



# METALIK

JURNAL MANUFAKTUR, ENERGI, MATERIAL TEKNIK



ISSN 2828-3899



772828 389001

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA

METALIK

Vol: 2

No: 2

PAGE  
40-82

9/23

E-ISSN:  
2828-3899

# **Metalik: Jurnal Manufaktur, Energi, Material Teknik**

**Metalik: Jurnal Manufaktur, Energi, Material Teknik Vol 2 No 2; Sept 2023**

**Susunan Team Editor**  
**METALIK : Jurnal Manufaktur, Energi, Material Teknik**

**PENANGGUNG JAWAB:**

Delvis Agusman S.T., M.Sc. (Ketua Program Studi Teknik Mesin UHAMKA)

**KETUA EDITOR:**  
Yos Nofendri, S.Pd., MSME

**DEWAN EDITOR:**  
Rifky, S.T. M.M.  
Drs. Mohammad Yusuf D., M.T.  
Agus Fikri S.T., M.T.  
Pancatatva Hesti Gunawan, S.T., M.T.

**MITRA BESTARI:**  
Prof. Dr. Erry Yulian Triblas Adesta (International Islamic University Malaysia)  
Prof. Dr. Muhamad Yahya, M.Sc. (Institut Teknologi Padang)  
Dr. Gusri Ahyar Ibrahim, M.T. (Universitas Lampung)  
Dr. Yovial, M.T. (Universitas Bung Hatta)  
Dr. Dan Mugisidi S.T., M.Si. (Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka)

**ADMINISTRASI:**  
Herman

**PENERBIT:**  
FT-UHAMKA Press  
Fakultas Teknik – Program Studi Teknik Mesin  
Universitas Muhammadiyah PROF. DR. HAMKA  
**Telepon:** +62-21-7873711 / +62-21-7270133  
**Email:** jurnal.metalik@uhamka.ac.id  
**Website:** <https://journal.uhamka.ac.id/index.php/metalik/index>

# Metalik: Jurnal Manufaktur, Energi, Material Teknik

Metalik: Jurnal Manufaktur, Energi, Material Teknik Vol 2 No 2; Sept 2023

## Daftar Isi

No	Judul / Penulis	Hal
1	<b>Analisis Biaya Oli Mesin Body Maker Dengan Metode Kualitatif</b> Wilarso, Aris setiawan, Asep Saepudin, Asep Dharmanto, Hilman Sholih	45-49
2	<b>Rancang-Bangun dan Uji Coba Alat Las Titik Portabel</b> Tobi Ferry Budhi Susetyo, Cahya Maulana, Khrisna Bayu Aji, Yunita Sari	50-54
3	<b>Effect of Capillary Pipe Length on Performance Coefficient of Refrigerator by Testing on Two Kinds of Refrigerant</b> Fikri Febriansyah, Rifky	55-63
4	<b>Perancangan Turbin Angin Sumbu Vertikal Lima Sudu Untuk Aplikasi Penerangan Jalan Raya Daya 200 Watt</b> Muhammad Alaf Fitriani , Wenny Marthiana , Yovial	64-68
5	<b>Perancangan Alat Pembuat Pelet Pakan Ternak Portable</b> Fajar Nur Cahyono, Rifky, Yos Nofendri	69-75
6	<b>Analisa Perbandingan Variasi Coolant Untuk Radiator Sepeda Motor 150 CC</b> Reza Luthfi Imanda, Agus Fikri <sup>2</sup> , M Mujirudin <sup>3</sup> , Arry Avorizano	76-80



Jurnal Artikel

**Effect of Capillary Pipe Length on Performance Coefficient of Refrigerator by Testing on Two Kinds of Refrigerant**

Fikri Febriansyah<sup>1</sup>, Rifky<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Informatika,  
Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

\*Corresponding author – Email: [rifky@uhamka.ac.id](mailto:rifky@uhamka.ac.id)

Artkel Info - : Received : 10 Sept 2023; Revised : 25 Sept 2023; Accepted: 30 Sept 2023

**Abstrak**

Penggunaan pipa kapiler sebagai pengekspansi pada mesin pendingin skala kecil lebih menguntungkan. Kerja mesin pendingin dipengaruhi oleh bentuk dan dimensi pipa kapiler. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan CoP refrigerator yang menggunakan bahan refrigeran R-22 dan R410a dengan panjang pipa kapiler yang berbeda. Metode penelitian ini eksperimental dengan dilakukan pengambilan data melalui pengukuran. Penelitian ini menggunakan refrigeran R-22 dan R-410a untuk kebutuhan daya kompresor sebagai parameter penentu nilai CoP mesin pendingin. Variabel yang digunakan yaitu pipa kapiler yang terbuat dari tembaga dengan dimensi 3 m dan 4 m. refrigerator dioperasikan selama 70 menit, dimana setiap 10 menit dilakukan pengambilan data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tertinggi koefisien prestasi (CoP) untuk panjang pipa kapiler 3 m dengan refrigeran R-22 sebesar 2,509 dan dengan refrigeran R-410a sebesar 4,326. Untuk panjang pipa kapiler 4 m dengan refrigeran R-22 sebesar 2,752 dan dengan refrigeran R-410a sebesar 4,326. Temperatur keluaran evaporator terendah yang didapat adalah 20,5 °C dengan ukuran panjang pipa kapiler 3 m untuk refrigeran R-22.

