitu 710 MHz memiliki nilai return loss -9,95 dB, namun pada saat pengambilan gambar hasil pengukuran ini, kondisi nilai nya tidak stabil atau kurang presisi. Nilai return loss sendiri dapat diperoleh dari rumus (2.7) dan (2.8)

$$|\Gamma| = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \tag{2.7}$$

$$RL = 20 \log |\Gamma| \tag{2.8}$$

Dari hasil penghitungan nilai return loss dari rumus tersebut, diperoleh nilai return loss antenna yang memiliki nilai VSWR 1,89 sebesar -10,45 dB, kondisi ini menunjukkan bahwa nilai return loss sudah memenuhi kriteria yang diinginkan yaitu ≤ -10 .

4.3 IMPEDANSI ANTENA



Gambar 13 Smith Chart

Dari hasil impedansi antenna pada smith chart diatas diperoleh nilai impedansi antenna pada frekuensi 710 MHz adalah $52,97\Omega + j33,40$ dan pada frekuensi 1,784 GHz adalah $52,47\Omega + j4,36$.

4.4 ANALISA HASIL SIMULASI DAN PENGUKURAN

Setelah diperoleh hasil pengukuran parameter antenna yang meliputi nilai VSWR, return loss dan impedansi antenna, selanjutnya hasil tersebut dibandingkan dengan hasil simulasi. Berikut ini tabel perbandingan nilai parameter antenna seperti VSWR, impedansi masukan dan return loss yang dihasilkan dari pengukuran dan dari hasil simulasi

Tabel 2 Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran

Hasil Simulasi		Hasil Pengukuran	
Frekuensi Kerja (MHz)	692 - 728	Frekuensi Kerja (MHz)	623,5 – 710
VSWR	1,65	VSWR	1,89
Bandwidth (MHz)	36	Bandwidth (MHz)	86,5
Return Loss (dB)	-12,22	Return Loss (dB)	-10,45

Dari tabel 2 diatas maka dapat dilihat bahwa prototype antenna yang di hasilkan memiliki nilai parameter VSWR yang lebih besar di bandingkan dengan hasil simulasi, hal yang sama juga terjadi pada nilai return loss antenna yang lebih besar

dibandingkan hasil pada simulasi antena. Maka diperoleh bahwa nilai hasil simulasi lebih baik dibanding dari hasil pengukuran. Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor. Diperlukan ketelitian dalam pembuatan prototype antena ini, karena kesalahan sedikit saja terhadap bentuk, panjang sisi, dan sudut antena menyebabkan perubahan nilai-nilai parameter antena yang cukup berarti. Nilai impedansi input yang dihasilkan pun akan ikut berubah seiring dengan perubahan nilai VSWR, maka hasil nilai impedansi input hasil simulasi lebih baik daripada hasil pengukuran dikarenakan besar impedansi input dipengaruhi oleh nilai VSWR. Begitu juga nilai return loss pada antena, semakin rendah nilai VSWR maka semakin baik pula nilai return loss nya.

Akan tetapi perbedaan nilai parameter yang didapat tidak terlalu signifikan, terbukti dari nilai VSWR hasil pengukuran dikatakan cukup baik dikarenakan nilai VSWR pada pengukuran 1,89 masih sesuai karakteristik yang di harapkan, yaitu nilai $VSWR \leq 2$, begitu juga dengan nilai return loss hasil pengukuran sebesar -10,45 dB, nilai ini juga masih sesuai karakteristik yang diharapkan, yaitu nilai return loss ≤ -10 .

Perbedaan nilai parameter yang didapat dari hasil simulasi dan pengukuran dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya :

1. Fabrikasi antena yang dihasilkan kurang presisi dengan rancang bangun pada simulasi.
2. Proses penyolderan konektor ke kawat yang kurang baik sehingga hasil pengukuran menjadi kurang akurat.
3. Terdapat rugi-rugi daya dari kabel coaxial dan juga konektor yang digunakan selama proses pengukuran.

5 SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Hasil dari pengukuran prototype antena bekerja pada frekuensi 623,5 - 710 MHz dengan nilai VSWR 1,89, sedangkan pada simulasi antena bekerja pada frekuensi 692 – 728 MHz dengan nilai VSWR 1,65. Ini menunjukkan bahwa adanya perbedaan nilai parameter antena pada simulasi dengan nilai parameter antena pada pengukuran, tetapi hasil ini masih memenuhi kriteria yang diharapkan, yaitu nilai $VSWR \leq 2$.
2. Prototype antena yang di hasilkan memiliki bandwidth sebesar 86 MHz sedangkan pada simulasi diperoleh bandwidth sebesar 36 MHz, besar nilai return loss yang diperoleh pada simulasi -17,72 dB sedangkan pada pengukuran -10,45 dB.
3. Dari data pada pengukuran juga menunjukkan antena yang dihasilkan dapat bekerja pada frekuensi 1,784 GHz dengan nilai VSWR sebesar 1,11.

5.2 Saran

1. Dibutuhkan ketelitian dan ukuran dimensi yang presisi pada saat fabrikasi antena, karena perbedaan nilai sedikit saja dapat mempengaruhi kinerja dan frekuensi kerja pada antena.
2. Seharusnya proses penyolderan konektor ke kawat secara bersih dan tidak terlalu tebal dapat memaksimalkan hasil nilai parameter antena.
3. Dalam pengukuran prototype antena sebaiknya dilakukan pengukuran terhadap semua parameter antena yang dibutuhkan, seperti nilai VSWR, Return Loss, Gain, Polarisasi dan Pola Radiasi.

KEPUSTAKAAN

- [1] Balanis, Constantine A. “*Antenna Theory Analysis and Design*”. 2nd ed. Jhon Wiley & Sons Inc. Kanada. 2005.
- [2] Kraus, J. D. “*Antennas*”. 2nd ed. MC. Graw Hill. New Delhi. 1988.
- [3] Fadila, Dwi dan Rudy Yuwono .”*Antena Biquad untuk WLAN 2,4 GHz*”.Jurnal EECCIS Vol. IV,No 2. 2010.
- [4] Uke Kurniawan, Galuh Prihatmoko, Denny Kusuma Hendraningrat, Sigit Dedi Purwanto. “*Teknologi Seluler LTE*”. Rekayasa Sains, 2011.
- [5] Ikeyanti. “*Penerapan Jaringan 4G untuk Kemajuan Teknologi dan Telekomunikasi di Indonesia*”. Paper IT (Etika Profesi). Samarinda. 2011.
- [6] <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/29936/4/Chapter%20II.pdf> S.Siburian2011 [21 pebruari 2015]
- [7] Rohde dan schwarz <http://www2.rohdeschwarz.com/product/AMUK59.html> [21 pebruari 2015]
- [8] Miriam Bank, M. Bank, M. Haridim, B. Hill “OFDMA in high-speed mobile system, pilots and simulation problem Int’l. J. Of Communications, 1(4), 2007 (173-179)”. (<http://en.wikipedia.org/wiki/OFDMA> diakses tanggal 21 Pebruari 2015).
- [9] International journal of Advanced Science and Technology. “*Study on Coexistence between Long Term Evolution and Digital Broadcasting services*”. Vol. 38. Januari. 2012
- [10] ETSI TS 136 101 V10.3.0 (2011-06) *LTE; Evolved universal terrestrial radio access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception* (3GPP TS 3 6.101 version 10.2.0 release 10).

Rancang Bangun Sistem Pendingin Mesin Mobil Menggunakan Pengendali Logika Fuzzy

Purwanto Priyojtmiko¹, Akhmad Musafa²

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik, Universitas Budi Luhur

Jl. Raya Ciledug, Petukangan Utara, Jakarta Selatan, 12260

E-mail : akhmadmusafa@gmail.com

Abstrak

Makalah ini membahas perancangan sistem pendingin mesin mobil menggunakan pengendali logika fuzzy (FLC). Sistem akan mengatur kecepatan putar kipas radiator disesuaikan dengan kondisi suhu air radiator dan suhu ruang mesin yang dideteksi menggunakan sensor PT100. Masukan dari sensor suhu akan diolah oleh mikrokontroler menggunakan algoritma kontrol logika fuzzy. Keluaran control logika fuzzy berupa sinyal PWM yang akan digunakan untuk mengatur putaran kipas pendingin radiator. Dari hasil pengujian, dalam kondisi tanpa gangguan sistem dapat bekerja dengan baik dengan nilai steady state error sebesar 1°C (0.012%). Dalam kondisi system diberi gangguan berupa suhu ruang mesin bergerak naik, sistem dapat bekerja dengan baik dengan nilai steady state error sebesar 1°C (0.012%). Sedangkan ketika sistem diberi gangguan berupa suhu ruang mesin bergerak turun, system dapat bekerja dengan baik dengan nilai steady state error sebesar 2°C (0.024%).

Kata kunci : suhu, sistem pendingin, mesin mobil, pengendali logika fuzzy, mikrokontroler.

1 PENDAHULUAN

Teknologi otomotif yang terdapat pada mobil keluaran terbaru saat ini sudah dilengkapi dengan peralatan yang canggih, salah satunya adalah dalam hal sistem kontrol yang ditanamkan. Pada sistem pengapian, sistem bahan bakar, sudah dikontrol oleh *Electronic Control Unit* (ECU). Pada sistem pendingin mesin mobil saat ini juga sudah mengandalkan kipas elektrik tidak seperti pada mobil-mobil keluaran lama yang masih menggunakan kipas konvensional yang masih mengikuti putaran dari mesin.

Pada umumnya pengendalian kipas elektrik masih menggunakan masukan dari temperatur switch, yang dalam proses kerjanya masih bersifat on/off dan masih mempunyai beberapa kelemahan seperti tidak dilengkapi dengan alarm untuk peringatan bagi pengemudi jika mesin overheat, putaran kipas masih bersifat tetap walaupun suhu air radiator overheat. Untuk meningkatkan kinerja sistem pendingin mesin mobil, maka putaran

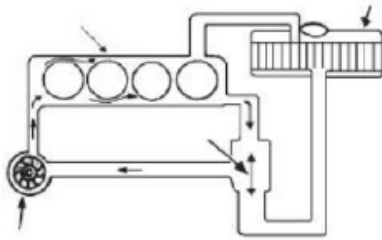
kipas pendingin radiator akan diatur kecepatannya menyesuaikan dengan input suhu air radiator dan ruang mesin secara kontinyu menggunakan sistem pengendali logika fuzzy berbasis mikrokontroler.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Pendingin Mesin Mobil

Sistem pendingin merupakan salah satu sistem pendukung yang terdapat pada suatu mesin (*engine*). Saat ini, semua mesin mobil menggunakan sistem pendingin air, yaitu mesin yang didinginkan dengan menggunakan air atau *coolant* untuk menjaga suhu mesin pada suhu acuan dan mencegah mesin dari panas berlebih (*over heat*).

Ketika mesin bekerja, air pendingin bersirkulasi melalui sistem pendingin pada tekanan tertentu, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



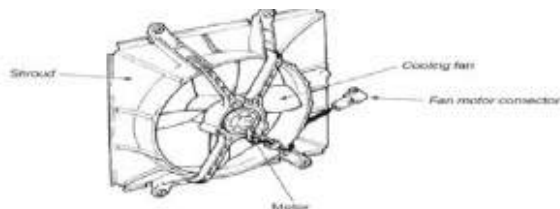
Gambar 1 Sirkulasi cairan pendingin pada mesin mobil

Sistem pendingin mesin mobil terdiri dari beberapa bagian yaitu radiator, kipas pendingin (*motor fan*), dan pompa air (*water pump*). Radiator merupakan bagian yang berfungsi untuk menurunkan suhu cairan pendingin. Bentuk dan bagian-bagian radiator seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



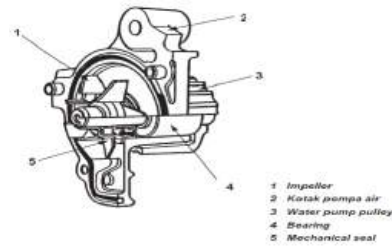
Gambar 2 Radiator dan bagian-bagiannya

Kipas pendingin merupakan bagian dari sistem pendingin mesin yang terletak di belakang radiator, yang akan menghembuskan angin dari bagian depan ke bagian belakang radiator. Bentuk dan bagian-bagian kipas pendingin ditunjukkan pada Gambar 3.



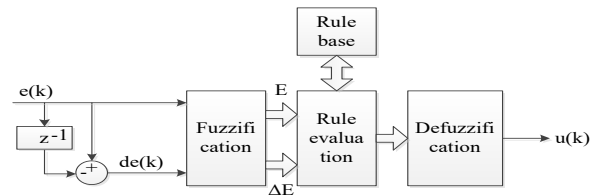
Gambar 3 Kipas pendingin dan bagian-bagiannya

Water pump menempel pada cylinder block dan menekan cairan pendingin agar bersirkulasi di sekitar sistem pendingin. Water pump digerakkan oleh poros engkol melalui drive belt. Bentuk dan bagian-bagian water pump ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Water pump dan bagian-bagiannya

- a. Fuzzy Logic Controller (FLC)
 Pengendali logika fuzzy (*Fuzzy Logic Controller*) merupakan pengendali yang dalam proses kerjanya menggunakan pendekatan cara berpikir, pengalaman, dan pengetahuan manusia, tanpa harus memodelkan plant dalam persamaan matematika yang kompleks. Secara umum, konfigurasi sistem dengan pengendali logika fuzzy ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Diagram blok sistem FLC

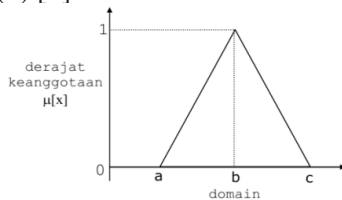
Salah satu sistem inferensi fuzzy yang dapat digunakan adalah metode Mamdani (Metode Max-Min). Metode ini membagi proses fuzzy dalam empat tahap yaitu pembentukan himpunan fuzzy (*fuzzification*), aplikasi fungsi implikasi dan komposisi aturan (*rule evaluation*), serta penegasan (*defuzzification*).

Input pengendali logika fuzzy adalah sinyal error ($e(k)$) dan delta error ($de(k)$) yang diperoleh dari hasil perbandingan antara sinyal set point (sp) dengan *control variable* (cv) seperti ditunjukkan pada persamaan (1) dan (2).

$$e(k) = sp - cv \tag{1}$$

$$\Delta e(k) = e(k) - e(k - 1) \tag{2}$$

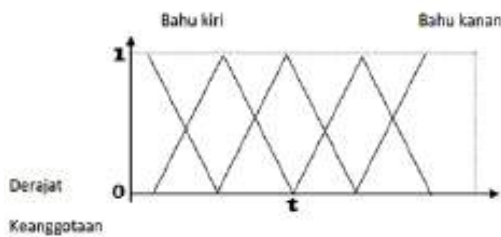
Pada tahap fuzzifikasi, sinyal error dan delta error yang merupakan besaran crisp akan diubah menjadi besaran fuzzy dengan memetakan nilai setiap sinyal input tersebut dalam beberapa fungsi keanggotaan (*membership function*). Jumlah fungsi keanggotaan yang umumnya digunakan adalah 3,5 atau 7. Bentuk fungsi keanggotaan yang digunakan adalah kurva segitiga (Gambar 6) dan kurva bahu (Gambar 7), dengan persamaan fungsi keanggotaan adalah (3) [1].



Gambar 6. Fungsi keanggotaan kurva segitiga

Fungsi keanggotaan untuk kurva segitiga adalah sebagai berikut :

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x < a \text{ atau } x > c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases} \tag{3}$$



Gambar 7. Fungsi keanggotaan kurva bahu

Daerah yang terletak di tengah-tengah suatu variable yang direpresentasikan dalam bentuk segitiga, pada sisi kanan dan kirinya akan naik dan turun. Tetapi terkadang salah satu sisi dari variable tersebut tidak mengalami perubahan.

Himpunan fuzzy bentuk kurva bahu, bukan segitiga, digunakan untuk mengakhiri variable suatu daerah fuzzy. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar.

Pada tahap penyusunan aturan fuzzy (*rule evaluation*) dengan menggunakan aturan jika-maka (*If-Then Rules*), fungsi implikasi yang digunakan adalah Min. Tiap-tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan fuzzy akan berhubungan dengan suatu relasi fuzzy. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah:

$$IF \ x \ is \ A \ THEN \ y \ is \ B \tag{4}$$

Dengan x dan y adalah skalar, A dan B adalah himpunan fuzzy.

Proposisi pada persamaan (4) dapat diperluas dengan menggunakan operator fuzzy seperti berikut:

$$IF \ (X_1 \ is \ A_1) \bullet \ (X_2 \ is \ A_2) \bullet \ (X_3 \ is \ A_3) \bullet \ ... \bullet \ THEN \ y \ is \ B \tag{5}$$

dengan • adalah operator (misal: AND atau OR).

Banyaknya aturan (*rule*) yang akan disusun mengikuti aturan sebagai berikut :

$$\text{Banyaknya Aturan} = (\text{Jumlah MF})^{\text{jumlah input}} \tag{6}$$

Jika sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Metode inferensi yang akan digunakan adalah metode Max (Maximum). Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (*union*). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Inferensi fuzzy dengan metode Max dapat dituliskan:

$$\mu_{sf}(x_i) = \max(\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i)) \quad (7)$$

dengan:

$\mu_{sf}(x_i)$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_{kf}(x_i)$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

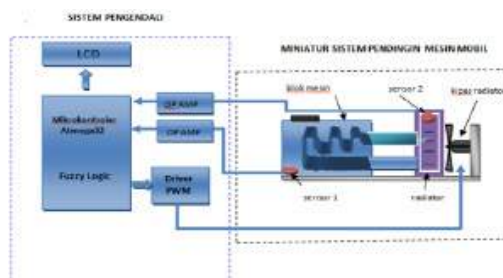
Proses defuzzifikasi secara sederhana dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi keanggotaan keluaran singleton, yang diwakili oleh titik-titik dalam ruang keluaran yang tidak memiliki masa, sehingga merupakan beberapa nilai keluaran berbentuk nilai nyata.

3 METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan perancangan hardware simulator sistem pendingin mesin mobil dan perancangan software realisasi algoritma pengendali logika fuzzy yang akan ditanamkan pada mikrokontroler.

Perancangan Hardware

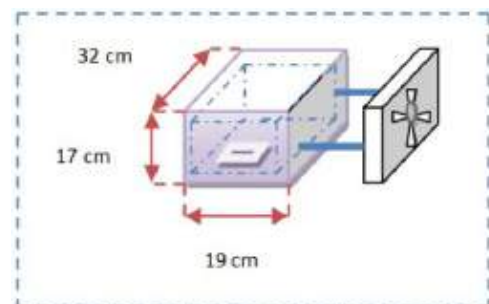
Diagram blok sistem yang dirancang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Diagram blok sistem

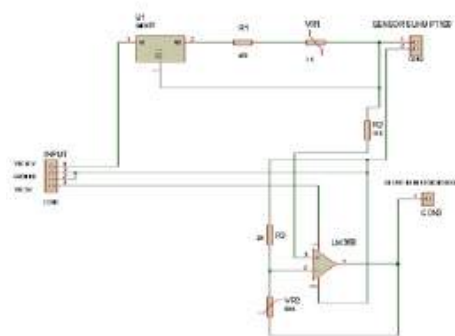
Perangkat keras sistem terdiri dari mekanik simulator sistem pendingin mesin mobil dan sistem elektronik. Rancangan miniatur mekanik sistem pendingin mobil ditunjukkan pada Gambar 9. Miniatur system pendingin dibuat menggunakan radiator motor Yamaha Vixion yang sudah dilengkapi motor kipas pendingin. Pada bagian miniatur juga ditambahkan plat dengan ketebalan 1

mm yang mampu menghantarkan panas dan tahan pada suhu tinggi. Konstruksi terdiri dari dua kotak, kotak bagian luar sebagai tempat air pendingin sekaligus sebagai saluran air yang berfungsi mendinginkan kotak bagian dalam. Pada kotak bagian luar terdapat saluran air masuk dan air keluar yang akan mengalirkan dan mensirkulasikan air pendingin ke radiator. Pada kotak bagian dalam diletakkan elemen pemanas yang ditempelkan pada dindingnya.

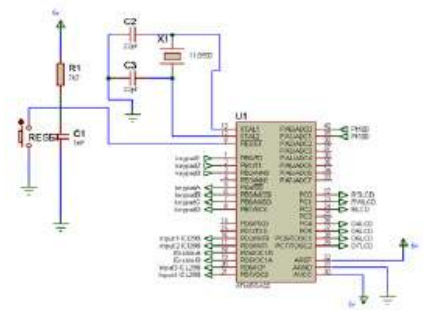


Gambar 9 Rancangan mekanik sistem

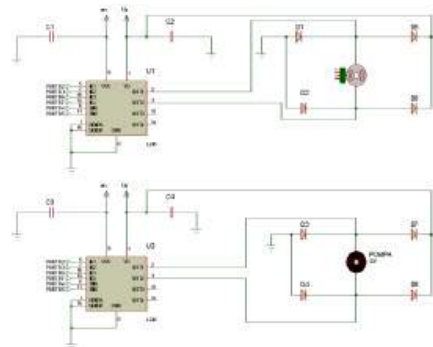
Sistem elektronik yang terdapat pada sistem terdiri dari rangkaian sensor suhu menggunakan PT100 dan op-amp (Gambar 10), rangkaian kontroler menggunakan sistem minimum mikrokontroler Atmega32 (Gambar 11), rangkaian driver motor (motor kipas dan motor pompa) menggunakan IC L298 (Gambar 12) dan display menggunakan LCD 16x2 (Gambar 13).



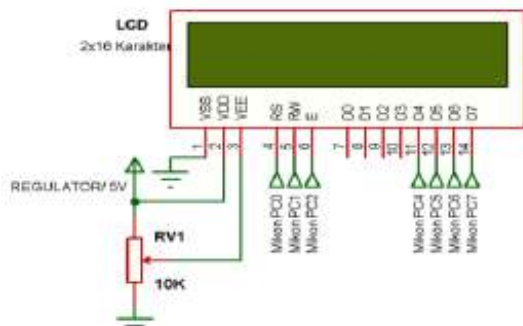
Gambar 10 Rangkaian sensor suhu



Gambar 11 Rangkaian kontroler



Gambar 12 Rangkaian driver motor



Gambar 13 Rangkaian display

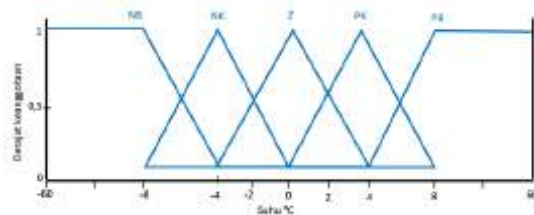
Perancangan Software

Dalam perancangan algoritma program pengendali logika fuzzy dari sistem kontrol pendingin mesin mobil ini menggunakan metode MAMDANI. Dimana didalam pengendali logika fuzzy terdiri dari tiga bagian utama yaitu proses fuzzyfikasi input, proses pengevaluasian aturan-aturan untuk menentukan output, dan proses defuzzyfikasi output. Dalam perancangan ini sebagai set point diberikan suhu mesin sebesar 85

^o C. Proses fuzzyfikasi input dari Error dan Delta Error menggunakan lima (5) buah Membership Function (MF) jenis segitiga dan bahu. Error range dan Delta Error range merupakan selisih suhu set point tertinggi (85^oC) dan suhu air radiator waktu kondisi normal (25^oC).

Tabel 1 Batasan nilai fuzifikasi error FLC

Batasan Nilai Error : -60°C s/d 60°C					
Label MF	Bentuk	Nilai Error			
NB	Bahu	-60	-60	-8	-4
NK	Segitiga		-8	-4	0
Z	Segitiga		-4	0	4
PK	Segitiga		0	4	8
PB	Bahu	4	8	60	60

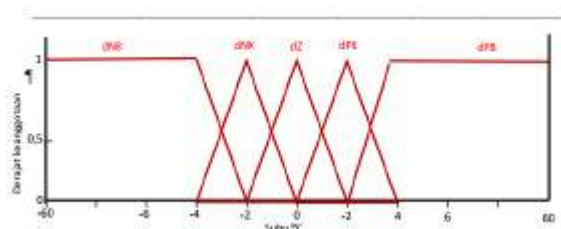


Gambar 14 Grafik fuzifikasi input error

Input delta error diperoleh dengan mengacu ke persamaan (2), sehingga batasan nilai delta error sama dengan batasan nilai error, yaitu -60^oC sampai 60^oC, yang difuzifikasi dalam lima fungsi keanggotaan seperti ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 15.

Tabel 2 Batasan nilai fuzifikasi delta error

Batasan Nilai Delta Error : -60°C s/d 60 °C					
Label MF	Bentuk	Nilai Delta Error			
dNB	Bahu	-60	-60	-4	-2
dNK	Segitiga		-4	-2	0
dZ	Segitiga		-2	0	2
dPK	Segitiga		0	2	4
dPB	Bahu	2	4	60	60

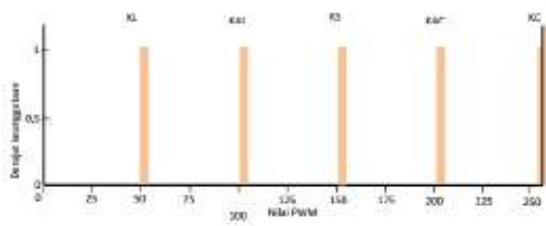


Gambar 15 Grafik fuzifikasi input delta error

Langkah selanjutnya adalah fuzifikasi variabel output, yaitu sinyal acuan PWM untuk menggerakkan motor kipas dan motor pompa. Sinyal PWM dinyatakan dalam nilai integer antara 0 sampai 255 dalam bentuk singleton seperti ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 16.

Tabel 3 Batasan nilai fuzifikasi output FLC

Output Fuzzy (Sinyal PWM) : 0 s/d 255		
Label MF	Nilai PWM	Keterangan
KL	51	Kipas Lambat
KAL	102	Kipas Agak Lambat
KS	153	Kipas Sedang
KAC	204	Kipas Agak Cepat
KC	255	Kipas Cepat



Gambar 16 Grafik fuzifikasi output sinyal PWM

Tahap selanjutnya dalam perancangan pengendali logika fuzzy adalah pembuatan aturan (*evaluation rule*), yaitu proses untuk menentukan output dari pengendali FLC, berdasarkan kombinasi dua input (error dan delta error) dengan metode AND. Karena jumlah input ada 2 (dua) dan masing-masing input dibagi dalam 5 (lima) MF (membership function) maka rule evaluation yang

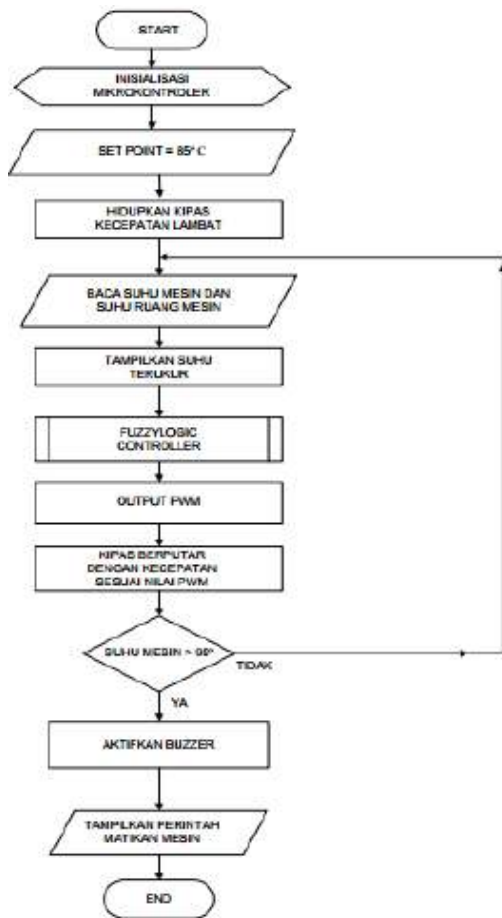
disusun sebanyak 25 rule dengan menggunakan Fuzzy Associative Membership (FAM) seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 FAM untuk FLC

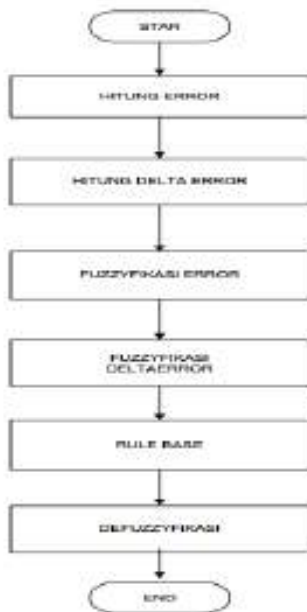
Error delta Error	PB	PK	Z	NK	NB
dPB	KL / PL	KL / PL	KL / PL	KAL / PAL	KS / PS
dPK	KL / PL	KL / PL	KAL / PAL	PS / PS	KAC / PAC
dZ	KL / PL	KAL / PAL	PS / PS	KAC / PAC	KC / PC
dNK	KAL / PAL	PS / PS	KAC / PAC	KC / PC	KC / PC
dNB	PS / PS	KAC / PAC	KC / PC	KC / PC	KC / PC

1. Nilai PWM 51 = KL = PL = Kipas Lambat / Pompa Lambat
2. Nilai PWM 102 = KAL = PAL = Kipas Agak Lambat / Pompa Agak Lambat
3. Nilai PWM 153 = KS = PS = Kipas Sedang / Pompa Sedang
4. Nilai PWM 204 = KAC = PAC = Kipas Agak Cepat / Pompa Agak Cepat
5. Nilai PWM 255 = KC = PC = Kipas Cepat / Pompa Cepat

Program pengendali logika fuzzy ini dibuat dengan bahasa C yang akan diaplikasikan pada mikrokontroler AVR Atmega32. Diagram alir program pada mikrokontroler secara keseluruhan seperti ditunjukkan pada Gambar 17. Diagram alir sub program pengendali logika fuzzy ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 17 Diagram alir program pada mikrokontroler



Gambar 18 Diagram alir sub program pengendali logika fuzzy

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentuk fisik hasil rancangan sistem dalam bentuk miniatur ditunjukkan pada Gambar 19 sebagai berikut.



Gambar 19 Miniatur sistem pendingin mesin mobil

Pengujian sistem dilakukan untuk kondisi system tanpa gangguan dan pengujian dengan kondisi ada gangguan.

Pengujian Sistem Tanpa Gangguan

Pada pengujian system tanpa gangguan, sistem diaktifkan dalam kondisi normal yaitu suhu ruang mesin tidak mendapatkan gangguan (suhu ruang mesin diabaikan) dengan set point suhu mesin 85°C. Kondisi mesin yang bekerja sehingga menghasilkan panas disimulasikan dengan mengaktifkan heater. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 20 dan Tabel 5.



Gambar 20 Grafik respon transien system tanpa gangguan

Tabel 5 Hasil pengujian sistem tanpa gangguan

Waktu (menit)	Suhu Set Point (°C)	Suhu terbaca (°C)
1	85	25
2	85	30
3	85	36
4	85	38
5	85	47
6	85	51
7	85	60
8	85	73
9	85	79
10	85	84
11	85	89
12	85	93
13	85	92
14	85	88
15	85	82
16	85	78
17	85	80
18	85	83
19	85	85
20	85	87
21	85	86
22	85	84
23	85	83
24	85	84
25	85	84
26	85	84
27	85	84
28	85	84
29	85	84
30	85	84

Berdasarkan data pada Tabel 5 dan Gambar 20 dapat dianalisa respon transient dari sistem sebagai berikut:

- Waktu tunda dari sistem (t_d) adalah 7.5 menit
- Waktu naik /rise time (t_r) dari sistem adalah 6 menit.
- Dari grafik respon pengujian sistem terjadi over shot sebesar 8°C (0.094%), dengan waktu puncak (t_p) sebesar 12 menit.

Dari hasil pengujian alat pada set point 85°C dapat dianalisa bahwa

- Waktu dari sistem untuk mencapai steady state (t_s) adalah 18 menit dengan pengujian selama 30 menit dengan suhu awal 25°C .
- Sistem mengendalikan suhu mesin pada set point 85°C dengan hasil pembacaan sensor suhu sebesar 84°C atau steady state error sebesar 1°C (0.012%).

- Dari grafik respon pengujian sistem pada set point 85°C dapat disimpulkan bahwa alat ini dapat bekerja dengan sesuai perancangan.

Pengujian Sistem dengan Gangguan

Gangguan yang dimaksud dalam pengujian ini adalah gangguan yang berupa suhu ruang mesin bergerak naik dan suhu ruang mesin bergerak turun.

Pengujian Sistem dengan Kondisi Suhu Ruang bergerak Naik

Tujuan pengujian pada sistem dengan adanya gangguan (*disturbance*) ini adalah untuk mengetahui kinerja saat sistem bekerja dan diberikan gangguan. Gangguan diberikan pada saat sistem bekerja dalam keadaan steady state, yaitu dengan cara memberikan gangguan panas pada ruang mesin dengan menggunakan alat pemanas yaitu solder. Hasil pengujian sistem dengan gangguan ditunjukkan pada Gambar 21 dan Tabel 6.



Gambar 21 Grafik respon transient sistem dengan gangguan kenaikan suhu ruang mesin

Tabel 6 Hasil pengujian sistem dengan gangguan kenaikan suhu ruang mesin

Waktu (menit)	Suhu Set Point (°C)	Suhu Ruang (°C)	Suhu Mesin terbaca (°C)
1	85	33	25
2	85	34	35
3	85	34	45
4	85	34	54
5	85	34	60
6	85	35	74
7	85	35	81
8	85	35	88
9	85	35	92
10	85	35	94
11	85	35	88
12	85	35	80
13	85	35	78
14	85	35	81
15	85	35	87
16	85	36	86
17	85	36	84
18	85	36	83
19	85	36	84
20	85	37	84
21	85	37	84
22	85	37	84
23	85	42	86
24	85	44	88
25	85	48	91
26	85	50	90
27	85	53	89
28	85	54	88
29	85	57	85
30	85	59	85
31	85	60	86
32	85	61	86
33	85	62	85
34	85	63	86
35	85	63	85
36	85	64	84
37	85	65	84
38	85	65	84

Berdasarkan Tabel 6 dan Gambar 21 dapat dianalisa respon transient dari sistem sebagai berikut:

- Waktu tunda (td) dari sistem adalah 6 menit
- Waktu naik / rise time (tr) dari sistem adalah 5 menit.
- Dari grafik respon pengujian sistem terjadi over shot suhu sebesar 9°C (0.10%), dengan waktu puncak (tp) sebesar 10 menit.

Dari hasil pengujian waktu diberikan gangguan dapat dianalisa bahwa:

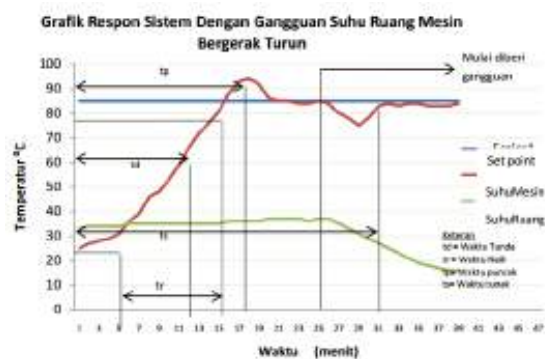
- Sistem mengendalikan suhu mesin pada set point 85°C dengan hasil pembacaan sensor suhu sebesar 84°C atau nilai steady state error sebesar 1°C (0.012%).

- Waktu dari sistem untuk mencapai steady state adalah 28 menit dengan pengujian selama 38 menit dengan suhu awal 25°C.
- Dari grafik respon pengujian sistem pada set point 85°C dapat disimpulkan bahwa alat ini dapat bekerja sesuai perancangan.

Dari hasil pengujian dengan kondisi suhu ruang mesin bergerak naik ini dapat dilihat bahwa saat sudah steady state kemudian diberikan gangguan maka terjadi over shoot.

Pengujian Sistem dengan Kondisi Suhu Ruang Bergerak Turun

Pada pengujian ini, gangguan diberikan pada saat sistem bekerja dalam keadaan steady state dengan cara memberikan gangguan penurunan suhu ruang mesin dengan memberikan pendingin, dalam hal ini menggunakan batu es yang diletakkan pada ruang mesin. Pengujian ini bertujuan untuk mensimulasikan ketika mobil digunakan pada wilayah dengan suhu udara rendah seperti musim dingin (salju) di beberapa Negara. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 22 dan Tabel 7.



Gambar 22 Grafik respon transient sistem dengan gangguan penurunan suhu ruang mesin

Tabel 7 Hasil pengujian sistem dengan gangguan penurunan suhu ruang mesin

Waktu (menit)	Suhu Set Point (°)	Suhu Ruang Mesin (°)	Suhu terbaca (°)
1	85	33	25
2	85	34	27
3	85	34	28
4	85	34	29
5	85	34	31
6	85	35	36
7	85	35	39
8	85	35	46
9	85	35	48
10	85	35	53
11	85	35	59
12	85	35	66
13	85	35	72
14	85	35	76
15	85	35	81
16	85	35	88
17	85	36	93
18	85	36	94
19	85	36	92
20	85	37	86
21	85	37	85
22	85	37	85
23	85	37	84
24	85	37	84
25	85	36	85
26	85	37	84
27	85	37	80
28	85	35	78
29	85	33	75
30	85	31	78
31	85	29	83
32	85	27	84
33	85	25	83
34	85	23	84
35	85	21	83
36	85	18	83
37	85	17	83
38	85	16	83
39	85	16	84

Berdasarkan Gambar 22 dan Tabel 7 dapat dianalisa respon transient dari sistem sebagai berikut:

- Waktu tunda (td) dari sistem adalah 12 menit
- Waktu naik / rise time (tr) dari sistem adalah 11 menit.
- Dari grafik respon pengujian sistem terjadi overshoot suhu sebesar 8°C (0.094%), dengan waktu puncak (tp) sebesar 18 menit.

Dari hasil pengujian alat pada saat diberikan gangguan dapat dianalisa bahwa:

- Waktu dari sistem untuk mencapai steady state adalah 31 menit dengan pengujian selama 39 menit dengan suhu awal 25°C.
- Sistem mengendalikan suhu mesin pada set point 85°C dengan hasil pembacaan sensor suhu sebesar 83°C atau steady state error sebesar 2°C (0.024%).
- Dari grafik respon pengujian sistem pada set point 85°C dapat disimpulkan bahwa alat ini dapat bekerja dengan sesuai perancangan.

Dari pengamatan pada pengujian sistem dengan gangguan suhu ruang bergerak turun saat sistem steady state kemudian diberikan gangguan maka terjadi respon under shot tetapi kemudian kembali steady state. Berdasarkan hasil pengujian dan analisa sistem secara keseluruhan kinerja dari sistem kontrol pendingin mesin mobil dengan logika fuzzy berbasis mikrokontroler dapat mengendalikan suhu mesin mobil dengan baik.

5 SIMPULAN

1. Pada saat sistem tidak diberikan gangguan (suhu ruang mesin diabaikan) waktu untuk mencapai steady state adalah 18 menit dari waktu pengujian selama 30 menit dengan nilai steady state error sebesar 1°C (0.012%).
2. Pada saat sistem diberikan gangguan suhu ruang mesin bergerak naik, waktu untuk mencapai steady state 28 menit dari waktu pengujian selama 38 menit dengan nilai steady state error sebesar 1°C (0.012%).
3. Pada saat sistem diberikan gangguan berupa suhu bergerak turun waktu untuk mencapai steady state 31 menit dalam waktu pengujian selama 39 menit dengan nilai steady state error sebesar 2°C (0.024%).

KEPUSTAKAAN

- [1] Budiharto, Widodo, *Perancangan Sistem dan Aplikasi Mikrokontroler*, Penerbit Elex Media Komputindo, Jakarta, 2005.
- [2] Kusumadewi S, Purnomo H. *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Graha Ilmu, Yogyakarta, 2010.
- [3] Ogata, Katsuhiko, *Discrete-Time Control System*, Prentice-Hall, New Jersey, 1995.
- [4] Singgih Santosa Benny, *Rancang Bangun Sistem Pengaturan Kecepatan, Coolpad Menggunakan Sistem Kontrol Logika Fuzzy*, Tugas Akhir, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS, Surabaya, 2010.
- [5] Wiedyanto Sandy, *Simulasi Sistem Kendali Temperatur Mesin Cat Oven Dengan Fuzzy Logic Controller*, Tugas Akhir, Universitas Budi Luhur, Jakarta, 2013
- [6] Yan & Ryan Powers, *Using Fuzzy Logic*, Prentice Hall, New York, 1994.

Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik sebagai Campuran Bahan Bakar Premium terhadap Prestasi Mesin Sepeda Motor Merk-X

Untung Surya Dharma¹⁾ & Dwi Irawan²⁾.

^{1,2)}Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro

^{1,2)}Jl. Ki Hajar Dewantara No. 116 Iringmulyo Kota Metro Lampung (0725) 42445-42454

¹⁾Email: untungsdh@yahoo.co.id

²⁾Email: dwi_irawan12@yahoo.co.id

Abstrak

Limbah plastik dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku minyak plastik dengan menggunakan proses pirolisis. Minyak plastik yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai zat aditif atau campuran bahan bakar pada mesin. Untuk mengetahui pengaruh minyak plastik sebagai campuran bahan bakar premium terhadap prestasi mesin dilakukan pengaplikasian langsung pada sepeda motor merk-X dengan spesifikasi teknis volume silinder 179,8 cm³, Tekanan Pembakaran 98 N/cm², Torsi maksimum 15,22 Nm pada 6000 rpm, Daya maksimum 12,15 kW pada 8000 rpm. Pengambilan data dilakukan pada dua kondisi yaitu kondisi stasioner untuk mengukur torsi yang terjadi dan konsumsi bahan bakar untuk menghitung daya dan pemakaian bahan bakar spesifik. Pengambilan data pada road test untuk mendapatkan nilai akselerasi dan pemakaian bahan bakar pada kondisi real dijalanan. Dari data-data pengujian dan hasil perhitungan ketahu bahwa pada campuran perbandingan minyak plastik-premium adalah 1 : 4 menghasilkan torsi dan daya mendekati nilai premium murni tanpa campuran yaitu sebesar 12,55 Nm dan 7,88 kW pada 6000 rpm dengan nilai percepatan yang lebih baik. Konsumsi bahan bakar pada saat pengujian stasioner uji torsi sebesar 0,72 kg/jam pada 6000 rpm dan pada saat road test hanya sebesar 0,41 liter pada kecepatan 100 km/jam. Secara keseluruhan penelitian dapat disimpulkan bahwa semakin banyak campuran minyak plastik (2 : 4 dan 3 : 4) maka nilai torsi dan daya yang dihasilkan mesin sepeda motor akan semakin rendah, sedangkan konsumsi bahan bakar akan semakin besar (boros).

Kata kunci: minyak plastik, proses dua kalipirolisis, karakteristik minyak plastik

1 PENDAHULUAN

Penggunaan plastik didalam kehidupan masyarakat sangat luas. Hal ini karena plastik memiliki banyak kelebihan dibandingkan bahan lainnya. Secara umum, plastik memiliki densitas yang rendah, bersifat isolasi terhadap listrik, mempunyai kekuatan mekanik yang bervariasi, ketahanan suhu terbatas, serta ketahanan bahan kimia yang bervariasi. Selain itu, plastik juga ringan, mudah dalam perancangan, dan biaya pembuatan murah. Sebagian besar plastik yang digunakan masyarakat merupakan jenis plastik polietilena. Ada dua jenis polietilena, yaitu *high density polyethylene* (HDPE) dan *low density polyethylene*

(LDPE). HDPE banyak digunakan sebagai botol plastik minuman, sedangkan LDPE untuk kantong plastik. Sehingga tidak mengherankan jikalau limbah plastik sangat banyak dan sulit untuk ditanggulangi, sehingga diharapkan limbah plastic ini dapat didaur ulang menjadi bahan yang lebih bermanfaat.

Salah satu perusahaan di Indonesia yaitu PT. Artha Teknindo – Artech mengatakan bahwa limbah plastik dapat menjadi BBM [5]. Dalam mengolah limbah plastik menjadi BBM, limbah plastik tidak diperlukan perlakuan pre-sortir dan tidak pula diperlukan kondisi yang harus bersih dari kotoran seperti pasir, abu, kaca, logam, tekstil,

air, minyak bekas dll. Setiap satuan berat plastik, dapat menghasilkan 70% Minyak, 16% Gas, 6% Carbon Solid dan 8% Air [5].

Minyak dari limbah plastik ini, apabila ditinjau dari segi penghematan energi, lingkungan hidup dan beberapa faktor lainnya yang menyangkut energi terbarukan sangat baik untuk dikembangkan. Untuk itu penelitian lebih lanjut tentang penggunaan minyak plastik dari limbah plastik sebagai campuran bahan bakar diaplikasikan secara langsung pada sepeda motor dirasakan perlu untuk mengetahui pengaruhnya terhadap prestasi mesin, sebagai salah satu upaya mendukung pemanfaatan sumber daya energi yang mampu diterima di kalangan masyarakat menengah kebawah.

Tujuan dari penelitian ini adalah Mengetahui pengaruh penggunaan minyak plastik sebagai campuran bahan bakar premium yang diaplikasikan pada mesin motor merk-X terhadap prestasi mesin merk-x tersebut

2 TINJAUAN PUSTAKA

A. Bahan Bakar

Karakteristik dan nilai pembakaran pada setiap bahan bakar berbeda-beda yang akan menentukan proses pembakaran yang terjadi. Karakter dari suatu bahan bakar yang kurang menguntungkan dapat disempurnakan dengan jalan menambah bahan-bahan kimia atau zat aditif kedalam bahan bakar tersebut. Sebagai contoh, batu bara nilai kalornya sangat bervariasi bergantung kandungan karbonnya.

Sekarang banyak metode yang digunakan untuk menaikkan nilai kalor bahan bakar yaitu dengan proses penambahan kandungan karbon atau dengan cara pengurangan unsur-unsur pengotornya. Untuk bahan bakar cair, khususnya bensin atau solar biasanya ditambahkan bahan-bahan aditif dengan harapan akan mempengaruhi daya anti *knocking* atau daya letup dari bahan bakar, dan dalam hal ini menunjuk apa yang dinamakan dengan bilangan oktan (*octane number*) atau angka cetan pada

solar (*cetane number*). Proses pembakaran bahan bakar dalam motor bensin atau mesin pembakaran dalam sangat di pengaruhi oleh bilangan tersebut (Stephen, 2000)[6].

B. Minyak Plastik

Penelitian tentang pemanfaatan limbah plastik untuk dijadikan bahan bakar minyak telah banyak dilakukan. Salah satunya adalah perusahaan di Indonesia yaitu PT. Artha Teknindo – Artech telah mempublikasikan hasil penelitiannya di www.artech.co.id, menjelaskan bahwa dalam mengolah limbah plastik menjadi BBM, limbah plastik tidak diperlukan perlakuan pre-sortir dan tidak pula diperlukan kondisi yang harus bersih dari kotoran seperti pasir, abu, kaca, logam, tekstil, air, minyak bekas dll. Setiap satuan berat plastik, dapat menghasilkan 70% Minyak, 16% Gas, 6% Carbon Solid dan 8% Air dengan karakteristik dari minyak plastic yaitu antara lain massa jenis 0,73 kg/L dengan nilai kalor sebesar 10498 kJ/kg [5].

Tabel 1 Karakteristik minyak cair dari olahan limbah plastic

Deskripsi	Minyak Plastik
Colour, Visual	Pale Yellow
Specific Gravity at 28°C	0.7254
Specific Gravity at 15°C	0.7365
Gross Calorific Value	11262
Net Calorific Value	10498
API gravity	60.65
Sulphur Content (present by mass max)	<0.002
Flash Point (Abel) °C	22.0
Pour Point °C	< -20°C
Cloud Point	< -20°C
Existent Gum, (gm/m3 max)	36
Reactivity with SS	Nil
Reactivity with MS	Nil
Reactivity with Cl	Nil
Reactivity with Al	Nil
Reactivity with Cu	Nil

Sumber :PT. Artha Teknindo – Artech, 2013

Menurut penelitian *Santoso, 2010* [2], masa jenis minyak plastik dengan suhu reaktor pada antara 350 °C sampai 450 °C, menghasilkan massa jenis rata-rata sebesar 0,74 kg/L, viskositas 0,51 m²/s dan nilai kalor sebesar 43,33 MJ/kg.

Menurut penelitian *Untung & irawan, Juni 2015* [4], minyak plastik dapat dibuat dengan cara dua kali proses pirolisis, untuk memaksimalkan kualitas minyak plastic. Pada proses pirolisis pertama dilakukan dengan menggunakan suhu 200 °C dan pada proses pirolisis kedua dengan suhu 150 °C. Karakteristik dasar dari minyak plastik yang dihasilkan dengan cara dua kali proses pirolisis ini adalah Massa jenis minyak plastik yang dihasilkan adalah 771,4 kg/m³, Viskositas minyak plastik yang dihasilkan adalah 0,501 m²/s

C. Prestasi Mesin 4 langkah.

Kinerja mesin atau prestasi dari suatu mesin sangat dipengaruhi tekanan dan temperature yang dihasilkan dari hasil pembakaran bahan bakar didalam silinder. Banyak faktor yang mempengaruhi hasil pembakaran untuk menghasilkan pembakaran sempurna. Salah satunya adalah pengaruh dari komposisi bahan bakar yang digunakan. Prestasi suatu mesin dapat diukur daya motor yang dihasilkan oleh putaran poros mesin dan penggunaan bahan bakar per satuan dayanya (konsumsi bahan bakar spesifik).

Daya motor dapat diukur dari berapa besar kerja poros yang dilakukan oleh suatu motor pada satu satuan waktu. Daya poros motor dihasilkan karena torsi yang terjadi pada poros akibat gaya hasil penekanan dari hasil pembakaran didalam torak dikalikan dengan jari-jari poros engkol.

Untuk perhitungan torsi pada motor bakar digunakan persamaan berikut [1]:

$$T = (V_L \times z \times \alpha \times \frac{1}{2\pi} \times \frac{1}{100}) \times P_a \quad (1)$$

Keterangan :

TT : Torsi (kg.cm)

zz : Jumlah silinder

$\alpha\alpha$: 0,5 (untuk motor 4 langkah)

P_a : Tekanan hasil pembakaran

Sehingga daya poros dapat diketahui menggunakan persamaan berikut [1] :

$$\dot{W}_p = 2\pi \times n \times T \quad (2)$$

Keterangan :

\dot{W}_p, \dot{W}_p : Daya poros (kW)

T : Torsi poros motor

Konsumsi bahan bakar spesifik (B) didefinisikan sebagai jumlah bahan bakar yang dikonsumsi per satuan daya yang dihasilkan per jam operasi. Untuk mengetahui konsumsi bahan bakar spesifik dapat diketahui menggunakan persamaan berikut [1]:

$$B = \frac{\dot{G}_f}{W_b} \quad (3)$$

Keterangan :

B : Konsumsi bahan bakar spesifik ($\frac{kg/jam}{kW}$)

\dot{G}_f, \dot{G}_f : Jumlah bahan bakar yang dipergunakan (kg/jam)

W_b : Daya Motor

3 METODELOGI PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, dengan tahapan-tahapan penelitian adalah sebagai berikut:

a. Tahap Persiapan

Tahapan persiapan meliputi persiapan bahan bahan baku limbah plastik jenis LDPE (kantong plastik bekas) dan jenis HDPE (botol plastik kemasan bekas). Persiapan kendaraan bermotor merk-X dengan spesifikasi utama adalah motor 4 langkah, volume silinder 179,8 cm², Tekanan Pembakaran 98 N/cm², Torsi maksimum 15,22 Nm pada 6000 rpm, Daya maksimum 12,15 kW pada 8000 rpm untuk pengaplikasian.

b. Tahap pembuatan dan pengujian Minyak Plastik

Meliputi penyediaan bahan baku yaitu plastik bekas dan cara pembuatan minyak plastik

dengan metode dua kali proses pirolisis. Bahan baku lastik yang digunakan adalah adalah jenis LDPE (kantong plastik bekas) dan jenis HDPE (botol plastik kemasan bekas).

Pengujian minyak plastik yang dihasilkan dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari minyak itu sendiri dengan parameter yaitu massa jenis, viskositas dan nilai kalor.

c. Tahap pengaplikasian dan pengambilan data, pengolahan data dan analisa.

Pada tahap ini, minyak plastik yang dihasilkan akan digunakan sebagai campuran bahan bakar pada sepeda motor merk X. Variasi campuran minyak plastik terhadap premium yang akan diujikan ada tiga macam dengan perbandingan antara minyak plastic terhadap premium berturut-turut yaitu 1:4, 2:4, dan 3:4.

Dari hasil pengujian akan didapat data-data berupa nilai kalor dan bagaimana prestasi kerja dari mesin sepeda motor berupa efisiensi bahan bakar dan daya yang dihasilkan. Kemudian dilakukan analisa dan menarik kesimpulan.

B. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah pengambilan data dalam mendapatkan nilai prestasi mesin dari sepeda motor yang digunakan adalah sebagai berikut :

a. Uji Penggunaan Bahan Bakar Premium pada kondisi stasioner

1. Hidupkan mesin mula-mula pada 850 rpm
2. Variasikan putaran dengan 5 variasi yaitu 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm dan 6000 rpm pada kondisi top gear dengan tenggang waktu masing-masing putaran selama 10 menit.
3. Catat data konsumsi bahan bakar dan torsi yang terjadi pada masing-masing variasi putaran.
4. Lakukan pengambilan sebanyak 3 kali dengan tenggang waktu 6 menit pada masing-masing variasi putaran.
5. Hitung Daya yang terjadi dan Pemakaian bahan bakar spesifiknya

b. Uji Akselerasi Mesin Sepeda Motor Menggunakan Premium

1. Hidupkan mesin sepeda motor, pacu sepeda motor dengan kecepatan awal 0 km/jam hingga varisi kecepatan yang ditentukan yaitu 20 km/jam, 40 km/jam, 60 km/jam, 80 km/jam dan 100 km/jam. Catat waktu yang diperlukan dalam mencapai kecepatan yang ditentukan (kondisi diam–kecepatan yang ditentukan). Setelah mencapai kecepatan yang ditentukan pacu kendaraan dalam kondisi kecepatan konstan hingga jarak 2 km yang ditentukan. Catat waktu hingga mencapai jarak 10 km.
2. Hitung konsumsi bahan bakar yang digunakan pada masing-masing variasi kecepatanm dengan asumsi konsumsi bahan bakar dinyatakan dalam rata-rata pemakaian dalam setiap kecepatan dianggap sama.

c. Uji pemakaian Bahan Bakar Campuran Minyak Plastik dan Premium pada kondisi stasioner dan Uji Akselerasi.

1. Variasikan campuran minyak plastik dengan premium menjadi tiga variasi antara minyak plastic dengan premium sebagai berikut 1 : 4, 2 : 4, dan 3 : 4 sebagai bahan bakar mesin sepeda motor.
2. Ulangi Prosedur pengambilan data seperti pada penggunaan bahan bakar premium.
3. Bandingkan hasil data penelitian yang diperoleh untuk mendapatkan bagaimana pengaruh minyak plastik sebagai campuran bahan bakar premium terhadap prestasi mesin sepeda motor yang digunakan.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Penelitian

Tabel 2 Data Hasil Uji Torsi dan Pemakaian Bahan Bakar

Putaran Mesin (rpm)	Premium		Campuran 1 : 4		Campuran 2 : 4		Campuran 3 : 4	
	T (Nm)	BB (kg/jam)	T (Nm)	BB (kg/jam)	T (Nm)	BB (kg/jam)	T (Nm)	BB (kg/jam)
2000	8.24	0.35	7.45	0.36	4.9	0.41	4.7	0.44
3000	9.31	0.43	8.82	0.44	7.55	0.49	7.06	0.53
4000	10.59	0.49	10.98	0.48	8.04	0.57	7.84	0.57
5000	11.65	0.64	11.47	0.56	8.24	0.66	8.04	0.69
6000	12.9	0.78	12.55	0.72	10	0.79	9.12	0.85

Tabel 3 Hasil Perhitungan Daya yang Dihasilkan dan penggunaan Bahan Bakar Spesifik

Putaran Mesin (rpm)	Premium		Campuran 1 : 4		Campuran 2 : 4		Campuran 3 : 4	
	Daya (kW)	be (kg/jam.kW)	Daya (kW)	be (kg/jam.kW)	Daya (kW)	be (kg/jam.kW)	Daya (kW)	be (kg/jam.kW)
2000	1,72	0,2	1,56	0,23	1,02	0,43	0,98	0,41
3000	2,92	0,15	2,77	0,16	2,37	0,22	2,22	0,22
4000	4,43	0,11	4,67	0,10	3,36	0,17	3,28	0,17
5000	6,07	0,10	6	0,093	4,31	0,16	4,03	0,16
6000	8,1	0,09	7,88	0,091	6,28	0,13	5,72	0,14

Tabel 4 Data Akselerasi yang Dihasilkan dan penggunaan Bahan Bakar pada Road Test

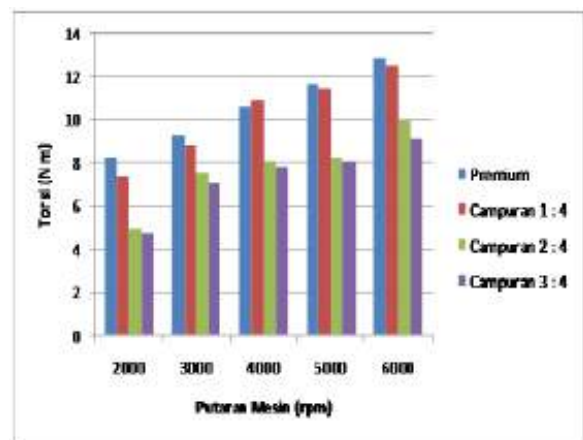
Kecepatan (km/jam)	Premium		Campuran 1 : 4		Campuran 2 : 4		Campuran 3 : 4	
	Aksel erasi (m/s ²)	Bahan Bakar (liter)	Aksel erasi (m/s ²)	Bahan Bakar (liter)	Aksel erasi (m/s ²)	Bahan Bakar (liter)	Aksel erasi (m/s ²)	Bahan Bakar (liter)
20	3,43	0,21	3,25	0,19	3,25	0,2	2,75	0,20
40	5,45	0,25	5,52	0,25	4,89	0,29	4,63	0,26
60	2,78	0,33	2,42	0,3	1,93	0,34	1,93	0,32
80	1,43	0,39	1,30	0,32	0,65	0,39	0,56	0,39
100	0,78	0,38	0,68	0,41	0,42	0,42	0,36	0,40

B. PEMBAHASAN

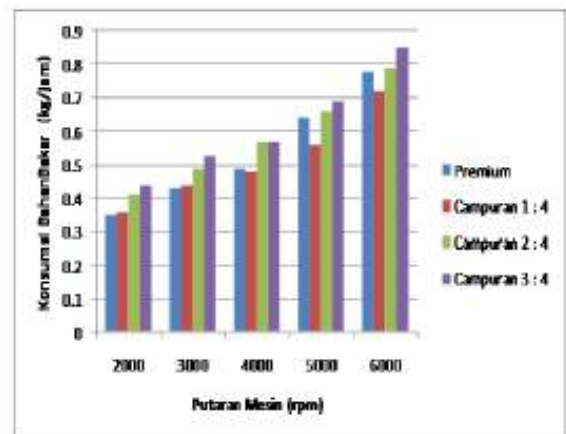
Uji Torsi dan Pemakaian Bahan Bakar

Table data dari hasil uji torsi dan konsumsi bahan bakar yang telah digunakan selama uji torsi berlangsung pada variasi putaran motor dapat dilihat pada Tabel 2 dimana Kondisi pengujian adalah stasioner.

Dari hasil pengujian didapat grafik seperti dibawah ini.



Gambar 1 Grafik Uji Torsi



Gambar 2 Grafik Konsumsi Bahan Bakar pada Uji Torsi

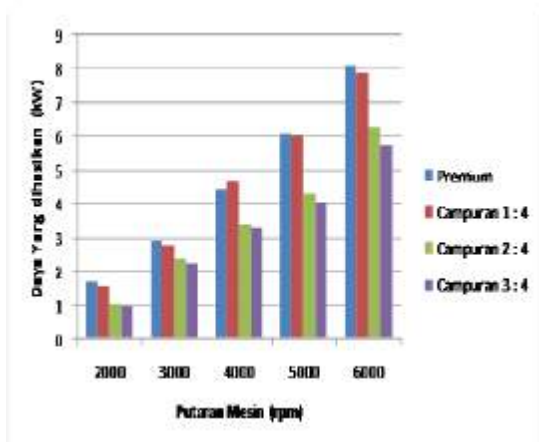
Dari Gambar 1, Grafik Uji Torsi, terlihat bahwa campuran minyak plastic – premium dengan perbandingan 1 : 4 memiliki nilai torsi yang mendekati premium murni yaitu sebesar 12,55 Nm sedangkan premium murni 12,90 Nm. Bahkan pada

putaran 4000 rpm melebihi torsi yang dihasilkan oleh premium murni yaitu 10,98 Nm sedangkan premium murni 10,59 Nm. Dari gambar 3 tersebut juga dapat dilihat bahwa semakin banyak minyak plastik sebagai campuran premium untuk bahan bakar maka semakin kecil torsi yang dihasilkan.

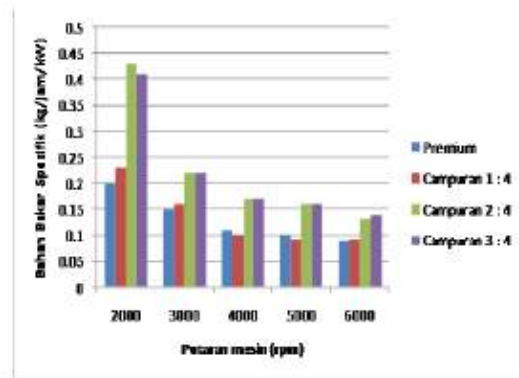
Konsumsi bahan bakar pada pengujian torsi dapat dilihat pada Gambar 2, konsumsi bahan bakar dari semua variasi campuran terlihat semakin besar putaran maka semakin besar konsumsi bahan bakar. Pada putaran rendah 2000 rpm sampai 3000 rpm, konsumsi bahan bakar yang menggunakan campuran minyak plastik lebih besar dibandingkan hanya menggunakan premium murni, namun pada putaran 4000 rpm hingga 6000 rpm terlihat cukup signifikan bahwa konsumsi bahan bakar campuran minyak plastik – premium dengan perbandingan 1 : 4 lebih kecil daripada premium murni dan variasi campuran lainnya.

Hasil Perhitungan Daya dan Penggunaan Bahan Bakar Spesifik

Pada Tabel 3 dapat dilihat hasil perhitungan daya yang dihasilkan dan penggunaan bahan bakar spesifik. Kondisi pengujian yaitu pada kondisi stasioner. Bahan Bakar Spesifik adalah banyak konsumsi bahan bakar per jam terhadap daya yang dihasilkan. Data hasil pengujian disajikan dalam grafik-grafik dibawah ini.



Gambar 3 Grafik Daya yang Dihasilkan



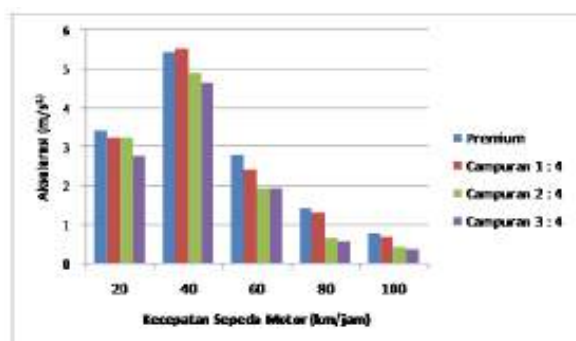
Gambar 4 Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Dari Gambar 3 Grafik Daya yang dihasilkan, terlihat juga campuran minyak plastic – premium dengan perbandingan 1 : 4 menghasilkan daya yang mendekati premium murni dibandingkan variasi campuran lain. Pada putaran 4000 rpm terlihat daya yang dihasilkan campuran minyak plastik – premium dengan perbandingan 1 : 4 menunjukkan nilai yang lebih baik daripada premium murni. Dari grafik tersebut juga terlihat bahwa semakin banyak minyak plastik sebagai bahan campuran maka semakin kecil daya yang dihasilkan.

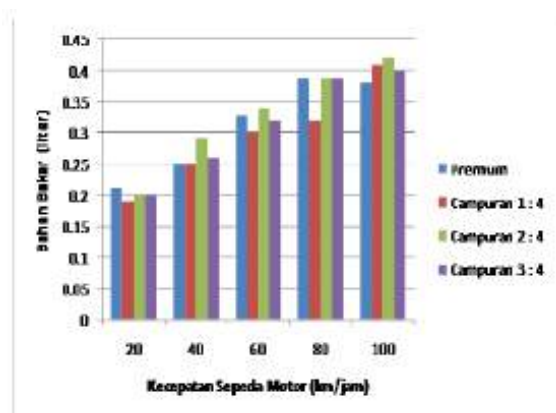
Gambar 4 menunjukkan konsumsi bahan bakar pada campuran minyak plastic – premium dengan perbandingan 2 : 4 dan 3 : 4 jauh lebih besar dibandingkan dengan premium dan campuran 1 : 4. Bahkan pada putaran rendah penggunaan bahan bakar sangat besar apabila dibandingkan daya yang dihasilkan relatif sangat kecil. Hal ini dapat dilihat pada putaran mesin 2000 rpm. Pada campuran 2 : 4 dengan konsumsi bahan bakar spesifik 0,43 kg/jam/kW maka daya yang dihasilkan hanya sebesar 1,02 kW. Pada campuran 3 : 4 dengan konsumsi bahan bakar 0,41 kg/jam/kW maka daya yang dihasilkan hanya 0,98 kW. Sedangkan pada campuran 1 : 4 konsumsi bahan bakar spesifik hampir separuh dari dua campuran lainnya yaitu 0,23 kg/jam mampu menghasilkan daya sebesar 1,56 kW (hampir menghasilkan daya 50% lebih besar).

Data Akselerasi yang Dihasilkan dan Penggunaan Bahan Bakar

Adapun data akselerasi dan penggunaan bahan bakar selama proses pengujian akselerasi, dilakukan pada saat road test atau pada kondisi sepeda motor berjalan menempuh jarak 20 km. Data akselerasi dan konsumsi bahan bakarnya dapat dilihat pada Tabel 4. Berikut ini adalah grafik hasil pengujian.



Gambar 5 Grafik Nilai Akselerasi Uji Road test



Gambar 6 Konsumsi Bahan Bakar pada Uji Road test

Pada uji road test atau pengujian dengan kondisi berjalan, percepatan atau akselerasi seperti pada Gambar 5 terlihat nilai akselerasi pada campuran minyak plastik – premium dengan perbandingan 1 : 4 menghasilkan nilai mendekati premium murni. Terlihat juga bahwa hanya pada kecepatan 40 km/jam nilai akselerasi pada campuran minyak plastik – premium dengan perbandingan 1 : 4 menunjukkan nilai yang lebih besar daripada premium murni

yaitu sebesar 5,52 m/s², sedangkan pada kecepatan lain tidak. Dari grafik tersebut juga terlihat bahwa pada semua variasi bahan bakar, semakin tinggi kecepatan maka semakin kecil nilai akselerasi yang terjadi, namun pada kecepatan 40 km/jam menghasilkan nilai akselerasi lebih besar.

Untuk konsumsi bahan bakar pada saat uji road test ini, terlihat pada Gambar 6, menunjukkan bahwa pada kecepatan 20 km/jam sampai dengan 80 km/jam dengan jarak tempuh 2 km, penggunaan bahan bakar campuran minyak plastik-premium dengan perbandingan 1 : 4 lebih irit dibandingkan premium dan variasi campuran lain. Terutama pada kecepatan 80 km/jam terlihat perbedaan yang cukup signifikan yaitu campuran 1 : 4 hanya menghabiskan bahan bakar sebesar 0,32 liter sedangkan premium dan dua campuran lainnya 0,39 liter.

5 SIMPULAN

Dari penelitian awal yang telah dilakukan disimpulkan bahwa:

1. Pengujian Akselerasi pada campuran 1 : 4 menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan variasi campuran lainnya. Nilai terbesar yaitu 5,52 m/s² terjadi kecepatan 40 km/jam.
2. Pada saat Uji Torsi, konsumsi bahan bakar spesifik pada campurn 1 : 4 lebih irit dibandingkan variasi campuran lainnya dan daya yang dihasilkan lebih besar, terutama pada kecepatan rendah yaitu 0,23 kg/jam/kW dan daya 1,56 kW pada putaran mesin 2000 rpm.
3. Pada saat Uji Berjalan (road test), pada kecepatan rendah dibawah 80 km/jam konsumsi bahan bakar campuran 1 : 4 paling irit apabila dibandingkan dengan premium dan variasi campuran lainnya.
4. Penggunaan minyak plastik sebagai campuran bahan bakar premium akan mempengaruhi prestasi mesin sepeda motor merk-X karena semakin banyak

minyak plastik yang digunakan sebagai campuran premium maka torsi, daya dan akselerasi yang dihasilkan mesin sepeda motor akan semakin kecil. Artinya minyak plastik hanya dapat digunakan sebagai zat aditif bukan

KEPUSTAKAAN

- [1]. Arismunandar, wiranto.(1980). *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Bandung : ITB.
- [2] Santoso Joko, 2010, Uji Sifat minyak plastic Pirolisis dan Uji Perormasi Kompor Berbahan Bakar Minyak Pirolisis dari Sampah Plastik.
- [3] Adityo, Suryo, A.W., 2011. *Studi Sifat Minyak Pirolisis Campuran Sampah Biomassa dan Sampah Plastik Prolypropylene (PP)*. Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [4] Untung surya D dan Irawan D. 2015. Analisa Karakteristik Minyak Plastik Hasil Dua Kali Proses Pirolisis. *Jurnal Turbo*, Vol. 4 No 1. ISSN 2301-6663.
- [5] PT. Artha teknindo – artech, *Mengolah Limbah Plastik Menjadi Energi*.www.artech.co.id , bekaasi. Akses tanggal 22 juni 2013.
- [6] Stephen Turn R. 2000, *An Introduction to Combustion*, second edition, Mc.GrawHill, USA.

Pengaruh Pengisian Pasir dan Lilin terhadap Kualitas Pembentukan Batang Silinder Pipa

¹⁾Aep Surahto, ²⁾Novi Laura & ³⁾Perdi
^{1,2,3)}Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Islam 45
Jl. Cut Meutia no.83 Bekasi 171133
Telp.(021) 8802015, 8801027 Fax. (021) 8801192
Mobile: +081219730243, +089608981656
Homepage: www.unismabekasi.ac.id
Email:surahtorahto@yahoo.com, Novie.laura@gmail.com,
Perdi079Mesin45@gmail.com

Abstract

Iron pipes are widely used in everyday life. At their role will be found a few problems. Based on some of the issues that arise, this research will discuss the problem of cracks. Selection of cracks due to the aftereffect that could result in a loss bebarapa both in terms of material and function. This study addressed the issue of changes in the form of 0.5-inch diameter pipe in the pipe thickness of 1.2 mm and 1.8 mm were exposed to stress (stress) during the bending process. In each pipe treated; without stuffing pipe, a pipe filled with sand and a candle stuffing pipe. In each pipe bend with an angle of 90 °. After that, the pipe is cut to determine the condition of each pipe bends. The test results in getting that on the pipe diameter of 1.2 mm change very drastically and the elbow pipe diameter of 1.8 mm changes are not too drastic changes shape. The thickness of the pipe will influence changes in the results of elbow pipe diameter, the thicker the better the pipe diameter.

Keywords: *bending pipe, sand, wax*

1 PENDAHULUAN

Pipa besi banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Berdasarkan kegunaannya pipa akan banyak ditemukan berbagai macam masalah, seperti masalah: kelelahan (fatigue), korosi (corrosion), dan keretakan (crack). Dari ketiga jenis yang biasa di alami pipa, maka keretakan menjadi persoalan yang sangat diperhatikan karena efek lanjutan dari keretakan ini bisa mengakibatkan bebarapa kerugian baik dari segi material dan fungsinya.

Kekuatan pipa menjadi berkurang karena retak (crack), kekuatan pipamenurun akibat korelasi penambahan panjang keretakan sampai pipa tidak dapat lagi menahan beban (statis dan dinamis) yang diberikan. Seperti pipa yang terinstal pada sambungan angina/gas mempunyai peluang besar terjadi keretakan (crack). Hal ini bisa terjadi karena adanya

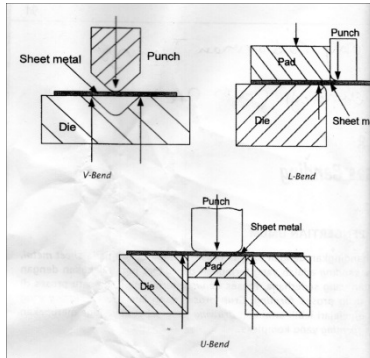
tekanan operasional yang tinggi dan adanya korosi yang diikuti oleh tekanan (hydrostatic pressure) pada pipa yang dikenal dengan istilah *Stress Corrosion Cracking* (SCC). Mengingat begitu besarnya biaya dalam perbaikan pipa terlebih pada keretakan, maka dalam perancangan awal perlu dilakukan analisa mengenai tingkat keretakan pada pipa.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Bending

Proses *bending* adalah proses pembengkokan atau penekukan. Gaya-gaya yang terjadi pada proses *bending* saling berlawanan arah, sama seperti pada proses cutting. Pada proses *bending*, stress hanya terjadi pada bagian radius yang membentuk, sedangkan pada bagian yang rata tidak terjadi stress. Material pada bagian luar radius tertarik dan

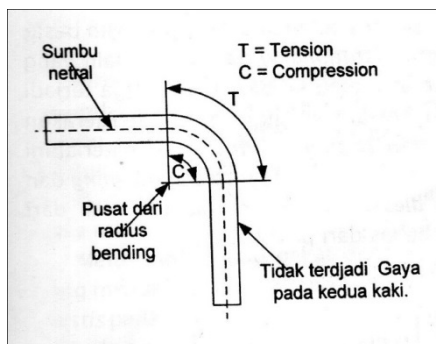
mulur, sedangkan pada radius bagian dalam terjadi sebaliknya yaitu *compression-stress*. Karena itu, bila terjadi kerusakan proses, maka pada radius bagian luar akan terjadi *crack* dan kerutuan pada radius bagian dalam.



Gambar 1 Gaya-gaya yang bekerja pada proses bending
(Sumber: Rony Sudarman Theryo, 2009)

2.2 Sumbu Netral (*Neutral Axis*)

Karena radius sheet metal bagian luar terjadi gaya tarik dan pada bagian dalam terjadi gaya tekan, maka akan ada daerah pertemuan yang tidak ada gaya tarik ataupun gaya tekan. Titik-titik tersebut bila disambung akan menjadi garis yang disebut sumbu netral (*neutral axis*). Walaupun namanya sumbu netral, tetapi tidak selalu berada tepat di tengah-tengah antara kedua sisi. Karena panjang dari sumbu netral masih tetap sama dengan panjang material aslinya, maka dipakai untuk perhitungan panjangnya material bukaan (*development material*).

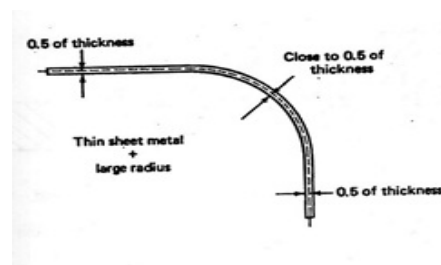


Gambar 2 Gaya-gaya tarik dan tekan pada proses bending
(Sumber: Rony Sudarman Theryo, 2009)

Beberapa hal yang mempengaruhi letak sumbu netral tersebut antara lain sebagai berikut:

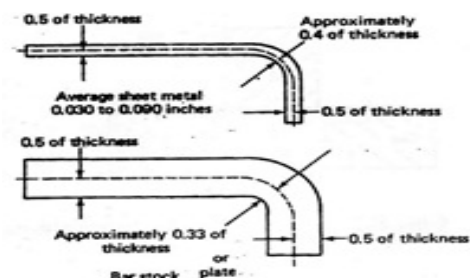
- Bila tebal material sama dan *bending radius* mengecil, maka sumbu netral akan bergerak kedalam.
- Bila *bending radius* sama dan tebal material bertambah, maka sumbu netral akan bergerak kedalam.
- Bila *bending radius* dan tebal material sama dan sudut bengkok (*degree of bend*) bertambah, maka sumbu netral akan bergerak kedalam.

Hal-hal tersebut diatas sering kali akan menyebabkan melesetnya perhitungan *blank development*, sehingga masih perlu adanya perubahan-perubahan setelah trial.



Gambar 3 Radius yang relatif besar pada proses bending

(Sumber: Rony Sudarman Theryo, 2009)

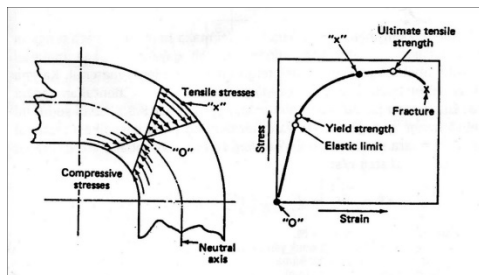


Gambar 4 Radius yang relative kecil pada material yang relative tebal

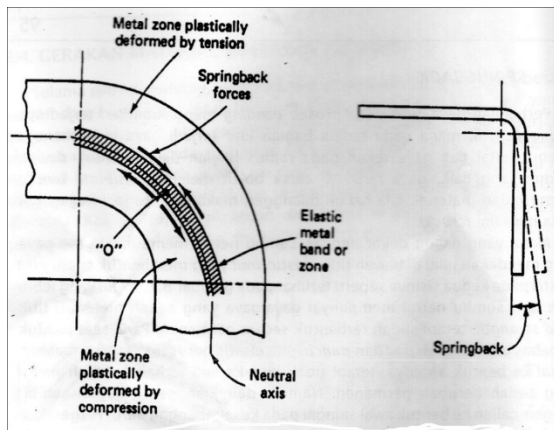
(Sumber: Rony Sudarman Theryo, 2009)

2.3 Springback

Perbedaan gaya-gaya pada proses *bending* mengakibatkan terjadinya *springback*, dimana pada radius bagian luar terjadi gaya tarik menuju sumbu netral dan gaya tekan pada radius bagian dalam. Untuk design produk yang baik, gaya tarik tidak boleh melebihi *ultimate tensile strength* dari material. Bila hal ini dilanggar, maka akan terjadi kegagalan pada material (*crack*).



Gambar 5 Changing stress pattern in a bend
(Sumber: Rony Sudarman Theryo, 2009)



Gambar 6 Springback forces

(Sumber: Rony Sudarman Theryo, 2009)

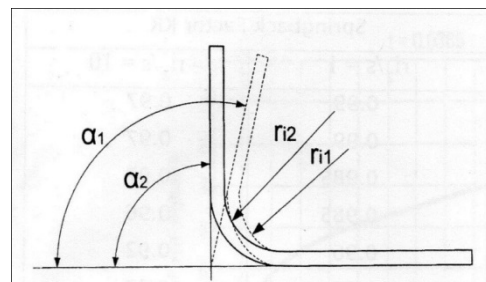
Bila kita akan memancang bedning die, maka perlu memperhitungkan factor springback yang akan terjadi setelah gaya-gaya pada material (produk) dibebaskan. Springback tergantung pada jenis material. Karena adanya springback, sudut die α_1 tidak akan menentukan secara tepat sudut pada produk yang di inginkan α_2 .

