

Uji Mekanik Material Struktur Aluminium Tangki Reaktor untuk Menentukan Keandalan Operasionalnya

Pancatatva 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 kontruksi. 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 kontruksi [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:

$$\text{Elongasi (\%)} = \frac{L_f - l_0}{l_0} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{RA (\%)} = \frac{A_f - A_0}{A_0} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

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.

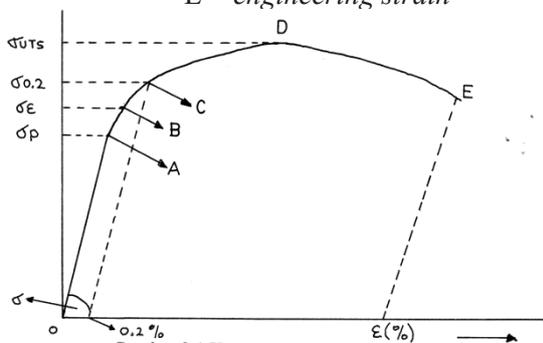
2.3.6 True Stress-True Strain

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

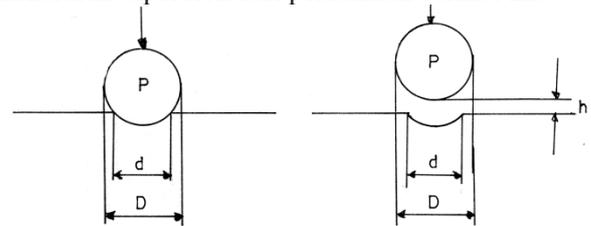
Pengujian kekerasan adalah jenis pengujian mekanik yang penting untuk logam *ferrous* dan *non ferrous*. Tujuan pengujian kekerasan adalah untuk mengetahui ketahanan dari deformasi

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*:

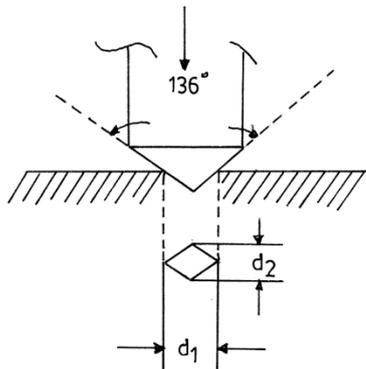
1. Kekerasan permukaan.
2. Posisi spesimen saat pengujian.
3. Kebersihan permukaan spesimen.

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]:

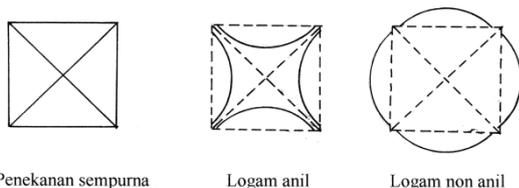
$$H_v = \frac{2P \sin(O/2)}{L^2} = \frac{1,854.P}{L^2} \dots\dots\dots(8)$$

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

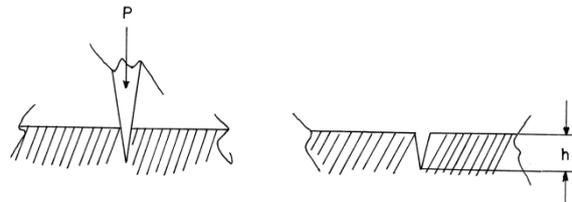
Hasil penekanan akan berbentuk bujur sangkar dengan diagonal yang akan diukur dengan mikroskop, seperti dalam Gambar 4.



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 1/16” 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.

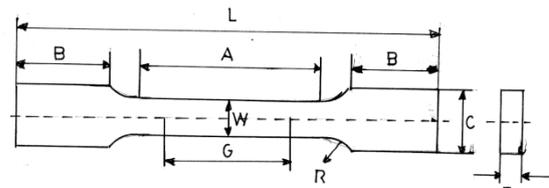
1.1.2 Langkah Pembuatan Spesimen dengan Mesin Frais

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 (%)

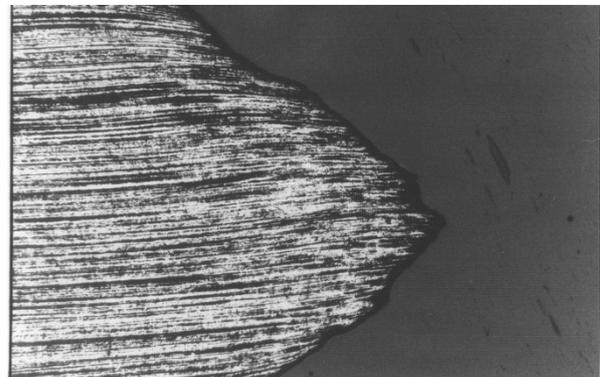
$$= \frac{\Delta L_1}{G} \times 100\% = \frac{4,8}{50} \times 100\% = 9,6 \%$$

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.