**Kata kunci:** CoP; pipa kapiler; refrigeran R-22 dan R-410a

**Abstract**

The use of capillary tubes as expanders in small-scale refrigeration machines is more profitable. Cooling machine work is influenced by the shape and dimensions of the capillary tube. The purpose of this study was to obtain a CoP refrigerator using refrigerants R-22 and R410a with different lengths of capillary tubes. This research method is experimental by taking data through measurements. This study uses refrigerants R-22 and R-410a for compressor power requirements as a parameter determining the CoP value of the refrigeration machine. The variable used is a capillary tube made of copper with dimensions of 3 m and 4 m. refrigerator is operated for 70 minutes, where every 10 minutes data is collected. The results showed that the highest value of the coefficient of achievement (CoP) for a capillary tube length of 3 m = 2.509208491 (R-22) and 4.326262393 (R-410a). For a capillary tube length of 4 m = 2.752102768 (R-22) and 4.326262393 (R-410a). The lowest evaporator output temperature obtained is 20.5 with a capillary tube length of 3 m for refrigerant R-22.

**Keywords:** guidance; writing; format; titel



© 2020 by authors. Lisensi Jurnal Metal : Manufaktur, Energi, Material Teknik, Uhamka, Jakarta. Artikel ini bersifat open access yang didistribusikan di bawah syarat dan ketentuan Creative Commons Attribution (CC-BY) license.

**1. Pendahuluan**

Sistem pengkondisian udara (*air conditioning/AC*) sudah menjadi perabot umum rumah tangga diperkotaan. Pengkondisian udara diperlukan karena Indonesia merupakan negara beriklim tropis dengan kondisi udara yang cenderung panas dan lembab, tidak nyaman untuk beraktivitas. Sistem refrigerasi itu sendiri secara singkat

dapat diartikan dengan proses pengambilan kalor atau panas pada ruangan yang dikondisikan dan pelepasan kalor atau panas yang diserap pada ruangan ke lingkungan (Andri et al., 2010).

Pada siklus refrigerasi AC split terdapat 4 komponen utama yang terdiri dari evaporator, kompresor, kondensor, dan pipa kapiler (Kurniawan et al., 2010). Untuk meningkatkan kinerja AC split dapat dilakukan melalui modifikasi pipa kapiler

(Priangkoso, 2018). Dengan bentuknya yang sederhana, pipa kapiler akan meningkatkan unjuk kerja mesin pendingin (Tanujaya, 2013).

Selain pipa kapiler refrigerator membutuhkan refrigeran yang mengandung CFC (*Chloro Fluoro Carbon*), yang memiliki sifat stabil, tidak mudah terbakar, tidak beracun, dan kompatibel terhadap bahan komponen refrigerator. Namun CFC termasuk ODS (*Ozone Depleting Substance*), yaitu zat yang dapat menyebabkan kerusakan ozon. Sebagai penggantinya diciptakan HC (*Hydrocarbon*) yang ramah lingkungan, dengan nilai ODP (*Ozone Depleting Potential*) nol, dan GWP (*Global Warming Potential*) dapat diabaikan, karakteristik perpindahan kalor yang baik, kerapatan fasa uap yang rendah, dan kelarutan yang baik dengan pelumas mineral (Muzakkir & Rifky, 2013).

Refrigeran merupakan zat pemindah panas dalam sistem pendingin tanpanya sistem refrigerasi tidak akan mungkin bekerja. Seiring berjalannya dalam hal perkembangan refrigeran memiliki berbagai macam jenis untuk memenuhi setiap kebutuhan sistem pendingin yang dibutuhkan yang dibutuhkan dan untuk memilih refrigeran yang baik tidak lah mudah karena berbedanya.

Refrigeran menghasilkan kerja pendingin yang berbeda juga. Refrigeran harus memenuhi banyak persyaratan, beberapa diantaranya tidak secara langsung berkaitan dengan kemampuannya untuk mentransfer panas. Stabilitas kimia dalam kondisi penggunaan merupakan karakteristik penting. Kode keselamatan mungkin memerlukan refrigeran yang tidak mudah terbakar dengan toksisitas rendah untuk beberapa aplikasi (Pratama et al., 2021).

Setiap pada panjang pipa kapiler mempunyai CoP yang berbeda, dengan refrigeran yang mempunyai karakteristik itu tersendiri yang mengakibatkan mempengaruhi pada nilai CoP.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1 AC (Air Conditioner)

AC (*Air Conditioner*) merupakan sebuah alat yang mampu mengkondisikan udara. Dengan kata lain, AC berfungsi sebagai penyejuk udara yang diinginkan (sejuk dan dingin) dan nyaman bagi tubuh. AC lebih banyak digunakan di wilayah yang beriklim tropis dengan kondisi temperatur udara yang relative tinggi (Ridhuan & Juniawan, 2014).

### 2.2 Refrigerator

Secara umum refrigerasi didefinisikan sebagai proses pemindahan panas, dan secara spesifik refrigerasi adalah sebuah cabang ilmu yang berhubungan dengan proses menurunkan dan mempertahankan temperatur ruangan atau benda sehingga berada di bawah temperatur lingkungan (Haryadi et al., 2015).