Rasio sudut ini disebut factor springback KR, yang tergantung pada spesifikasi material (*sheet metal thickness*) atau r/s:

$$KR = \frac{\alpha_1 \alpha_1}{\alpha_2 \alpha_2} = \frac{r_{i1} + 0,5 \cdot s}{r_{i2} + 0,5 \cdot s} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

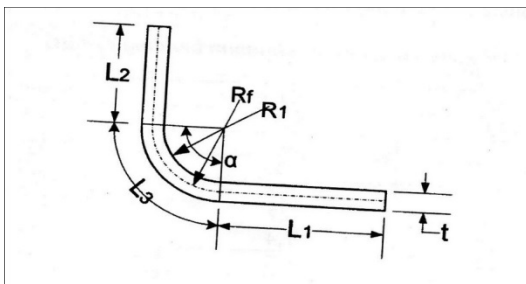
- α_1 = Sudut dari die (°)
- α_2 = Sudut dari produk yang diinginkan (°)
- s = Tebal material (mm)
- r_{i1} = Punch radius (mm)
- r_{i2} = Radius dalam dari produk (mm)



Gambar 7 Elastic recovery after bending
(Sumber: Rony Sudarman Theryo, 2009)

2.4 Bending untuk Round Bar dan Pipa

Berbagai rumus di kembangkan untuk menghitung panjangnya bukaan suatu produk sheet metal sebelum proses *bending*. Namun semua perhitungan tentunya merupakan pendekatan, yang masih tergantung dari banyak faktor-faktor yang lain, misalnya ketelitian proses pemesinan dari punch maupun die. Pada rumus perhitungan berikut ini sering di pakai untuk menghitung panjang bukaan pipa maupun besi pejal bulat (round bar), tetapi dapat juga dipakai untuk menghitung bukaan sheet metal.



Gambar 8 Mengetahui Panjang Bukaian L

Bukaian (L) = L + L₁ + L₂ + L₃..... (2)

Panjang L₃ = $\frac{R_f \times \pi \times \alpha}{180} - R_1 \times \frac{\pi \times \alpha}{180}$ (3)

Harga dari x, $\alpha = 0^\circ \sim 30^\circ$, maka x = s/2

Apabila $\alpha = 30^\circ \sim 120^\circ$, maka x = s/3

Apabila $\alpha = 120^\circ \sim 180^\circ$, maka x = s/4

Keterangan:

L₁ dan L₂ = Panjang kaki yang tidak mengalami perubahan (mm)

L₃ = Panjang kaki yang mengalami perubahan (mm)

S = Tebal sheet metal, round bar atau pipa (mm)

R₁ = Radius dalam (mm)

X = Nilai sumbu netral setelah proses *bending* (mm)

R_f = R₁ + (mm)

α = Sudut *bending* (°)

2.5.1 Minimum Bending Radius

Agar supaya hasil *bending* tidak sobek ataupun berkerut maka setiap kali merencanakan proses *bending* harus selalu memperhatikan minimum *bending* radius. Untuk mencari minimum *bending* radius dapat mempergunakan rumus berikut ini.

Minimum *bending* radius (R min) = c x s (3)

Keterangan:

S = Tebal sheet metal, round bar atau pipa (mm)

C = Nilai konstan tergantung dari jenis material

Table 1 Nilai konstan c, untuk minimum *bending* radius

Material	Nilai c	R min
ST 37 / ST 50	0,5	0,5 s
Copper	0,25	0,25 s
Brass	0,35	0,35 s
Bronze	1,2	1,2 s
Aluminium (murni)	0,7	0,7 s
Aluminium MG	1,4	1,4 s
Aluminium SI MG	2,5	2,5 s

2.5.2 Bending Radius Khusus untuk Pipa

Untuk kebutuhan produksi masal, maka proses *bending* menggunakan mesin bender, tetapi untuk kebutuhan produksi yang tidak terlalu banyak masih banyak menggunakan hand bender, yang tentu saja biaya untuk membuat tool dan proses produksinya lebih murah. Untuk mencegah agar hasil *bending* pipa tidak pecah atau berkerut, maka pipa dapat diisi dengan pasir. Tetapi yang paling praktis tentu saja proses *bending* tanpa diisi pasir, namun harus selalu memperhatikan minimum *bending* radius yang diizinkan untuk berbagai diameter pipa.

Table 2 Minimum radius untuk pipa air

Water pipe (pipa air)	Radius min
WP 1/2" (Ø 22) Ø 22	65 mm
WP 3/4" (Ø 27) Ø 27	90 mm
WP 1" (Ø 33) Ø 33	120 mm

Table 3 Minimum bending radius untuk pipa listrik

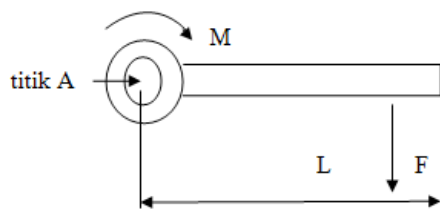
Electric pipe (pipa listrik)	Radius min
EP $5/8 \times 5/8$ " ($\varnothing 16$) $\varnothing 16$)	65 mm
EP $3/4 \times 3/4$ " ($\varnothing 19$) $\varnothing 19$)	90 mm
EP 1" ($\varnothing 25$) $\varnothing 25$)	

2.6 Karakteristik Baja St 37 (AISI 1045)

Baja St 37 adalah baja karbon sedang yang setara dengan AISI 1045, dengan komposisi kimia Karbon : 0.5 %, Mangan : 0.8 %, Silikon : 0.3 % ditambah unsure lainnya. Dengan kekerasan ± 170 HB dan kekuatan tarik 650 - 800 N/mm². Secara umum baja St 37 dapat digunakan langsung tanpa mengalami perlakuan panas, kecuali jika diperlukan pemakaian khusus. St 37 adalah salah satu baja yang dihasilkan untuk pembuatan berbagai komponen permesinan dan konstruksi.

2.7 Momen Gaya

Momen ialah hasil kali gaya terhadap jarak dari titik tersebut sampai ke garis kerja gaya. Apabila momen bekerja ke arah kanan (searah dengan jarum jam) maka dinamakan momen positif (+), sebaliknya apabila momen bekerja berlawanan arah jarum jam maka momen tersebut dinamakan momen negative (-).



Gambar 9 Skema Momen Sederhana

Karena gerakan gaya itu memutar maka momen gaya tersebut besarnya sama dengan besar

gaya yang dikalikan dengan jarak . Maka besar momen yang terjadi adalah :

$$M = F \times L \dots\dots\dots (4)$$

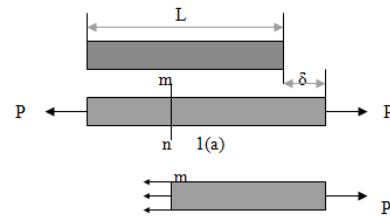
Dimana M : Momen gaya (N/ cm, kgf.cm)
 F : Gaya (kg)
 L : Panjang Lengan (cm)

2.8 Analisa Tegangan

2.8.1 Tegangan Normal

Konsep dasar dari tegangan dapat dilakukan dengan meninjau batang prismatic (*prismatic bar*) yang di bebani dengan gaya-gaya aksial (P) pada setiap ujung-ujungnya. Batang prismatic adalah batang lurus yang memiliki penampang yang sama pada keseluruhan panjangnya.

Gaya-gaya aksial menimbulkan tarikan sama rata pada batang sehingga batang mengalami tegangan tarik (*tension stress*).



Gambar 10 Batang Prismatic yang Mengalami Tarik

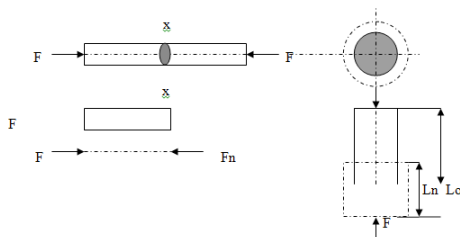
Dengan menganalisa tegangan internal yang ditimbulkan oleh gaya aksial maka dibuat suatu irisan mn, irisan ini dikenal sebagai suatu penampang (cross section). Beban tarik (P) bekerja pada ujung batang, sementara pada bagian lain bekerja yang menyatakan gaya aksi dari bagian batang yang dipisahkan. Tegangan terdistribusi secara merata pada gambar 10 bahwa resultannya sama dengan intensitas (σ) kali luas penampang A, resultan ini besarnya sama dengan beban P yang di kenakan tetapi arahnya berbeda, maka di peroleh

$$\sigma \text{ tarik} = \frac{P}{A} \sigma \text{ tarik} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana
 σ : tegangan yang terjadi pada penampang(kgf/cm²)
 P : gaya pada penampang batang (kg/cm)
 A: luas penampang batang (cm²)

2.8.2 Tegangan Tekan

Pembebanan tekan merupakan kebalikan dari pembebanan tarik, maka tegangan tekan tekan juga merupakan tegangan tarik. Pembebanan tekan terjadi apabila gaya luar bekerja sejajar dengan sumbu batang ke arah batang tersebut. Akibat beban tekan tersebut , penampang batang akan bertambah pendek dan terjadi pembesaran penampang. Bila batang tidak mampu menahan beban tekan tersebut maka batang akan rusak atau pecah.



Gambar 11 Batang yang Mengalami Pembebanan Tekan

Gaya dalam (Fn) benda itu menahan pengaruh gaya luar, makin besar luas penampangnya makin besar pula kekuatan benda itu. Untuk mengetahui besar tegangan yang terjadi maka dapat di ketahu dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma \text{ tekan} = F / A \dots\dots\dots(6)$$

Dimana
 σ : tegangan tekan yang terjadi pada penampang (kgf/cm²)
 F : gaya pada penampang batang (kg/cm)
 A: luas penampang batang (cm)

2.8.3 Deformasi Plastis

Proses perubahan bentuk yang terjadi diakibatkan dari tegangan yang melampaui kekuatan dari bahan tersebut sehingga mengakibatkan penampang/permukaan bahan mengalami tarikan atau tekukan permukaan bagian luar mengalami perpanjangan dan permukaan pada bagian dalam terjadi tekukan akibat tarikan/gaya yang bekerja pada bahan tersebut. Deformasi plastis inilah yang terjadi pada proses penekukan pipa, karena pipa mengalami gaya tarik yang bekerja memutar pada sebuah titik sumbu.

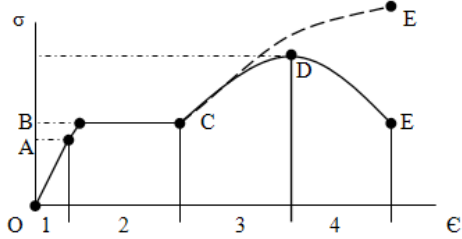
2.8.4 Hukum Hooke

Apabila beban yang dikenakan pada suatu batang sebelum melampaui batas proposionalnya maka akan berlaku ketentuan sebagai berikut:

1. Perpanjangan atau perpendekan akan berbanding lurus dengan beban dan panjang semula, tetapi berbanding terbalik dengan penampangnya.
2. Perubahan memanjang dari sebuah batang berbanding lurus dengan beban dan panjang semula, tetapi berbanding terbalik dengan modulus kenyal.

2.8.4 Diagram Tegangan dan Regangan

Apabila batang dalam pemakaian pada konstruksi dibebani gaya luar melebihi kekuatan bahan itu sendiri maka bahan akan mengalami kerusakan seperti memanjang, memendek, melengkung, bahkan patah atau pecah. Tegangan yang terjadi pada beban maksimum merupakan batas tegangan patah. Tegangan patah adalah beban maksimum yang menyebabkan patah dan dibagi dengan luas penampang batang.



Gambar 12 Diagram Tegangan Regangan

Keterangan :

- A: Batas sebanding 1 : Daerah linear
- B: Tegangan leleh 2 : Plastisitas sempurna
- C: Tegangan leleh 3 : Perkuatan regangan
- D: Tegangan batas 4 : Konstruksi luas
- E: Putus

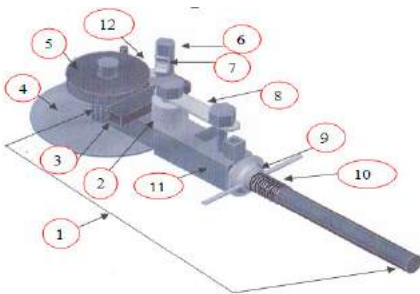
3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini langkah-langkah penelitian mengacu pada diagram alir pada gambar berikut:



1.2 Konstruksi dan Bagian Alat Penekuk Pipa



Gambar 13 Konstruksi Alat Penekuk Pipa

Keterangan :

- 1. Lengan momen 7. Stoper
- 2. Roll 8. Plat Penyangga
- 3. Dies Dinamis 9. Penahan Rumah Roll
- 4. Plat Landasan 10. Ulir Penahan
- 5. Dies Statis 11. Rumah Roll
- 6. Batang Stoper 12. Dudukan Stoper



Gambar 14 Penekuk Pipa

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bagian ini dibahas mengenai bagaimana hasil proses *bending* yang sudah dilakukan.

1.1 Data Hasil Pengujian pada Pipa Ø1,27 cm dengan Ketebalan 0,12 cm



Gambar 15 Pipa Standar



Gambar 16 Pipa Diisi dengan Lilin



Gambar 19 Pipa Diisi dengan Lilin



Gambar 17 Pipa Diisi dengan Pasir



Gambar 20 Pipa Diisi dengan Pasir

1.2 Data Hasil Pengujian pada Pipa Ø1,27 cm dengan Ketebalan 0,18 cm



Gambar 18 Pipa Standar

Dari gambar diatas maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada percobaan pertama yang menggunakan pipa standar atau kosong dengan ketebalan pipa 1,2 mm hasil *bending* yang diperoleh tidak bagus, pada bengkokan mengalami perubahan diameter dan radius dalam *bending* mengalami pengkerutan.
2. Pada percobaan kedua yang menggunakan pipa diisi dengan lilin dengan ketebalan pipa 1,2 mm hasil *bending* yang dihasilkan lebih lembut dan pada bengkokan tidak terlalu mengalami perubahan diameter pada bengkokan pipa.
3. Pada percobaan ketiga yang menggunakan pipa diisi dengan pasir dengan ketebalan

yang sama 1,2 mm hasil *bending* yang dihasilkan lebih bagus tidak terlalu mengalami perubahan diameter pada bengkokan pipa.

4. Pada percobaan keempat yang menggunakan pipa standar atau kosong dengan ketebalan pipa 1,8 mm hasil *bending* yang dihasilkan lebih bagus dibandingkan dengan pipa standar dengan ketebalan 1,2 mm.
5. Pada percobaan kelima yang menggunakan pipa diisi dengan lilin dengan ketebalan pipa 1,8 mm hasil *bending* yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan ketebalan pipa 1,2 mm.
6. Pada percobaan keenam yang menggunakan pipa diisi dengan pasir dengan ketebalan 1,8 mm hasil *bending* yang dihasilkan jauh lebih bagus dan hampir mendekati sempurna.

5 SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian maka dapat diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari tekukan tidak terjadi retakan pada permukaan bengkokan pipa hanya saja terjadinya perubahan diameter pada bengkokan pipa. Diameter awal pipa sebelum di bengkokan 22,20 mm setelah di bengkokan diameter pipa 1,2 mm mendapatkan diameter actual sumbu x 18,54 mm dan actual sumbu y 24,64 mm, dan pada pipa 1,8 mm diameter actual yang didapat pada diameter actual sumbu x 18,90 mm dan diameter actual sumbu y 24,48.
2. Pengisian lilin dan pasir sangat berpengaruh terhadap hasil *bending* pipa, dari hasil pengujian yang telah penulis lakukan pipa dengan ketebalan 1,2 mm lebih pas dengan melakukan pengisian

lilin pada saat proses *bending*nya, dan pipa ketebalan 1,8 mm lebih pas dengan melakukan pengisian pasir pada saat proses *bending*.

3. Semakin tebalnya ketebalan pipa maka hasil bengkokan yang dihasilkan setelah proses *bending* akan semakin bagus.

KEPUSTAKAAN

- [1] Rony Sudarman Thenyo, Teknologi Press Diess. Proses *Bending*
- [2] Syarifudin, Rancang Bangun Alat Penekuk Pipa. Fakultas Teknik Universitas Islam 45 Bekasi.(2011)
- [3] <http://arissulistyo.blogspot.com/2014/05/proses-bending-plat.html>
- [4] Pranowo Sidi, M.Thoriq Wahyud., Analisis Kekerasan Pada Pipa Yang Dibengkokan Akibat Pemanasan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.(2012).
- [5] <http://www.idpipe.com/2014/10/tabel-nominal-pipe-size-dan-pipe-schedule.html>
- [6] <http://petraelang.blogspot.co.id/2014/01/ndt-non-destructive-test-dye-penetrant.html>

Uji Mekanik Material Struktur Aluminium Tangki Reaktor untuk Menentukan Keandalan Operasionalnya

Pancatutva Hesti Gunawan¹⁾&Sriyono²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Prof.DR.HAMKA

Jl. Tanah Merdeka no. 6 Rambutan Ciracas Jakarta Timur DKI Jakarta 13830

Telp. +62-21- 87782739 Fax. +62-21-87782739 Mobile +6281317328008

Website: www.uhamka.ac.id, E-mail: info@ftuhamka.ac.id

E-mail: GNWN98@gmail.com

²⁾Pusat Teknologi Keselamatan dan Reaktor Nuklir (PTKRN),

Kawasan PUSPIPTEK Serpong Gedung 80, Setu, Tangerang Selatan 15310

Telp. (021) 756-0912 Fax. (021) 756-0913 Email : ptkrn@batan.go.id

Abstrak

Keandalan tangki reaktor kimia ditentukan oleh bahan struktur aluminium yang digunakan. Untuk mengetahui keandalan bahan struktur dilakukanlah pengujian mekanik antara lain dengan: uji tarik, uji metalografi, dan uji kekerasan (Brinell). Uji tarik dapat digunakan untuk mengetahui sifat mekanik bahan, parameter yang berpengaruh dalam pengujian tarik adalah beban tarik dan luas penampang awal spesimen uji. Beberapa sifat mekanis bahan yang akan diperoleh dari uji tarik adalah: kekuatan mulur, kekuatan tarik, kekuatan putus, keuletan dan ketangguhan. Pengujian metalografi untuk mengetahui kondisi logam aluminium dilihat dari strukturnya menggunakan mikroskop. Uji kekerasan untuk mengetahui ketahanan bahan dari deformasi plastis, bila diberikan beban/gaya dari luar. Pada metode Brinell harga kekerasan didapat melalui pengukuran jejak bekas yang dimasukkan dalam rumus masing-masing. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui kekuatan bahan aluminium dan menentukan kemampuannya terhadap beban kerja. Rata-rata nilai elongasi pemuluran spesimen aluminium adalah 11,26%. Berdasarkan standar ASTM maka spesimen aluminium masih memenuhi rentang nilai elongasi pemuluran <15%. Berdasarkan hasil metalografi yang dilakukan dapat diketahui bahwa tidak ditemukan adanya cacat pada permukaan, sehingga material masih layak digunakan. Kedua nilai Hb menunjukkan bahwa aluminium yang digunakan masih dalam rentang yang sangat baik. Berdasarkan standar ASTM nilai ini masih dalam rentang > 700 N/mm. Dapat dikatakan bahwa material ini masih cukup layak digunakan sehingga tangki tetap dapat bekerja dengan aman.

Kata kunci : pengujian, mekanik, bahan, struktur, aluminium

1 PENDAHULUAN

Proses produksi merupakan proses yang sangat penting dalam industri termasuk pengoperasian tangki reaktor kima. Produksi yang lancar akan didukung oleh tangki yang handal. Keandalan tangki salah satunya ditentukan oleh bahan struktur yang digunakan. Sifat mekanis bahan adalah salah satu sifat bahan yang sangat perlu diketahui untuk mendesain suatu konstruksi. Dengan mengetahui sifat mekanis bahan, maka proses pemilihan bahan dapat dilakukan dengan tepat dan optimal

ditinjau dari aspek teknik, keamanan dan ekonomi. Sehingga data-data mengenai sifat mekanis harus menjadi acuan di dalam pemilihan bahan disain. Beberapa kondisi pembebanan seperti : tarik, tekan, lengkung, puntir, geser, kejut dan gesekan baik pada keadaan statis maupun dinamis harus dapat dipenuhi oleh sifat mekanis bahan yang dipakai untuk mengetahui bahwa bahan tahan terhadap kondisi pembebanan tersebut, maka diperlukan beberapa pengujian mekanis yang hasilnya dapat memberikan informasi yang mewakili persyaratan bahan yang dipakai dalam suatu konstruksi [1].

Konsep keandalan merupakan konsep statistik dan probabilistik, oleh karena itu peninjauannya didasarkan pada pengalaman operasi sebelumnya. Dengan data operasi ini akan terlihat tingkat keandalan komponen yang dipakai. Sebagaimana sifat statistik, keakuratan analisis ditentukan oleh jumlah data yang terkumpul, semakin besar jumlah data semakin akurat hasil analisis. Untuk menganalisis keandalan komponen-komponen yang dipakai pada tangki, dilakukan pengujian mekanik terhadap bahan struktur tangki tersebut. Pengujian mekanik yang dilakukan adalah antara lain : pengujian tarik, pengujian metalografi, dan pengujian kekerasan (*Brinell*) berdasarkan ASTM (*American Society for Testing and Materials*) E 10-1984 [2]. Tujuan pengujian bahan struktur tangki reaktor ini adalah:

1. Pengujian dengan uji tarik dapat digunakan untuk mengetahui sifat mekanik bahan, parameter yang berpengaruh dalam pengujian tarik adalah beban tarik dan luas penampang awal spesimen uji. Beberapa sifat mekanis bahan yang akan diperoleh dan pengujian tarik adalah: Kekuatan Mulur, Kekuatan Tarik, Kekuatan Putus, Keuletan dan Ketangguhan.
2. Pengujian metalografi digunakan untuk mengetahui keadaan atau kondisi suatu logam aluminium ditinjau dari strukturnya dengan menggunakan mikroskop. Serta dapat digunakan sebagai salah satu sarana untuk mengetahui kerusakan suatu komponen.
3. Pengujian dengan uji kekerasan dapat mengetahui ketahanan bahan dari deformasi plastis, bila diberikan beban/gaya dari luar. Pada metode *Brinell* harga kekerasan didapat melalui pengukuran jejak bekas yang dimasukkan dalam rumus masing-masing.

2 DASAR TEORI

2.1 Pengujian Mekanik

Sifat mekanis bahan adalah salah satu sifat bahan yang sangat perlu diketahui untuk mendesain suatu konstruksi. Dengan mengetahui sifat mekanis bahan, maka proses pemilihan bahan dapat dilakukan dengan tepat dan optimal ditinjau dari aspek teknik, keamanan dan ekonomi. Sehingga data-data mengenai sifat mekanis harus menjadi acuan di dalam pemilihan bahan disain. Beberapa kondisi pembebanan seperti : tarik, tekan, lengkung, puntir, geser, kejut dan gesekan baik pada keadaan statis maupun dinamis harus dapat dipenuhi oleh sifat mekanis bahan yang dipakai untuk mengetahui bahwa bahan tahan terhadap kondisi pembebanan tersebut, maka diperlukan beberapa pengujian mekanis yang hasilnya dapat memberikan informasi yang mewakili persyaratan bahan yang dipakai dalam suatu konstruksi. Beberapa jenis pengujian mekanis bahan dikelompokkan sebagai pengujian mekanik dasar meliputi pengujian tarik (*tensile test*), pengujian kekerasan (*hardness test*), pengujian dampak (*impact test*) dan pengujian mekanik lanjut meliputi pengujian fatik (*fatigue test*), pengujian mulur (*creep test*), pengujian fraktur (*fracture test*), dan pengujian keausan (*wear test*) [3,4].

Kebutuhan akan jenis-jenis pengujian mekanis tersebut tergantung pada persyaratan desain bahan dipilih, yang dianggap akan mewakili kondisi servis yang akan dialami bahan. Pada umumnya sifat mekanis dasar merupakan persyaratan minimal yang harus dipenuhi disamping sifat mekanis lanjut yang pada kondisi-kondisi khusus tertentu disyaratkan.

2.2 Uji Rusak atau *Destructive Testing*

Destructive testing adalah salah satu teknik untuk memeriksa suatu material logam pada suatu komponen tertentu dengan prinsip merusak,

yang nantinya akan dapat diketahui kekuatan atau kehandalan suatu logam tersebut sewaktu mengalami pengujian tarik dan pengujian kekerasan [5,6].

Metode uji rusak (*destructive testing*) meliputi:

1. Uji mekanis (tarik, tekan, bending, *impact creep*).
2. Uji kekerasan (*Brinell ASTM E 10 - 1984, Vickers ASTM E 384 - 1989, Rockwell ASTM E 18 - 1992*)

Tujuan dari pada metode uji rusak (*destructive testing*) adalah untuk mengetahui beberapa sifat mekanik bahan melalui beban tarik, untuk mengetahui kekuatan atau ketahanan bahan terhadap beban *impact*/pukul, untuk mengetahui bahan dari deformasi plastis pada uji kekerasan serta untuk melihat pengaruh penekukan (*bending*) terhadap keuletan (*ductility*) dan kemulusan (*soundness*) bahan logam.

2.3 Pengujian Tarik atau *Tensile Test*

Jika suatu bahan diberi beban tarik dengan arah tegak lurus luas penampang maka pada penampang bahan akan bekerja tegangan-regangan. Hubungan tegangan-tegangan berdasarkan *hukum HOOKE*. Tujuan pengujian tarik adalah untuk mengetahui beberapa sifat mekanis bahan melalui beban tarik. Pengujian dilakukan terhadap bahan logam yang telah dipreparasi untuk menjadi spesimen uji tarik, bentuk dan ukuran spesimen dibuat sesuai dengan standart tertentu seperti: ASTM, JIS, SII, DIN, BS dan sebagainya. Spesimen standart tersebut ditarik dengan beban/gaya kontinue yang semakin tinggi (dikontrol) sampai spesimen putus. Selama penarikan diperlihatkan dengan kurva tegangan-regangan [7,8].

2.3.1 Kekuatan Mulur

Kekuatan mulur adalah tegangan pada bahan yang memperlihatkan batas deviasi tertentu dari proporsional antara tegangan dan regangan. Harga kekuatan mulur didapat dengan metode *offset*. Garis

offset diambil 0,2% dari sumbu regangan. Sedangkan besarnya tegangan ditentukan oleh perpotongan garis PC dengan kurva tegangan-regangan (titik C). garis PC diperoleh dari titik 0,2% regangan (P) dan sejajar garis OA. Kekuatan mulur diperoleh dengan menarik garis dari titik C, sejajar sumbu X yang memotong sumbu Y maka diperoleh 0,2.

2.3.2 Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik adalah tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh bahan yang dihitung dengan cara membagi beban maksimum (titik D) dengan luas penampang awal (A_0).

2.3.3 Kekuatan Putus

Kekuatan putus adalah kekuatan bahan pada sesaat sebelum putus (pada titik E), yang diperoleh dengan membagi beban pada waktu putus dengan luas penampang awal. Dapat dilihat bahwa kekuatan putus lebih rendah dari pada kekuatan tarik. Hal ini dikarenakan terjadinya pengecilan penampang spesimen (*necking*).

2.3.4 Keuletan

Keuletan adalah kemampuan bahan untuk berdeformasi plastis sebelum putus, sesuai dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Elongasi (\%)} = \frac{L_f - b}{b} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{RA (\%)} = \frac{A_f - A}{A} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Ada dua cara untuk mengukur keuletan bahan yaitu dengan elongasi (perpanjangan) dan reduksi luas penampang, dengan L_0 = panjang awal, L_f = Panjang akhir, A_0 = Luas Penampang awal, A_f = Luas Penampang akhir.

2.3.5 Ketangguhan

Ketangguhan adalah sifat mekanis bahan yang merupakan kemampuannya untuk menyerap energi sampai spesimen patah. Ketangguhan diperoleh dari perhitungan luas daerah dibawah kurva tegangan - regangan.

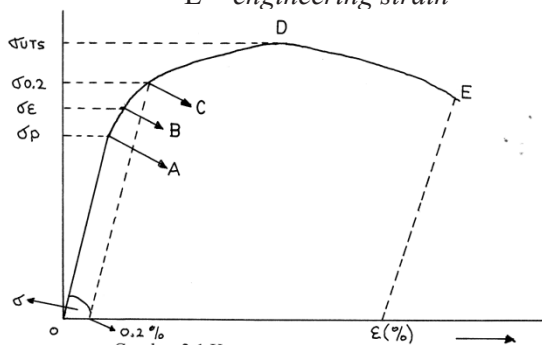
2.3.6 True Stress-True Strain

True stress diperoleh dari pembagian beban dengan luas penampang saat pembebanan berlangsung. Sedangkan true strain didapat dari hasil pengukuran perubahan panjang dibagi panjang yang saat itu terjadi. Kurva tegangan dan regangan ditunjukkan pada Gambar 1.

$$\sigma = P / A (e + 1) = S (e + 1) \dots\dots\dots(3)$$

$$\epsilon = \ln (e + 1) \dots\dots\dots(4)$$

Dimana σ = true stress
 ϵ = true strain
 S = engineering stress
 E = engineering strain



Gambar 1 Kurva tegangan-regangan [9]

Hukum Hooke

$$\sigma = E \times \epsilon \dots\dots\dots(5)$$

Dimana σ = tegangan(Kg/mm)
 ϵ = regangan (%)
 E = Modulus Young
 (konstanta yang tergantung pada bahan)
 OA = daerah elastis
 A = batas proporsional
 B = batas elastisitas
 C = batas mulur
 D = batas kekuatantari maksimum

2.4 Metalografi

Metalografi adalah suatu cabang ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan struktur dan keadaan, serta hubungannya dengan sifat-sifat logam dan paduannya. Tujuan utama pengujian metalografi adalah untuk mengetahui keadaan/

kondisi suatu logam dan paduannya ditinjau dari strukturnya dengan menggunakan mikroskop. Dengan pengujian metalografi, dapat diketahui kondisi suatu logam/paduannya (ulet/rapuh), geometri kristal, susunan atom dan lain-lain. Serta dapat digunakan sebagai salah satu sarana untuk mengetahui kerusakan kegagalan suatu komponen. Ruang lingkup yang dibahas hanya mencakup dasar-dasar metalografi yang menggunakan berkas kasat mata (terlihat mata). Oleh karena itu disebut juga metalografi cahaya kasat mata atau metalografi optik. Peralatan yang umum digunakan untuk kegiatan metalografi sebagai berikut:

1. Mesin Gerinda ukuran 100 - 1200 grid untuk meratakan dan menghaluskan.
2. Mesin poles ukuran 600 - 1200 grid untuk menghaluskan
3. Mikroskop optik ukuran 1000X untuk mengetahui struktur mikro dan makro

2.4.1 Tahapan Pelaksanaan Metalografi

A. Pembersihan

Setelah sampel dipotong, kemudian sampel dibersihkan dengan cairan alkohol 99%. Dikenal dua istilah pembersihan, yaitu bersih fisik dan bersih kimia. Bersih fisik artinya sampel terbebas dari kotoran padat, debris dan tunak. Bersih kimia artinya sampel terbebas dari kontaminasi. Metode pembersihan yang paling efektif digunakan adalah ultrasonic cleaner.

B. Mounting

Mounting diperlukan untuk persiapan sampel metalografi yang ukurannya kecil sehingga tidak memungkinkan untuk dipegang. Kegunaan mounting selain untuk memudahkan penanganan juga untuk melindungi bagian (sisi) sampel yang tajam, lunak, rapuh dan porous. ukuran standart diameter mounting yang biasa digunakan berkisar antara 25 mm, 32 mm dan 38 mm, dengan ketebalan mounting setengah dari diameternya. Metode mounting yang lazim digunakan adalah mounting

dingin (*cool mounting*) dengan bahan *mountingnya acrylic, epoksi dan poliester*.

C. Gerinda dan Ampelas

Pada tahap ini mula mula permukaan sampel digerinda dan diampelas dengan kertas ampelas grid 400, 600, 800 dan 1000. Tujuan gerinda dan ampelas untuk mendapatkan kondisi permukaan sampel yang rata, datar dan halus. Proses gerinda dan ampelas dilakukan dalam keadaan basah (dialiri air) dengan tujuan selain untuk menghindari/mengurangi terjadinya kerusakan sampel juga berfungsi untuk menghayutkan debris (serbuk logam) hasil gerinda dan ampelas. Arah ampelas harus diubah $45^\circ - 90^\circ$ sebelum meningkat ke tingkat kehalusan berikutnya. Setiap proses gerinda dan ampelas akan meninggalkan goresan, kedalaman goresan akan berkurang dengan meningkatnya kehalusan kertas gerinda dan ampelas.

D. Poles Mekanik

Dikenal dua macam poles yaitu poles mekanik dan poles elektrolitik (elektro poles). Poles mekanik biasa digunakan untuk persiapan sampel dari baja karbon. Poles elektrolitik biasa digunakan untuk persiapan sampel dari baja tahan karat (*stainless steel*), dengan poles elektrolitik lapisan bekas pengerjaan mekanik akibat pemotongan gerinda dan ampelas dapat dihilangkan. Hasil akhir poles adalah suatu permukaan yang datar, halus dan mengkilap seperti cermin yang dinamakan "permukaan poles". Pada bagian ini hanya dibahas poles mekanik. Tahapan poles mekanik adalah:

1. Poles kasar tujuan adalah untuk menghilangkan segala goresan akibat proses pengampelasan. Pada umumnya poles kasar dilakukan dengan tangan, menggunakan partikel poles alumina atau intan dengan ukuran partikel antara $2\mu\text{m}$ dan $7\mu\text{m}$ dengan kecepatan putar piringan berkisar antara 150 rpm – 600 rpm. Arah poles tegak lurus arah goresan ampelas yang terakhir. Selain itu sampel digerak-

gerakkan bolak-balik secara terus menerus (*kontinue*) dari pusat ke tepi piringan poles. Hal ini dilakukan dengan maksud untuk mencegah terjadinya cacat polis yang disebut "ekor komet". Tekanan pada sampel harus dikurangi dengan semakin meningkatnya kehalusan partikel atau pasta poles. Setelah poles kasar selesai dilakukan sampel harus dicuci bersih dengan dan alkohol sehingga bebas dari sisa bahan poles sebelum melangkah ketahap berikutnya.

2. Poles halus dapat dilakukan dengan tangan atau secara otomatis. Selama poles halus, sampel digerak-gerakkan terus menerus dan diputar 180° dengan maksud untuk menghindarkan terjadinya "ekor komet". Abrasif untuk poles halus terdiri dari pasta intan dengan ukuran $2\mu\text{m}$, $\frac{1}{4}\mu\text{m}$, dan pasta alumina ukuran $1\mu\text{m}$, $\frac{1}{2}\mu\text{m}$, $1/10\mu\text{m}$,

E. Etsa

Etsa adalah merupakan proses interaksi antara permukaan sampel dengan cairan kimia tertentu. Permukaan sampel yang akan dietsa harus datar, harus bersih, halus dan mengkilap akibat proses polis. Pada dasarnya etsa merupakan proses korosi (pengikisan) terkendali yang tegadi pada permukaan logam karena reaksi kimia. Bahan etsa kimia yang ditetaskan pada permukaan logam menimbulkan kontras metalografi akibat kristal faceting (karena orientasi kristal yang berbeda intensitasnya) yang menghasilkan undakan pada batas butir dan perbedaan reflektifitas atau etsa batas butir atau batas fasa yang menghasilkan alur. Tujuan etsa adalah untuk menampilkan struktur mikro logam sampel dengan bantuan mikroskop optik. Waktu etsa bervariasi dari beberapa detik hingga beberapa jam. Bila didalam daftar etsa tidak diberikan pedoman tertentu, maka perkiraan waktu etsa dapat ditentukan dengan memperhatikan permukaan logam yang berubah menjadi kusam/

buram. Setelah proses etsa selesai sampel dicuci bersih dengan air agar terbebas dari sisa-sisa larutan kimia dan semua reaksi terhenti. Setelah itu dibasuh dengan alkohol dan dikeringkan dengan hembusan udara panas. Untuk sampel yang dietsa dengan larutan yang mengandung HF seperti Aluminium dan paduannya dидiamkan selama 24 jam sebelum diperiksa dalam mikroskop optik. Penyimpanan sampel yang telah dipoles dan dietsa serta disimpan untuk waktu yang lama harus diberi tanda/notasi pengenalan yang jelas dan dilindungi terhadap korosi. Untuk ini dapat dipakai desikator atau permukaan sampel disemprot dengan lapisan proteksi plastik.

F. Diagram Fasa.

Hampir semua bahan industri terdiri dari beberapa jenis atom atau molekul atau dengan kata lain bukan sistem komponen tunggal. Contohnya baja paduan, aluminium paduan, dan unsur lainnya. Kadar dari unsur-unsur tersebut sangat bervariasi sehingga struktur yang terdapat dalam keadaan seimbang pada temperatur dan tekanan tertentu berlainan. Diagram fasa disusun berdasarkan keadaan seimbang atau mendekati keadaan seimbang, beberapa informasi penting yang diperoleh dari diagram fasa adalah sebagai berikut:

1. Fasa yang terjadi apabila komposisi dan temperatur berbeda dengan kondisi pendingin perlahan-lahan (keseimbangan).
2. Temperatur pembekuan dan daerah pembekuan suatu paduan bila dilakukan pendinginan perlahan lahan (keseimbangan).
3. Kelarutan pada keseimbangan dari suatu unsur atau senyawa tertentu dalam unsur atau senyawa lainnya.

1.5 Pengujian Kekerasan atau Hardness Test

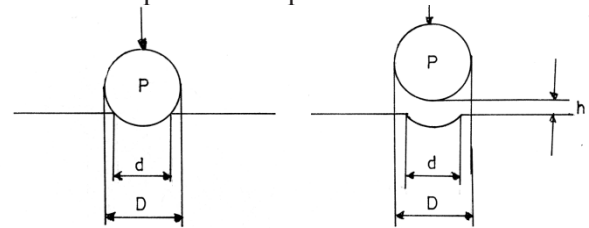
Pengujian kekerasan adalah jenis pengujian mekanik yang penting untuk logam *ferrous* dan *non ferrous*. Tujuan pengujian kekerasan adalah untuk mengetahui ketahanan dari deformasi

plastis, bila diberikan beban/gaya dari luar. Prinsip pengujian kekerasan terhadap spesimen uji yang permukaannya telah dipreparasi dilakukan penekanan dengan indentor. Beban yang digunakan untuk setiap jenis logam adalah berbeda, tergantung terhadap metode pengujian dan pengukuran yang digunakan. Ada tiga metode pengujian yang paling sering digunakan untuk logam:

1. Metode *Brinell*
2. Metode *Vickers*
3. Metode *Rockwel*

2.5.1 Metode Brinell

Pengujian dengan metode ini dilakukan dengan indentor yang berbentuk bola dengan beban dan waktu tertentu, seperti terlihat pada Gambar 2. Harga kekerasan diperoleh dari persamaan berikut ini:



Gambar 2 Geometri indentor Brinell

$$H = \frac{2P}{[\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})]} = \frac{P}{D.h} \dots\dots\dots(6)$$

dengan: P= Beban bola penekanan yang diberikan (Kgf), D= Diameter bola penekanan (mm), d= Diameter jejak (mm). Pemilihan diameter bola dan besar beban tergantung pada jenis logam serta ketebalannya. Perubahan indentor akan diikuti dengan perubahan beban akan didapatkan Hb yang sama.

$$\frac{P_1}{D_1^2} = \frac{P_2}{D_2^2} = \frac{P_3}{D_3^2} \dots\dots\dots(7)$$

- Jika D terlalu besar dan P terlalu kecil, maka bekas lekukan akan terlalu kecil sehingga sukar diukur dan akan memberi informasi yang keliru.
- Jika D terlalu kecil dan P terlalu besar dapat berakibat amblasnya bola, sehingga memberikan harga kekerasan keliru pula.

Beberapa parameter penting yang mempengaruhi harga kekerasan *Brinell*:

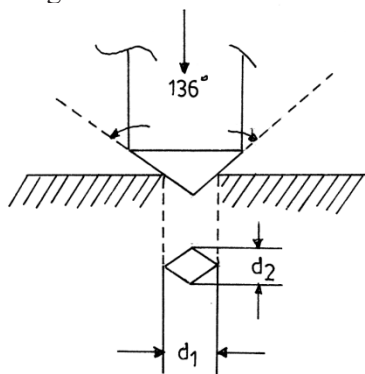
1. Kekerasan permukaan.
2. Posisi spesimen saat pengujian.
3. Kebersihan permukaan spesimen.