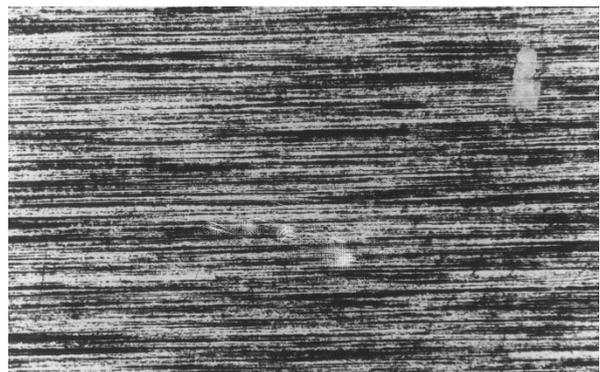
4.1 Hasil Metalografi

Setelah diketahui struktur mikro pada mikroskop optik pada sample uji tarik Aluminium, kemudian dilakukan pemotretan. Sampel yang

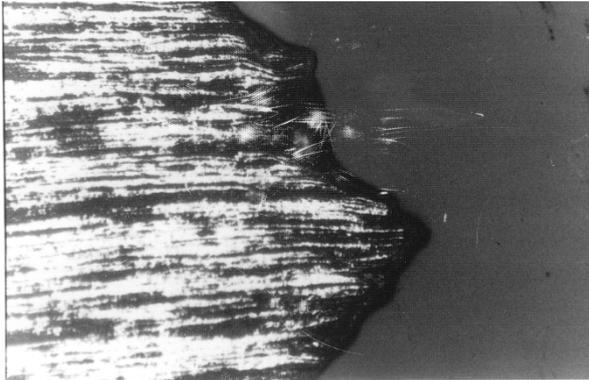
digunakan dianggap memenuhi syarat sebagai bahan struktur tangki reaktor. Setelah pemotretan pada bagian-bagian tertentu lalu dilakukan cuci cetak guna menampilkan gambaran struktur makro dengan jelas. Gambar 6 menunjukkan struktur mikro Aluminium pada pembesaran 50X pada hasil kena tarik. Gambar 7 menunjukkan 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



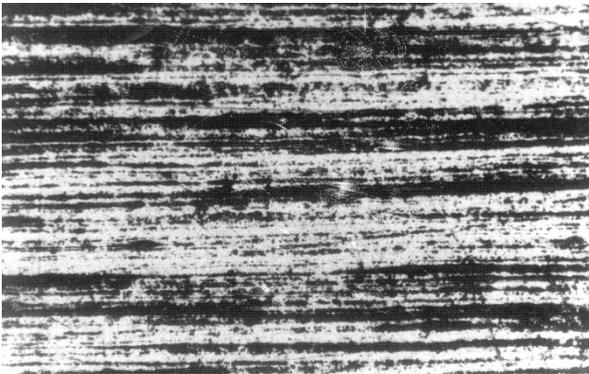
Gambar 6 Struktur mikro Aluminium pada pembesaran 50X pada hasil kena tarik.



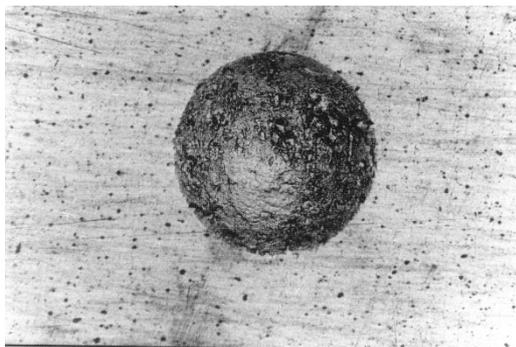
Gambar 7 Struktur Aluminium pada pembesaran pada 50X pada hasil tidak kena tarik



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