Mesin refrigerasi atau disebut juga mesin pendingin adalah mesin yang dapat menimbulkan efek refrigerasi, sedangkan refrigeran adalah zat yang digunakan sebagai fluida kerja

untuk menimbulkan efek refrigerasi tersebut. Efek refrigerasi atau efek pendinginan adalah suatu efek penyerapan panas dari suatu zat atau produk sehingga temperaturnya berada di bawah temperatur lingkungan (Aziz, 2009)

#### 2.2.1 Kompresor

Kompresor adalah jantung dari sistem kompresi uap, karena kompresor adalah pemompa bahan pendingin keseluruhan sistem. Pada sistem refrigerasi kompresor bekerja membuat perbedaan tekanan, sehingga bahan pendingin dapat mengalir dari satu bagian ke bagian yang lain dalam sistem. Oleh karena ada perbedaan tekanan antara sisi tekanan tinggi dan sisi tekanan rendah, maka bahan pendingin dapat mengalir melalui alat pengatur bahan pendingin ke evaporator (Siagian, 2015)

$$W_c = h_2 - h_1 \quad (2.1)$$

#### 2.2.2 Evaporator

Evaporator adalah suatu tempat dimana bahan pendingin menguap dari air menjadi gas. Proses penguapannya memerlukan panas, panas diambil dari lingkungan sekitar evaporator (air disekitar evaporator). Evaporator berbentuk pipa yang dililitkan pada sebuah tabung, pipa evaporator ada yang terbuat dari tembaga, besi. Kerusakan yang sering di jumpai pada evaporator adalah kebocoran sehingga mesin pendingin tidak mampu mendinginkan (ruang pendingin) (Panggalih Landung, 2013).

$$Q_e = h1 - h4 \quad (2.2)$$

#### 2.2.3 Kondensor

Kondensor berfungsi untuk mengembunkan atau mengkondensasikan refrigeran bertekanan tinggi dari kompresor. Pemipaan yang menghubungkan antara kompresor dan kondensor dikenal dengan saluran buang (*discharge line*). Dengan demikian, pada kondensor terjadi perubahan fasa uap ke cair ini selalu disertai pembuangan kalor ke lingkungan. Pada kondensor berpendingin udara (*air cooled condenser*), pembuangan kalor dilakukan ke udara. Pada kondensor berpendingin air (*water cooled condenser*), pembuangan kalor dilakukan ke air (Ridhuan & Juniawan, 2014).

Kondensor terbuat dari bahan pipa tembaga yang dibuat berbelok-belok dan dilengkapi sirip untuk melepas panas (kalor) udara agar berjalan dengan efektif. Kondensor merupakan salah satu alat penukar kalor yang berfungsi sebagai tempat kondensasi. Uap yang bertekanan dan bertemperatur tinggi pada akhir kompresi dapat dengan mudah dicairkan dengan cara mendinginkannya dengan media pendingin

Kondensor terbuat dari bahan pipa tembaga yang dibuat berbelok-belok dan dilengkapi sirip untuk melepas panas (kalor) udara agar berjalan dengan efektif. Kondensor merupakan salah satu alat penukar kalor berfungsi sebagai tempat kondensasi. Uap yang bertekanan dan bertemperatur

tinggi pada akhir kompresi dapat dengan mudah dicairkan dengan cara mendinginkannya dengan media pendingin (Basri, 2016).

$$Q_c = h_2 - h_3 \quad (2.3)$$

### 2.2.4 Pipa Kapiler

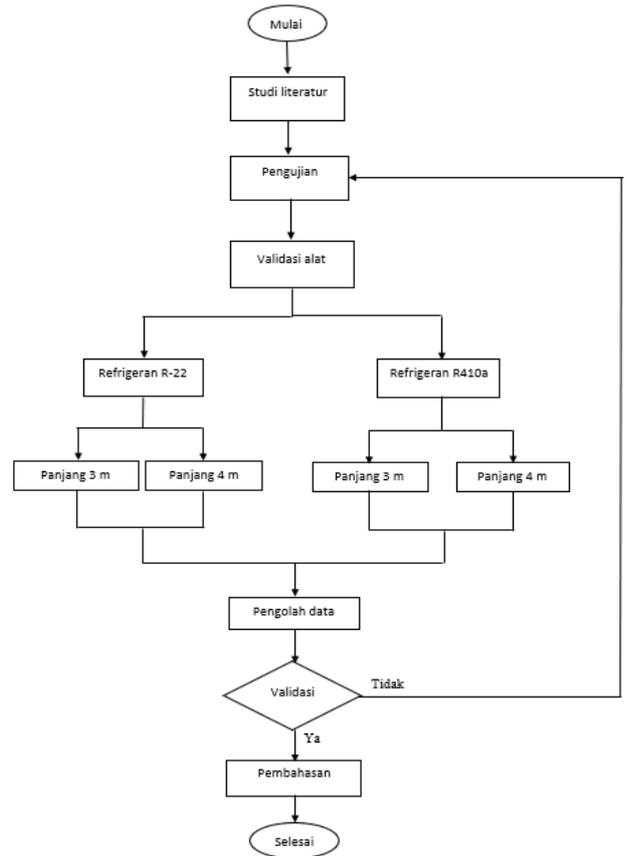
Pipa kapiler berfungsi untuk menentukan aliran refrigeran. Pipa kapiler ini berukuran kecil, rentan mampet dan mudah sekali patah. Pipa kapiler ini sering buntu karena adanya kotoran atau partikel-partikel yang terbawa oleh refrigeran, bisa juga berasal dari serbuk besi yang bercampur dengan oli. Kotoran yang lama kelamaan menjadi banyak membentuk lapisan yang menempel pada dinding pipa kapiler tersebut, maka sistem pendinginan menjadi terhambat. AC menjadi tidak dingin bahkan sampai kerja kompresor menjadi berlebih (Supriyana, 2020).