2.5.2 Metode Vickers

Pengujian dengan metode ini prosesnya sama dengan metode *Brinell* yang berbeda hanya pada bentuk indentor yaitu berbentuk piramida bujur sangkar dengan sudut puncak 136 terbuat dari intan, seperti terlihat pada Gambar 3.3. Harga kekerasan *Vickers* diperoleh dengan rumus [10]:

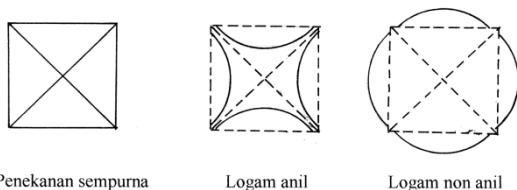
$$H_v = \frac{2P \sin(O/2)}{L^2} = \frac{1,854.P}{L^2} \dots\dots\dots(8)$$

dengan : P=Beban yang diberikan (kg), L= Diagonal rata-rata (mm) = (d₁+d₂)/2, O = Sudut puncak 136 . Uji kekerasan *Vickers* mempunyai kelebihan dalam jangkauan pemeriksaan yang luas dengan pemakaiannya beban tunggal (HV5- HV1500). Beban yang dipakai biasanya antara 1 (satu) - 120 kg.



Gambar 3 Geometri indentor Vickers

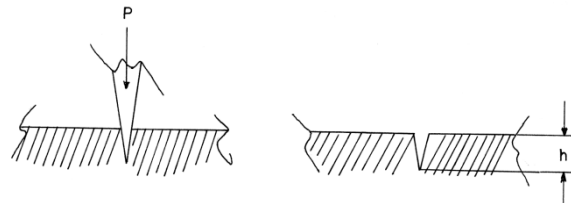
Hasil penekanan akan berbentuk bujur sangkar dengan diagonal yang akan diukur dengan mikroskop, seperti dalam Gambar 4.



Gambar 4 Jejak hasil penekanan indentor

2.5.2 Metode Rockwell

Pada metode ini digunakan indentor intan yang berbentuk kerucut, seperti terlihat pada Gambar 3.5. Kerucut akan menekan permukaan logam sedalam “ h ” dari permukaan. Jarak “ h ” menentukan kekerasan dari logam uji.



Gambar 5 Indentor Rockwell

Harga kekerasan diperoleh dari pembacaan langsung pada skala alat pengujian *Rockwell* antara lain:

- a. Metode *Rockwell C* (HRC), menggunakan indentor kerucut intan sudut 120 dengan diameter ujung 0,2 mm. Beban yang dipakai 150 kg dengan *pre-load* 10 kg. Pengujian untuk *steel* dan *hardened steel* dengan h > (0,6-0,7) mm.
- b. Metode *Rockwell A* (HRA), Menggunakan indentor sama dengan *Rockwell C* dan beban yang sama pula 150 kg. pengujian untuk material h < (0,4-6)mm.
- c. Metode *Rockwell B* (HRB), Menggunakan indentor baja bentuk bola dengan diameter 1116” dan beban 100 kg dipakai untuk material *unhardened steel* dan *non ferrous*.

3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Persiapan Benda Uji

Bahan yang digunakan untuk spesimen uji mekanik uji tarik adalah Aluminium. Aluminium merupakan salah satu material yang dapat digunakan sebagai bahan *vessel* (tangki reaktor). Bahan ini mempunyai keunggulan bersifat tahan korosi, mudah dibentuk dan ringan. Paduan Aluminium dengan ketebalan 6 mm, panjang 235 mm, yang berupa pipa dengan diameter 114 mm

yang merupakan pipa pendingin primer Reaktor Triga Mark II, Bandung. Langkah pembuatan spesimen dengan mesin potong dan mesin frais.

3.1.1 Langkah Pemotongan dengan Mesin Gergaji

Pemotongan bahan dari pipa Alumunium, langkah awal yang perlu diperhatikan adalah:

- Siapkan benda kerja
- Tentukan titik pemotongan dan beri tanda dengan ukuran lebar 20 mm, panjang 235 mm sebanyak 5 spesimen
- Benda dipasang, dicekam atau dijepit.
- Kontrol tanda pengoperasian mesin yaitu : tombol air pendingin, tombol oli pelumas, tombol “on” dan “off” untuk memulai atau meneakhiri pengoperasian mesin gergaji.
- Aktifkan tombol operasi untuk langkah berikutnya, untuk langkah pemakanan (*releasing*) mata gergaji atau kecepatan pemakanan, kita tinggal mengatur kecepatan yang sesuai dengan bahan yang dipotong.

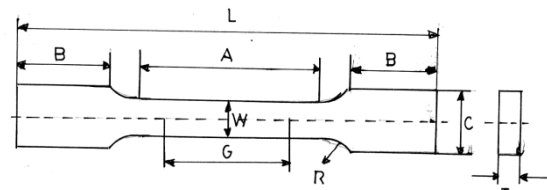
1.1.2 Langkah Pembuatan Spesimen dengan Mesin Frais

Dalam membuat spesimen yang sesuai *standart* yang digunakan dalam skripsi ini menggunakan sebuah mesin *frais* yang langkah kerjanya sama dengan mesin gergaji, tapi dalam mesin *frais* prinsip kerjanya adalah bahwa pisau berputar pada sumbu utama dan penyayatan untuk benda kerja terdapat pada meja dan tegak lurus atau tanpa menggunakan otomatis.

Mesin frais adalah mesin perkakas untuk mengerjakan atau menyelesaikan suatu benda kerja dengan menggunakan pisau frais sebagai alatnya. Guna mesin *frais* adalah membuat alur, membuat roda gigi, mengebor dan lain-lain.

Hasil pembuatan spesimen yang sesuai standart ASTM (*American Society for Testing and Materials*) seperti pada Gambar 5.

- Bentuk bahan: Pipa Pendingin Primer
- Tebal (T):60 mm
- Panjang total: 235 mm
- PanSang daerah kecil (A):60 mm
- Lebar grip (C):20 mm
- Panjang ukur (G):50 mm
- Jari-jari Lengkung (R):12,5 mm
- Panjang Grip min (B):75 mm
- Lebar daerah Grip (W): 12.5 mm



Gambar 5 Spesimen Uji Tarik

3.2 Pengujian Tarik

3.2.1 Prosedur Pengujian Tarik

Setelah semua spesimen siap, kemudian dilakukan kalibrasi terhadap mesin uji tarik (AUTO GRAPH AG - 10 TE) dengan cara sebagai berikut:

- Hidupkan transformator penyuplai daya.
- Hidupkan power 1 (*load cell*) dan power 2 (kontrol panel).
- Hidupkan CPU dan PLOTTER
- Tunggu 30 menit agar alat siap.
- Putar “frqYGF, pada 100 dan “SELECTOR” pada A.
- Tekan chek out “Zero Polarity” pada 0.
- Tekan “Tens” atur pada 100.
- Kembalikan “RANGE” pada 1.

3.2.2 Pemasangan Spesimen Uji Tarik

- Pilih penjepit sampel yang sesuai dengan tebal sampel.
- Atur tinggi rendah penjepit dengan tombol “up/down”.
- Pasang sampel dan kencangkan dengan tuas dengan sempurna.
- Pasang EXTENSIO METER pada spesimen.
- Putar tombol “manual” untuk mengatur beban tarik posisi 0.

- f. Pilih “CHART RATIO” I dan “CFIART RATIO” 200.
- g. Pilih kecepatan pembebanan rendah “Test speed” 1-5 mm/menit.
- h. Tekan “LOAD” pada posisi kontrol “up” pada arah pembebanan.
- i. Tekan “up” pada kontrol manual untuk memulai uji tarik.

makroskopik misalnya cacat makro dan patahan.

- Pengamatan dengan mikroskop bertujuan untuk menganalisa mikro struktur logam. Pengamatan mikroskop optik dengan pembesaran maksimum 1500 kali.

3.2.3 Prosedur Metalografi

1. Pertama-tama dilakukan pemotongan pada spesimen uji tarik lebih kurang 10-15 mm pada bagian putus.
2. Sampel yang telah dipotong dibersihkan untuk selanjutnya akan melalui proses *mounting*.
3. Proses *mounting* dengan cara.
 - Bersihkan cetakan *mounting* dengan *Buchler Release Agent* agar hasil *mounting* tidak lengket pada cetakan.
 - Masukkan campuran bahan *mounting Epo Kwick Resin* dan *Epo Kwick Hardener* dengan perbandingan 5 : 1.
 - Masukkan potongan spesimen dalam cetakan *mounting*, lalu tuangkan campuran bahan *mounting* dan diamkan selama lebih kurang 6 jam.
 - Setelah kering/mengeras, cetakan dibuka dan diambil hasilnya *mounting* lalu kemudian lakukan pemolesan dengan mesin poles dengan diberikan pasta untuk menghilangkan goresan dan halus akibat proses pengampelasan.
 - Setelah pemolesan selesai, bersihkan sampel metalografi dengan alkohol hingga bersih, kemudian dilakukan pengetsaan dengan bahan kimia khusus yaitu $Fe-Cl_3$ untuk Aluminium sebagai contohnya, yang mengakibatkan permukaan sampel mengalami pemantulan cahaya berbeda pada saat diambil dibawah mikroskop, pengetsaan logam umumnya dilakukan dengan pengamatan mikroskop, misalnya struktur logam, fase, porositas dan cacat mikro. Sedangkan pengamatan

3.3 Pengujian Kekerasan

3.3.1 Prosedur Pengujian Kekerasan *Brinell*

- Lakukan preparasi spesimen sampai rata, licin, bebas kasar dan bersih.
- Setelah spesimen siap, lakukan pengujian dengan *Universal Hardometer* sesuai dengan metode yang digunakan.
- Pengujian kekerasan *Brinell*
 1. Pindahkan tangkai switch ke posisi *Brinell*.
 2. Gunakan indentor sesuai metode pengujian *Brinell* dengan indentuor bola diameter 2,5 mm, beban 10 Kg.
 3. Lakukan penjejakan penekanan.
 4. Catat hasil pengukuran dan rata-ratakan.
 5. Hitung harga kekerasan sesuai dengan rumus.

4 TEMUAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Tarik

Untuk Uji Spesimen I

Dimana $L\phi = T \times W$

$$\Delta L_1 = \frac{46}{70} = 5,7 \times 12,5 = 6,57 \text{ mm}$$

$$= 71,2 \text{ mm}^2$$

$$G = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Load} = 2060 \text{ Kgf}$$

$$0,2 \% = \frac{0,2}{100} \times 6,57 = 0,013$$

$$UT_3 = \frac{\text{Kgf}}{\text{Luas}\phi} = \frac{2060}{71,2} = 28,9 \text{ kgf/mm}^2$$

$$Yp = \frac{\text{Kgf}}{\text{Luas}\phi} = \frac{1850}{71,2} = 25,9 \text{ kgf/mm}^2$$

Elongasi Pemuluran (%)

$$= \frac{\Delta L_1}{G} \times 100\% = 13,1 \%$$

Untuk Uji Spesimen 2Dimana $L\phi = T \times W$

$$\Delta L_1 = \frac{39}{70} \times 10 = 6,3 \times 12,3 = 5,57$$

$$= 77,5 \text{ mm}^2$$

$$G = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Load} = 2135 \text{ Kgf}$$

$$0,2 \% = \frac{0,2}{100} \times 5,57 = 0,011$$

$$UT_s = \frac{\text{Kgf}}{\text{Luas } \phi} = \frac{2135}{77,5} = 27,5 \text{ Kgf/mm}^2$$

$$Y_p = \frac{\text{Kgf}}{\text{Luas } \phi} = \frac{1900}{77,5} = 24,5 \text{ Kgf/mm}^2$$

Elongasi Pemuluran (%)

$$= \frac{\Delta L_1}{G} \times 100\% = \frac{5,57}{50} \times 100\% = 11,1 \%$$

Untuk Uji Spesimen 3Dimana $L\phi = T \times W$

$$\Delta L_1 = \frac{34}{70} \times 10 = 6,3 \times 12,4 = 4,8$$

$$= 78,1 \text{ mm}^2$$

$$G = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Load} = 2095 \text{ Kgf}$$

$$0,2 \% = \frac{0,2}{100} \times 4,8 = 0,0096$$

$$UT_s = \frac{\text{Kgf}}{\text{Luas } \phi} = \frac{2095}{78,1} = 26,8 \text{ Kgf/mm}^2$$

$$Y_p = \frac{\text{Kgf}}{\text{Luas } \phi} = \frac{1800}{78,1} = 23 \text{ Kgf/mm}^2$$

Elongasi Pemuluran (%)

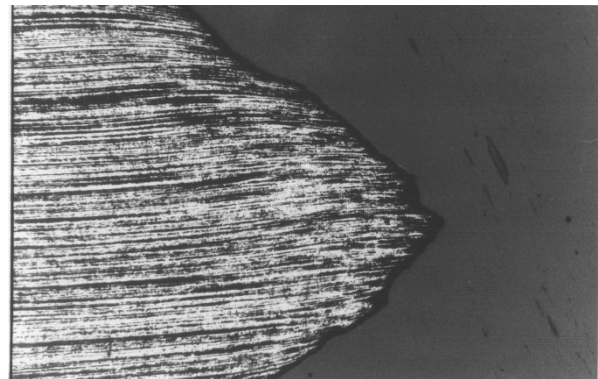
$$= \frac{\Delta L_1}{G} \times 100\% = \frac{4,8}{50} \times 100\% = 9,6 \%$$

Rata-rata nilai elongasi pemuluran ke tiga spesimen adalah $(13,1+11,1+9,6)/3 = 11,26\%$. Berdasarkan standar maka ketiga spesimen ini masih masuk dalam rentang nilai elongasi pemuluran $<15\%$. Dapat dikatakan bahwa material ini masih cukup layak digunakan.

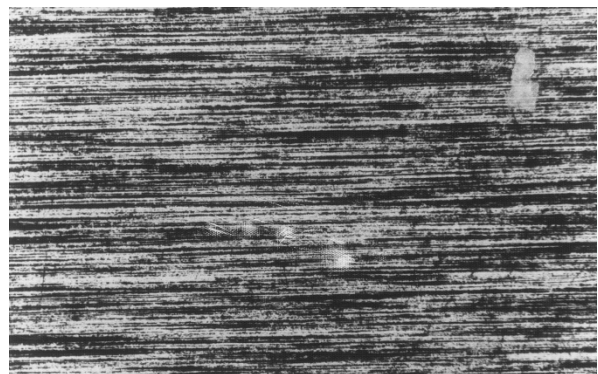
4.1 Hasil Metalografi

Setelah diketahui struktur mikro pada mikroskop optik pada sample uji tarik Aluminium, kemudian dilakukan pemotretan. Sampel yang

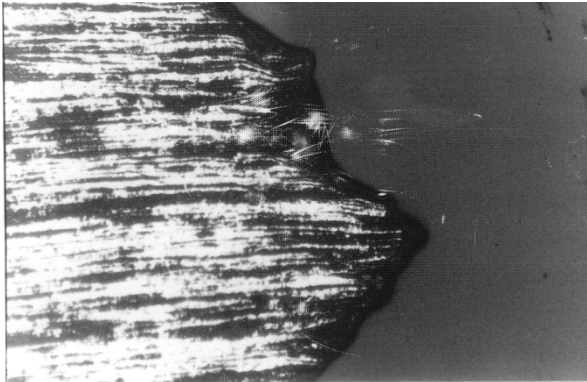
digunakan dianggap memenuhi syarat sebagai bahan struktur tangki reaktor. Setelah pemotretan pada bagian-bagian tertentu lalu dilakukan cuci cetak guna menampilkan gambaran struktur makro dengan jelas. Gambar 6 menunjukkan struktur mikro Aluminium pada pembesaran 50X pada hasil kena tarik. Gambar 7 menunjukkan struktur mikro Aluminium pada pembesaran pada 50X pada hasil tidak kena tarik. Gambar 8 menunjukkan struktur mikro Aluminium pada pembesaran 200X pada hasil kena tarik. Sedangkan Gambar 9 menunjukkan struktur mikro Aluminium pada pembesaran 200X pada hasil tidak kena tarik



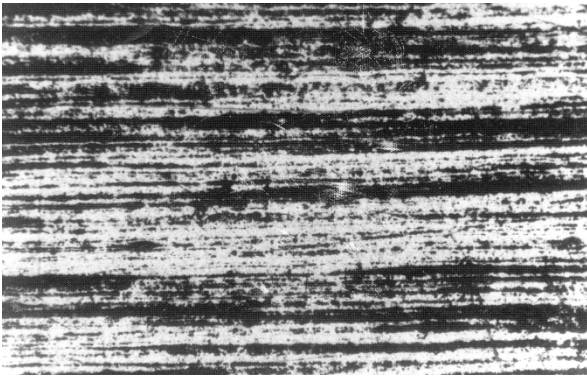
Gambar 6 Struktur mikro Aluminium pada pembesaran 50X pada hasil kena tarik.



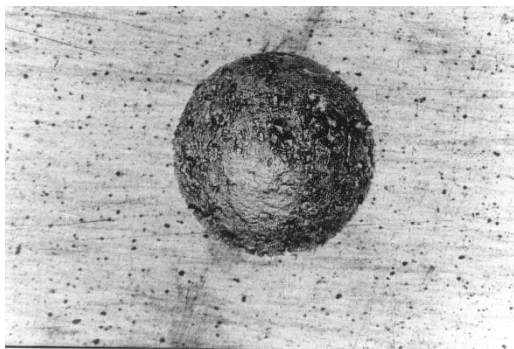
Gambar 7 Struktur Aluminium pada pembesaran pada 50X pada hasil tidak kena tarik



Gambar 8 Struktur mikro Alumunium pada pembesaran 200X pada hasil kena tarik



Gambar 9 Struktur mikro Alumunium pada pembesaran 200X pada hasil tidak kena tarik



Gambar 10 Struktur mikro Alumunium pada pembesaran 100X pada hasil bekas uji kekerasan Brinell

Pengujian metalografi berfungsi untuk mengetahui deformasi (perubahan) permukaan karena adanya cacat. Cacat ini disebabkan oleh pekerjaan mekanik atau karena keausan (*wear*).

Berdasarkan hasil metalografi yang dilakukan dapat diketahui bahwa tidak ditemukan adanya cacat pada permukaan, sehingga material masih layak digunakan.

4.2 Hasil Pengujian Kekerasan *Brinell*

Pengujian dengan metode ini dilakukan dengan indentor yang berbentuk bola dengan waktu tertentu. Hasil penekanan sampel yang kena tarik dari 5 penekanan didapatkan data

1. $d = 0,40$ mm
2. $d = 0,41$ mm
3. $d = 0,39$ mm
4. $d = 0,38$ mm
5. $d = 0,39$ mm

d rata-rata = $\frac{1,9}{5} = 0,394$ mm, sehingga dengan diketahui :

$$\begin{aligned} d \text{ rata-rata} &= 0,394 \text{ mm} \\ P &= 10 \text{ Kgf} = 98,04 \text{ N} \\ D &= 2,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka nilai Hb dapat dihitung :

$$\begin{aligned} H_b &= \left[\frac{2.P}{\pi.D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \right] \\ &= \left[\frac{2.98,04}{3,14.2,5(2,4 - \sqrt{2,5^2 - 0,394^2})} \right] \\ &= 780,53 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Hasil penekanan sampel yang tidak kena tarik dari 5 penekanan:

1. $d = 0,41$ mm
2. $d = 0,40$ mm
3. $d = 0,40$ mm
4. $d = 0,40$ mm
5. $d = 0,40$ mm

$$d \text{ rata-rata} = \frac{2,01}{5} = 0,40 \text{ mm}$$

Diketahui:

$$\begin{aligned} d \text{ rata-rata} &= 0,40 \text{ mm} \\ P &= 10 \text{ Kgf} = 98,04 \text{ N} \\ D &= 2,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka nilai Hb dapat dihitung :

$$\begin{aligned} H_b &= \left[\frac{2.P}{\pi.D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \right] \\ &= \left[\frac{2.98,04}{3,14.2,5(2,4 - \sqrt{2,5^2 - 0,40^2})} \right] = 757 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Kedua nilai Hb, termasuk dalam kategori bahwa material Aluminium yang digunakan masih dalam rentang yang sangat baik. Berdasarkan standar ASTM (*American Society for Testing and Materials*) nilai ini masih dalam rentang > 700 N/mm.

5 SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Dari data-data hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengujian dengan uji tarik dapat mengetahui sifat mekanik bahan, parameter yang berpengaruh dalam pengujian tarik adalah beban tarik dan luas penampang awal spesimen uji. Beberapa sifat mekanis bahan yang akan diperoleh dan pengujian tarik adalah: Kekuatan Mulur, Kekuatan Tarik, Kekuatan Putus, Keuletan dan Ketangguhan. Rata-rata nilai elongasi pemuluran spesimen aluminium adalah $(13,1+11,1+9,6)/3 = 11,26\%$. Berdasarkan standar maka ketiga spesimen ini masih masuk dalam rentang nilai elongasi pemuluran $<15\%$. Dapat dikatakan bahwa material ini masih cukup layak digunakan sehingga mesin tetap dapat bekerja dengan aman.
2. Pengujian metalografi digunakan untuk mengetahui keadaan atau kondisi suatu logam Aluminium ditinjau dari strukturnya dengan menggunakan mikroskop. Serta dapat digunakan sebagai salah satu sarana untuk mengetahui kerusakan suatu komponen. Berdasarkan hasil metalografi yang dilakukan dapat diketahui bahwa tidak ditemukan adanya cacat pada permukaan, sehingga material masih layak digunakan.
3. Pengujian dengan uji kekerasan dapat mengetahui katahanan bahan dari deformasi plastis, bila diberikan beban/

gaya dari luar. Pada metode *Brinell* harga kekerasan didapat melalui pengukuran jejak bekas yang dimasukkan dalam rumus masing-masing. Kedua nilai Hb, termasuk dalam kategori bahwa material Aluminium yang digunakan masih dalam rentang yang sangat baik. Berdasarkan standar ASTM (*American Society for Testing and Materials*) nilai ini masih dalam rentang > 700 N/mm.

5.2 Saran

Pengujian yang telah dilakukan diatas dianggap cukup untuk mengetahui kekuatan suatu bahan aluminium dilihat dari segi pengujian material dan struktur mikro. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pelaksanaan pengujian mekanik dan metalografi adalah:

1. Dalam uji tarik sebaiknya pembuatan spesimen tersebut harus lebih matang lagi dan supaya kelihatan rapi
2. Dalam metalografi, khususnya pada waktu pengetsaan campuran kimia untuk material tertentu harus dipersiapkan lebih lanjut supaya tidak terjadi hangus pada struktur mikro waktu dilihat pada mikroskop.

KEPUSTAKAAN

- [1]. Djoko Wiyono, *Pengetahuan Praktis Metalografi*, Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, 2010
- [2]. *American Standard Material Handbook Volume 9, Metallography and Microstructures*, USA, 2000
- [3]. Andryansyah, *Diklat Praktikum Pengujian Mekanik Logam*, Balai Teknologi Uji, P2TKN BATAN, 1993.
- [4]. Djoko Wiyono, *Kumpulan Bahan Metalografi*, Jurusan Metalurgi, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, 2013

- [5]. ASTM, *Metals Test Methods and Analytical Procedures*, Section 3, Astia Standart, 1995.
- [6]. Bambang Witjaksono, *Praktikum Uji Mekanik Logam*, Unit Pengabdian Masyarakat, Jurusan Metalurgi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 1991.
- [7]. Dedi Priadi dkk., “*Pengaruh Kecepatan dan Temperatur Uji Tarik Terhadap Sifat Mekanik Baja S48C*”, Jurnal MAKARA TEKNOLOGI, Vol. 7 No. 1, Dept. Metalurgi dan Material, Universitas Indonesia, April 2013
- [8]. Andi Kurniawan, dkk., “*Studi Kekuatan Tarik Las Dari Bahan Plat Dasar Aluminium-Magnesium*”, Jurnal E-Dinamis, Volume 10, No. 2, Dept. Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara, September 2014
- [9]. Aris Budiyono, dkk., “*Peningkatan Sifat Mekanis Sekrap Aluminium dengan Degassing*”, Jurnal Professional Vol. 8, No. 1, Mei 2010, ISSN 1693-3745, Teknik Mesin, UNES Semarang, 2010
- [10]. Erich Umbu KM, “*Struktur Mikro dan Kekuatan Tarik Aluminium SCRAP dengan Heat Treatment T6 pada Proses Centrifugal Casting*”, Seminar Nasional Sains dan Teknik 2012, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Cendana, Kupang, 2012

Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) Menopang Kebutuhan Eenergi Listrik Nasional

Tjipta Suhaemi

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

Jl. Tanah Merdeka no. 6 Rambutan Ciracas Jakarta Timur DKI Jakarta 13830

Telp. +62-21- 87782739 Fax. +62-21-87782739

Abstrak

Indonesia memerlukan penyediaan sumber energi yang cukup besar untuk keperluan pembangunan, tidak hanya untuk memproduksi dan mendistribusikan barang kebutuhan hidup sehari-hari, tetapi juga untuk membangun industri yang meningkatkan daya saing bangsa, serta untuk meningkatkan taraf kehidupan masyarakat. Untuk mendukung percepatan dan perluasan pembangunan ekonomi Indonesia mutlak diperlukan sumber energi dan listrik. Dibandingkan dengan negara lain konsumsi listrik per kapita di Indonesia termasuk terendah. Di samping itu krisis pasokan listrik sering terjadi dan kondisi cadangan listrik nasionalpun tidak begitu menggembirakan. Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan suatu kajian dengan mencari dan mengumpulkan data tentang informasi kebutuhan dan produksi energi listrik di Indonesia, melakukan studi pustaka perkembangan energi nuklir di dunia, melakukan analisis perbandingan pengembangan energi dengan negara lain. Dari kajian diperoleh bahwa dengan adanya keterbatasan maupun kendala dalam sumber energi konvensional, maka Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) merupakan salah satu alternatif dalam menyediakan tenaga listrik. Pembangunan PLTN dapat memacu perkembangan industri nasional karena berbagai macam industri dapat terlibat dalam pembangunan PLTN. Jenis PLTN yang komersial antara lain adalah Pressurized Water Reactor (PWR), Boiling Water Reactor (BWR), Pressurized Heavy Water Reactor (PHWR). Setiap jenis PLTN mempunyai karakteristik, kelebihan dan keunggulan masing-masing. Sebagai perbandingan ditinjau pengalaman beberapa negara di Asia yang telah membangun PLTN dan kini termasuk negara yang cukup diperhitungkan di dunia. Diharapkan dengan kehadiran PLTN di Indonesia mampu bersinergi dan bersimbiosis bersama energi fosil dan non-fosil dalam memenuhi kebutuhan energi nasional.

Kata kunci : fosil, energi, nuklir, PLTN

Abstract

Indonesia needs a large amount of energy supply to support development, not only the producing and distributing the daily goods, but also to develop industry for increasing the standard and prosperity of people and country. The energy and electricity would be very important for supporting the acceleration of development. Comparison with other country shows that the electricity consumption per capita is less in Indonesia. Beside that, it is also indicated that electricity supply and condition of national energy were very lack. There fore for overcoming this case it is conducted a study by collecting data of consumption and production of electricity energy in Indonesia, to study the development of nuclear energy in the world and to compare the development of energy in other country. It is realized that the conventional fossil resources is not unlimited and constraint of the energy availability, then Nuclear Power Plant construction is one option. The construction of NPP will stimulate the development of national industries due to many industries could participate and give contribution in NPP construction. The type of commercial nuclear power plants are Pressurized Water Reactor (PWR), Boiling Water Reactor (BWR), Pressurized Heavy Water Reactor (PHWR). Each of nuclear power plant type has characteristic, advantage, and disadvantage. As comparison it is observed experiences in some contries especially in Asia which have developed nuclear power plant dan nowadays are known as advanced and prosperity country in the world. It is hoped that the presence and development of nuclear power plant in Indonesia would make symbiosis between fossil and non fossil energy in achieving the sufficient need of national energy.

Keywords : fossil, energy, nuclar, nuclear power pant (NPP)

1 PENDAHULUAN

Pencapaian masyarakat yang adil dan makmur dan merata yang menjadi cita-cita dan tujuan pembangunan yang dilakukan oleh seluruh bangsa Indonesia, tentunya memerlukan peningkatan produksi barang-barang kebutuhan hidup masyarakat secara melimpah, yang sepadan dengan jumlah penduduk, serta distribusinya. Begitu pula untuk mendukung peningkatan kegiatan ekonomi semacam itu diperlukan penyediaan energi yang memadai. Energi mempunyai peranan penting dalam pencapaian tujuan sosial, ekonomi dan lingkungan untuk pembangunan berkelanjutan serta merupakan pendukung bagi kegiatan ekonomi nasional.

Penggunaan energi di Indonesia diasumsikan meningkat pesat sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan pertambahan penduduk. Kebutuhan sumber energi yang cukup besar untuk keperluan pembangunan, tidak hanya untuk memproduksi dan mendistribusikan barang kebutuhan hidup sehari-hari tetapi juga untuk membangun industri yang meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan bangsa.

Untuk itu Pemerintah telah mengukuhkan Program Pembangunan Listrik 35.000 MW dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019. Proyek 35.000 MW ini merupakan respon pemerintah terhadap perkiraan kebutuhan listrik pada 2019/2020, yaitu permintaan listrik tumbuh 8,7% per tahun serta rasio elektrifikasi yang ingin dicapai 97,8%. Dalam penyediaan energi secara besar-besaran inilah timbul persoalan yang tidak mudah untuk diselesaikan, antara lain dana, pembebasan lahan, AMDAL, perizinan, waktu, jenis pembangkit. Makalah ini akan membahas pemenuhan kebutuhan listrik dari sisi jenis pembangkit. Beberapa sumber energi primer seperti tenaga air dan geotermal terikat pada lokasi sehingga pengirimannya ke tempat-tempat konsumsi sering memerlukan pengubahannya menjadi tenaga listrik yang kemudian ditransmisikan dan didistribusikan.

Sumber-sumber energi lain seperti minyak bumi, gas dan batubara memerlukan transportasi yang harus didukung oleh sarana dan prasarana yang cukup.

Sumber energi fosil semakin menipis membuat negara di dunia juga gusar terhadap masa depannya. Olehkarenanya negara maju berupaya sungguh-sungguh untuk menggeser ketergantungannya dari sumber energi minyak kepada sumber-sumber yang lebih menjanjikan. Memang dewasa ini sebagian besar kebutuhan energi dunia masih dipasok oleh bahan bakar minyak, batubara dan gas alam. Pembangkit konvensional yang notabene berasal dari panas bumi, matahari, angin, biomassa, dan air belum mampu menghasilkan listrik dalam skala besar. Sementara pembangkit fosil seperti minyak dan batubara menimbulkan masalah lingkungan dan pemanasan global.

Pemanfaatan energi nuklir sebagai pembangkit listrik telah merupakan bagian penting dari program listrik nasional berbagai negara terutama untuk mengantisipasi makin menipisnya sumber energi fosil. Dalam kurun waktu 60 tahun terakhir telah tercapai kemajuan yang meyakinkan dalam pengembangan dan pemanfaatan teknologi nuklir tidak saja di negara-negara maju seperti Amerika Serikat, negara Eropa Barat dan Jepang, tetapi juga di beberapa negara-negara berkembang seperti Korea Selatan, China, Argentina, Brazil, dan India. Negara-negara Asia adalah negara yang sedang berkembang, serta ditandai dengan padatnya penduduk dan konsumsi energi per kapita, konsumsi listrik per kapita maupun pendapatan per kapita yang relatif rendah. Beberapa negara di Asia yang sudah membangun PLTN adalah Jepang, Korea Selatan, India, Pakistan, China, dan Iran. Korea Selatan termasuk negara nomor enam terbanyak di dunia menggunakan PLTN. Sejumlah negara antara lain Vietnam dan Turki sudah melakukan studi kelayakan pembangunan PLTN, sedangkan di Eropa khususnya negara Prancis, hampir seluruh kebutuhan listrik negaranya di suplai dari PLTN.

Kawasan Timur Tengah sebagai kawasan negara sumber penghasil minyak saat ini meningkat kecenderungan untuk memanfaatkan PLTN sebagai opsi pemasok tenaga listriknya. Iran sudah punya 1 unit dengan daya 915 MWe. Negara United Arab Emirat akan membangun 2 buah PLTN lagi di samping 3 buah PLTN yang sedang dibangun Barokah 1, 2, 3 yang direncanakan akan dioperasikan tahun 2016, 2018, 2020.

Indonesia harus belajar dari pengalaman negara-negara di Asia yang telah lebih dahulu membangun PLTN. Dalam penggunaan PLTN untuk pembangkit listrik ini, sesungguhnya Indonesia sudah tertinggal jauh dari negeri lain. Korea Selatan yang pada tahun 1960-an dalam hal penguasaan iptek nuklir sejajar dengan Indonesia, sekarang telah memiliki 23 buah PLTN dengan kapasitas 20.717 MWe atau 30,4% total listrik. India sekarang memiliki 21 buah PLTN dengan kapasitas 5.308 MWe atau 3,5% dari total listrik dan direncanakan tahun 2050 sebanyak 25% listriknya berasal dari PLTN. China pada tahun 1993 baru mempunyai 1 buah PLTN (288 MWe), pada akhir tahun 2005 telah mempunyai 9 buah PLTN dengan kapasitas 6.572 MWe, pada tahun 2011 menjadi 13 buah dengan kapasitas 10.058 MWe (1,82%), pada tahun 2015 menjadi 23 buah dengan kapasitas 19.007 MWe (3,4%) dan diperkirakan mencapai sekitar 40 GWe pada tahun 2020.

2 METODOLOGI PENELITIAN

Metoda yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mencari dan mengumpulkan data tentang informasi perkembangan kebutuhan dan produksi energi listrik di Indonesia, melakukan studi pustaka perkembangan energi nuklir di dunia, melakukan analisis perbandingan pengembangan energi dengan negara lain.

3 PEMBAHASAN

Sumber daya energi Indonesia

Sumber-sumber energi komersial yang telah dikembangkan di Indonesia meliputi minyak bumi, gas bumi, batu bara, tenaga air, sumber-sumber energi panas bumi, dan sumber energi baru dan terbarukan lainnya.

Pada tahun 2013 cadangan minyak bumi Indonesia mencapai 7.549,81 *million stocks tank barrels*

(MMSTB), terdiri dari cadangan terbukti 48,9% dan cadangan potensial 51,1%. Cadangan terbukti merupakan cadangan yang memiliki tingkat kepastian paling tinggi, informasi bawah permukaannya lebih lengkap jika dibandingkan cadangan potensial. Cadangan terbukti terbagi menjadi 2, yaitu cadangan terbukti yang sudah dikembangkan dan cadangan terbukti yang belum dikembangkan. Cadangan terbukti Indonesia sebesar 3.692,50 MMSTB sedangkan cadangan potensial jumlahnya lebih tinggi 3.857,31 MMSTB.

Indonesia memiliki cadangan gas bumi mencapai 150,39 *trillion standard cubic feet* (TSCF), terdiri dari cadangan terbukti 67,5% dan cadangan potensial 32,5%. Cadangan terbukti Indonesia sebesar

101,54 TSCF, jauh lebih tinggi dibandingkan cadangan potensial jumlahnya lebih tinggi 48,85 TSCF. Cadangan gas bumi tersebar hampir diseluruh wilayah Indonesia, sebagian besar berada pada lepas pantai (*offshore*). Cadangan gas bumi paling besar berada pada wilayah perairan Natuna, Papua Barat, Sumatera bagian selatan dan perairan Maluku.

Pada tahun 2013, produksi batu bara Indonesia mencapai 449 *million tonnes* (Mt), dari jumlah tersebut 329 Mt di ekspor, atau 73,23% dari produksi, sementara kebutuhan batu bara domestik hanya sebesar 98 Mt atau (21,8%) sisanya 5 % pemakaian lain-lain. Hampir 35% dari pangsa

pasar batu bara dunia berasal dari Indonesia. Jenis batu bara yang diekspor berupa *sub-bituminous* dan *bituminous*, sedangkan untuk pemakaian domestik terutama jenis *subituminous grade rendah* dan *lignite*. Pada tahun 2013 kontribusi batu bara terhadap TPES di Indonesia adalah sebesar 22,4 % atau 48,3 Mtoe (345.000 *barrels of oil equivalent* (boe)). Selama periode sepuluh tahun terakhir pasokan batu bara rata-rata tumbuh 10,8%, yang dalam bauran energi pertumbuhannya 11,5%. Apabila dibandingkan dengan BBM, penggunaan batu bara di dalam bauran energi lebih cepat pertumbuhannya.

Potensi sumber daya energi terbarukan cukup besar meliputi panas bumi dengan sumber daya sekitar 28 GW, sedangkan potensi biomassa sekitar 32 GW, dan hidroelektrik 75 GW. Di samping itu, energi surya memiliki potensi yang cukup besar sekitar 1.200 GWe. Sebagian besar sumber daya energi terbarukan berada jauh dari pusat permintaan. Pemanfaatan energi terbarukan secara signifikan dapat meningkatkan penyediaan kebutuhan energi di pulau-pulau terpencil dan pedesaan. Pemerintah telah menerapkan insentif pajak untuk mendorong investasi di sektor energi terbarukan.

Indonesia terletak di sabuk gunung berapi (*ring of fire*) dan diperkirakan memiliki cadangan panas bumi sekitar 29 GW. Sumber daya panas bumi memiliki keunggulan, yaitu terletak di dekat daerah permintaan. Sebagian besar potensi panas bumi ditemukan di Sumatera (13.800 MW), Jawa dan Bali (9.250 MW) dan Sulawesi (2.000 MW), dengan cadangan potensial sebesar 12.200 MW dan cadangan terbukti sebesar 2.000 MW, yang tersebar di 125 lokasi di Indonesia. Dari jumlah tersebut, 964 MW diantaranya berlokasi di Jawa dan Bali.

Produksi listrik dari pembangkit listrik bersumber energi terbarukan pada tahun 2012 sebesar 22,4 TWh, yang merupakan 11,4% dari total produksi listrik. Tenaga listrik ini terutama dari PLTA (6,5%) dan PLTP (4,8%). Sedangkan dari

biofuel dan berbagai limbah hanya menyumbangkan 0,1%. Tenaga listrik dari pusat listrik tenaga bayu (PLTB) dan tenaga surya masih sangat kecil dan masih pada tahap awal pengembangan.

Selama periode tahun 2002 dan 2012 tingkat pertumbuhan PLTA rata-rata adalah 2,6% per tahun, sedangkan pertumbuhan panas bumi mencapai 4,2% per tahun. Pada periode yang sama penggunaan biofuel dan limbah meningkat 29,3% per tahun, meskipun sumbangan kedua jenis sumber energi ini dalam pembangkitan listrik secara keseluruhan masih di bawah 1%.

Pada tahun 2013, potensi biomassa di Indonesia tercatat sebesar 32.654 MW dan 1.716,5 MW diantaranya telah dikembangkan. Pengembangan pembangkit listrik berbasis bioenergi (*on-grid*) sampai dengan tahun 2013 mencapai sekitar 90,5 MW, sedangkan pengembangan pembangkit listrik berbasis bioenergi (*off-grid*) sekitar 1.626 MW, di mana pembangkit listrik tersebut berbasis biomassa, biogas, dan sampah kota. Pembangkit listrik berbasis bioenergi ini juga memiliki potensi di daerah-daerah terpencil yang berasal dari limbah kehutanan, limbah pertanian, industri kelapa sawit, industri kertas, industri tapioka, dan industri lainnya

Permasalahan energi di Indonesia

Permasalahan energi yang dihadapi Indonesia dewasa ini antara lain mencakup permintaan dan konsumsi energi dan tersedianya sumber energi serta masih besarnya ketergantungan pada minyak. Permasalahan energi yang tidak merata disebabkan oleh kepadatan penduduk Indonesia yang terdiri dari beribu-ribu pulau, sebanyak 60% penduduknya mendiami pulau Jawa. Pulau Jawa memerlukan energi yang besar, sedang penyediaan energi minim, dan untuk di luar pulau Jawa sebaliknya. Begitu pula pertumbuhan penduduk dan peningkatan kualitas hidup dari tradisional ke modern akan meningkatkan laju permintaan energi.