Pada refrigerator dan mengatur aliran refrigeran ke evaporator. Pipa kapiler merupakan suatu pipa pada mesin pendingin yang mempunyai diameter yang paling kecil jika dibandingkan dengan pipa yang lain. Jika pada evaporator pipanya mempunyai diameter 8 mm, maka untuk pipa kapiler berdiameter 1,7 mm. Fungsi pipa kapiler yaitu menurunkan tekanan bahan pendingin cair yang mengalir di dalam pipa. Kerusakan refrigerator paling banyak dijumpai pada pipa kapiler yaitu kebocoran dan tersumbat (Panggalih Landung, 2013).

## 3. METODOLOGI

### 3.1 Alur Penelitian

Berikut merupakan diagram alur dalam penelitian ini supaya dalam proses penelitian berjalan secara terstruktur



Gambar 1 Alur penelitian

### 3.2 Lingkup Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental (*eksperimental research*), yaitu dengan melakukan pengamatan dan pengukuran untuk mendapatkan data dalam eksperimen.

Tempat: Penelitian ini dilakukan di rumah yang berlokasi di Jl.Bojongsari Gang H.,Kenan (Gg.Kamboja RT 02 RW 14 No.56), Bojongsari, Kota Depok, Jawa Barat. Waktu: Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Desember 2021.

### 3.3 Alat dan Bahan

#### 3.3.1 Alat

Alat – alat yang digunakan pada penelitian tersebut, antara lain: Tabel 1 Alat penelitian

Alat	Fungsi	Spesifikasi
AC Split ½ pk	Untuk mengatur kondisi suhu pada ruangan menjadi lebih rendah dari suhu yang ada terdapat dalam lingkungan sekitar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kapasitas (Cooling, Btu/hr) 4800 Btu/hr</li> <li>Kapasitas (Cooling, kW) 1.407 kW</li> <li>Energy Efficiency</li> <li>EER (Cooling, W/W) 4.02 W/W</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>EER (Cooling, Btu/hW) 13.72 Btu/hW Energy Star Rating (Cooling) 4 Star</i></li> </ul>
Thermogun	Mengukur temperatur	-
Tang Ampere	Mengukur tegangan listrik	Digital clamp meter 600A AC – 2007A
Flaring tool	Mengembangkan ujung pipa	-
Manifold gauge	Mengukur tekanan	-

### 3.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah

Tabel 2 Bahan

Nama	Fungsi
Pipa kapiler	Untuk mengalirkan freon dari outdoor ke indoor
Refrigeran	untuk menyerap panas dari udara dalam ruangan sehingga suhu di dalamnya jadi rendah atau dingin.
Air sabun	Mengecek kebocoran pipa

### 3.4 Prosedur Peneliitan

Pengambilan data tekanan kerja kompresor dan temperatur keluar dan masuk kompresor, evaporator, kondensor dilakukan secara berlangsung. Selanjutnya untuk pengambilan data memerlukan proses sebagai berikut :

- Persiapan alat pengujian dilakukan dengan merangkai ulang instalasi perpipaan mesin pendingin sesuai kebutuhan, dalam hal ini alat pengujian yang digunakan adalah AC split 1/2 PK.
- Sebelum pengujian, dilakukan validasi yaitu memeriksa semua komponen mesin dan juga alat yang akan digunakan, yang khawatirkan terjadinya kebocoran pada pipa kapiler.
- Pemasangan pipa kapiler dengan panjang 3 meter dengan menggunakan refrigeran R-22 kemudian dilakukan pengambilan data dalam waktu 70 menit, setelah selesai dalam pengambilan data, lalu pipa di tukar dengan panjang 4 meter mengecek kembali kebocoran pada pipa kapiler, setelah tidak terjadi kebocoran, lalu melakukan pengambilan data seperti sebelumnya.
- Pemasangan pipa kapiler dengan panjang 3 meter dengan menggunakan refrigeran R-410a kemudian dilakukan pengambilan data dalam waktu 70 menit, setelah selesai dalam pengambilan data, lalu pipa di

tukar dengan panjang 4 meter mengecek kembali kebocoran pada pipa kapiler, setelah tidak terjadi kebocoran, lalu melakukan pengambilan data seperti sebelumnya.

### 3.5 Pengumpulan Data dan Analisis Data

Untuk memperoleh data dilaksanakan dengan:

- Melakukan pengukuran pada tekanan menggunakan *manifold gauge*.
- Pengukuran pada T1, T2, T3, T4 menggunakan alat *Thermogun*.

Data yang diperoleh berdasarkan pengukuran pada alat AC, kemudian dilakukan pengelolaan lebih lanjut dengan memasukan kedalam persamaan sehingga diperoleh data baru. Penentuan refrigerator pendingin melibatkan refrigeran dimana jumlahnya adalah tetap meskipun mengalami perubahan fase (bentuk), sehinggadi dalam sistem tidak perlu adanya penambahan refrigeran kecuali jika pada instalasi mengalami kebocoran.

## 4. HASIL dan PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan (pengukuran temperatur dan tekanan) yang terjadi dapat digambarkan seperti dibawah pada gambar 2



Gambar 2 Alat untuk digunakan penelitian

Dalam melakukan penelitian ini, untuk mendapatkan data yang baik pada waktu pengambilan data yaitu pada saat AC beroperasi stabil. Pengambilan data sekitar 70 menit dalam setiap 10 menit catat data. Data yang diamati dan dicatat adalah temperatur refrigeran dan tekanan refrigeran. Untuk memudahkan dalam pengambilan data AC dipasang berbagai alat ukur yang dipasang. Data-data pengukuran dibuat dalam tabel dan kemudian dibuat grafik.

#### 4.1.1 Pengukuran Temperatur dengan Refrigeran R-22 dan Panjang Pipa Kapiler 3m

Dengan selesainya melakukan pengambilan data dengan panjang pipa kapiler 3 m dan menggunakan refrigeran R-22, maka dapat diketahui nilai temperatur dan tekanan pada tabel 4-1 berikut.