Kondisi kelistrikan di Indonesia ditandai antara lain oleh konsumsi tenaga listrik yang masih rendah

dan pertumbuhan permintaan listrik yang relatif tinggi. Pada tahun 1990/1991 tingkat konsumsi tenaga listrik baru mencapai kurang lebih 260 KWh/kapita. Sedangkan pertumbuhan daya terpasang dan produksi tenaga listrik PLN yang besarnya rata-rata 14,5% per tahun sejak 1980/1981 sampai dengan tahun 1990/1991. Dalam periode yang sama pertumbuhan kedudukan listrik di Indonesia meningkat dengan pertumbuhan 15,6% per tahun. Hal ini diakui oleh kenaikan produksi PLN dari 7,8 TWh pada tahun 1980/1981 menjadi 37,7 TWh pada tahun 1991/1992. Sedangkan produksi listrik oleh pembangkit listrik non PLN dari 5,1 TWh menjadi 19,7 TWh dalam periode yang sama. Total konsumsi listrik domestik mencapai 188 TWh pada tahun 2013 atau meningkat sekitar 40% dari tahun 2009. Konsumsi listrik diperkirakan akan terus meningkat hingga 287 TWh pada tahun 2018 dan 386 TWh pada tahun 2022, dengan rata-rata pertumbuhan per tahun 8,3%. Sektor Rumah Tangga merupakan konsumen listrik terbesar dengan *share* 41% dari total konsumsi, diikuti industri (34%), komersial (19%) dan pelayanan publik (6%). Jawa-Bali mengkonsumsi listrik 144 TWh (77% konsumsi) pada tahun 2013. *Share* penggunaan bahan bakar untuk pembangkit listrik yaitu: batu bara (52%), gas bumi (24%), BBM (13%), *hydro* (8%) dan panas bumi (4%).

Terlihat peranan bahan bakar minyak masih besar, penggunaan minyak bumi sebagai sumber daya energi di dalam negeri terus meningkat, sedangkan cadangan relatif terbatas.. Dewasa ini Indonesia tidak lagi mengeksplor minyak dan sudah menjadi pengimpor minyak.

Dari potensi tenaga air yang terdapat di seluruh wilayah tanah air diperkirakan sekitar 34.000 MW dapat dikembangkan untuk pembangkit listrik. Mengingat lamanya waktu serta pola penyebaran penduduk di Indonesia diperkirakan hanya 4.000 MW yang dapat menghasilkan listrik dalam awal abad 21. Secara akumulatif kapasitas terpasang Pembangkit Listrik Mini-hydro(50 kW) dan

Micro-hydro(500 kW) diperkirakan mencapai 88 MW, atau 17,2% dari total potensi yang sudah diidentifikasi yang jumlahnya sebesar 500 MW. Kebanyakan sistem Pembangkit Listrik Mini-hydro dan Micro-hydro tidak terhubung ke griddan terletak di daerah terpencil. Meskipun demikian, sistem pembangkit tersebut berperan penting dalam memenuhi permintaan listrik pedesaan yang tumbuh dengan pesat. Sayangnya, sejumlah besar proyek-proyek sistem pembangkit mini dan micro-hydro tidak beroperasi seperti yang diharapkan karena keahlian tenaga lokal didalam mengelola masih kurang memadai.

Berdasarkan penelitian, potensi energi panas bumi di Indonesia diperkirakan sebesar 10.000 MW dan kapasitas terpasang mencapai sekitar 1.400 MW pada tahun 2013, meskipun tidak sesuai dengan sasaran yang direncanakan pada tahun 2008 yaitu sebesar 2.000 MW.

Potensi energi angin kekuatannya tidaklah besar, dengan kecepatan angin rata-rata antara 3 meter per second(m/s) dan 6 m/s, generator energi angin yang cocok untuk di Indonesia adalah yang berukuran kecil (hingga 10 kilowatt(kW)) dan menengah (10 kW sampai 100 kW). Selain itu, kekuatan angin paling produktif di Indonesia berada jauh dari pusat-pusat konsumsi listrik, dan karena itu akan membutuhkan infrastruktur transmisi yang luas. Potensi air laut, energi surya, dan sumber lainnya bisa dimanfaatkan namun masih dalam skala kecil dan dalam proyek peragaan dan biayanya terlalu mahal.

Untuk mencukupi kebutuhan energi secara besar-besaran harus menggunakan minyak bumi, gas, batu bara, dan bahan nuklir. Tetapi karena minyak bumi, gas alam harus memegang peranan sebagai penghasil devisa, perhatian tergantung pada batu bara dan nuklir. Akan tetapi jika kebutuhan energi diisi sepenuhnya dengan batu bara, maka akan muncul problem dalam penambangan, pengangkutan, dan masalah lingkungan. Dalam masalah pengangkutan tiap hari harus diproduksi

dan diangkut bahan bakar yang jumlahnya melampaui setengah juta ton tiap harinya ke instalasi listrik. Produksi batu bara sebanyak ini tidak akan merupakan pekerjaan yang mudah, dilihat dari segi teknis, transportasi, pembiayaan lingkungan. Begitu pula sejak tahun 1998 kebijakan dan peraturan di sektor pertambangan batu bara telah mengalami banyak perubahan. Otonomi daerah dan desentralisasi yang lebih besar telah mendorong meningkatnya kegiatan pertambangan batu bara dan diikuti dengan peningkatan ekspor batu bara. Pada waktu yang sama masyarakat lokal mulai menuntut manfaat yang lebih besar dari keberadaan pertambangan batu bara. Hal ini senantiasa memberikan dampak timbulnya konflik antara perusahaan dengan masyarakat lokal, sehingga mendorong perusahaan tambang untuk melakukan pengelolaan lingkungan dan tanggung jawab sosial yang lebih besar kepada masyarakat di sekitar tambang

Selain itu energi terutama energi fosil yang digunakan dalam pembangkitan tenaga listrik, industri, transportasi dan rumah tangga, memberikan kontribusi yang besar terhadap pemanasan global. Pada tahun 2012 Indonesia menghasilkan emisi CO₂ 435,5 Mt atau 4,5% dari seluruh emisi di dunia. Emisi dari sektor energi menyumbang 25% dari seluruh emisi CO₂, di mana 42,1% berasal dari pembangkit listrik. Di Indonesia sebagian besar atau 42,1% dari emisi CO₂ di atmosfer disumbang dari sektor energi. Sisanya bersumber dari 21,6% industri manufaktur dan konstruksi; 29,5% berasal dari transportasi dan 6,8% perumahan, komersial, layanan publik, pertanian dan kehutanan. Upaya untuk mengurangi emisi CO₂ dari pembangkit listrik adalah ditingkatkannya penggunaan sumber-sumber energi non-fosil yang berkadar karbon rendah.

Pertimbangan bagi Indonesia

Dalam sudut pandang kebutuhan energi listrik di masa sekarang dan akan datang, sebagian besar masyarakat sepakat bahwa Indonesia harus meningkatkan produksi energinya yang

sering gagal diantisipasi. Selain sebagai sumber penerangan, listrik mempunyai peranan lain, yaitu sebagai pendorong kemajuan perekonomian suatu negara. Oleh karena itu, ada suatu hubungan antara konsumsi listrik dengan keadaan perekonomian suatu masyarakat. Dari beberapa sumber energi yang ada perlu ditentukan juga beberapa alternatif pilihan yang sudah sering ditawarkan oleh pemerintah dan banyak dibahas, dikaji, dikomentari oleh para pakar energi, pakar listrik, maupun masyarakat umum, dan PLTN merupakan salah satu alternatif untuk mengantisipasi kebutuhan listrik Indonesia yang terus meningkat tersebut.

Dengan memperhatikan kondisi ketersediaan energi sekarang tidak mungkin kebutuhan tersebut dapat tercapai. Oleh karena itu diperlukan kebijakan dan strategi yang mantap yang dapat digunakan sebagai acuan dalam lingkungan IPTEK yang mampu mendukung ketersediaan energi berkelanjutan. Dengan memperhatikan jumlah dan angka pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi, meningkatnya standar hidup, dan isu lingkungan, maka perencanaan energi jangka panjang harus dilakukan secara arif dan bijaksana. Dengan keterbatasan sumber energi tak terbarukan, maka untuk memenuhi kebutuhan energi di masa mendatang, harus diterapkan konsep bauran energi (*energy mix*) serta harus lebih mengarah kepada energi berbasis teknologi (*technology base*), dibanding energi berbasis fosil. Sebetulnya sumber energi alternatif cukup tersedia. Misalnya, energi matahari di musim kemarau atau musim kering, energi angin dan air. Tenaga air memang paling banyak dimanfaatkan dalam bentuk pembangkit listrik tenaga air (PLTA), namun bagi sumber energi lain belum kelihatan secara signifikan.

Pada saat ini, kebutuhan energi di Indonesia semakin meningkat namun cadangan sumber energi utama yang tak terbarukan seperti minyak bumi, gas, dan batu bara semakin lama semakin menipis. Berbagai upaya dilakukan pemerintah untuk mengembangkan sumber daya energi alternatif seperti contohnya : biomassa, bio-etanol,

biogas, serta sumber daya alam lain yang masih bisa dimanfaatkan untuk menggantikan *fossil fuel* seperti : panas bumi, air, angin, dan panas matahari.

Kegiatan eksplorasi dan produksi gas bumi bisa ditingkatkan, tidak saja untuk meningkatkan ekspor LNG namun juga untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Masalah yang mendasar untuk jangka panjang adalah bahwa kebutuhan gas yang sangat tinggi di pulau Jawa tidak akan dapat terpenuhi dari cadangan gas di sekitarnya. Ketersediaan cadangan gas di luar Jawa akan dapat membantu pemenuhan kebutuhan pulau Jawa dengan menjalurnya melalui pipa. Untuk membangun jaringan pipa sebagai sarana akan diperlukan dana yang sangat besar. Namun demikian hanya dengan membangun jaringan gas terpadu, pemanfaatan gas secara optimal dapat tercapai.

Sekarang yang menjadi pertanyaan apakah benar Indonesia membutuhkan nuklir? Sebenarnya nuklir merupakan salah satu solusi alternatif dan realistis yang dapat diandalkan untuk mencukupi pasokan listrik di negeri ini. Bagi siapa saja yang ingin menjadi negara maju dan ingin sejahtera pasti memiliki pembangkit listrik bertenaga nuklir. Seperti Amerika Serikat, negara-negara Eropa, Rusia, Israel, Korea Selatan, India, China, bahkan negara Jepang yang pernah menjadi korban bom nuklir menggunakan program energi nuklir untuk mencukupi kebutuhan energinya.

Pembangkit listrik tenaga nuklir

Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) adalah stasiun pembangkit listrik termal yang menggunakan bahan bakar nuklir (uranium) untuk membangkitkan energi. Energi yang dihasilkan oleh reaksi fisi di dalam reaktor nuklir berubah menjadi panas dan air berubah menjadi uap panas dan kemudian diambil tenaganya untuk memutar turbin yang selanjutnya membangkitkan tenaga listrik.

Energi nuklir mempunyai beberapa keuntungan antara lain:

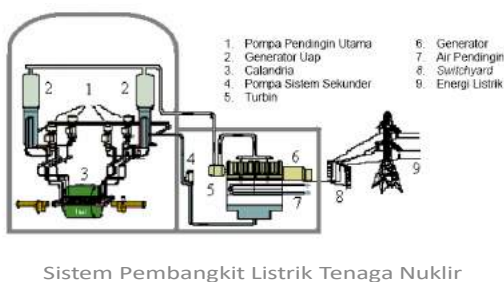
- Ongkos operasional pembangkitan listrik lebih murah.
- Penggunaan energi nuklir secara relatif akan mengurangi konsumsi minyak.
- Tidak membebaskan asap/debu hasil pembakaran lewat cerobong, ataupun tidak membuang abu ke lingkungan.
- Mempunyai keandalan dan keselamatan yang amat ketat.
- Penggunaan PLTN akan memberikan hasil samping lain di bidang industri, riset dan teknologi.

Sistem PLTN tergolong teknologi tinggi dan prospektif ke masa depan. PLTN mempunyai karakteristik sumbernya berkelimpahan di alam, bisa dibangkitkan dalam skala besar, ekonomis dalam skala massal, dan ramah lingkungan. Gambar 1 menunjukkan perbandingan pembangkit listrik batubara dan PLTN. Perbedaannya adalah panas yang digunakan untuk membangkitkan uap tidak dihasilkan dari pembakaran bahan fosil, tetapi sebagai hasil dari pembelahan inti atom U-235 yang ditembak dengan neutron. Panas yang dihasilkan dari reaksi pembelahan diangkut keluar dari teras reaktor oleh fluida pendingin, yang secara terus menerus dipompakan ke dalam reaktor melalui saluran pendingin reaktor.

PLTN terbagi atas dua bagian, yaitu sistem pemasok uap nuklir (*nuclear steam supply system*) yang merupakan tempat bagi reaktor nuklir dan pembangkit uap, dan Instalasi Pendukung (*balance of plant*) yang merupakan tempat bagi turbin uap dan generator listrik. Lihat Gambar 2.



Gambar 1. Perbandingan Pembangkit Listrik Batubara dan Pembangkit Listrik Nuklir



Gambar 2. Skema Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

PLTN mempunyai komponen utama, yaitu bahan bakar, pendingin, moderator, sistem pembangkit uap, sistem keselamatan. Kombinasi dari komponen-komponen tersebut menghasilkan variasi dari desain PLTN. PLTN dibedakan berdasarkan jenis pendingin, siklus uap, moderator, energi neutron dan bahan bakar. Dewasa ini ada beberapa jenis PLTN komersial antara lain adalah PWR (*Pressurized Water Reactor*), BWR (*Boiling Water Reactor*), dan PHWR (*Pressurized Heavy Water Reactor*), GCR (*Gas Cooled Reactor*), HTGR (*High Temperature Gas-cooled Reactor*). Jenis PLTN ini mempunyai keunggulan/kelebihan masing-masing, namun unsur-unsur kunci dan desain keseluruhan dari berbagai jenis PLTN itu pada umumnya adalah sama, misalnya bangunan turbin, generator, fasilitas perawatan, fasilitas administrasi, rumah pompa, dan struktur pengungkung reaktor.

Keselamatan lingkungan

Industri nuklir adalah satu-satunya industri yang melaksanakan pengamanan dan menangani keselamatan mulai dari hulu sampai ke ujung hilir. Semuanya dilakukan nyaris tanpa emisi gas buang ataupun limbah cair yang radioaktif ataupun berbahaya. Praktis tidak ada pembuangan ke lingkungan sekitar dari operasi pembangkitan listrik nuklir. Kalaupun ada yang lepas dari operasi normal, waktu paruhnya pendek dan cepat hilang. Limbah nuklir yang berpotensi membahayakan, seluruhnya masih di dalam bahan bakar bekas dan diamankan/disimpan, atau, apabila diproses-ulang guna memanfaatkan sisa bahan fisil, limbahnya dimampatkan dalam gelas (*vitrifikasi*) dan diamankan/disimpan.

Masalah lingkungan utama yang dihadapi umat manusia dewasa ini adalah pemanasan global yang diakibatkan oleh perkembangan industri. Sinar matahari yang dipantulkan oleh bumi semakin lama semakin sedikit yang dapat lolos ke angkasa luar, berkat efek rumah kaca. Energi nuklir yang ramah lingkungan sebenarnya adalah bagian dari solusi masalah pemanasan global.. Menurut penelitian energi nuklir menghasilkan emisi sebanding dengan tenaga angin.

4 SIMPULAN

Sumber energi yang bisa dikatakan siap dengan segala konsekuensinya pada lingkungan adalah energi batubara dan energi nuklir. Beban batubara untuk memenuhi kebutuhan energi di masa yang akan datang dirasa terlalu berat, mengingat minyak bumi dan gas alam tidak dapat lagi diandalkan sebagai pencatu sumber daya energi dan sebagai komoditi ekspor yang harus digantikan oleh batubara. Sumber bahan bakar minyak dan gas bumi merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui, dan diperkirakan pada satu saat akan habis. Pengembangan energi surya, angin, biomassa, dll, tidak perlu dinafikan, namun untuk skala besar belum mungkin untuk dicapai. Dengan

memperhatikan adanya keterbatasan maupun kendala dalam sumber energi konvensional, maka Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) layak dipertimbangkan sebagai salah satu opsi alternatif dalam menyediakan energi listrik. Pemanfaatan energi nuklir dapat meminimalkan ketergantungan negara dari energi fosil. Selain itu, pemanfaatan energi nuklir juga dapat mengurangi masalah pemanasan global yang sedang menjadi perhatian dunia saat ini. Masyarakat Indonesia hendaknya harus berpikir rasional dan proporsional dalam hal pembangunan PLTN. Setiap pengambilan keputusan memang sebaiknya mempertimbangkan keunggulan dan kelemahannya.. Kita harus berpikir dingin dan tidak emosional. Memang sekarang waktunya Indonesia untuk memiliki PLTN, karena kondisi dan situasi sudah sangat mendesak dan membahayakan pembangunan bangsa secara berkelanjutan.

KEPUSTAKAAN

- [1] Anonim, *Blue Print Pengelolaan Energi Nasional 2005/2025*, Departemen ESDM, Jakarta, 2007.
- [2] Anonim, *Nuclear Technology Review 2015*, IAEA, Vienna, 2015.
- [3] Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 tentang *Kebijakan Energi Nasional*.
- [4] Anonim, *Ketahanan Energi Indonesia 2014*, Dewan Energi Nasional Republik Indonesia, Jakarta, 2014.
- [5] Suhaemi, T., *Evolusi Teknologi PLTN CANDU dan Prospeknya di Indonesia*, BATAN, JAKARTA, 2007.
- [6] Suhaemi, T, Marjoko, *Manfaat Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir Dalam Mengatasi Problema Energi Nasional*, Proceeding SNIRT 2012, Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945, Cirebon,
- [7] Suhaemi, T., Napis, Sudirman, *Partisipasi Masyarakat Dalam Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga nuklir di Indonesia*, Seminar Nasional Pendidikan Sains (SNPS IV), Surakarta, 15 November 2014.
- [8] Tumiwa, F., *Nasib Program 35000 MW*, Harian Kompas, Selasa, 15 September 2015.
- [9] Sudja, N., *Polemik Proyek 35000 MW*, Harian Kompas, Rabu, 16 September 2015.
- [10] Anonim, *Kondisi Cadangan Listrik Nasional Mengkhawatirkan*, Harian Kompas, 7 November 2015

Pembuatan Instalasi Air Bersih untuk Daerah Banjir dengan Air Banjir sebagai Air Baku

Dan Mugisidi¹⁾&Oktarina Heriyani²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

Jl. Tanah Merdeka no. 6 Rambutan Ciracas Jakarta Timur DKI Jakarta 13830

Telp. +62-21- 87782739 Fax. +62-21-87782739

Abstrak

Banjir merupakan fenomena alam yang sangat sulit dihindari. Kerjasama yang sempurna antara pengrusakan alam dan pemanasan global membuat bencana banjir semakin sering terjadi Untuk menghindari terjadinya kekurangan air bersih dan air minum maka air banjir akan diolah agar dapat menjadi air bersih dan air lebih jauh lagi sebagai air minum. Penelitian ini bertujuan untuk membuat instalasi air minum yang akan menggunakan air banjir sebagai air bakunya tanpa menggunakan energi listrik yang berasal dari PLN ataupun dari generator pembangkit listrik. Selain itu teknik penyaringan akan memanfaatkan kapilaritas. Penelitian ini bertujuan untuk membuat prototipe instalasi pengolahan air bersih dengan menggunakan air banjir sebagai air baku.

Kata kunci: air bersih, air banjir, instalasi, air baku

1 PENDAHULUAN

Banjir merupakan fenomena alam yang sangat sulit dihindari. Kerjasama yang sempurna antara pengrusakan alam dan pemanasan global membuat bencana banjir semakin sering terjadi. Pada saat terjadi bencana banjir, masyarakat akan mengalami kesulitan untuk mendapatkan air bersih, energi listrik, bahan makanan, berbagai kebutuhan primer dan kebutuhan yang terpenting adalah air minum. Air minum biasanya diperoleh dari air tanah yang telah dimasak, air keran yang disaring dan air dalam kemasan. Pada saat banjir, air tanah yang di sedot dengan menggunakan pompa akan terkontaminasi dengan air banjir. Apabila perusahaan air minum dapat berfungsi maka air masih dapat diperoleh dengan relatif mudah. Tetapi bila PAM juga mengalami gangguan atau tidak terdapat jalur pipa air minum, maka air minum dapat menjadi masalah yang serius.

Untuk menghindari terjadinya kekurangan air bersih dan air minum maka air banjir akan diolah

agar dapat menjadi air bersih dan air lebih jauh lagi sebagai air minum. Penelitian ini akan melakukan karakterisasi air banjir pada beberapa lingkungan yang berbeda air banjir diperkotaan, kawasan industry dan kawasan pedesaan dibandingkan dengan standar air minum. Selain mengetahui kandungannya, maka perlu juga memikirkan bagaimana cara memisahkannya dari air yang akan dikonsumsi. Selain masalah banjirnya, biasanya pada kondisi ini aliran listrik juga akan terganggu sehingga perlu dipikirkan cara pengolahan yang tidak menggunakan tenaga listrik. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan beberapa teknik penjernihan air yang tidak menggunakan tenaga listrik baik dari genset maupun PLN.

Untuk menghindari terjadinya kekurangan air bersih dan air minum maka air banjir akan diolah agar dapat menjadi air bersih dan air lebih jauh lagi sebagai air minum. Perbedaan dengan penelitian dan pembuatan alat sejenis lainnya adalah alat ini tidak menggunakan energi listrik baik dari PLN ataupun Genset. Selain itu proses

pemisahaan akan memanfaatkan kapilaritas. Alat ini direncanakan akan berfungsi pada laju aliran 5 liter/menit. Keluaran alat ini diharapkan sudah dapat memenuhi standar air minum sesuai keputusan menteri kesehatan RI nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 [1].

Romulo E. Colindres dan rekan [2] melakukan penelitian mengenai pemanfaatan pemurni air dengan merek dagang PUR pada banjir yang melanda Gonaïves, Haiti pada tahun 2004. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa air yang diolah dengan menggunakan PUR memiliki tampilan, rasa dan bau yang lebih baik dari pada yang tidak diolah menggunakan PUR.

Tim peneliti pada pusat penelitian fisika yang diketuai oleh Ir. Nanik Indayaningsih M. Eng [3] telah berhasil mengembangkan alat yang memungkinkan air banjir diubah menjadi air minum. Alat ini mampu menghasilkan 20 liter air bersih per menit dan 10 liter air minum per menit. Sistem pengolahan air bersih dan air minum LIPI dirancang agar mudah dibawa kemana-mana dan dapat dioperasikan tanpa sumber listrik dari PLN. Sumber energi diperoleh lewat pengoperasian genset. Proses penyaringan air bermula dari sistem prefilter. Dalam sistem tersebut, dibagi dalam 3 tahap yaitu cyclone filter, filter media, dan sedimen cartridge filter. Dalam tahap cyclone filter, air kotor yang masuk akan tersaring berbagai kotoran air seperti lumpur, pasir, besi, dan logam berat. Kekeruhan dikurangi sampai 50 persen. Sedangkan filter media, yang di dalamnya terdapat 3 tabung filter yang masing-masing berisi pasir silika, pasir mangan, karbon aktif, dan cation exchange resin berfungsi untuk menghilangkan bau, keruh, dan kesadahan (rasa sepat) pada air. Di tahap sedimen cartridge filter, air akan menyaring berbagai kuman seperti protozoa, virus, dan bakteri yang tidak kasat mata. Air kemudian masuk pada tahap ultrafiltration untuk menyaring berbagai jenis virus dan bakteri yang bentuknya lebih kecil lagi yang belum tersaring akan terfilterisasi pada

tahap tersebut. Air lalu masuk ke filter Reverse Osmosis dan siap untuk dikonsumsi.

Hj. Soelidarmi, SH. [4] Membuat alat penjernih air bebas penyakit dengan menggunakan media filter karbon aktif dan zeolit. Karbon aktif berfungsi menyerap bau, rasa, dan kandungan-kandungan organik sedangkan zeolit dipergunakan sebagai penukar ion. Kusnaedi [4] mengolah air kotor untuk air minum yang dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap pertama adalah proses penyaringan yang didahului dengan pemisahan apabila pada air tersebut banyak mengandung pengotor yang dapat mengendap kemudian dialirkan melalui media karbon aktif dan zeolit. Fety kumalasari dan yogi satoto [5] mengolah air kotor menjadi air bersih hingga layak diminum dengan menggunakan instalasi pengolahan air sederhana.

Pada setiap fluida selalu terdapat gaya kohesi dan adhesi. Kohesi adalah gaya tarik menarik antara partikel-partikel suatu zat yang sejenis. Sehingga makin kuat kohesi ini, semakin tidak mudah berubah bentuknya. Adhesi adalah gaya tarik menarik antara partikel-partikel dari zat yang berbeda/tak sejenis. Kapilaritas adalah peristiwa naik atau turunnya suatu fluida cair dalam tabung kapiler disebabkan oleh tegangan permukaan dan bergantung pada besaran relative antara gaya kohesi dalam cairan dan adhesi cairan tersebut dengan dinding tabung. Cairan akan naik dalam tabung kapiler jika membasahi (adhesi > kohesi) dan jatuh jika tidak membasahi (kohesi > adhesi) [6].

Untuk melakukan penyaringan maka dimanfaatkan zeolit. Pemanfaatan Zeolit sebagai salah satu media dalam proses penjernihan air telah lama dikenal orang. Zeolit merupakan mineral alumina silikat terhidrat yang tersusun atas tetrahedral-tetrahedral alumina (AlO_4^{5-}) dan silika (SiO_4^{4-}) yang membentuk struktur bermuatan negatif dan berongga terbuka/berpori. Muatan negatif pada kerangka zeolit dinetralkan oleh kation yang terikat lemah. Selain kation, rongga zeolit juga terisi oleh molekul air yang berkoordinasi dengan kation.

Rumus umum zeolit adalah $M_x/n[(AlO_2)_x(SiO_2)_y] \cdot mH_2O$, Dimana M adalah kation bervalensi n, $(AlO_2)_x(SiO_2)_y$ adalah kerangka zeolit yang bermuatan negative dan H_2O adalah molekul air yang terhidrat dalam kerangka zeolit. Kemampuan zeolit sebagai ion exchanger telah lama diketahui dan digunakan sebagai penghilang polutan kimia sehingga dapat dipergunakan sebagai media untuk menurunkan kandungan Mn dan Fe pada air seperti yang telah dibuktikan pada penelitian Abdur Rahman dan Budi Hartono bahwa zeolit Bayah menurunkan Fe sebanyak 55% dan 40% Mn dalam air tanah yang mengandung 3,6 mg/L Fe dan 0,7 mg/L Mn [2]. Selain itu Zeolit juga mampu untuk mengurangi kuman-kuman E-Coli di dalam air [8]. Hasil penelitian yang dilakukannya menunjukkan pemberian zeolit sangat baik untuk menurunkan jumlah kuman-kuman dalam air limbah domestik. Pemberian zeolit dipengaruhi oleh dosis dan kecepatan aliran air, yaitu semakin tinggi dosis yang diberikan makin sedikit sisa kuman demikian pula semakin lambat kecepatan aliran air semakin sedikit sisa jumlah kuman dalam air. Hal ini dikarenakan adsorpsi zeolit terhadap kuman-kuman dalam air membutuhkan waktu dan kontak lebih lama.

Penelitian ini bertujuan membuat desain prototipe dan mengaplikasikan dengan membuat instalasi yang dapat dipergunakan.

2 HASIL DAN DISKUSI

Rancangan alat berdasarkan hasil karakterisasi air banjir yang dilakukan oleh Oktarina dan Dan Mugisidi di tiga tempat; Cileduk, Tangerang dan Pulogadung [11]. Pada penelitian selanjutnya, Okta, Dan dan Endy mengalirkan air banjir tersebut melalui filter pasir silika, zeolit dan karbon aktif yang mengalir secara kapiler [10]. Penelitian itu menjadi dasar pembuatan prototipe alat pengolah air banjir.

Dari data lapangan diperoleh informasi bahwa air banjir pada umumnya tidak memiliki permasalahan terhadap bau air. Meski tidak ada

masalah dalam hal bau tapi dapat disimpulkan air banjir memiliki tingkat kekeruhan yang tinggi. Dari contoh air yang diteliti air banjir memiliki kekeruhan 22, 63 dan 12 skala NTU, padahal batas ambang yang diperbolehkan untuk air minum 5 skala NTU.

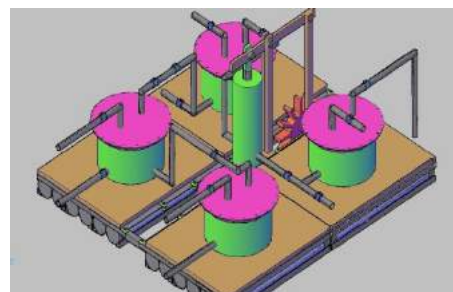
Dari sisi warna masih perlu diwaspadai karena sampel air dari Cileduk menunjukkan skala TCU 18 padahal yang diperbolehkan skala 15 TCU.

Dari sisi kandungan kimia yang perlu diwaspadai adalah zat aluminium mencapai 0,4486 mg/l padahal yang diijinkan 0,2 mg/l. (data dari sampel air banjir perumahan Cileduk Indah). Kandungan zat besi dari sampel air perumahan Cileduk Indah mencapai 0,9 mg/l ini melebihi ambang batas yang diijinkan dengan standar 0,3 mg/l. Sedang sampel air di daerah industri Pulo Gadung kadar besinya malah mencapai 1,02 mg/l.

Untuk kandungan Zat Organik ($KmnO_4$) dari sampel air dari daerah Cileduk sebesar 11,67 mg/l. Untuk sampel air banjir dari daerah Tangerang berada dalam skala

18,15 mg/l dan untuk sampel air dari daerah industri Pulogadung pada skala 49,5 mg/l. Skala Kandungan zat Organik ($KmnO_4$) di semua sampel air melebihi batas minimal syarat air minum yang distandarkan dalam skala 10 mg/l.

Pada penelitian ini telah dibuat rancangan akhir dari instalasi air minum yang diteliti. Kemudian rancangan akhir tersebut juga telah diimplementasikan dalam prototipe instalasi air minum berbahan baku air banjir yang diteliti sebelumnya.



Gambar 1 Desain prototipe instalasi pengolah air banjir

Prototipe pada Gambar 1., telah diaplikasikan pada prototipe pada Gambar 2.



Gambar 2 prototipe instalasi pengolahan air banjir

Tabung filter berisi pasir silika, zeolit dan karbon aktif. Pompa digerakkan dengan menggunakan kincir yang bergerak karena adanya aliran air banjir karena alat ini didesain untuk banjir yang mengalir.

3 SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilaksanakan dapat diperoleh kesimpulan sebagaiberikut:

1. Tingkat kekeruhan air banjir sangat tinggi melebihi batas maksimum yangdiperbolehkan dalam standar air minum. Dari contoh air banjir di daerahCileduk 22 skala NTU, dari contoh air banjir daerah Tangerang 63 skala NTUdan dari contoh air banjir daerah Pulogadung 12 skala NTU, padahal batasambang yang diperbolehkan untukk air minum 5 skala NTU.
2. Paparan zat warna air banjir perlu diwaspadai, paling tidak kesimpulan inidapat diambil berdasar contoh air banjir dari daerah Cileduk mencapai 18Skala TCU, padahal batas ambang yang diperbolehkan untuk air minum 55skala TCU.
3. Kandungan Zat alumunium air banjir perlu diwaspadai, paling tidakkesimpulan ini

dapat diambil berdasar contoh air banjir dari daerah Ciledukmencapai 0,4486 mg/l padahal yang diijinkan 0,2 mg/l.

4. KandunganZatOrganik(KmnO₄)airbanjir perlu diwaspadai, dari sampel airbanjir daerah Cileduk sebesar 11,67 mg/l. Untuk sampel air banjir dari daerahTangerang berada dalam skala 18,15 mg/l dan untuk sampel air dari daerahindustri Pulogadung pada skala 49,5 mg/l. Skala Kandungan zat Organik(KmnO₄) di semua sampel air banjir melebihi batas minimal syarat air minumyang distandarkan dalam skala 10 mg/l.
5. Rancangan instalasi pemurnian air banjir sebagai air baku minum yangmemenuhi standar telah dibuat drafnya dalam skala lab.
6. Prototipe Instalasi telah dibangun berdasar disain akhir yang telah dikerjakan.

KEPUSTAKAAN

- [1] Keputusan Mentri Kesehatan RI, (2010) Nomor 907/MENKES/SK/VII/2010, “SyaratSyarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum”, 29 Juli 2010.
- [2]Abdur Rahman dan Budi Hartono,2004. “Penyaringan Air Tanah dengan Zeolit Alami untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan”, MAKARA, KESEHATAN, VOL. 8, NO. 1, JUNI 2004: 1-6
- [2] Romulo E. Colindres, Seema Jain, Anna Bowen, Polyana Domond and Eric Mintz, (2007), “After the flood: an evaluation of in-home drinking water treatment with combined flocculent-disinfectantfollowing Tropical Storm Jeanne — Gonaives, Haiti”, Journal of Water and Health.
- [3] <http://www.fisika.lipi.go.id/in/?q=node/391401>, Air Bersih dan Layak Minum untuk Korban Banjir, 2012.

- [4]Hj. Soelidarmi, SH., 2010, Membuat Alat penjernih Air Bebas Penyakit, Progresif Books, Yogyakarta.
- [5]Fety kumalasari dan yogi satoto, 2011, Teknik Praktis Mengolah Air kotor Menjadi Air Bersih Hingga Layak Minum, Laskar Aksara, Jakarta.
- [6]R. Lenormand, C. Zarcone and A. Sarr (2011). “Mechanisms of the displacement of one fluid by another in a network of capillary ducts. *Journal of Fluid Mechanics*”, 135 , pp 337353 doi:10.1017/S0022112083003110.
- [7]Kusnaedi, 2010, Penebar Swadaya, Mengolah Air Kotor untuk Air Minum, Jakarta.
- [8]Fach E, Waldman WJ, Williams M, Long J, Meister RK, Dutta PK, (2010) “Analysis of the biological and chemical reactivity of zeolit-based aluminosilicate fibers and particulates”. *Environ Health Perspect* 2010; 110: 1087-1096.
- [9] Dr. Dan Mugisidi, ST, 2012, “Karakterisasi Air Banjir Sebagai Air Baku Untuk Air Minum”, LEMLITBANG UHAMKA, Jakarta.
- [10] Dr. Dan Mugisidi, ST, 2014, “Pembuatan Filter Kapiler Untuk Menyaring Air Banjir Sebagai Air Baku Air Minum”, LEMLITBANG UHAMKA, Jakarta.

Penyusunan *SOP* untuk Mengatasi Kemungkinan *NOT-GO* Produk di PT. CP

Delvis Agusman¹⁾ & Metasilani²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA
Jl. Tanah Merdeka no. 6 Rambutan Ciracas Jakarta Timur DKI Jakarta 13830
Telp. +62-21- 87782739 Fax. +62-21-87782739

²⁾Alumni Jurusan Teknik Mesin Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Tarumanegara

Abstrak

Sistem Tata Kerja atau Standard Operating Procedure (SOP), berfungsi untuk memberikan acuan bagi pekerja dalam melaksanakan proses produksi, sehingga meningkatkan produktivitas kerja yang ditandai dengan semakin rendah tingkat keluhan pelanggan terhadap produk Not-Go yang dihasilkan. SOP membuat setiap prosedur kerja memiliki acuan yang jelas, sehingga produk yang dihasilkan, tidak tergantung kepada personil dalam memenuhi standar produk, tapi sangat bergantung kepada sistem. Setiap personil yang terlibat dalam setiap lini produksi, melaksanakan aktifitasnya dengan lebih tepat sasaran sehingga target zero defect dapat dicapai. Hal ini bisa terlaksana karena, setiap lini produksi bertanggungjawab terhadap bagian kerja mereka sesuai SOP yang telah ditetapkan.

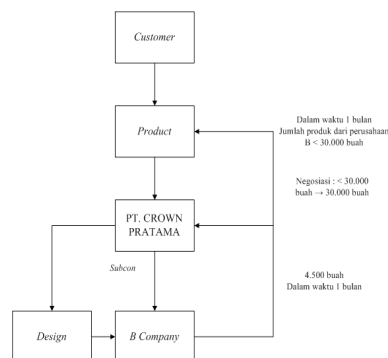
Kata kunci: *Standard Operating Procedure (SOP), proses produksi, Not-Go, lini produksi, standar produk, zero defect, sistem.*

1 PENDAHULUAN

Sistem Tata Kerja atau *Standard Operating Procedure (SOP)*, bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dengan biaya operasi yang rendah namun tetap memiliki kualitas produk yang sesuai standar industri tersebut. Perencanaan strategi bisnis memainkan peran penting dalam mengendalikan keputusan-keputusan manufaktur terutama yang terkait dengan manajemen produksi dan inventori. Manajemen produksi dan inventori akan memberi dampak dalam menciptakan industri manufaktur yang kompetitif, dan hal ini akan mempengaruhi formulasi dari strategi-strategi bisnis dalam industri tersebut.

PT. CP, adalah perusahaan *manufaktur* yang memiliki kegiatan produksi *me-repack* (membungkus ulang) barang-barang yang biasa digunakan untuk perhotelan dan industri usaha lain. Proses produksi dimulai dari proses *printing* logo untuk kemasan *sachet* sampai proses *filling*.

Keterlambatan pengiriman produk jadi dianggap sering terjadi di perusahaan ini. *Pelanggan* menginginkan produk dikirim sesuai dengan tanggal atau waktu yang sudah disepakati bersama, namun ada saat-saat dimana terjadi keterlambatan pengiriman. Hal ini bisa disebabkan oleh banyak faktor yang berkaitan langsung atau tidak langsung, seperti dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema Permasalahan pada PT. CP

2 LANDASAN TEORI

Berdasarkan *recipe manufacturing*, langkah produksi adalah: penimbangan (*weighing*), pencampuran (*mixing*), pemanasan (*heating*), dan pengisian (*filling*); Sedangkan *lot manufacturing* atau biasa disebut proses manufaktur, berupa: pengukuran, pemotongan, pembentukan, penggabungan dan perangkaian (*assembly*).

Penyusunan SOP dalam organisasi (dalam hal ini pada produksi *packaging* produk), akan memberikan manfaat sebagai berikut: (Soemohadiwidjojo, Arini T., *Mudah Menyusun SOP*, 2014)

1. Dokumen referensi mengenai kebijakan yang telah ditetapkan organisasi.
2. Panduan standar untuk pelaksanaan aktivitas organisasi, baik aktivitas operasional/teknis maupun administratif, yang menjelaskan ruang lingkup aktivitas, alur aktivitas, serta wewenang pejabat atau unit kerja terkait dalam lingkup tersebut.
3. Pedoman dalam birokrasi/hierarki pengambilan keputusan dan validasi rangkaian kegiatan organisasi.
4. Penjamin konsistensi dan keandalan kegiatan produksi serta penyampaian produk kepada pelanggan.
5. Penjamin efektivitas dan efisiensi aktivitas kerja, serta mencegah pemborosan sumber daya (Tenaga, biaya, material dan waktu)
6. Penjaga tingkat kinerja setiap unit kerja agar tetap konsisten dengan menetapkan indikator kinerja masing-masing unit kerja.
7. Meminimalkan resiko kesalahan, pelanggaran atau kegagalan dalam masing-masing aktivitas kerja.
8. Metode menghindari *one-man-show* dalam organisasi sehingga dapat beroperasi secara berkesinambungan, walau terjadi pergantian personil yang bertanggungjawab terhadap aktivitas kerja tersebut.

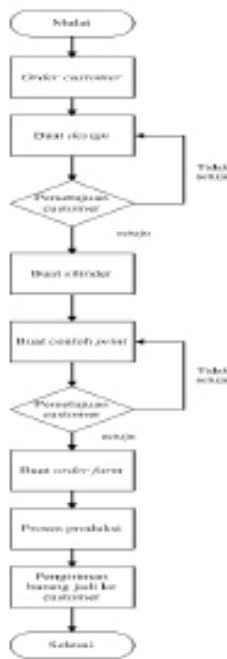
Berdasarkan hal tersebut, pelaksanaan kontrol kualitas menjadi suatu keharusan baik dengan melakukan kontrol metrologi, bentuk maupun estetis dari produk yang dihasilkan. Upaya penyusunan SOP, akan lebih terbantu dengan menetapkan atau membuat suatu sistem pengontrol kesalahan produk atau yang lebih dikenal dengan istilah *poka yoke*.