Spesifikasi refrigeran:  
 Tipe refrigeran : R-22  
 Merek refrigeran : Dupont

Spesifikasi pipa kapiler:  
 Panjang(L) : 3m  
 Diameter luar : 0,65mm dan 0,71mm

Tabel 3 Hasil uji coba refrigeran R-22, dengan panjang pipa kapiler 3 m

No	Temperatur yang dihasilkan (°C)								Tekanan (bar)	
	Menit ke	T1	T2	T3	T4	T <sub>evap</sub>	T <sub>kon</sub>	T <sub>komp</sub>	P1	P2
1.	10	22,10	25,80	37,10	26,20	24,00	28,40	60,70	0,28	4,76
2.	20	20,60	24,90	37,80	25,80	23,20	29,40	58,20	0,27	4,75
3.	30	21,00	25,00	36,90	25,40	23,30	31,10	63,10	0,27	4,75
4.	40	20,80	21,80	42,90	25,30	22,90	31,40	60,50	0,17	4,75
5.	50	21,40	25,70	44,20	25,50	23,90	31,00	62,20	0,20	4,48
6.	60	20,80	24,60	41,20	24,90	22,10	31,10	62,10	0,17	4,61
7.	70	20,50	24,30	41,80	23,00	21,70	30,80	63,00	0,27	4,70
Maks			44,20							

Ket :  
 T1/P1= outlet evaporator                      T.evap= evaporator  
 T2/P2= outlet kompresor                      T.kon = kondensor  
 T3= outlet kondensor                          T.kom = kompresor  
 T4= inlet evaporator

**4.1.2 Pengukuran Temperatur dengan Refrigeran R-410a dan Panjang Pipa Kapiler 3m**

Tabel 4 Hasil uji coba refrigeran R-410a, dengan panjang pipa kapiler 3 m

No	Temperatur yang dihasilkan (°C)								Tekanan (Bar)	
	Menit ke	T1	T2	T3	T4	T <sub>evap</sub>	T <sub>kon</sub>	T <sub>komp</sub>	P1	P2
1.	10	23,70	55,50	34,30	27,60	27,50	43,50	42,50	0,80	5,30
2.	20	23,60	58,00	32,10	27,40	26,60	41,90	41,60	0,78	5,10
3.	30	23,90	47,50	32,70	23,00	26,30	41,80	42,80	0,78	4,90
4.	40	24,50	50,40	34,00	27,60	28,10	41,70	41,20	0,80	4,75
5.	50	24,00	45,50	34,70	27,90	27,40	40,50	38,00	0,82	5,86
6.	60	23,90	44,50	34,70	27,80	25,70	40,20	38,80	0,79	5,87
7.	70	23,70	46,50	32,70	27,20	26,00	40,00	39,20	0,76	5,73
Maks			58,00	34,70						

**4.1.3 Pengukuran Temperatur dengan Refrigeran R-22 dan Panjang Pipa Kapiler 4m**

Tabel 5 Hasil uji coba refrigeran R-22, dengan Panjang pipa kapiler 4 m

No	Temperatur yang dihasilkan (°C)								Tekanan (Bar)	
	Menit ke	T1	T2	T3	T4	T <sub>evap</sub>	T <sub>kon</sub>	T <sub>komp</sub>	P1	P2
1.	10	22,7	21,1	37,5	26,6	20,2	35,40	39,60	0,27	4,84
2.	20	21,7	19,9	38,6	26,1	18,4	37,00	48,20	0,27	4,78
3.	30	21,4	21,1	37,2	26,5	21,3	34,30	37,70	0,34	4,75
4.	40	21,3	20,3	34,6	25,8	19,2	32,70	37,60	0,34	4,75
5.	50	20,8	21,2	36,7	25,5	20,6	34,40	38,70	0,23	4,84
6.	60	22,9	21,7	37,6	26,5	17,5	37,60	39,90	0,21	4,84
7.	70	21,3	21,5	37,2	26,3	17,3	38,00	40,00	0,25	4,82
Maks			44,2							

**4.1.4 Pengukuran Temperatur dengan Refrigeran R-410a dan Panjang Pipa Kapiler 4 m**

Tabel 6 Hasil uji coba refrigeran R-410a, dengan Panjang pipa kapiler 4 m

No	Temperatur yang dihasilkan (°C)								Tekanan (Bar)	
	Menit ke	T1	T2	T3	T4	T <sub>evap</sub>	T <sub>kon</sub>	T <sub>komp</sub>	P1	P2
1.	10	23,7	55,5	34,2	27,6	26,0	31,7	74,3	0,76	4,82
2.	20	23,6	58,0	32,1	27,4	26,4	31,5	70,7	0,77	4,90
3.	30	23,9	47,5	32,7	28	26,2	33,3	65,8	0,77	4,90
4.	40	24,5	50,4	34,0	27,6	25,6	34,1	74,2	0,78	4,96
5.	50	24,0	45,5	34,7	27,9	26,1	33,7	65,5	0,80	4,75
6.	60	23,9	44,5	34,7	27,8	26,0	32,4	71,5	0,74	4,68
7.	70	23,7	46,5	32,7	27,20	25,7	32,8	67,9	0,81	4,82
Maks			58,0	34,70						

**4.2 Pembahasan**

Harga enthalpy (h)				Rumus Dasar		
h 1	h 2	h 3 = h 4	m	$\dot{w}_{in}$	Q <sub>L</sub>	CoP
385,97	432,38	202,29	0,00321211	0,149073933	0,59	3,957767722
385,73	431,71	200,90	0,00319212	0,146773792	0,59	4,019791214
385,73	430,60	199,44	0,00316711	0,142108004	0,59	4,151771785
385,97	429,34	198,34	0,00314449	0,136376379	0,59	4,326262393
386,20	434,79	206,04	0,00327487	0,159125777	0,59	3,707758798
385,85	435,44	206,11	0,00328252	0,162780127	0,59	3,624521073
385,49	435,40	205,20	0,00327251	0,163330745	0,59	3,612302144
Rata-rata						3,897812175
Maksimum						4,326262393
Minimum						3,612302144

Perhitungan daya kompresor (W<sub>in</sub>), laju pendaaran refrigeran ( $\dot{m}$ ), laju kalor yang diserap (Q<sub>L</sub>), dan koefisien prestasi (CoP) dapat diperoleh dari tabel hubungan (W<sub>in</sub>), ( $\dot{m}$ ), (Q<sub>L</sub>) dan (CoP) dari waktu ke waktu. Untuk menghitung besaran entalpi digunakan software CoolPack.

**4.2.1 Pengaruh Panjang Pipa Kapiler 3 m dengan Refrigeran R-22**

Tabel 7 Perhitungan panjang pipa kapiler 3 m, refrigeran R-22

Harga enthalpy (h)				Rumus Dasar		
h 1	h 2	h 3 = h 4	m	$\dot{w}_{in}$	Q <sub>L</sub>	CoP
376,70	447,29	198,41	0,00330922	0,236410343	0,59	2,495660694
376,45	447,89	198,34	0,00331256	0,236649262	0,59	2,493141097
376,45	447,89	198,34	0,00331256	0,236649262	0,59	2,493141097
372,81	454,94	196,28	0,00334221	0,274495553	0,59	2,149397297
374,04	452,66	197,28	0,00333786	0,262422494	0,59	2,248282880
372,81	454,94	196,29	0,00334240	0,274511104	0,59	2,149275539
376,45	447,58	197,97	0,00330569	0,235133909	0,59	2,509208491
Rata rata						2,15041770
Maksimum						2,509208491
Minimum						2,149275539

Contoh perhitungan ditampilkan di bawah ini:

a. Dampak refrigerasi:

$$h_1 - h_4 = 376,70 \text{ kJ/kg} - 198,41 \text{ kJ/kg} = 178,29 \text{ kJ/kg}$$

b. Laju pendaaran refrigeran dapat dihitung dengan membagi kapasitas refrigerasi dengan dampak refrigerasi.

$$\text{laju alir } (\dot{m}) = \frac{0,59 \text{ kW}}{178,29 \text{ kJ/kg}} = 0,00330922 \text{ kg/s}$$

- c. Laju kalor yang diserap adalah laju pendaaran refrigeran di kalikan dengan dampak refrigrerasi.

$$Q_L = \dot{m} (h_1 - h_4) = 0,00330922 \cdot 178,29 = 0,59 \text{ kW}$$

- d. Daya yang dibutuhkan oleh kompresor adalah kerja laju aliran refrigeran dikalikan dengan kompresi per-kilogram.

$$\text{Daya kompresor} = \dot{W}_{in} = \dot{m} (h_2 - h_1) = 0,00330922 \cdot 70,59 = 0,236410343 \text{ kW}$$

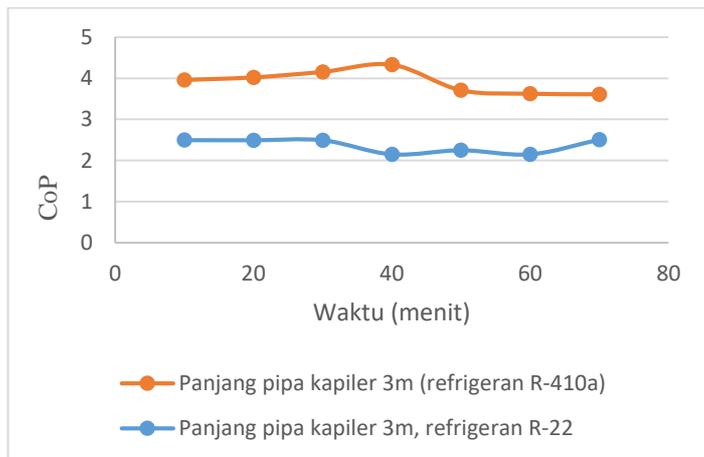
- e. Koefisien prestasi adalah laju kalor yang di serap dibagi dengan daya kompresor.

$$CoP = \frac{Q_L}{\dot{W}_{in}} = \frac{0,59}{0,236410343} = 2,495660694$$

**4.2.2 Pengaruh Panjang Pipa Kapiler 3 m dan dengan Refrigeran R-410a**

Tabel 8 Perhitungan panjang pipa kapiler 3 m, refrigeran R-410a

Untuk menjelaskan pengaruh panjang pipa kapiler 3m dengan dua jenis refrigeran, yaitu refrigeran R-22 dan refrigeran R-410a, maka Tabel 7 dan Tabel 8 diolah menjadi grafik yang disajikan pada gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3 Grafik koefisien prestasi (CoP)

Dari gambar 4-2 di atas tampak bahwa grafik refrigeran R-410a berada di atas grafik refrigeran R-22. Hal ini berarti nilai CoP refrigerator yang menggunakan refrigeran R-410a lebih besar dari nilai CoP refrigerator yang menggunakan refrigeran R-22.