Proses produksi PT. CP, dilakukan melalui beberapa tahapan, berikut adalah tahapan proses produksi:

1. Tahap-1: sebelum proses produksi dimulai dari pembuatan logo untuk kemasan *sachet*, setelah itu desain layout kemasan sesuai permintaan, kemudian berikan contoh layout yang telah dibuat ke pelanggan untuk disetujui. Jika sudah disetujui, dibuat tabung silinder untuk proses *printing*, kemudian dibuat contoh warna dari proses *printing* untuk disetujui warnanya oleh *pelanggan*. Apabila *pelanggan* sudah setuju maka bisa dilakukan proses produksi.
2. Tahap-2: proses *cutting* pada Lito *Papper* sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan, namun tidak semua kertas dipotong. Hanya untuk permintaan ukuran kemasan yang tidak biasa saja perlu dilakukan proses *cutting*. Proses *cutting* dilakukan dimesin *sliting*. Proses ini untuk satu rol kertas dikerjakan selama kurang lebih lima belas menit dengan kecepatan 1000 m per jam.
3. Tahap-3: proses *printing* menggunakan tabung silinder yang sudah dibuat sebelumnya. *Print* yang dapat dibuat mulai dari satu warna sampai tiga warna. Proses ini membutuhkan waktu kurang lebih lima belas menit untuk satu rol kertas dengan kecepatan 1000 m per jam.
4. Tahap-4: proses proses *filling* (Gambar3), dengan menggunakan *automatic packaging machine jumbo powder*.

Produk yang diproduksi tidak hanya satu, namun ada sekitar sebelas produk yang diproduksi dan hampir semua produk menggunakan mesin yang sama yaitu *automatic packaging machine jumbo powder*, sedangkan untuk tusuk gigi, sedotan dan sumpit menggunakan mesin yang berbeda yaitu *automatic packaging machine jumbo chopstick* dan *automatic packaging machine jumbo stick*. Proses *filling* ini dapat menghasilkan sekitar 2000 *sachet* sampai 8000 *sachet* setiap jam.

5. Proses berikutnya adalah proses *packaging* dan *finishing*. Proses ini membutuhkan waktu sekitar tiga setengah menit untuk satu kantong yang berisi 250 *sachet*. Sampai proses *packing* kekarton membutuhkan waktu sekitar lima belas menit. Secara detail, alur proses dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Alur Proses pada PT CP

3 METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan pengukuran kemampuan produksi, sampai dengan upaya pengurangan *waste* yang terjadi pada setiap lini produksi. Oleh karena itu, bagian produksi harus mampu mengukur kapasitas produksi untuk kemudian menentukan langkah standar yang harus diikuti oleh setiap operator yang terlibat dalam proses produksi.

Setelah kerangka SOP tersusun, dilakukan proses uji coba di lapangan untuk menentukan keakurasian SOP yang disusun ini, selanjutnya dibuat koreksi dan pencatatan permasalahan yang terjadi. Pada setiap proses yang mengalami banyak permasalahan sehubungan dengan proses mengukur dan memotong, dibuatkan suatu pola standar sehingga membuat proses lebih cepat dan penyimpangan dalam pengukuran dan pemotongan yang dapat menyebabkan kebocoran bisa ditekan seminimal mungkin. Format *logbook* yang disusun dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1 Format *logbook*

Tanggal	kegiatan	Proble	Solusi	PK

Standarisasi material di PT. CP berdasarkan standar yang perusahaan tetapkan dan bersertifikat halal dari MUI karena yang diproduksi berupa makanan. Standarisasi material ini untuk bahan baku seperti gula, *brown sugar*, *coffee*, *creamer*, *sweetener*, teh, merica, garam, tusuk gigi, sumpit, dan sedotan. Bahan-bahan ini dipasok dari suplayer dengan produk yang harus bersertifikat halal.



Gambar 3 Sistem Filling tanpa Pokayoke

Standar dari perusahaan sendiri untuk gula harus putih dan kering, *brown sugar* harus kering, creamer harus putih dan kering, sedotan yang berukuran panjang enam mm dan delapan mm juga berdiameter lima mm, tusuk gigi yang berukir dan impor dari China, sumpit harus yang terbuat dari kayu pinus atau dari bambu dengan panjang dua puluh dua mm dan dua puluh empat mm, *coffee* standar *nescafe* dan *indocafe*, merica harus putih, garam standar *beriodium*, *sweetener* harus rendah kalori, dan teh standar sosro dan sariwangi.

Kapasitas produksi PT. CP, per tahun untuk produk yang satu dengan produk yang lain berbeda, dapat dilihat pada uraian berikut ini:

1. Gula : enam puluh juta *sachet* / tahun
2. *Brown sugar* : tujuh juta *sachet* / tahun
3. *Coffee* : tiga juta *sachet* / tahun
4. *Creamer* : delapan belas juta *sachet* / tahun
5. *Sweetener* : empat juta *sachet* / tahun
6. Tusuk gigi : lima puluh juta *sachet* / tahun
7. Sedotan : lima juta *sachet* / tahun
8. Sumpit : dua juta *sachet* / tahun
9. Garam : empat juta *sachet* / tahun
10. Merica : empat juta *sachet* / tahun
11. Teh : dua juta *sachet* / tahun

Kapasitas produksi tiap mesin di PT. CP berbeda-beda:

1. Tusuk gigi : 7000 *sachet*/jam–8000 *sachet*/jam
2. Garam : 5000 *sachet*/jam
3. Merica : 5000 *sachet*/jam
4. *Brown sugar* : 3500 *sachet*/jam
5. *Coffee* : 2500 *sachet*/jam
6. Gula *sachet*: 5000 *sachet*/jam
7. Gula *stick* : 4500 *sachet*/jam
8. Sedotan : 4000 *sachet*/jam
9. *Creamer* : 4000 *sachet*/jam
10. *Sweetener* : 4000 *sachet*/jam

4 HASILDAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini diambil hanya 3 (tiga) produk yang paling banyak mengalami permasalahan, yaitu mencapai 35% produk *Not-Go*.

Jenis cacat yang terjadi, adalah bungkus yang bocor dan hasil cetakan yang tidak sesuai dengan standar yang diajukan oleh konsumen.



Gambar 4 Sisa dari proses produksi

Pada Gambar 4 dan Gambar 5, dapat dilihat permasalahan yang terjadi akibat penanganan terhadap permasalahan yang tidak sesuai standar, karena memang belum ditetapkan standar baku yang harus dilakukan oleh setiap karyawan terhadap permasalahan yang muncul.

Sering terjadi, permasalahan yang sama terjadi pada mesin yang sama oleh operator yang sama, di waktu yang berbeda, penanganannya tidak sama.

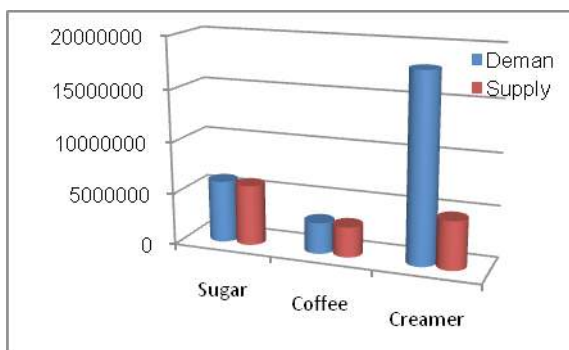


Gambar 5 Sisa tinta dari proses printing

Setelah dilakukan pengamatan di lapangan, dapat diambil suatu kesimpulan bahwa produk tersebut, adalah kemasan yang digunakan untuk gula, kopi dan krimer, yang menjadi langganan beberapa hotel langganan. Jumlah produksi dibandingkan dengan kemampuan produksi yang terjadi saat ini dapat dilihat pada Tabel2 dan Grafik1.

Tabel 2 Supply – Demand

	Produksi Sch/Yr	Go Sch/Yr
Sugar	6.000.000	5.850.000
Coffee	3.000.000	2.925.000
Creamer	18.000.000	4.680.000



Grafik 1 Supply – Demand

Langkah-langkah solusi harus diambil oleh manajemen PT. CP untuk menyelesaikan permasalahan ini dan agar tidak terulang lagi dikemudian hari atau paling tidak memperkecil kemungkinan terjadi produk gagal, sehingga mengakibatkan komplain dari pelanggan.

Langkah ini bertujuan agar perusahaan tidak mengalami kerugian dan perusahaan dapat menjaga kepercayaan customer terhadap perusahaan sehingga customer tetap berlangganan dengan PT. CP.

Langkah-langkah yang diambil oleh PT. CP sebagai berikut:

1. Menerima komplain yang diberikan oleh pihak hotel dan meminta maaf atas kesalahan yang telah dilakukan, karena ini adalah tanggung jawab PT. CP yang kurang dapat menyelesaikan proses approve warna dengan cepat. Pihak hotel juga tidak meminta ganti rugi apa pun dari PT. CP karena Marketing Manager dari PT. CP dapat melakukan negosiasi yang baik dengan pihak hotel dan tentu karena PT. CP mampu meyakinkan dan menjelaskan bahwa hal ini tidak akan terulang lagi. Komplein yang diajukan dengan mengisi form komplein, seperti dapat dilihat pada Gambar6.

PT CP

No. _____
Tersandi _____

FORM KOMPLAIN BARANG JADI

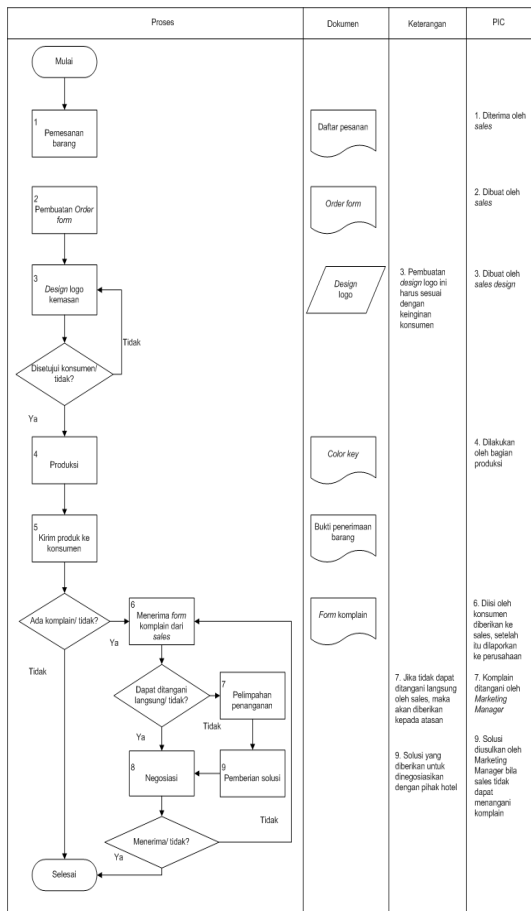
Kepada _____
 Kantor _____
 Nama Barang _____
 Tanggal Pengiriman _____
 Jumlah Barang _____
 Masalah _____

Prasyarat _____

Tindakan Perbaikan _____

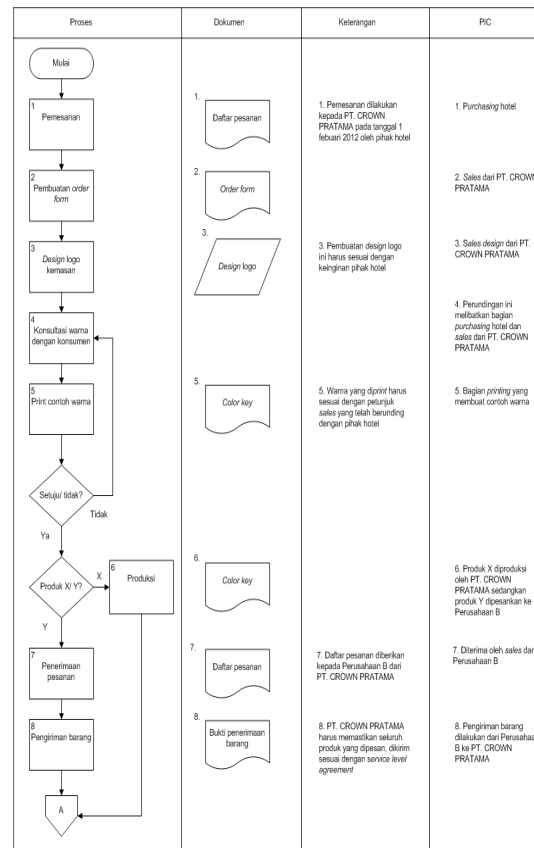
Konsumen _____ Sale: _____ Marketing Manager _____ Production Manager _____

Gambar 6 Form Komplein



Gambar 7 SOP Pelaksanaan Komplein

2. Mengirim produk yang sudah selesai terlebih dahulu dan sisa kekurangan produk dikirim kemudian setelah selesai. Pengiriman dilakukan sebanyak dua kali, yang pertama pengiriman produk dari PT. CP dan produk *stirer*, *cover glass*, dan *coaster* yang masing-masing sebanyak 1.500 buah dari Perusahaan B, dan yang kedua pengiriman kekurangan produk dari Perusahaan B masing-masing sebanyak 8.500 buah. Perusahaan B baru dapat mengirimkan sisa kekurangan.

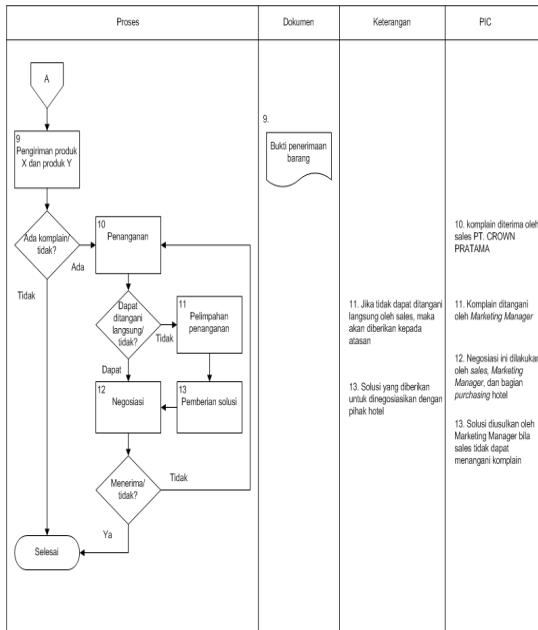


Gambar 8.a Langkah Solusi pada PT. CP

3. PT. CP memberikan *sticker*, *cover glass*, dan *coaster* yang polos terlebih dahulu masing-masing sebanyak 500 buah sebagai pengganti untuk *stirer*, *cover glass*, dan *coaster* yang belum selesai dan untuk menutupi kebutuhan pihak hotel.
4. Langkah yang diambil PT. CP untuk jangka panjang adalah memperbaiki proses untuk *approve* warna secepat mungkin dengan benar-benar mencari tahu dan merundingkan warna yang benar-benar sesuai dengan keinginan *customer*, sehingga tidak akan membuang-buang waktu yang ada.

Langkah ini diterapkan untuk setiap *order* setelah terjadi permasalahan ini, jadi setiap ada *order*, *staff design* akan langsung menanyakan warna yang diinginkan seperti

apa dan membuat contoh kemasan yang sudah diprint agar lebih mudah bagi customer untuk mencocokkan dengan standar yang telah diajukan.



Gambar 8.b Langkah Solusi pada PT. CP (...lanjutan)

5. Bagi pihak manajemen, hal ini juga dapat mengurangi, permasalahan yang ada terutama untuk produksi krimer yang masih dibawah kemampuan produksi perusahaan.

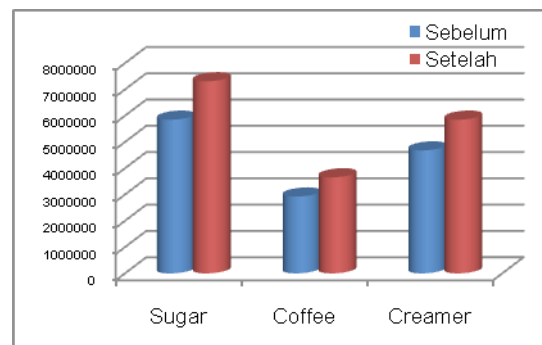
Tabel 3 Produksi GO Sebelum Vs Setelah Implementasi

	Go Sch/Yr	Go Sch/Yr
	Sebelum	Setelah
Sugar	5.850.000	7.312.500
Coffee	2.925.000	3.656.250
Creamer	4.680.000	5.850.000

6. Sampel kemasan yang telah disetujui oleh customer juga disimpan untuk mengantisipasi apabila customer yang sudah pernah memesan produk di PT.

CP melakukan order lagi dengan warna dan design yang sama, maka tidak perlu membutuhkan waktu yang lama untuk approve warna. Flow keseluruhan dari langkah solusi yang dilakukan PT. CP, dan dapat dilihat pada Gambar7, Gambar8.a dan Gambar8.b.

Setelah prosedur dilakukan, selama 1 (satu) bulan produksi ternyata hal ini menghasilkan dampak yang cukup signifikan. Apabila diambil perhitungan dan disetahunkan maka hasil yang didapat, adalah sebagaimana dapat dilihat pada Tabel3 dan Grafik2.



Grafik 2 Produksi GO Sebelum Vs Setelah Implementasi

5 SIMPULAN

1. PT. CP adalah perusahaan *manufactur* yang memiliki kegiatan produksime-repack (membungkus ulang) barang-barang yang biasadigunakan untuk perhotelan dan industri usaha lain.
2. Sistem produksi di PT. CP dimasukan kedalam *push system* dan proses produksi dibagi menjadi lima tahap, yaitu pembuatan logo, *cutting, printing, filling,* dan *packaging*.
3. Setelah implementasi dilakukan, terjadi pemenuhan permintaan secara signifikan, namun untuk kremer, masih diperlukan pengembangan kemampuan produksi, seperti dapat dilihat pada Tabel4 dan Grafik3.

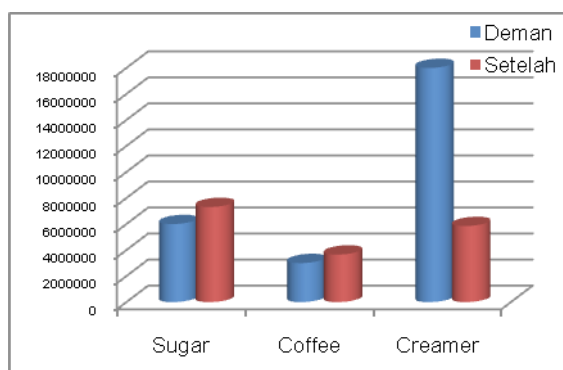
4. Permasalahan yang sering terjadi di PT. CP adalah mengenai keterlambatan pengiriman produk ke konsumen yang disebabkan belum ada sistem yang jelas untuk proses pembuatan *design*.
5. Komplain yang disampaikan konsumen kepada PT. CP disampaikan langsung kepada *sales*, namun setelah muncul masalah tersebut, telah diusulkan untuk membuat *form* komplain untuk konsumen yang tidak puas serta pembuatan *Standard Operational Procedure* untuk sistem komplain.
6. *Pokayoke* yang dirancang, belum dapat dipublikasikan dan diharapkan dapat segera disempurnakan untuk mengejar target produksi yang lebih baik.

KEPUSTAKAAN

- [1] Elsayed, Elsayed A dan Thomas O Boucher, *Analysis and Control Production System*, Second Edition, Prentice-hall, inc, 1994
- [2] Feigenbaum, A.V. *Kendali Mutu Terpadu*. Edisi ketiga. Jilid I. Jakarta: Erlangga, 1992.
- [3] Kalpakjian, *Schmid Manufacturing Engineering and Technology*, Second Edition, Prentice-hall, inc, 2001
- [4] Soemohadiwidjojo, Arini T., *Mudah Menyusun SOP (Standard Operating Procedure)*, Penebar Plus (Penebar Swadaya Group), Cibubur, Jakarta, 2014.

Tabel 4 Supply – Demand Setelah Implementasi

	Go Sch/Yr	Go Sch/Yr
	Sebelum	Setelah
Sugar	6.000.000	7.312.500
Coffee	3.000.000	3.656.250
Creamer	18.000.000	5.850.000



Grafik 3 Supply – Demand Setelah Implementasi

Konsep Desain Tas Pengamanan Nasabah Bank Mampu Lacak (Penerapan Teknologi *Inflating Bag* dan APRS [*Automatic Position Reporting System*] untuk Pengamanan Nasabah Bank)

Pancatva Hesti Gunawan¹⁾ & Rosalina²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

Jl. Tanah Merdeka no. 6 Rambutan Ciracas Jakarta Timur DKI Jakarta 13830

Telp. +62-21- 87782739 Fax. +62-21-87782739

E-mail :gnwn98@gmail.com,

Abstrak

Peralatan yang akan diusulkan ini terdiri atas dua bagian utama. Bagian pertama, peralatan pengamanan fisik uang. Pada bagian ini didesain tas yang memiliki kemampuan menggelembung pada saat telah ada di tangan perampok. Sehingga dapat menghambat proses pelarian perampok. Selain itu, tas memiliki kemampuan untuk melemahkan mental perampok, yaitu dengan kemampuan mengeluarkan suara yang cukup mengganggu, agar perampok menjadi gugup dan sulit untuk bersembunyi. Banyak kemampuan lain yang dapat ditambahkan pada tas ini, seperti kemampuan mengeluarkan suara peluit anjing, agar tas dapat juga dilacak oleh hewan pelacak seperti anjing.

Bagian kedua, peralatan pelacakan, yang merupakan suatu sistem peralatan untuk pelacakan posisi tas. Sistem pelacakan yang digunakan memanfaatkan teknologi radio paket, yaitu dengan sistem APRS (Automatic Position Reporting System). Sistem APRS merupakan aplikasi perangkat lunak yang menggunakan protocol paket

Kata kunci: desain produk, tas nasabah, perampokan bank, APRS

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu jenis kejahatan yang meresahkan masyarakat adalah pencurian dengan kekerasan atau sering disebut juga dengan perampokan, sebagaimana diatur dalam pasal 365 Kitab Undang-Undang Hukum Pidana (KUHP). Dalam melakukan aksinya, para pelaku kejahatan (perampok) melengkapi dirinya dengan senjata api atau senjata tajam untuk menakut-nakuti korban, agar korban mau menyerahkan uang/harta benda miliknya. Bahkan tidak jarang para pelaku kejahatan tersebut melukai atau membunuh korbannya apabila si korban tidak mau menyerahkan uang/harta bendanya.

Pada umumnya, perampokan terhadap nasabah bank terjadi pada saat nasabah membawa uang dari

bank menuju rumah/kantor, atau sebaliknya. Dalam hal ini, sebetulnya POLRI telah menawarkan jasa pengawalan, namun tidak sedikit diantara mereka yang enggang menggunakan jasa pengawalan dari POLRI dengan berbagai alasan. Kalaupun ada yang menggunakan jasa pengawalan (baik dari POLRI, SATPAM ataupun petugas pengawalan lainnya), belum/ tidak menjadi jaminan kalau nasabah akan terhindar dari perampokan. Untuk itulah perlu dipikirkan, bagaimana membuat suatu alat/peralatan dengan memanfaatkan teknologi untuk pengamanan nasabah bank.

1.2 Permasalahan

Mengingat bahwa yang menjadi sasaran utama para pelaku kejahatan pada kasus perampokan terhadap nasabah bank adalah uang, maka

pembuatan alat/peralatan dengan memanfaatkan teknologi untuk pengamanan nasabah bank diarahkan pada pengamanan terhadap uang nasabah, dengan penjelasan bahwa kalau terjadi perampokan yang mengancam keselamatan jiwa, maka nasabah (dengan pertimbangan keselamatan jiwa) “ dapat menyerahkan” uangnya kepada para perampok. Namun demikian uang nasabah tersebut masih dapat dimonitor keberadaannya dengan menggunakan peralatan tersebut. Dengan kecepatan pelaporan dan kesigapan Reserse Mobile, diharapkan uang nasabah masih dapat ditemukan dan sekaligus menangkap para pelaku kejahatan tersebut.

Untuk itu dirumuskan masalah desain:

Bagaimana desain tas nasabah bank yang mampu mengamankan uang dan menghambat tindakan kejahatan tanpa mencelakai nasabah.?

1.3 Tinjauan Teori

1.1.3 Kemungkinan Kasus Kejahatan

- a. Modus Kejahatan
 - Perampokan tanpa kekerasan
 - Perampokan dengan kekerasan
- b. Lokasi Tindak Kejahatan
 - Sekitar wilayah bank
 - Diluar wilayah bank
 - di tengah perjalanan
 - di tempat tujuan
- c. Tempat tindak kejahatan
 - Di dalam kendaraan
 - Di luar kendaraan
- d. Sarana Transportasi Tindak Kejahatan
 - Kendaraan bermotor:
 - Sepeda motor
 - Mobil
 - Tanpa kendaraan
- e. Alat Kekerasan/Ancaman Tindak Kejahatan
 - Sajam (senjata tajam)
 - Senpi (senjata api)
 - Senjata lain
- f. Penggunaan Teknologi untuk Tindak Kejahatan

- Konvensional
- Modern dan canggih:
 - Teknologi informasi
 - Teknologi kendaraan
 - Teknologi lain yang mendukung tindak kejahatan mereka

- g. Memperlakukan Barang Bukti (uang/tas nasabah)
 - Membawa barang bukti sampai ketempat persembunyian
 - Dengan merusak/mengganti barang bukti
 - Tanpa merusak barang bukti
 - Membuang/melenyapkan barang bukti :
 - Menghindari kejaran
 - Menunda / menyimpan sementara barang bukti
- h. Pelaku Tindak Kejahatan
 - Kelompok terorganisir: mafia, sindikat, dsb.
 - Kerja sama dengan pihak dalam (bank, pengamanan, nasabah, dsb)
 - Tanpa kerja sama dengan pihak dalam
 - Kelompok lepas
 - Pelaku Tunggal

1.1.4 Kemungkinan Pencegahan dan Penanganan Kejahatan pada Nasabah Bank Konvensional

- a. Penanganan PAM Nasabah
 - Pengawasan PAM oleh POLRI
 - Pengawasan PAM oleh Satpam
 - Pengawasan PAM oleh swasta
 - Pengawasan PAM mandiri
 - Tanpa kawalan PAM
 - Jasa Kurir khusus.
- b. Penanganan Tindak Kejahatan Perampokan Nasabah Bank
 - Perlawanan oleh Nasabah sendiri
 - Perlawanan oleh pengawal PAM

- Penanganan oleh Polri
 - Bantuan masyarakat
- c. Cara Pengantaran Dana Nasabah Bank
- Tas :
 - Tas bawaan biasa
 - Tas khusus tanpa pengaman
 - Tas khusus berpengaman
 - Kendaraan :
 - Kendaraan biasa
 - Kendaraan khusus berpengaman
- d. Cara Penanganan Kasus Terjadinya Perampokan Dana Nasabah Bank
- Pencegahan
 - Pemecahan bawaan nasabah dalam nilai-nilai yang lebih kecil.
 - Penggunaan dana/bawaan *pseudeo* (palsu).
 - Pengawasan .
 - Penggunaan rute khusus.
 - Penggunaan kendaraan khusus.
 - Penanganan bila tetap terjadi kasus perampokan
 - Pembatalan nomor seri uang.
 - Penandaan fisik uang dengan sarana khusus pada tas bawaan khusus.
 - Pemancaran sinyal penanda lokasi.
 - Penghancuran uang secara otomatis pada tas bawaan khusus, untuk uang dengan nomor seri yang telah ditentukan oleh pihak bank.
 - Aktivasi manual maupun otomatis pada tas bawaan khusus untuk mengeluarkan tanda-tanda perampokan : alarm, suara keras, kejutan listrik, gas asap, bau, dsb.
 - Pelacakan pelaku setelah olah TKP.
 - Pengejaran langsung.
- pengamanan nasabah harus mampu menangani paling tidak **55296** kemungkinan kasus tersebut di atas, dan mampu menggantikan **20160** kemungkinan cara penanganan dan atau pencegahan kasus perampokan nasabah bank.
- b. Metode utama penanganan paling muktahir yang pernah diterapkan dalam penanganan dan atau pencegahan perampokan nasabah bank adalah dengan menggunakan alat pelacak elektronik mini yang ditempatkan pada tas/ uang nasabah.
- c. Masih banyak terdapat kelemahan pada penggunaan alat pelacak elektronik mini yang ditempatkan pada tas/uang nasabah. Seperti, dapat ‘dibungkam’ dengan peralatan *jammer* atau pun metode lain, jangkauan terbatas, harga relatif mahal. Sehingga harus dilengkapi dengan peralatan tambahan yang mampu menjaga fungsi pelacakan.
- d. Peralatan yang dirancang harus mudah dioperasikan, berjangkauan luas, mampu beradaptasi dengan sistem pengamanan yang telah dimiliki oleh pihak kepolisian, murah dalam arti tidak membebani nasabah, bank maupun pihak kepolisian, mampu lacak, dan mempermudah penangkapan pelaku.
- e. Peralatan yang digunakan sebaiknya memanfaatkan segala sarana dan prasarana yang telah dimiliki pihak kepolisian, sehingga dapat diterapkan secara mudah oleh pihak kepolisian.

2 KONSEP DESAIN

2.1 Batasan Desain

Sesuai dengan ruang lingkup permasalahan yang telah disampaikan , maka desain peralatan paling tidak akan meliputi 3 (tiga) pertimbangan utama, yaitu: kemampuan pelacakan, biaya operasional, dan keamanan nasabah serta barang / uang.

Peralatan diharapkan memenuhi batasan-batasan berikut:

1.3 Tujuan Rancangan

Dari tinjauan terhadap berbagai kasus dan penanganan pengamanan nasabah bank, maka dapat diambil tujuan perancangan sebagai berikut:

- a. Rancangan peralatan untuk penanganan

- a. Relatif murah, dan tidak membebani nasabah, bank maupun pihak kepolisian.
- b. Mampu cegah dan mampu tangkal tindak perampokan.
- c. Mampu lacak.
- d. Mampu melumpuhkan/memperlambat pelarian pelaku perampokan.
- e. Aman bagi nasabah dan lingkungan.
- f. Tidak merusak uang/barang berharga nasabah.
- g. Tidak dapat dimanipulasi (dari segi teknologi).
- h. Mudah beradaptasi dengan sistem pengamanan yang telah dimiliki oleh pihak kepolisian/keamanan.
- i. Terintegrasi dengan kantor polisi / polisi mobile atau pun sumber daya pengamanan lainnya di bawah koordinasi kepolisian.
- j. Kepolisian sebagai operator tunggal terhadap peralatan ini.
- k. Berjangkauan luas dan terpadu: sistem, perangkat, dan operator.
- l. Set-up mudah.
- m. Portable.
- n. Sistem mampu bekerja secara mandiri (cerdas) dan otomatis.

2.2 Desain Peralatan

2.2.1 Rancangan Kerja Peralatan

Nasabah dilengkapi tas bawaan khusus dengan kemampuan:

1. Mengirimkan sinyal pemberitahuan kepada kantor polisi terdekat (operator) yang langsung dapat memberikan informasi tentang lokasi tas dan perubahannya secara kontinu.
2. Sinyal ini akan tersebar dan diterima oleh seluruh anggota kepolisian di lapangan melalui peralatan komunikasi standar yang telah ada (HT, Radio komunikasi, dsb).
3. Terjadi perubahan fisik secara mendadak pada tas sehingga perampok akan kesulitan membawa/menyembunyikan barang rampokan atau pun merusak fungsi peralatan di dalamnya, serta memperlambat pelariannya.

4. Mengeluarkan bunyi yang keras dan mengejutkan secara terus menerus pada jarak tertentu setelah terlepas dari tangan nasabah, agar perampok menjadi gugup dan masyarakat tahu bahwa telah terjadi perampokan.
5. Mampu melumpuhkan pelaku perampokan (dengan pelepasan gas air mata atau pun kejutan listrik).
6. Merekam kejadian secara audio visual
7. Mampu mengantisipasi semua kasus tindak kejahatan perampokan nasabah bank, dan tak dapat dimanipulasi oleh pelaku.
8. Peralatan pun dirancang agar mampu lacak menggunakan hewan pelacak (anjing pelacak).

2.2.2 Breakdown Sistem

Peralatan dirancang memiliki dua bagian utama, yaitu:

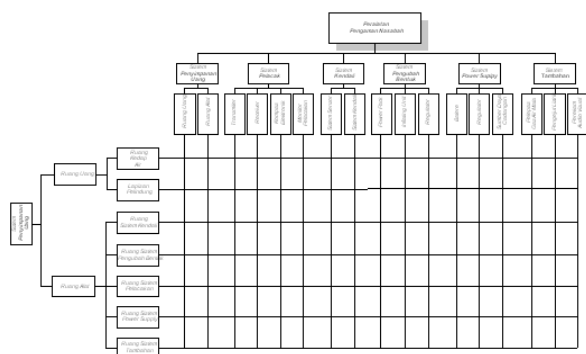
- a. Peralatan dari sisi nasabah
- b. Peralatan dari sisi operator (kepolisian)

Peralatan sisi nasabah yang merupakan peralatan pengamanan fisik berpelacak, terdiri atas:

- Bagian penyimpanan uang.
Bagian ini berupa kotak / tas yang berfungsi untuk meletakkan uang atau pun barang berharga lainnya.
- Bagian peralatan pengamanan
Bagian ini merupakan tas luar, yang terdiri atas:
 - Lapisan pelindung dan pengaman tas uang.
 - Sistem pengamanan, yang terdiri atas sistem transmisi, sistem kendali, sistem pelacakan, sistem aktivasi lapisan pelindung, sistem perekaman kejadian, sumber daya (batere), dan sistem tambahan.

Peralatan dari sisi operator (kepolisian) terdiri atas:

- Sistem pengolah data
- Sistem pelacakan



Gambar 1 Matrik WBS

2.2.3 Teknologi

- Teknologi pembangkitan dan pemancaran sinyal.
- Teknologi informasi berjaringan.
- Teknologi sistem pelacakan posisi (*tracking position system*).
- Teknologi perekaman audio dan visual.
- Teknologi bahan.

1.1.4 Status Kepemilikan Alat

Peralatan adalah milik POLRI, yang disewakan ke pihak Bank atau pihak lain yang memerlukan secara rutin. Kepolisian adalah operator tunggal dari peralatan ini. Bank akan meminjamkan peralatan tersebut kepada nasabah yang akan membawa benda-benda berharga seperti uang, surat-surat berharga, atau pun perhiasan.

3 SPESIFIKASI RANCANGAN

3.1 Gambaran Umum

Uang nasabah dimasukkan dalam tas, kemudian tas tersebut dimasukkan ke dalam tas pelindung. Jadi terdapat dua macam tas pembawa, yaitu tas untuk penyimpan uang serta peralatan, dan tas untuk lapisan pelindung.

3.2 Tempat Uang Dan Peralatan

3.2.1 Tempat Uang

Uang akan ditempatkan dalam ruangan dengan bahan yang kuat dan ringan (seperti: pelat aluminium, dsb). Daya tampung dari tempat ini

direncanakan 100 juta rupiah (uang kertas) atau disesuaikan dengan kebutuhan. Bagian ini akan terkunci secara otomatis dengan kunci mekanis, dan hanya terbuka setelah nasabah melaporkan bahwa uang telah aman ke operator kepolisian, dimana operator akan memandu.



Gambar 2 Rancangan Fungsi Tas

3.2.2 Wadah Peralatan

Wadah peralatan memuat

- a. Sistem *Transmitter*
- b. Sistem *Tracking Position*
- c. Sistem Aktivasi Peralatan
- d. Sistem *Power Supply*



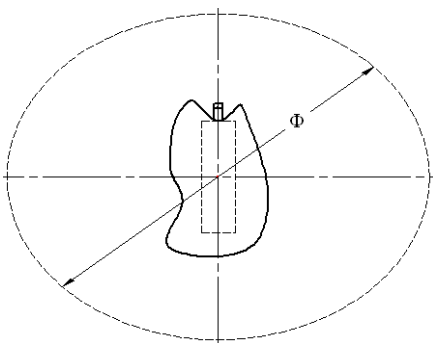
Gambar 3 Rancangan Tas dengan Peralatan Lacak

1.1.1 Lapisan Pelindung

- a. Lapisan *inflator* (penggembung)
 - Bahan : *airbagnylon*
 - Rangka penguat : pelat baja
- b. Mekanisme pembangkit tekanan
 - Aktivasi : elektrik ke mekanis
 - Inflator : tabung bertekanan, atau sistem reaksi kimia

1.2 Spesifikasi Umum

- a. Berat kosong (tanpa uang) : (d disesuaikan)
- b. Berat maksimum : (d disesuaikan)
- c. Kapasitas pemuatan uang (kertas) :Rp100 juta (d disesuaikan)
- d. Dimensi awal ($P \times l \times t$) : (d disesuaikan)
- e. Dimensi akhir (inflating), (ϕ) : 1 m
- f. Biaya peralatan < Rp 10 juta



Gambar 4 Dimensi Tas Saat Mengembang (*inflate*)

4 RANCANGAN SISTEM PELACAKAN

4.1 Gambaran Umum

Setelah nasabah memasukan semua uangnya kedalam tas pengaman, dan siap untuk dibawa, maka pihak bank melakukan pelaporan/aktivasi pengamanan kepihak operator pengamanan di kantor polisi terdekat, sesuai dengan kode aktivasi yang sesuai dengan tas tersebut.

Setelah kode pengamanan teraktivasi, maka lokasi tas akan terdeteksi pada layar monitor operator (pada layar akan tampil cursor berwarna kuning yang berkedip-kedip) dan secara otomatis akan tersebar keseluruh jaringan pengamanan pihak kepolisian. Aktivasi ini tak dapat dibatalkan oleh pihak bank maupun nasabah (pembawa tas), kecuali oleh pihak kepolisian (operator pengamanan). Proses aktivasi awal ini dimaksudkan agar operator selalu dalam keadaan siap memonitor.

Pada jarak yang telah ditentukan, apabila tas sudah berada di tangan perampok, aktivasi pengamanan kedua secara otomatis aktif. Pada layar monitor, cursor akan segera berubah menjadi berwarna merah, yang berarti telah terjadi perampasan terhadap tas tersebut. Cursor pada monitor akan bergerak sesuai pergerakan lokasi tas.

Monitor pelacakan dilengkapi dengan peta wilayah pengamanan yang selalu dikalibrasi (monitor pelacakan berpeta). Selain dapat ditangkap oleh operator, sejak awal perampokan, sinyal tanda perampokan juga secara otomatis diterima oleh setiap anggota kepolisian di wilayah tersebut melalui peralatan radio HT (*Handheld Transciever*) yang telah di setting khusus. Radio akan mengeluarkan suara alarm tertentu, yang memberitahukan bahwa telah terjadi perampokan terhadap nasabah bank. Radio ini juga dapat digunakan untuk pelacakan buta (tanpa monitor pelacakan berpeta). Sinyal akan menguat bila radio diarahkan lurus dan atau dekat dengan sumber sinyal (tas). Selain itu operator pun akan memandu pelacakan sinyal.

4.2 Metode Pelacakan

Sistem pelacakan direncanakan akan memanfaatkan teknologi gelombang radio. Hal ini didasarkan pemikiran bahwa, pihak kepolisian telah terbiasa menggunakannya dan telah memiliki sarana prasarananya.

Aplikasi yang dipilih adalah APRS (*Automatic Position Reporting System*), yaitu suatu sistem pengiriman (*transmitting*) dan penerimaan (*receiving*) laporan menyangkut posisi, arah dan kecepatan suatu perjalanan, cuaca, dan data lainnya, menggunakan perangkat lunak yang menampilkan data pada layar komputer yang diplot pada suatu peta.

APRS merupakan pengembangan dari teknologi radio paket (*Packet Radio*), yang dikembangkan oleh *Bob Bruninga*, seorang operator radio amatir dari *US Naval Academy, Annapolis, MD*.