Pada titik di menit 40 tampak CoP refrigerator yang menggunakan refrigeran R-410a meningkat, sedangkan CoP refrigerator yang menggunakan R-22 menurun. Hal ini disebabkan daya kompresor dan laju alir pada pipa selalu turun naik yang dapat dilihat pada data-data di Tabel 7 dan Tabel 8. Daya kompresor tidak stabil yang mempengaruhi nilai CoP pada sistem refrigerator..

Koefisien prestasi (CoP) refrigerator dengan refrigeran R-410a lebih besar karena temperatur keluar kondensor pada refrigerator tersebut lebih rendah dibandingkan dengan temperatur kondensor refrigerator yang menggunakan refrigeran R-22. Data yang mendukungnya dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4. Jika refrigeran yang keluar dari kondensor semakin dingin, maka nilai koefisien prestasi dari sistem pendingin semakin besar (Candela & W, 2014).

**4.2.3 Pengaruh Panjang Pipa Kapiler 4 m dengan Refrigeran R-22**

Tabel 9 Perhitungan panjang pipa kapiler 4 m, refrigeran R-22

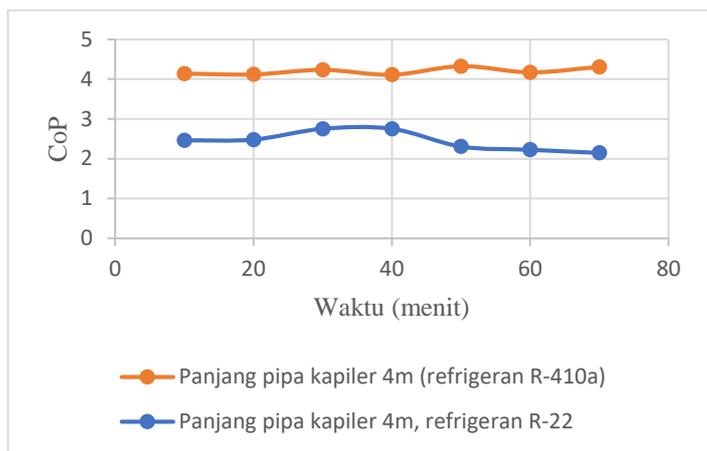
Harga enthalpy (h)			Rumus Dasar			
h 1	h 2	h 3 = h 4	m	$\dot{W}_{in}$	$Q_L$	CoP
376,40	448,46	199,00	0,00332582	0,239658399	0,59	2,461837358
376,40	448,09	198,56	0,00331759	0,237837944	0,59	2,480680709
378,30	443,69	198,34	0,00327851	0,214381529	0,59	2,752102768
378,30	443,69	198,34	0,00327851	0,214381529	0,59	2,752102768
375,12	451,48	199,00	0,00334999	0,255805133	0,59	2,306443164
374,41	453,23	199,00	0,00336355	0,265114874	0,59	2,225450393
373,64	455,05	198,86	0,00337567	0,274813480	0,59	2,146910699
Rata - rata						2,426567131
Maksimum						2,752102768
Minimum						2,146910699

**4.2.4 Pengaruh Panjang Pipa Kapiler 4 m dengan Refrigeran R-410a**

Tabel 10 Perhitungan panjang pipa kapiler 4 m, refrigeran R-410a

Harga enthalpy (h)			Rumus Dasar			
h 1	h 2	h 3 = h 4	m	$\dot{W}_{in}$	$Q_L$	CoP
385,48	430,56	198,86	0,00316150	0,142520630	0,59	4,139751553
385,60	430,80	199,44	0,00316932	0,143253116	0,59	4,118584071
386,60	430,80	199,44	0,00315238	0,139335328	0,59	4,234389140
385,73	430,94	199,88	0,00317460	0,143523810	0,59	4,110816191
385,97	429,34	198,34	0,00314449	0,136376379	0,59	4,326262393
385,23	430,16	197,81	0,00314801	0,141440081	0,59	4,171377699
386,09	429,55	198,86	0,00315120	0,136951343	0,59	4,308099402
Rata - rata						4,199712341
Maksimum						4,326262393
Minimum						4,110816191

Untuk menjelaskan pengaruh panjang pipa kapiler 4m dengan dua jenis refrigeran, yaitu refrigeran R-22 dan refrigeran R-410a, maka Tabel 9 dan Tabel 10 diolah menjadi grafik yang disajikan pada gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4 Grafik koefisien prestasi (CoP)

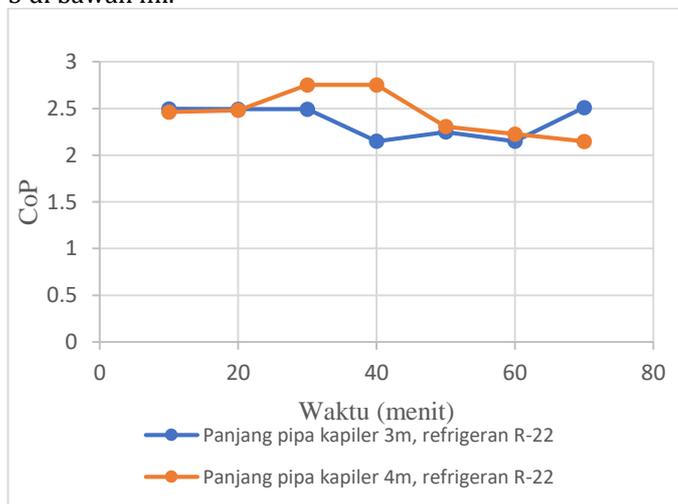
Dari gambar 4 di atas tampak bahwa grafik refrigeran R-410a berada di atas grafik refrigeran R-22. Hal ini berarti nilai CoP refrigerator yang menggunakan refrigeran R-410a lebih besar dari nilai CoP refrigerator yang menggunakan refrigeran R-22.