Komponen utama dalam sistem APRS, adalah:

- a. Sebuah pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) radio.
- b. Sebuah *terminal node controller* (TNC, semacam modem) radio paket.
- c. Sumber data dapat berasal dari :
 - Penerima (*receiver*) GPS (*Global Positioning System*) yang mengisi data ke TNC; atau,
 - Pemuatan ulang data (*data pre-loaded*) ke dalam TNC; atau,
 - Stasiun cuaca yang memuat data temperatur, kelembaban, kecepatan dan arah angin, hujan, dan sebagainya, yang disuplai ke TNC.

4.3 Peralatan

Peralatan utama untuk sistem pelacakan ini terdiri atas peralatan pemancar (*transmitter*) mini terlacak (*tracker*) yang diletakkan di dalam tas nasabah, dan peralatan *receiver* sinyal lacakan di stasiun penerima (operator kepolisian). Di stasiun penerima sinyal di olah agar dapat ditampilkan pada monitor komputer. Peralatan dijalankan dalam sistem APRS.

4.3.1 Komponen di Transmitter 'Tracker'

Informasi posisi dan perubahannya diterima oleh sistem penjajakan posisi, seperti penerima (*receiver*) GPS, kompas elektronik, atau pun sistem *Doppler*. Informasi ini kemudian di modifikasi oleh *encoder* untuk dapat ditumpangkan ke gelombang radio, dan dikirimkan melalui transmiter ke stasiun penerima.

Komponen-komponen yang diperlukan adalah:

- a. Penjajakan posisi : penerima (*receiver*) GPS mini, atau kompas elektronik, atau sistem *Doppler*.
- b. Encoder : *TiniTrack*, atau *TigerTrack*, atau tipe lainnya.
- c. Transmitter: transmiter radio HF atau VHF.
- d. Sistem Antena

Komponen-komponen tersebut dapat dikemas dalam satu paket kecil dengan berat hanya beberapa puluh gram, sehingga mudah untuk diletakkan dalam tas nasabah.

4.3.2 Komponen di Stasiun Penerima (Receiver Station)

Stasiun penerima menerima informasi posisi dari sinyal radio lacakan (*transmitter tracker*) yang kemudian diolah oleh *encoder-decoder* (modem radio) agar dapat diolah dan ditampilkan dalam komputer.

Perangkat *Encoder-Decoder* dalam sistem radio paket yang biasa digunakan adalah *Terminal Node Controller* (TNC).

Dalam sistem APRS data yang telah diolah akan ditampilkan dalam monitor komputer yang telah memiliki program peta sesuai wilayah pelacakan.

Komponen-komponen yang diperlukan adalah:

- a. Penerima sinyal radio: Radio *transmitter-receiver* (*transceiver*).
- b. *Encoder-decoder*: TNC, atau modem radio lainnya.

- c. Perangkat keras: Komputer PC, atau perangkat komputer lainnya.
- d. Perangkat lunak APRS: APRSdos, atau WinAPRS, atau UI-View.
- e. Sistem Operasi: Windows (9x, 2000, XP, DOS), Linux, MAC
- f. Sistem antena

4.3.3 Perangkat lainnya

Untuk memperluas wilayah pelacakan maka sinyal yang dipancarkan oleh *transmitter 'tracker'*, dapat dipancar ulang melalui pesawat-pesawat komunikasi standar milik kepolisian yang sedang bertugas dilapangan, baik yang *mobile* maupun tetap. Perangkat komunikasi standar (*HT, dsb*) disetting dan dilengkapi dengan perangkat tambahan sehingga menjadi *digipieter*. Walaupun tanpa *digipieter*, semua perangkat komunikasi kepolisian akan dapat menangkap sinyal dari *transmitter 'tracker'*.

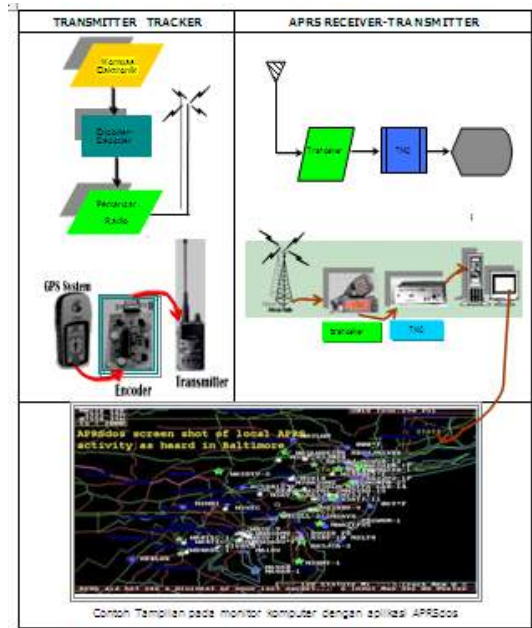
Perangkat komunikasi yang tidak disetting sebagai *digipieter*, akan ditambah alat bantu pelacakan. Pelacakan yang dilakukan ini merupakan pelacakan buta, artinya pelacakan tanpa tampilan peta. Dengan demikian secara mandiri ataupun berpanduan dengan stasiun komando, aparat kepolisian dilapangan dapat melacak keberadaan tas nasabah.

Komponen-komponen yang diperlukan adalah:

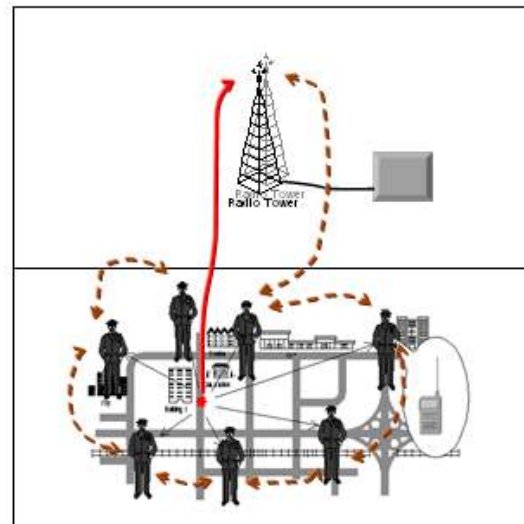
- a. Penerima sinyal radio : Radio *transmitter-receiver (transceiver)*.
- b. *Encoder-decoder* : TNC, atau modem radio lainnya.

Apabila biaya tak jadi masalah, pelacakan buta dapat dilengkapi dengan perangkat komputer *handheld* yang memiliki program peta elektronik, dan atau telah diset-up dengan sistem APRS *pocket*.

4.4 Konfigurasi Sistem



Gambar 5 Contoh konfigurasi peralatan pada APRS tracking system



Gambar 6 Pola saling menguatkan sinyal antara perangkat komunikasi

1 SIMPULAN

1.1 Spesifikasi Akhir Desain

Secara umum dapat disimpulkan kembali spesifikasi peralatan dan sistem yang akan digunakan dalam pengamanan nasabah bank.

1.1.1 Sisi Nasabah

a. Sistem *Transmitter* :

- Perangkat mikro transmitter gelombang radio (VHF, UHF, HF).
- Antena *transmitter*.
- Daya jangkau: radius minimal 10 km (atau disesuaikan)

b. Sistem *Tracking Position*:

- Kompas elektronik atau GPS sistem
- Encoder pengubah sinyal digital menjadi sinyal analog (gelombang radio).

c. Sistem Aktivasi Peralatan:

- Sensor *field-strength* (sensor kuat medan).
- Sensor ultrasonik.

d. Sistem *Power Supply*:

- Baterai (kering, alkaline, NiCad, dll).
- Sumber daya cadangan: solar sel.
- Pengatur daya.
- Kekuatan sumber daya: 10 jam aktif (atau disesuaikan)

e. Desain Tas Pembawa:

- Wadah uang:
 - Bahan: pelat aluminium (termasuk rangka).
 - Dimensi ($p \times l \times t$) : (d disesuaikan)
- Lapisan luar (*cover bag*):
 - Bahan: kain kanvas (atau yang sesuai)
 - Dimensi : (d disesuaikan)
- Lapisan *inflator* (penggembung)
 - Bahan : *airbagnylon*
 - Rangka penguat : pelat baja

- Mekanisme pembangkit tekanan:
 - Aktivasi: elektrik ke mekanis
 - Inflator: tabung bertekanan, atau sistem reaksi kimia
- Kapasitas total:
 - Berat kosong (tanpa uang): (d disesuaikan)
 - Berat maksimum : (d disesuaikan)
 - Kapasitas pemuatan uang (kertas) Rp500 juta (d disesuaikan)
 - Dimensi total awal ($p \times l \times t$): (d disesuaikan)
 - Dimensi akhir, (ϕ): (d disesuaikan)

1.1.2 Sisi Kepolisian (Operator)

a. Sistem *Transciever (Transmitter-Reciever)*:

- *Transciever* Radio
- Antena

b. Sistem Perangkat Keras Pengolah Data:

- Komputer PC
- Modem Radio (TNC II, Soundcard modem, TiniTrack, dsb)
- Device lain (printer, jaringan, kabel koneksi, dll)

c. Sistem Perangkat Lunak:

- Aplikasi APRS: WinAPRS, APRSDos, UI-View, software peta
- Sistem OS: Windows (9x, XP, NT, 2000), Linux

1.1 Penutup

Peralatan yang disajikan ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan akan alat pengamanan terhadap nasabah bank yang murah, mampu beradaptasi dengan perkembangan teknologi namun mudah diterapkan.

KEPUSTAKAAN

- [1] Bruninga, Bob , *Automatic Position Reporting System*, <http://web.usna.navy.mil/> (2003)
- [2] Cross, Niggel, *Engineering Design Methods: Strategies For Product Design*, 3rd ed., John Wiley & Sons Ltd, (2005)
- [3] Harsokusumo, Darmawan, *Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk, Dirjen Dikti, (2000)*
- [4] Pahl, G., and Beitz, W, *Engineering Design, A Systematic Approach*, Springer Verlag Inc., London , (1996)
- [5] Ullman, David G. *The Mechanical Design Process*, 4th ed, The McGraw-Hill Companies, Inc, New York (2010)
- [6] Purbo, W. Ono, *Buku Pintar Internet Radio Paket pada Windows dengan Soundcard Modem, Cet.2*, PT. Gramedia, Jakarta (2000)
- [7]diakses tanggal 18 Pebruari 2006 dari http://www.eskimo.com/~archer/aprs_capabilities.html
- [8]diakses tanggal 18 Pebruari 2006 dari <http://www.tapr.org/tapr/html/sigf.html>
- [9]diakses tanggal 18 Pebruari 2006 dari <http://liftoff.msfc.nasa.gov/realtime/JTrack/Amateur.html>
- [10]diakses tanggal 18 Pebruari 2006 dari <http://www.bsrq.org/aprs/aprs1.html>
- [11]diakses tanggal 18 Pebruari 2006 dari <http://www.aprs.net/>

Pengaruh Temperatur Pendingin Mesin terhadap Kinerja Mesin Induk di KM TRIAKSA

Mohammad Yusuf Djeli¹⁾ & Andi Saidah²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

Jl. Tanah Merdeka no. 6 Rambutan Ciracas Jakarta Timur DKI Jakarta 13830
Telp. +62-21- 87782739 Fax. +62-21-87782739

²⁾Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945

Jl. Sunter Permai Raya Sunter Agung Podomoro Jakarta Utara DKI Jakarta 146356
Telp.021-64715666, 6410287 Fax.021-6410287, 641717301

Abstrak

Mesin diesel 2 tak adalah salah satu jenis mesin diesel dimana satu siklus pembakaran terjadi dalam dua langkah/gerakan piston (1 kali langkah maju 1 kali langkah mundur), atau satu putaran poros engkol. Sedangkan Mesin Diesel 4 tak adalah sebuah mesin diesel yang mana satu siklus pembakaran terjadi dalam 4 gerakan langkah piston (2 langkah maju dan 2 langkah mundur), atau dua putaran poros engkol. Dari hasil penelitian dihasilkan antara lain terjadinya penurunan suhu rata-rata Log (LMTD) pada sistem pendingin air tawar dan air laut yaitu dari 6,64°C menjadi 4,89°C, penyerapan panas di dalam sistem pendingin juga mengalami penurunan sebesar 13,521%. akibatnya Daya Indikator mengalami peningkatan sebesar 7,99%, turunnya Tekanan Injektor dari 17,45 kg/cm² menjadi 17,06 kg/cm², sehinggadaya yang dihasilkan di ruang bakar (Ni) turun dari 1290,16kW menjadi 1187,13kW, atau turun sebesar 7,99 %. dan tekanan Injektor memiliki pengaruh yang cukup berarti terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (specific fuel oil consumption), yaitu terjadinya penurunan pada tekanan injektor mengakibatkan naiknya kebutuhan bahan bakar untuk menghasilkan daya.

Kata kunci: Daya Indikator Mesin

1 PENDAHULUAN

Mesin diesel adalah salah satu jenis motor bakar torak, yang pembakaran bahan bakarnya terjadi akibat adanya tekanan udara yang tinggi di dalam ruang bakar, oleh karenanya mesin diesel disebut juga dengan nama *Compression Ignition Engine (CIE)*. Mesin diesel adalah sebuah mesin konversi energi yang mengubah energi thermal hasil reaksi kimia antara bahan bakar dan udara menjadi energi mekanik berupa Torsi pada poros engkol (*crankshaft*). Daya yang dihasilkan oleh mesin diesel ditentukan oleh jumlah bahan bakar yang dapat terbakar dengan sempurna di dalam ruang bakar.

Dalam motor diesel diperlukan sistem injeksi bahan bakar yang berupa pompa injeksi (injection

pump) dan pengabut (injector) serta perlengkapan bantu lain. Bahan bakar yang disemprotkan harus mempunyai sifat dapat terbakar sendiri (self ignition). Pada proses Injeksi & proses Pembakaran Motor Diesel Tujuan proses pembakaran adalah menghasilkan energi panas dan menaikkan tekanan yang tinggi di dalam silinder, tekanan tersebut untuk dirubah menjadi energi mekanik pada poros engkol. Bahan bakar diinjeksikan ke dalam silinder. Seperti diketahui bahan bakar akan terbakar bila dapat ber reaksi dengan oksigen (udara). Untuk dapat bereaksi, maka harus dalam bentuk fisik yang sama yaitu dalam bentuk gas. Sementara penetrasi adalah proses penyebaran bahan bakar keseluruhan ruangan di dalam silinder, yaitu untuk mencapai campuran yang homogen.

Untuk mendapatkan campuran yang homogen sehingga terjadi proses pembakaran yang sempurna dibutuhkan sistem pendinginan mesin yang bekerja dengan baik, sesuai dengan standar pabrik, dan jika sistem pendinginan tidak bekerja dengan baik, maka akan berpengaruh pada kinerja mesin induk.

2 LANDASAN TEORI

Sistem pendingin (*Inter cooler*) adalah salah satu bagian dari mesin diesel berbentuk kotak terletak pada samping ataupun bawah dari *turbo charge compressor*, yang dibuat dari lapisan plat tipis kecil memanjang dan berfungsi untuk menurunkan suhu udara tekan / udara pengisi sebelum udara tersebut masuk ke dalam silinder. Adapun bagiannya, *Inter Cooler* terdiri dari dua bagian atau dua sisi yaitu sisi aliran udara dan sisi aliran air pendingin, dimana fungsi dari sisi aliran pendingin tersebut yaitu untuk menyerap panas daripada udara yang masuk pada sisi aliran udara, jadi *Inter Cooler* tersusun yaitu bagian samping ataupun luar untuk sisi aliran udara dan bagian dalam tersusun dari saluran air pendingin masuk dan keluar. Suhu udara yang masuk dan keluar dari *inter cooler* dapat kita monitor dari *thermometer* yang terpasang. Apabila suhu udara sudah melebihi dari batas normal maka dapat dipastikan air pendingin yang masuk *intercooler* kurang mencukupi.

Tetapi kalau tekanan udara yang akan masuk silinder menurun, yang mana dapat kita lihat dari *manometer* tekanan yang terpasang, maka hal ini menandakan bahwa sisi aliran udara dari *intercooler* terjadi gangguan. Inilah yang menyebabkan tekanan udara menurun yang berakibat pada menurunnya kinerja mesin induk.

Hampir semua mesin induk penggerak utama di kapal saat ini menggunakan mesin diesel yang dilengkapi dengan *turbocharger*. Dimana *turbocharger* ini dipasang, salah satu gunanya adalah untuk mengurangi kerugian gas pembuangan. *Turbocharger* ini bekerja dengan adanya tekanan dari gas buang sewaktu mesin induk sedang berjalan yang arah putaran antara *turbo charger* adalah kebalikan dari arah putaran *blowerside*. Pada saat kapal berlayar dengan muatan

dan beban penuh pada putaran mesin 600 rpm, putaran *TurboCharger* tercatat pada *tachometer* sebesar 9000 rpm sampai 12000 rpm.

Gas buang yang keluar dari masing - masing silinder sesuai dengan *fringorder* ini memutar sudu turbin yang pada saat bersamaan memutar *blower* untuk memompakan udara bersih kedalam silinder. Apabila ada salah satu silinder atau lebih yang pembakarannya tidak sempurna, maka akan mengakibatkan tekanan gas buang tidak rata.

Akibatnya putaran *TurboCharger* juga tidak stabil, hal ini dapat dilihat pada *Tachometer Turbocharger* yang hanya menunjukkan pada angka 9000 rpm, seharusnya untuk putaran mesin 600 rpm dan *C_{pp}* 75% putaran *turbocharger* sekitar 12000 rpm sampai 16000 rpm, serta sering menimbulkan suara *Surging* pada sisi *blower Turbo Charger* mesin induk. Hal ini kemungkinan bisa disebabkan dari keadaan *bearing turbo* yang sudah mulai aus karena melebihi jam kerja maupun sudu – sudu daripada *Turbin Side* sudah mulai tebal dengan karbon yang menempel. Dengan adanya masalah tersebut akan berpengaruh pada kurangnya pengisapan udara dan pasokan udara bersih ke dalam silinder oleh *blower turbo*.

Gas buang yang keluar dari masing – masing silinder sebelum sampai *turbo charger* harus melewati pipa atau *exhaust pipe manifold*. Biasanya di tengah – tengah pipa dihubungkan dengan pipa fleksible yang bertujuan untuk mengurangi pemuaian pipa yang ekstrem pada saat temperatur gas buang mencapai lebih 450° C.

3 METODOLOGI PENELITIAN

1. Lokasi penelitian dan waktu penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. TRIDHARMA WAHANA di Pekan Baru dan dilakukan diatas kapal pada saat kapal berangkat dari dumai ke pekan baru pada bulan April – Mei 2015

2. Disain dan Metode Penelitian

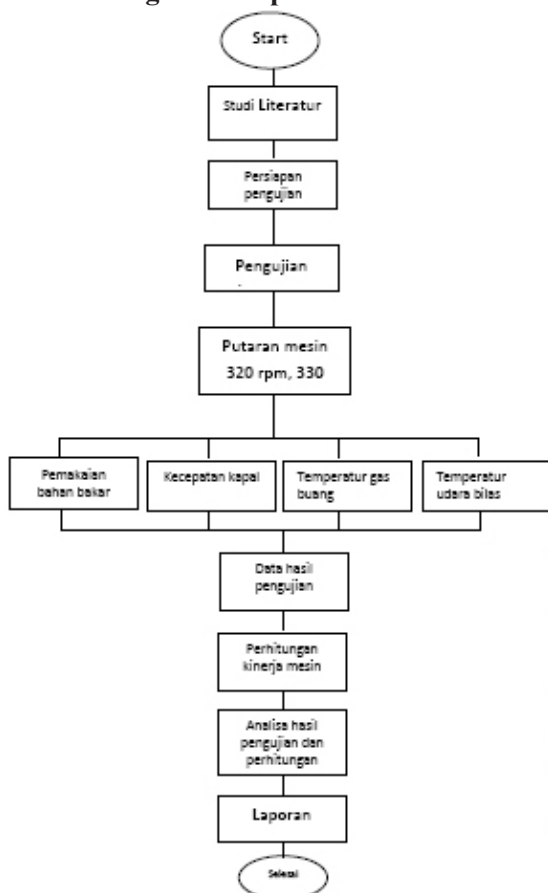
Kegiatan penelitian yang sudah dilakukan adalah penelitian lapangan diatas kapal dalam keadaan kapal tanpa muatan (kosong) dan pada

saat kapal berisi (memuat) untuk pengambilan data lapangan yang terdiri dari pemakaian bahan bakar, kecepatan kapal, temperatur gas buang, dan temperatur udara bilas pada putaran yang sama yaitu pada putaran 320, 330, dan 340 rpm. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Penelitian lapangan dengan melakukan pengamatan langsung dilapangan dengan melakukan pengambilan data lapangan di atas kapal.
2. Metode literatur yaitu dengan mencari literatur atau buku manual yang berhubungan dengan judul penelitian ini.

Adapun data-data lapangan yang akan diteliti diantaranya : temperatur gas buang, pemakaian bahan bakar, tekanan minyak pelumas, tekanan bahan bakar, temperatur selinder, putaran mesin, temperatur udara bilas

Diagram alir penelitian



Gambar 1 Diagram alir penelitian

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

1.Data lapangan

Type	: 4 – cycle,
single-acting diesel engine	
number of cylinders	: 6
cylinder bore	: 280 mm
stroke	: 530 mm
continous rated output	: 1600 PS
continous rated rotation speed	: 380 rpm
Average piston speed	: 6,71 m/s
combustion pressure	: 150kgf/cm ²
Mean effective pressure	: 19,35 kgf/cm ²
Firing order	: 1-4-2-6-3-5

Tabel 1 Data hasil penelitian lapangan

Data hasil penelitian	1	2	3	Rata-rata
Temperatur air pendingin keluar silinder	61	61,5	62	61
Temperatur gas buang	275,833	277,5	279,67	281
Temperatur udara bilas masuk	80	80	81	80
Temperatur udara bilas keluar	44	43	41	43
Temperatur air tawar masuk	60,5	61	60,5	61
Temperatur air tawar keluar	50	51	50	50,33
Temperatur air laut	32	31	32	31,67

Tabel 2 Data hasil penelitian lapangan

No.	Parameter Mesin	Putaran Mesin (rpm)			Rata-rata
		340	340	340	
1	Tekanan indikator , kg/cm ²	17,40	17,45	17,50	17,45
2	Pemakaian bahan bakar	230	225	227	227,33
No.	Parameter Mesin	Putaran Mesin (rpm)			Rata-rata
		330	330	330	
1	Tekanan indikator, kg/cm ²	17,20	17,25	17,30	17,25
2	Pemakaian bahan bakar, kg/ jam	225	215	220	220
No.	Parameter Mesin	Putaran Mesin (rpm)			Rata-rata
		320	320	320	
1	Tekanan indikator, kg/cm ²	17,05	17,06	17,07	17,06
	Pemakaian bahan bakar, kg/ jam	205	210	215	210

2 Kinerja Sistem Pendingin pada penelitian 1

2.1 Panas yang diserap air laut di dalam pendingin.

$$Q = m_{\text{air laut}} \times C_p \times \Delta T$$

Dimana :

C_p = Kapasitas panas dari air laut
 = 4,179 kJ/kg.°C

$m_{\text{air laut}}$ = massa air laut

$$m_{\text{air laut}} = Q_{\text{pendingin}} \times \rho_{\text{air laut}}$$

$$= 20 \text{ m}^3/\text{jam} \times 985,7 \text{ kg/m}^3$$

$$= 19714 \text{ kg/jam} = 5,48 \text{ kg/s}$$

Panas yang diserap air laut di dalam pendingin:

$$Q = 5,48 \cdot 4,179 \cdot (60,5 - 32)$$

$$= 652,676 \text{ kJ/s}$$

$$= 652,676 \text{ kW}$$

2.2.Perbedaan suhu rata-rata log (LMTD)

$$LMTD = \frac{(\Delta T_1 - \Delta T_2)}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)}$$

$$LMTD = \frac{(Th_2 - Tc_2) - (Th_1 - Tc_1)}{\ln(Th_2 - Tc_2)/(Th_1 - Tc_1)}$$

Dimana :

T_{h2} = Temperatur air tawar yang masuk pendingin
 = 61°C

T_{h1} = Temperatur air tawar yang keluar pendingin
 = 50°C

T_{c1} = Temperatur air laut masuk pendingin
 = 32°C

T_{c2} = Temperatur air laut keluar pendingin
 = 60,5°C

$$LMTD = \frac{(61 - 60,5) - (50 - 32)}{\ln(61 - 60,5)/(50 - 32)}$$

$$LMTD = -17,5/-3,584 = 4,89$$

2.3 Perhitungan Untuk mencari Koefisien Perpindahan Panas (U)

$$U = Q/A \cdot LMTD$$

Dimana:

Q = Panas yang diserap air laut di dalam pendingin

$Q = 652,676 \text{ kW}$

A = Luas penampang pendingin
 = 3,8 m²

$U = 652,676 / 3,8 \times 4,89$

$U = 35,124 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$

Perhitungan selanjutnya dapat di dalam tabel

Tabel 3 Data hasil perhitungan

Kinerja Mesin Pendingin	Putaran (rpm)		
	340	330	320
Panas yang diserap air laut, Kw	652,676	698,48	754,727
Perbedaan suhu rata-rata Log (LMTD), °C	4,89	5,286	6,64
Koefisien Perpindahan Panas (U), W/m ² .°C	35,124	34,773	29,91

3 Kinerja Mesin Diesel

3.1. Daya Indikator (Ni)

Daya yang dihasilkan oleh mesin diesel, sesuai persamaan 2.1 adalah :

$$Ni = \frac{P_{rata-rata} \cdot 10^4 \cdot \left(\frac{\pi}{4} D^2 L\right) \frac{n}{60} i x Z}{75} (hp)$$

Dimana :

D : Diameter bore : 280 mm : 0.28 (m)

L : Stroke (panjang langkah piston) : 530 mm : 0.53 (m)

Z : Jumlah silinder: 6

n : putaran mesin: 340 (rpm)

P_{rata-rata} : Tekanan maksimum rata-rata: 17,45 Kg/cm²

i : Faktor siklus mesin: 1/2 (mesin 4 Tak)

5 SIMPULAN

1. Akibat terjadinya penurunan suhu rata-rata Log (LMTD) pada sistem pendingin air tawar dan air laut yaitu dari 6,64°C menjadi 4,89°C, maka penyerapan panas di dalam sistem pendingin juga mengalami penurunan sebesar 13,521%.
2. Akibat terjadinya penurunan suhu rata-rata Log (LMTD) pada sistem pendingin air tawar dan air laut yaitu dari 6,64°C

menjadi 4,89°C, maka Daya Indikator mengalami peningkatan sebesar 7,99%.

3. Turunnya Tekanan Injektor dari 17,45 kg/cm² menjadi 17,06 kg/cm², maka Daya yang dihasilkan di ruang bakar (Ni) turun dari 1290,16kW menjadi 1187,13kW, atau turun sebesar 7,99 %.
4. Tekanan Injektor memiliki pengaruh yang cukup berarti terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (specific fuel oil consumption), yaitu terjadinya penurunan pada tekanan injektor mengakibatkan naiknya kebutuhan bahan bakar untuk menghasilkan daya.

KEPUSTAKAAN

- [1] Aris munandar, Wiranto 1973 *Motor Bakar Torak* Bandung : Penerbit ITB
- [2] Aris Munandar, Wiranto dan Koichi Tsuda 1997 *Motor Diesel Putaran Tinggi*, Bandung, Pradya Paramita.
- [3] Frenniko Eka Bestari “ Analisa Karakteristik Kebutuhan Daya Listrik pada Kapal Ferry Dalam Rangka Efisiensi Energi. Department of Marine Engineering, Faculty of Marine Technology, Sepuluh Nopember Institute of Technology Surabaya.
- [4] Matondang 1986, *Motor Bakar* Jakarta : Bharatara Karya Aksara.
- [5] Rahardjo Tirtoatmodjo. Peningkatan Performance Motor Bensin 4 Tak 3 Slinder yang Menggunakan Bahan Bakar Gas dengan Penambahan Blower dan Sistem Injeksi *puslit.petra.ac.id/journals/mechanical/* Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra.
- [6] Usman, Robingu dan Sardjijo. 1979 *Motor Bakar 3*. Jakar, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan.

Pengaruh Karbon Aktif dan Zeolit pada pH Hasil Filtrasi Air Banjir

Oktarina Heriyani¹⁾ & Dan Mugisidi²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

Jl. Tanah Merdeka no. 6 Rambutan Ciracas Jakarta Timur DKI Jakarta 13830

Telp. +62-21- 87782739 Fax. +62-21-87782739

Abstrak

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian yang bertujuan untuk memanfaatkan air banjir sebagai bahan baku air minum. Pada tahap ini, penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh zeolit dan karbon aktif pada pH hasil filtrasi. Untuk mendapatkan air bersih, air banjir pada penelitian ini disaring dengan metode kapilaritas. Dari hasil pemeriksaan laboratorium tergambar kenaikan pH pada sampel percobaan di mana pH rata – rata minimum 7,22, dan pH maksimum rata – rata adalah 7,40 yang berarti masih di dalam ambang batas peraturan menteri kesehatan.

Kata kunci: karbon aktif, zeolit, filtrasi, air banjir

1 PENDAHULUAN

Banjir merupakan fenomena alam yang sangat sulit dihindari. Kerjasama yang sempurna antara pengerusakan alam dan pemanasan global membuat bencana banjir semakin sering terjadi. Pada saat terjadi bencana banjir, masyarakat akan mengalami kesulitan untuk mendapatkan air bersih, energi listrik, bahan makanan, berbagai kebutuhan primer, dan kebutuhan yang terpenting adalah air minum.

Untuk menghindari terjadinya kekurangan air bersih dan air minum maka air banjir akan diolah agar dapat menjadi air bersih dan air lebih jauh lagi sebagai air minum. Pengolahan air banjir menjadi air bersih dapat dilakukan dengan banyak metode, salah satunya adalah metode kapilaritas.

Kapilaritas adalah perpaduan dari gaya tarik antarmolekul yang sejenis atau gaya kohesi dan gaya tarik antara molekul yang berbeda jenis atau gaya adhesi. Gaya kapilaritas menyebabkan cairan dapat naik dalam celah sempit atau lubang kecil. Contoh fenomena ini adalah kecenderungan handuk kertas kering untuk menyerap cairan

dengan menarik cairan ke dalam lubang sempit antarserat. Pengangkutan cairan dalam tanaman juga merupakan contoh kapilaritas. Tanaman melepaskan air dari daunnya, air ditarik ke atas dari akar untuk menggantinya. Kapilaritas pada kolom yang berisi air merupakan hasil dari kohesi molekul air dan gaya adhesi antara fluida dan dinding kolom yang menarik fluida ke atas hingga tercapai kesetimbangan antara massa fluida dan gaya gravitasi. Semakin kecil jari-jari tabung maka semakin tinggi ketinggian yang dicapai oleh cairan [1].

Kohesi adalah gaya tarik-menarik antarmolekul yang sama. Salah satu aspek yang mempengaruhi daya kohesi adalah kerapatan dan jarak antarmolekul dalam suatu benda. Kohesi berbanding lurus dengan kerapatan suatu benda. Jika kerapatan semakin besar maka gaya kohesi akan didapatkan semakin besar. Benda berbentuk padat memiliki kohesi yang paling besar dalam bentuk cair lebih lemah dan dalam bentuk gas yang memiliki kohesi yang paling lemah. Kohesi menghasilkan fenomena yang dikenal sebagai tegangan permukaan yang memungkinkan benda

yang lebih padat dari cairan mengapung pada permukaan cairan tanpa tenggelam [2].

Ketika gaya tarik antara dua benda tidak seperti bahan, seperti cair dan wadah yang *solid*, kekuatan menarik dikenal sebagai adhesi. Adhesi adalah gaya tarik-menarik antarmolekul yang tidak sejenis dan menjadi kekuatan yang menyebabkan air untuk bergerak naik. Oleh karena itu, bahan yang dipergunakan turut menentukan terjadinya gejala ini. Sebagaimana disebutkan oleh Kwiatkoswka bahwa kapilarisasi pada bahan berpori dipengaruhi oleh kerapatan porinya, semakin rapat bahan tersebut maka akan semakin tinggi ketinggian yang dapat dicapai oleh cairan [3].

Pergerakan naiknya air yang terjadi karena gaya kohesi dan adhesi ini sangat lambat, seperti yang dikemukakan oleh Hupka bahwa kecepatan fluida pada proses kapilarisasi sangat kecil sehingga aliran dikategorikan laminar [4].

Selain metode yang digunakan, hasil filtrasi dipengaruhi juga oleh media filtrasi yang digunakan. Karbon aktif adalah bahan yang umum digunakan untuk pemurnian dan pemisahan kontaminan dari cairan atau uap. Proses aktifasi dimulai dengan pemilihan material. Bahan baku yang kerap dipergunakan dalam pembuatan karbon aktif adalah kayu, gambut, batu bara, batok kelapa dan residu minyak bumi.

Selama ini karbon aktif banyak dipergunakan untuk menyerap bahan-bahan organik. Karbon aktif menghilangkan substansi dari air dengan cara adsorpsi. Karbon aktif menggunakan proses penyerapan fisik di mana gaya Van der Waals menarik bahan organik dari larutan ke permukaan karbon aktif dan dihilangkan dari larutan[4].

Zeolit adalah senyawa zat kimia alumino-silikat berhidrat dengan kation natrium, kalium, dan barium. Secara umum, zeolit memiliki molekular struktur yang unik, di mana atom silikon dikelilingi 4 atom oksigen sehingga membentuk semacam jaringan dengan pola yang teratur. Telah bertahun-tahun zeolit digunakan sebagai penukar kation

(*cation exchangers*), pelunak air (*water softening*), penyaring molekul (*molecular sieves*) serta sebagai bahan pengering (*drying agents*). Selain itu, zeolit juga telah digunakan sebagai katalis atau pengemban katalis pada berbagai reaksi kimia. Zeolit cukup efektif mengurangi Fe dan Mn dalam air tanah.

Zeolit pada umumnya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu zeolit alam dan zeolit sintetik. Zeolit alam biasanya mengandung kation-kation K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , atau Mg^{2+} , sedangkan zeolit sintetik biasanya hanya mengandung kation-kation K^+ atau Na^+ . Pada zeolit alam, adanya molekul air dalam pori dan oksida bebas di permukaan, seperti Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O dapat menutupi pori-pori atau situs aktif dari zeolit sehingga dapat menurunkan kapasitas adsorpsi maupun sifat katalisis dari zeolit tersebut. Inilah alasan mengapa zeolit alam perlu diaktivasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Aktivasi zeolit alam dapat dilakukan secara fisika maupun kimia. Secara fisika, aktivasi dapat dilakukan dengan pemanasan pada suhu 300-400 °C dengan udara panas atau dengan sistem vakum untuk melepaskan molekul air. Sedangkan aktivasi secara kimia, dilakukan melalui pencucian zeolit dengan larutan Na_2EDTA atau asam-asam anorganik, seperti HF, HCl, dan H_2SO_4 untuk menghilangkan oksida-oksida pengotor yang menutupi permukaan pori[5].

Percobaan ini dilakukan dengan mengalirkan air melalui filter pasir silika, zeolit dan karbon aktif dengan menggunakan pipa kapiler.

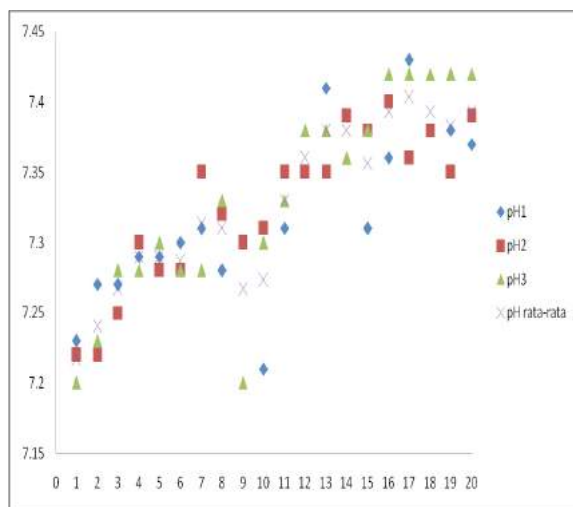
2 HASIL DAN DISKUSI

Hasil air banjir yang difiltrasi dengan media filtrasinya adalah karbon dan zeolit menggunakan metode kapilaritas yang salah satu parameternya adalah pH.

Tabel 1 pH hasil filtrasi

pH1	pH2	pH3	pH rata-rata
7.23	7.22	7.2	7.22
7.27	7.22	7.23	7.24
7.27	7.25	7.28	7.27
7.29	7.3	7.28	7.29
7.29	7.28	7.3	7.29
7.3	7.28	7.28	7.29
7.31	7.35	7.28	7.31
7.28	7.32	7.33	7.31
7.3	7.3	7.2	7.27
7.21	7.31	7.3	7.27
7.31	7.35	7.33	7.33
7.35	7.35	7.38	7.36
7.41	7.35	7.38	7.38
7.39	7.39	7.36	7.38
7.31	7.38	7.38	7.36
7.36	7.4	7.42	7.39
7.43	7.36	7.42	7.40
7.38	7.38	7.42	7.39
7.38	7.35	7.42	7.38
7.37	7.39	7.42	7.39

yang merupakan derajat tingkat keasaman atau kebasahan suatu larutan dengan data yang terlihat di tabel 1.



Grafik di atas menggambarkan kenaikan pH yang terjadi pada sampel. pH rata – rata minimum berdasarkan grafik adalah 7,22, yaitu rata – rata yang didapat dari sampel no 1 pH1 sebesar 7,23, sampel no 1 pH2 sebesar 7,22, dan sampel no 1 pH3 sebesar 7,2. pH maksimum rata – rata adalah 7,40, yaitu rata – rata dari sampel no 17 pH1 sebesar 7,43, no 17 pH2 sebesar 7,36, dan no 17 pH3 sebesar 7,42.

Kenaikan pH pada hasil filtrasi dengan metode kapilaritas dikarenakan bahan filtrasi yang digunakan karbon aktif dan zeolit. Karbon aktif merupakan material penyerap yang efektif dan pengikat ion–ion logam dalam larutan. Pada proses filtrasi, unsur logam dalam air banjir akan diuraikan menjadi ion–ion logam dan ion hidroksida $[OH^-]$. Ion–ion logam akan ditarik karbon aktif dengan gaya Van der Waals sehingga yang tertinggal adalah ion $[OH^-]$. Interaksi Ion–ion logam dengan karbon aktif adalah ion logam ditukar dengan gugus fungsi asam yang ada di permukaan karbon aktif sehingga ion –ion $[H^+]$ bekurang. Selain pengaruh karbon aktif, zeolit sebagai bahan filtrasi berpengaruh juga terhadap kenaikan pH hasil filtrasi air banjir tersebut. Air banjir yang melewati zeolit akan diikat kationnya karena zeolit sendiri bermuatan negatif untuk penyeimbangan ion sehingga yang tertinggal adalah ion–ion negatifnya. Berkurangnya ion – ion $[H^+]$ dan tersisnya ion – ion $[OH^-]$ pada hasil filtrasi menyebabkan kenaikan pH walaupun tidak significant.

3 SIMPULAN

Filtrasi air banjir skala laboratorium pada penelitian ini menggunakan pasir silika, zeolit, dan karbon aktif dengan metode kapilaritas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH yang dihasilkan semakin besar seiring dengan waktu. Apabila dibandingkan dengan peraturan menteri kesehatan RI nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 yang memiliki pH 6,5 – 8,5, pH hasil filtrasi dengan metode kapilaritas yang memiliki nilai tertinggi 7,42 masih di dalam ambang batas peraturan tersebut.

KEPUSTAKAAN

- [1] Brady N.C, Weil R.R. 2004. *The nature and Properties of Soils. 13th Ed. New Jersey. Prentice Hall.*
- [2] Fayala F, Hamdaoui M, Ghith A, Nasrallah B.S. 2004. Capillary Flow in Fabrics. *Textile Research Journal.* 70:4.
- [3] Kwiatkoswka I, Hupka J, Holownia D. 2008. An Investigation on Wetting of Porous Materials. *Physicochemical Problems of Mineral Processing.* 42:251-262.
- [4] G.K. Batchelor, 'An Introduction To Fluid Dynamics', Cambridge University Press (1967) ISBN 0-521-66396-2.
- [5] Hupka J, Trong D.V. 2005. Characterization of Porous Materials by Capillary Rise Method. *Physicochemical Problems of Mineral Processing.* 39:47-46.
- [6] Keputusan Menteri Kesehatan RI, (2010) Nomor 907/MENKES/SK/VII/2010, "SyaratSyarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum", 29 Juli 2010.
- [7] Abdur Rahman dan Budi Hartono, 2004. "Penyaringan Air Tanah dengan Zeolit Alami untuk Menurunkan Kadar Besi dan Mangan", MAKARA, KESEHATAN, VOL. 8, NO. 1, JUNI 2004: 1-6
- [8] Romulo E. Colindres, Seema Jain, Anna Bowen, Polyana Domond and Eric Mintz, (2007), "After the flood: an evaluation of in-home drinking water treatment with combined flocculent-disinfectant following Tropical Storm Jeanne — Gonaives, Haiti", *Journal of Water and Health.*
- [9] <http://www.fisika.lipi.go.id/in/?q=node/391401>, Air Bersih dan Layak Minum untuk Korban Banjir, 2012.
- [10] Hj. Soelidarmi, SH., 2010, *Membuat Alat penjernih Air Bebas Penyakit*, Progresif Books, Yogyakarta.
- [11] Fety kumalasari dan yogi satoto, 2011, *Teknik Praktis Mengolah Air kotor Menjadi Air Bersih Hingga Layak Minum*, Laskar Aksara, Jakarta.
- [12] R. Lenormand, C. Zarcone and A. Sarr (2011). "Mechanisms of the displacement of one fluid by another in a network of capillary ducts. *Journal of Fluid Mechanics*", 135 , pp 337353 doi:10.1017/S0022112083003110.
- [13] Kusnaedi, 2010, *Penebar Swadaya, Mengolah Air Kotor untuk Air Minum*, Jakarta.
- [14] Fach E, Waldman WJ, Williams M, Long J, Meister RK, Dutta PK, (2010) "Analysis of the biological and chemical reactivity of zeolit-based aluminosilicate fibers and particulates". *Environ Health Perspect* 2010; 110: 1087-1096.
- [15] Dr. Dan Mugisidi, ST, 2012, "Karakterisasi Air Banjir Sebagai Air Baku Untuk Air Minum", LEMLITBANG UHAMKA, Jakarta.
- [16] Dr. Dan Mugisidi, ST, 2014, "Pembuatan Filter Kapiler Untuk Menyaring Air Banjir Sebagai Air Baku Air Minum", LEMLITBANG UHAMKA, Jakarta.

Analisis Kerusakan Katup pada Mesin Diesel 9 L21/31 *Internal Combustion Engine*

Ridwan Usman

Universitas Indraprasta PGRI. Jakarta

Telp. (021) 7818718-78835253 Fax.(021) 29121071 Hp.08176466177

Website: www.unindra.ac.id, Email : university@unindra.ac.id

Abstrak

Kerusakan katup buang (exhaust valve), pada mesin diesel L9 21/31. Unit 9 silinder 3 akibat proses pembakaran tidak sempurna, pembebanan termal, peningkatan panas berlebih (overheated) dan kelelahan material yang mengakibatkan patahan, retakan serta pengendapan deposit di daerah piringan katup. Untuk mengidentifikasi penyebab kerusakan beberapa pengujian dilakukan seperti pengamatan visual makro, analisis komposisi kimia, kekerasan mikro dengan vickers, fraktografi, metalografi, patahan dengan SEM dan analisis kualitatif deposit dengan EDX. Hasil analisis komposisi kimia unsur pada material dasar katup (valve) terbuat dari baja Martensitic paduan Cr-Si. Dipengaruhi adanya kandungan Karbon berlebih dan perbedaan kekerasan antara lapisan dan material dasar HAZ katup buang (exhaust valve) akan bersifat rapuh dan tidak tahan terhadap temperatur tinggi.

Kata kunci : Kegagalan katup, Diagram sebab akibat (fishbone) dan analisis pengujian material

1 PENDAHULUAN

Perusahaan yang bergerak di bidang Pembangkit Listrik Tenaga Diesel PLTD (PLTD). Dalam data pengoperasional menggunakan mesin diesel, terjadi kegagalan terutama pada katup buang (*exhaust valve*)^[1].

Dari sampel yang diambil terjadi kegagalan sekitar 90% patah pada katup buang di Unit 9 silinder 3 (tiga) mengalami diskolorasi akibat panas (*head discolorasi*), setelah pengoperasian pada suhu 416°C pada katup buang dan katup hisap pada mesin diesel 9 L21/31.

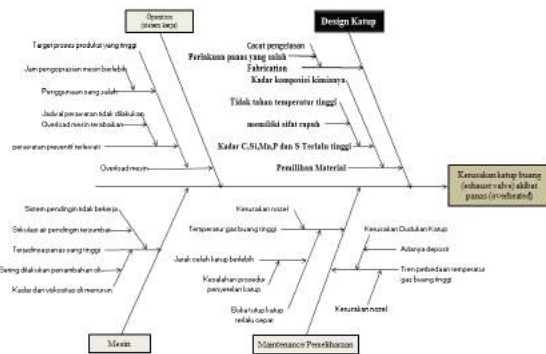
Temperatur rata-rata yang terjadi pada katup hisap (*inlet valve*) sekitar 250°C sampai dengan 275°C sedangkan pada katup buang (*exhaust valve*) sekitar 700°C sampai dengan 760°C. Perbedaan ini disebabkan pada katup hisap (*inlet valve*) hanya dilewati gas bersih yang dingin sehingga temperaturnya rendah sedangkan katup buang (*exhaust valve*) terus-menerus dilewati oleh gas bekas yang panas^[2].

Katup berfungsi untuk membuka dan menutup saluran hisap dan saluran buang. Tiap silinder

dilengkapi dengan dua katup yang masing-masing adalah katup hisap dan katup buang. Jenis operasi mekanisme katup terdiri dari pegas katup, paduan batang dorong, lengan rocker, tappets, diagram katup timing, didesain untuk mengetahui proses campuran udara dan bahan bakar di dalam mesin silinder dan memaksa membuang keluar sisa pembakaran pada waktu yang tepat, beberapa sistem kontrol diperlukan untuk mengatur katup^[2].

Ada beberapa faktor penyebab terjadinya kegagalan seperti pembebanan termal, peningkatan panas berlebih (*overheated*) dan kelelahan material yang mengakibatkan patah, retakan serta pengendapan deposit akibat panas yang tinggi terutama di daerah lapisan piringan katup buang.

Faktor-faktor penyebab ini dapat ditunjukkan dengan diagram “tulang ikan” (*Fishbone Diagram*) di bawah ini untuk mengetahui penyebab utama (*sebab*) yang mempengaruhi akibat panas berlebih (*overheated*) di daerah lapisan permukaan katup buang (*exhaust valve*) dan karakteristik kualitas (*akibat*) yang disebabkan oleh faktor-faktor penyebab tersebut^[3].



Gambar 1 Diagram sebab akibat terjadinya patahan akibat panas (overheated) di daerah lapisan permukaan katup buang (exhaust valve)

Identifikasi penyebab kegagalan sangat penting untuk menghindari kegagalan melalui desain berlebih dengan menggunakan faktor keselamatan yang besar. Desain kurang baik sudah barang tentu akan menimbulkan kegagalan dini. Oleh karena itu, sebaiknya pada desain awal kita membatasi desain berlebih kita menggunakan faktor keselamatan terbatas dan perbatasan lain yang sejenisnya. Perlu kiranya kita memeriksa berbagai data pengujian dan menelaah asal kegagalan, karena hal ini jelas akan memberikan petunjuk yang memerlukan penelaahan khusus^[3].

2 LANDASAN TEORI

Proses pembakaran di dalam silinder selanjutnya akan menimbulkan tekanan pembakaran yang diteruskan untuk menekan torak. Akibatnya adanya tekanan ini torak akan mengubah tekanan tersebut menjadi gaya. Gaya ini selanjutnya diteruskan ke batang torak yang nantinya akan menyebabkan berputarnya poros engkol berputarnya poros engkol ini akan menyebabkan timbulnya tenaga putar dan tenaga putar.^[4]

• Perbandingan Kompresi (Compression Ratio)

Perbandingan kompresi mesin ditentukan oleh piston displacement dan clearance volume. Perbandingan kompresi mesin diesel berkisar antara 14 : 1 sampai 24 : 1. Untuk mendapatkan CR (compression ratio) rumusnya adalah :

$$CR = \frac{\text{Piston Displacement} + \text{Clearance Volume}}{\text{Clearance Volume}}$$

$$CR = \frac{PD + CV}{CV} \quad (1)$$

Harga besaran dari perbandingan kompresi pada suatu mesin sangat berpengaruh pada besarnya volume ruang bakar, di mana apabila volume pada ruang bakar mengecil, maka harga perbandingan kompresi akan membesar atau sebaliknya. Apabila harga perbandingan kompresi membesar, maka akan memperbesar pula harga tekanan kompresinya yang selanjutnya akan menaikkan tekanan pembakarannya sehingga daya mesin yang dihasilkan juga besar^[4].

Pada spesifikasi mesin terdapat nilai dari perbandingan kompresi, sehingga untuk mengetahui clearance volume dapat diketahui dengan rumus:

$$CV = \frac{\text{Piston Displacement}}{\text{Compression Ratio} - 1} \quad (2)$$

$$CV = \frac{PD}{CR - 1} \quad (3)$$

• Perhitungan Mesin Displacement

Mesin displacement merupakan piston displacement di kalikan jumlah silinder pada sebuah mesin. Tekanan kompresi mesin berpengaruh terhadap besarnya volume ruang dan tekanan dalam ruang bakar, sehingga berdampak terhadap beban yang diterima oleh katup masuk dan buang dalam silinder, volume silinder dari Titik Mati Bawah (TMB) ke Titik Mati Atas (TMA), dimana :

Displacement = Luas permukaan silinder x stroke atau

$$\text{Displacement} = \pi \times r^2 \times L \times n$$

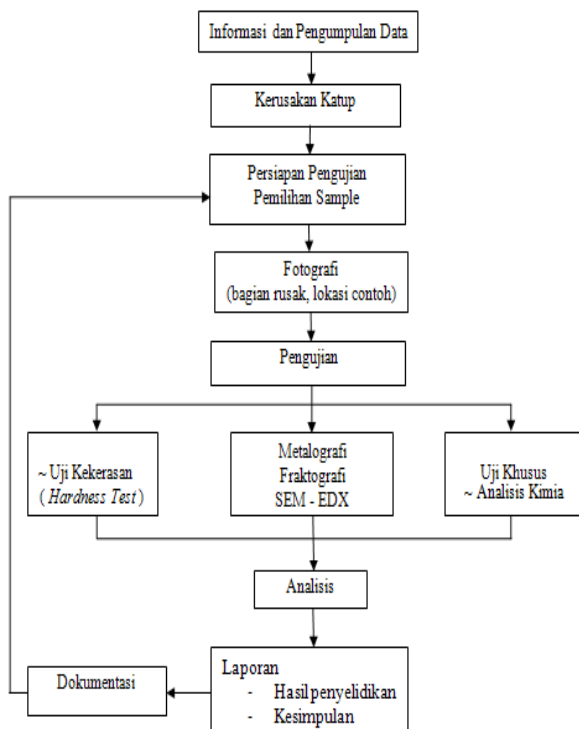
$$\text{Total Displacement} = D \times n \quad (4)$$

Dimana :

- $\pi = 3,14$ atau $\frac{2222}{777}$
- $r = \frac{1}{2}$ diameter silinder
- $L = \text{Stroke}$
- $n = \text{Jumlah cylinder pada engine}$

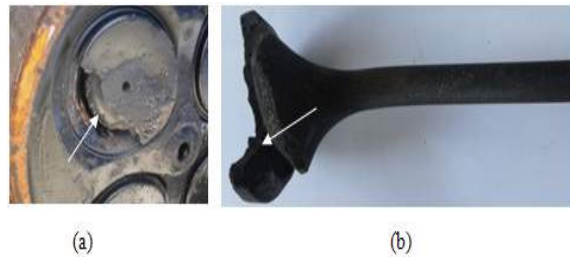
3 METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab kegagalan material dari komponen katup buang (*exhaust valve*) pada mesin diesel 9 L21/31 yang digunakan sebagai generator Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Adapun tahapan proses dalam menyelidiki kerusakan dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian Kerusakan Katup Buang [5]

Pada penelitian ini, telah terjadi kegagalan berupa turunnya tekanan kompresi gas engine 9 L21/31 saat beroperasi pada 5000-6000 HM. Di pengaruhi oleh kondisi kerusakan berupa rompal (*cowak*), pada lapisan piringan katup buang dan adanya pengendapan *deposite* baik pada katup buang dan juga pada katup hisap setelah dikeluarkan dari kepala silinder mesin.



Gambar 3 (a) Kepala silinder mesin (*cylinder head machine*) (b) Katup buang mengalami rompal (tanda panah) dengan lapisan *deposite* dipermukaan.

Analisis data pada pengujian ini terdiri dari dua tahap yaitu tahap pengumpulan data dan tahap pengolahan data. Sampel di ambil dari kegagalan katup yang mengalami pembebanan termal karena suhu tinggi dan tekanan di dalam silinder nomor 3 (*tiga*) yang mengalami patahan akibat panas berlebih (*overheated*) didaerah lapisan piringan katup dan juga adanya pengendapan (*deposit*) baik pada katup buang (*exhaust valve*) ataupun katup masuk (*inlet valve*)^[5].

Pengumpulan data meliputi kegiatan pengambilan data sampel terhadap 2 (dua) komponen katup buang (*exhaust valve*) yaitu komponen katup rusak dan tidak rusak serta sebagai pengambilan data perbandingan data sampel 1 (*satu*) katup masuk. Untuk tahap berikutnya menganalisis dan mengidentifikasi faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kegagalan komponen katup^[6].

Gambar sampel di ambil dari kegagalan katup yang mengalami pembebanan termal karena suhu tinggi dan tekanan di dalam silinder. Kondisi kegagalan karena suhu yang tinggi pada sifat mekanik bahan dan korosi terlihat berupa patahan (*cowak*) pada lapisan katup buang serta adanya pengendapan (*deposit*) baik pada katup buang (*exhaust valve*) atau katup hisap (*inlet valve*).



Gambar 4 Sampel katup hisap (inlet valve) pada permukaan katup terjadi deposite dan retakan

Data yang digunakan dalam penelitian ini diuji secara langsung dengan memilih dan pengambilan sampel potongan dari bagian katup masuk (inlet valve) dan katup keluar (exhaust valve).

Pada penelitian ini menggunakan beberapa tahap analisis yaitu Metalografi, Fraktrografi, uji kekerasan (Hardness test), komposisi Spectrometry dan SEM-EDX^[8].

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini berkaitan dengan pemeriksaan secara visual dan bentuk pengujian dari ketiga sampel valve (1 valve mengalami rusak dan 2 valve kondisi tidak rusak). Pemeriksaan struktur mikro (Metalografi) pada lokasi yang rusak maupun tidak rusak sebagai pembandingan untuk mencari akar masalah kerusakan dan analisis komposisi kimia untuk mengetahui jenis material katup (valve).

Analisis Material Katup Buang (Exhaust Valve)

Material Dasar katup buang (exhaust valve) harus memiliki sifat tahan temperatur tinggi, memiliki koefisiensi ekspansi panas yang tinggi dan bersifat panas yang tinggi, tahan aus, ketahanan terhadap kejutan panas, ketahanan korosi tinggi dan bersifat ringan^[2]. Selain itu adanya kenaikan dan penurunan temperatur pada katup dari data DAR (Data Analisis Record) pada temperatur 416 °C material katup buang (exhaust valve) mengalami kerusakan patahan dan deposit. Sedangkan deposit yang terbentuk pada katup buang berasal dari reaksi bahan bakar dan oli sebagai pelumasan selama pembakaran Sulfur Dioksida, Sulfur Trioksida, Sodium Oksida dan Panadium

Pentaoksida. Pada temperatur 550 °C garam-garam deposit akan mencair sebagai akibat korosi pada katup buang (exhaust valve)^[9].

Makro Visual

Analisis struktur makro untuk mengetahui adanya permasalahan cacat (segregasi) dari unsur-unsur Fosfor (P), Sulfur (S) dan lain-lain, Serta adanya inklusi, rongga udara, rongga penyusutan dan lainnya. Makro visual dilakukan pada permukaan patahan pada piringan katup buang (exhaust valve) seperti ditunjukkan pada Gambar 5. dibawah ini.



Gambar 5 Foto makro (exhaust valve) sampel katup A kondisi patah



Gambar 6 Foto makro retak memperlihatkan menjalar melalui batas antara daerah yang dikeraskan dengan material dasar HAZ

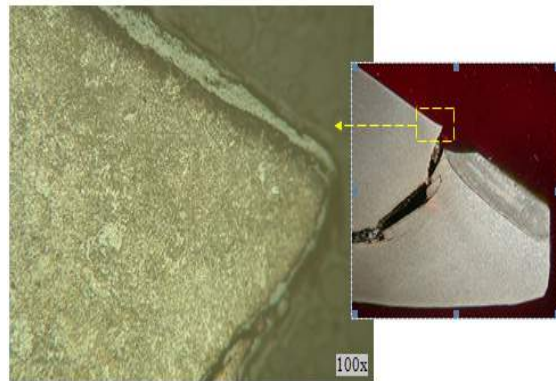
Hasil pemeriksaan visual menunjukkan separuh dari kepala katup (*valve*) pecah atau bagian yang mendapat benturan dengan blok mesin dan bidang yang pecah menghambat/menahan pergerakan kerja katup (*valve*) yang berakibat batang katup bengkok. Bagian sampel A katup (*valve*) yang patah berawal antara bidang singgung dengan casing blok mesin. Bentuk retak menjalar melingkar pada daerah yang dikeraskan dengan material dasar (HAZ) Hal ini akan mengarah pada terjadinya permukaan patahan ditemukan adanya bentuk patah leleh^[10].

1. Metalografi

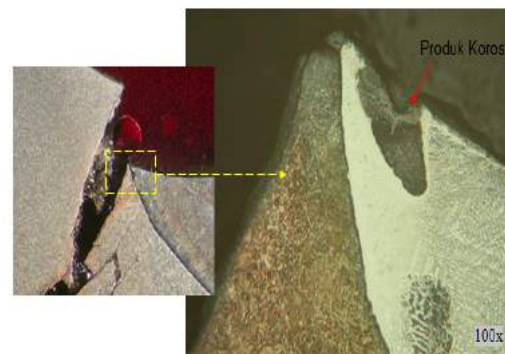
Analisis metalografi dibedakan menjadi 2 (dua) jenis, yaitu: Pengamatan Struktur Mikro dan Pengamatan Struktur Makro.

Tujuan analisis struktur makro untuk mengetahui adanya permasalahan cacat (*segregasi*) dari unsur-unsur Fosfor (P), Sulfur (S) dan lain-lain. Adanya *inklusi*, rongga udara, rongga penyusutan dan lain sebagainya. Analisis struktur mikro dilakukan dengan menggunakan Normal - Mikroskop dengan pembesaran lebih dari 20 : 1 (20x)^[11].

Pengujian dilakukan pada lapisan piringan komponen katup buang (*exhaust valve*) adalah pengamatan visual makro struktur mikro pada katup buang (*exhaust valve*). Analisis berawal dari struktur material mengalami proses pengerjaan/perlakuan panas (seperti *treatment*, *quenching*, *normalization*, *hardening* dan sebagainya), pengerjaan dingin, proses pengelasan dan lain-lain. Sedangkan mikro mengungkapkan permukaan patahan halus dengan *beach mark* dan *ratchet mark*. Patahan *bending fatigue* berasal dari atas, permukaan beban *tensile* dari kepala katup. Makro visual dilakukan pada permukaan patahan pada piringan katup buang (*exhaust valve*) seperti ditunjukkan pada Gambar 7. dibawah ini.

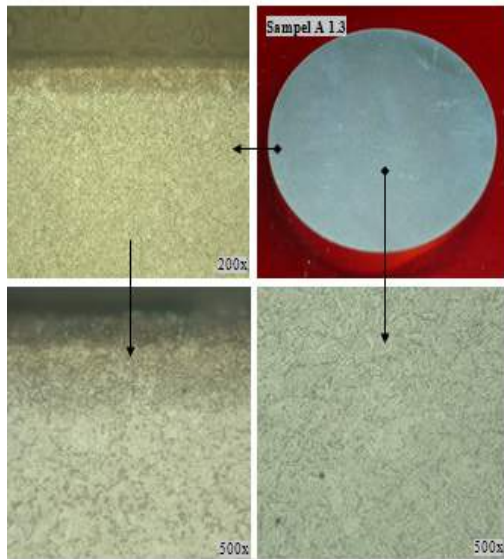


Gambar 7 Pembesaran Gambar 6. struktur mikro pada daerah patah antara material dasar (HAZ) dengan material penambah (las).^[11]



Gambar 8 Daerah las terdapat produk korosi

Pemeriksaan dengan analisis mikro mengungkapkan permukaan patahan halus dengan *beach mark* dan *ratchet mark*. Patahan *bending fatigue* berasal dari atas, permukaan beban *tensile* dari kepala katup. Ditunjukkan pada Gambar 7. pada patah antara material dasar (HAZ) dengan material penambah terkena temperatur tinggi sehingga, melemahkan besi dan menyebabkan kepala katup untuk melengkung berlebihan di bawah tekanan tinggi di dalam cylinder. Retakan berawal dari titik tertinggi stress berkonsentrasi pada bagian bawah *fillet radius*. Retakan mengikuti alur grain, karena alur grain mengikuti bentuk fisik dari bentuk kepala retakan adalah melingkar. Daerah pada Gambar 8. titik arah panah menunjukkan pengaruh daerah las temperatur tinggi terjadi produk korosi^[12].



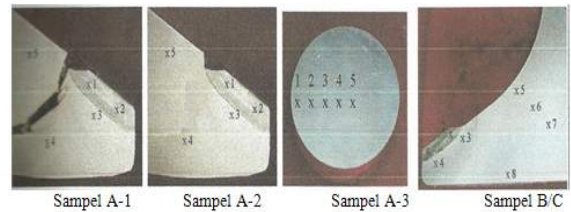
Gambar 9 Struktur mikro material batang katup (*valve*) (*sampel A 1.3*). *Etsa: kalling reagent*

Pada Gambar 9. struktur mikro material batang katup (*valve*) berupa matrik bainit butir karbida menyebar merata pada permukaan juga mengalami perpindahan panas. Pada daerah tepi mengalami pengerasan permukaan. Analisis kandungan deposit dan mengakibatkan dibatang katup (*valve*) mengalami bengkok memperlihatkan bentuk bengkok benturan berulang-ulang dengan dudukan katup [13].

Karakteristik struktur patahan atau retakan logam pada daerah las/stelite komponen katup buang (*exhaust valve*) akibatnya oleh beban yang diterima akibat dari temperatur tinggi dan korosi diakibatkan oleh bahan bakar akibat pembakaran yang tidak sempurna Pada Gambar 9. bentuk serangan korosi tegak lurus bidang material las.

2. Uji Kekerasan (*Hardness Test*)

Bertujuan menentukan kekerasan katup buang (*exhaust valve*) menentukan bentuk daya tahan material terhadap intan berbentuk piramida dengan sudut puncak 136 Derajat, yang ditentukan pada permukaan material uji tersebut. Uji kekerasan dilakukan pada masing-masing sampel potongan hasil metalografi.

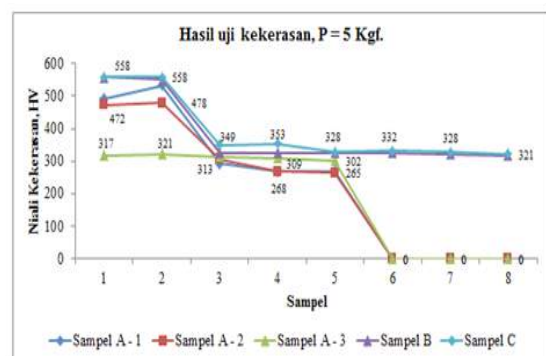


Gambar10 Pengambilan titik-titik uji kekerasan pada masing-masing sampel

Pengujian dilakukan mulai dari area lapisan permukaan titik sampel A-1 katup buang (*exhaust valve*) patahan, titik sampel katup buang tidak mengalami rusak dan batang sampel katup titik sampel A-3 serta titik sampel B/C permukaan katup masuk (*inlet valve*) yang tidak mengalami kerusakan. Permukaan sampel yang akan diuji, dipersiapkan sesuai dengan untuk pengujian metalografi dan dengan menggunakan teknik pengujian berdasarkan standar nilai kekerasan vickers (HV). Hasilnya disajikan pada tabel 1. berikut ini :

Tabel 1 Hasil uji kekerasan, P = 5 Kgf.

Nomor	NILAI KEKERASAN, HV				
	Sampel A - 1	Sampel A - 2	Sampel A - 3	Sampel B	Sampel C
1	492	472	317	558	558
2	532	478	321	550	558
3	293	306	313	325	349
4	269	268	309	325	353
5	271	265	302	325	328
6	-	-	-	325	332
7	-	-	-	321	328
8	-	-	-	317	321

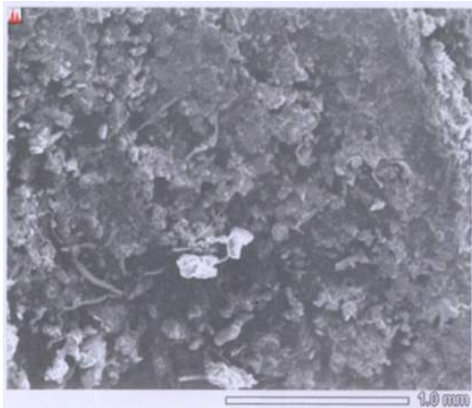


Gambar 11 Grafik hasil uji kekerasan

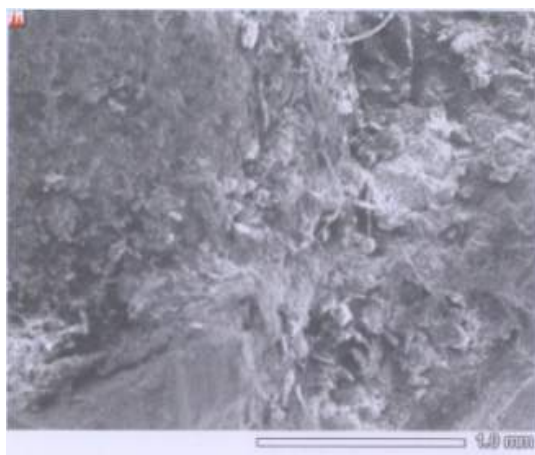
Fraktografi

Untuk melihat kecenderungan daerah patahan merupakan kegagalan yang disebabkan oleh fenomena lelah ataupun keausan maka dilakukan pengujian SEM pada permukaan patahan tersebut posisi pengambilan sampel seperti ditunjukkan pada Gambar 1., dilakukan pada sebagian permukaan patahan piringan katup buang (*exhaust valve*). Sampel sebelumnya dibersihkan dari kotoran dengan sikat gigi secara hati-hati untuk menjaga keutuhan permukaan patahan tersebut^[12].

Hasil fraktografi dengan SEM pada permukaan patahan di area lapisan piringan katup buang ditunjukkan pada Gambar 12 dan 13 .



Gambar 12 Fraktografi hasil SEM yang mengalami diskolorasi dan terjadi deposit yang menempel pada bagian bawah katup buang (*exhaust valve*), di sampel di lokasi titik 1



Gambar 13 Fraktografi hasil EDX di lokasi titik 3

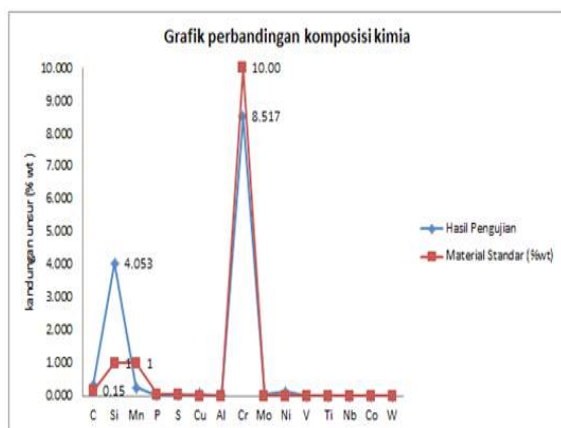
Dari hasil pengujian SEM dan EDX di atas menggambarkan bahwa katup buang (*exhaust valve*) telah mengalami perlakuan panas yakni akibat adanya kenaikan temperatur di dalam silinder nomor 3. Analisis SEM dan komposisi kimia atau EDX menunjukkan telah terjadi proses oksidasi pada permukaan material katup buang (*exhaust valve*). Dari Gambar 12. permukaan di titik lokasi 1 terlihat adanya pembentukan struktur iron-oxide yakni terbentuknya morfologi seperti lepidocrocite ($\gamma\text{-FeOOH}$), yakni pengaruh temperatur pada tingkatan korosi dari baja AISI 304 dan stainless steel AISI 444 dengan minyak mentah pada baja karbon^[12].

5 Pengujian Komposisi Kimia

Dari hasil pengujian komposisi bahan katup komposisi paduan dasar yang merupakan *steel low alloyed* seperti dilihat hasil pengujian komposisi kimia Kadar Karbonnya melebihi komposisi, standar AISI 504. Adapun penyebab kandungan Karbon berlebih pada bahan katup buang (*exhaust valve*) akan bersifat rapuh, tidak tahan terhadap temperatur berlebih. Sehingga pengaruh korosi dari dampak bahan bakar sebagai bentuk pengaruh temperatur tinggi. Adapun hasil pengujian komposisi kimia yang dilakukan pada sampel katup buang (*exhaust valve*) dengan menggunakan Spektrometer Analiser dengan standar uji AISI 504, di sajikan pada tabel 2. di bawah ini :

Tabel 2 Perbandingan Komposisi Kimia Standar AISI 504 dan Sampel Material Dasar Katup Buang.

No	Unsur	*Kandungan (%)		
		Titik Lokasi 1	Titik Lokasi 2	Titik Lokasi 3
1	C	58,22	45,07	52,47
2	O	13,13	14,58	20,14
3	Mg	0,26	1,62	0,40
4	Al	2,01	20,96	2,25
5	Si	1,63	1,46	2,22
6	S	3,47	0,65	2,96
7	Ca	1,73	1,36	1,51
8	V	0,76	0,89	0,50
9	Cr	1,23	1,58	0,95
10	Fe	14,51	10,52	14,23
11	Cu	3,06	1,30	2,37



Gambar 14 Grafik Perbandingan komposisi Kimia Standar AISI 504 dan Sampel Material Dasar Katup Buang

Dari analisis komposisi di tabel 2. diatas terdapat perbedaan antara kandungan hasil material yang di uji dan standar AISI 504 Nilai Karbon (C) hasil uji lab = 0,323 %, sedang standar C = max 0,15 %. Kadar C melebihi standar berpengaruh terhadap ketahanan austenitik, karbon mempunyai sifat keras tetapi getas. Secara keseluruhan komposisi baja campuran besi dan karbon jika kadarnya melebihi

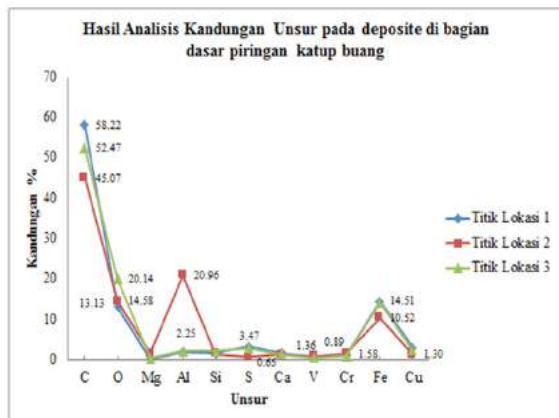
dari komposisi standar maka akan berpengaruh terhadap kekuatan katup buang (*exhaust valve*) dan karbon mempengaruhi kekerasan baja, dan mengandung unsur-unsur lain (paduan) Mangan (Mn), Tembaga (Cu), Silikon (Si), Belerang (S), dan Posfor (P) maka dari komposisi kimia dan *heat treatment* berpengaruh terhadap sifat akhir dari katup buang (*exhaust valve*)^[12].

3. Analisis Komposisi Kimia untuk Lapisan Deposite Katup

Analisis komposisi kimia pada deposite atau skala yang melekat pada piringan katup buang (*exhaust valve*) di ambil di 3 (tiga) lokasi yang berbeda dengan menggunakan analisa kualitatif dengan EDX (*energy dispersive x-ray spectroscopy*). Sampel di analisis dengan alat SEM-EDX pada (*accelerated voltage*) sebesar 20 kV untuk mengetahui kandungan unsurnya dan dilakukan pada perbesaran 50X^[11]

Tabel 3 Hasil Analisis Kandungan Unsur pada deposit di bagian dasar piringan katup buang

NO	Unsur	Kandungan Unsur Hasil Pengujian B2TKS (%wt)	Standar AISI 504 (%wt)
1	C	0,323	Max. 0,15
2	Si	4,053	Max. 1,0
3	Mn	0,266	Max. 1,0
4	P	0,015	Max. 0,04
5	S	0,028	Max. 0,04
6	Cu	0,057	-
7	Al	0,019	-
8	Cr	8,517	8.00 - 10.00
9	Mo	0,042	8.00 - 10.00
10	Ni	0,125	-
11	V	0,012	-
12	Ti	0,011	-
13	Nb	0,005	-
14	Co	<0,002	-
15	W	<0,002	-



Gambar 15 Grafik Hasil Uji Komposisi Kimia deposit dasar piringan katup buang

Komposisi kimia material dasar katup buang (*exhaust valve*) harus memiliki sifat tahan temperatur tinggi, memiliki koefisien ekspansi panas yang tinggi, tahan aus, ketahanan terhadap kejutan panas, ketahanan korosi tinggi dan bersifat ringan. Material dasar katup buang (*exhaust valve*), yang umum digunakan adalah baja tahan karat austenitik dengan penambahan nitrogen (21-2N, 21-4N), baja martensitik dengan paduan dasar Cr atau Si dan baja cor austenitik dengan ketahanan cor dan permesinan yang baik.

Dari analisis komposisi kimia di tabel 3. diatas terdapat perbedaan antara kandungan hasil material yang diuji dan standar AISI 504 Nilai Karbon(C) hasil uji = 0,323 %; sedangkan standar C = max 0,15 %.Kadar C melebihi standar berpengaruh terhadap ketahanan austenitik. Karbon mempunyai sifat keras tetapi getas, mampu menjalani reaksi-reaksi kimia seperti reaksi *Substitusi* (penggantian), reaksi *Adisi* (penambahan) dan reaksi *Eliminasi* (pengurangan) dapat di pakai sebagai lem atau zat perekat dan mempunyai sifat tahan gesek. Berikutnya kadar Silikon(Si) hasil uji = 4,053 %; sedangkan standar = max 1,0 %. Kelebihan silikon mempunyai sifat elastis/ keuletannya tinggi tetapi juga menambah kekerasan dan ketajaman pada baja. Dan Mangan (Mn) hasil uji = 0,266; sedangkan standar Mn = max 1,0 %. Kurang dari standar, hal ini akan berpengaruh terhadap sifat yang tahan terhadap gesekan dan tahan tekanan (*impact load*) [13].

Berikutnya kandungan Posfor (P) = 0,015 %; standar max 0,04 % dan Sulfur/Belerang (S) = 0,028 %; standar max 0,04 % serta Cromium (Cr) = 8,517 %; standar 8.00 – 10.00 % Molybdenum (Mo) = 0,042 standar 8.00 – 10.00 %, berpengaruh terhadap sifat ulet dan tahan terhadap bahan kimia dan untuk mengatasi korosi, unsur yang dicampurkan kedalam baja untuk mengatasi kerusakan pada temperatur tinggi (dapat mencapai 1200°C) [13].

Secara keseluruhan komposisi baja campuran Besi dan Karbon jika kadarnya melebihi dari komposisi standar maka akan berpengaruh terhadap kekuatan katup buang (*exhaust valve*), kandungan Karbon mempengaruhi kekerasan baja, dan mengandung unsur-unsur lain (paduan) Mangan (Mn), Tembaga (Cu), Silikon (Si), Belerang (S), dan Posfor (P). Maka dari komposisi kimia dan *heat treatment* berpengaruh terhadap sifat akhir dari katup buang (*exhaust valve*) [13].

5SIMPULAN

Kerusakan pada piringan katup buang (*exhaust valve*) mengalami korosi temperatur tinggi yang mengakibatkan timbulnya fenomena korosi fatik. Kronologis kerusakan pada lapisan piringan katup terjadi dengan beberapa tahapan, dan berdasarkan hasil pengujian, pengolahan data dan analisis dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kerusakan pada piringan katup buang (*exhaust valve*) karena adanya lapisan oksida atau kotoran (*oxide debris*) yang diakibatkan hasil dari bahan bakar atau sisa pembakaran yang tidak sempurna, dipicu oleh peningkatan temperatur saat proses pembakaran yang akan menghasilkan partikel-partikel oksida yang halus dan keras (*oxide glazes*).
2. Ketika lapisan piringan katup buang (*exhaust valve*) terangkat dan bergeser dengan kedudukan katup, partikel-partikel *oxide glazes* tersebut menimbulkan

tegangan kontak yang tinggi dan menjadi sangat abrasif terhadap permukaan material kontak.

1. Efek dari panas yang tinggi diakibatkan oleh sistem pembakaran (komposisi bahan bakar dan udara) sistem pelumasan, sistem pendingin tidak bekerja secara maksimal
2. Dari analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menunjukkan bahwa material batang torak mengalami diskolorasi karena panas, karakteristik lapisan kerak yang terbentuk halus dan mudah untuk dibersihkan.

KEPUSTAKAAN

- [1]. Ir. Djiteng Marsudi, 2005, *Pembangkit Energi Listrik*, Jakarta: Erlangga.
- [2]. B Dinesh Prabu. 2013. “*Valve & Valve Mechanism*”. Melalui [www.google.com/Handbook 8.html](http://www.google.com/Handbook%208.html) [11/28/2013].
- [3]. Kartika Ika dkk. 2010. “*Analisa Kerusakan Lapisan Kobalt pada Piringan Katup Buang Mesin Diesel*”. *Majalah Metalurgi*. V25.3, ISSN 0126-3188/ hal 119-128.
- [4]. Marlon Hetharia, 2012. “*Analisa Pengaruh Kapasitas Udara untuk Campuran Bahan Bakar Terhadap Prestasi Mesin Diesel*” *ARIKA*, Vol.06, No.1 ISSN : 1978 – 1105.
- [5].”*Penghantar Ilmu Logam*”. UPT LUK (B2TKS) BPPT, Serpong.
- [6]. Yildiz, 2010. “*Investigation of exhaust valve failure in heavy – duty diesel engine*” *Guzi University Journal of Science GUJ Sci*. 23 (4): 493-499.
- [7]. ASM Metal Handbook : Volume 9. 1985. “*Metallography and Microstructure*”, ASM International Handbook Committee. Ohio , 2004.
- [8]. T Becker William and J. Shipley Roch. 2002 *Failure Analysis and Prevention*. Volume 10 of the *ASM Handbook* The Volume was prepared under the direction of the ASM Handbook Committee.
- [9]. Yuvraj K lavhale, 2014. “*Overview of failure trend of inlet & exhaust valve*” *IJMET* Volume 5, Issue 3, March, pp.104-113.
- [10]. ASM Metal Handbook : Volume 12. “*Fractography*” . was Published. in 1987 ASM International Handbook Committee.
- [11]. Caesarvery. 2012 . “*Pengujian Komposisi Spectrometry*”. Melalui www.google.com/blogspot.com/gc-ms-html.22/12/14
- [12]. ASM Metal Handbook : Volume 19 “*Fatigue And Fracture*”. was published in 1996 ASM International Handbook Committee.
- [13] Richard H.G & Wrighton “*Practical Microscopical Metallograohy*” chapman Hall Ltd. 1971.

SEMINAR NASIONAL
TEKNOKA
2016

www.teknoka.uhamka.ac.id