Pada titik di menit 50 tampak CoP refrigerator yang menggunakan refrigeran R-410a meningkat, sedangkan CoP refrigerator yang menggunakan R-22 menurun. Hal ini disebabkan daya kompresor dan laju alir pada pipa selalu turun naik yang dapat dilihat pada data-data di Tabel 9 dan Tabel 10. Daya kompresor tidak stabil yang mempengaruhi nilai CoP pada sistem refrigerator..

Koefisien prestasi (CoP) refrigerator dengan refrigeran R-410a lebih besar karena temperatur keluar kondensor pada refrigerator tersebut lebih rendah dibandingkan dengan temperatur kondensor refrigerator yang menggunakan refrigeran R-22. Data yang mendukungnya dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6. Jika refrigeran yang keluar dari kondensor semakin dingin, maka nilai koefisien prestasi dari sistem pendingin semakin besar (Candela & W, 2014).

#### 4.2.5 Pengaruh Panjang Pipa Kapiler 3 m dan 4 m dengan Refrigeran R-22

Untuk menjelaskan pengaruh panjang pipa kapiler 3m dan 4m dengan jenis refrigeran, yaitu refrigeran R-22, maka Tabel 7 dan Tabel 9 diolah menjadi grafik yang disajikan pada gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5 Grafik koefisien prestasi (CoP)

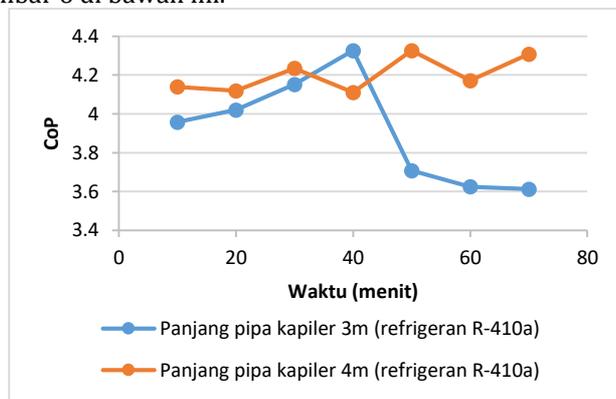
Dari gambar 5 di atas tampak bahwa grafik refrigeran R-22 pada panjang pipa kapiler 4m berada di atas grafik refrigeran R-22 dengan panjang pipa kapiler 3m. Hal ini berarti nilai CoP refrigerator yang menggunakan refrigeran R-22 dengan panjang pipa kapiler 4m lebih besar dari nilai CoP refrigerator yang menggunakan refrigeran R-22 dengan panjang pipa kapiler 3m.

Pada titik di menit 30 dan 40 tampak CoP refrigerator yang menggunakan refrigeran R-22 dengan panjang pipa kapiler 4m meningkat, sedangkan CoP refrigerator yang menggunakan R-22 dengan panjang pipa kapiler 3m menurun. Hal ini disebabkan daya kompresor dan laju alir pada pipa selalu turun naik yang dapat dilihat pada data-data di Tabel 7 dan Tabel 9. Daya kompresor tidak stabil yang mempengaruhi nilai CoP pada sistem refrigerator..

Koefisien prestasi (CoP) refrigerator dengan refrigeran R-22 dengan panjang pipa kapiler 4m lebih besar karena temperatur keluar kondensor pada refrigerator tersebut lebih rendah dibandingkan dengan temperatur kondensor refrigerator yang menggunakan refrigeran R-22 dengan panjang pipa kapiler 3m. Data yang mendukungnya dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 5. Jika refrigeran yang keluar dari kondensor semakin dingin, maka nilai koefisien prestasi dari sistem pendingin semakin besar (Candela & W, 2014).

#### 4.2.6 Pengaruh Panjang pipa Kapiler 3m dan 4m dengan refrigeran R-410a

Untuk menjelaskan pengaruh panjang pipa kapiler 3m dan 4m dengan jenis refrigeran, yaitu refrigeran R-410a, maka Tabel 8 dan Tabel 10 diolah menjadi grafik yang disajikan pada gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6 Grafik koefisien prestasi (CoP)

Dari gambar 6 di atas tampak bahwa grafik refrigeran R-410a pada panjang pipa kapiler 4m dan grafik refrigeran R-410a dengan panjang pipa kapiler 3m mempunyai CoP yang sama dalam nilai tertinggi. Hal ini berarti nilai CoP refrigerator yang menggunakan refrigeran R-410a dengan panjang pipa kapiler 4m besar nilai yang sama pada CoP refrigerator yang menggunakan refrigeran R-410a dengan panjang pipa kapiler 3m.

Pada titik di menit 40 dan 50 tampak CoP refrigerator yang menggunakan refrigeran R-410a dengan panjang pipa kapiler 3m dan 4m meningkat, Hal ini disebabkan daya kompresor dan laju alir pada pipa selalu turun naik yang dapat dilihat pada data-data di Tabel 8 dan Tabel 10. Daya kompresor tidak stabil yang mempengaruhi nilai CoP pada sistem refrigerator..

Koefisien prestasi (CoP) refrigerator dengan refrigeran R-410a dengan panjang pipa kapiler 3m dan 4m sama besar, karena temperatur keluar kondensor pada refrigerator tersebut sama. Data yang mendukungnya dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 6. Jika refrigeran yang keluar dari kondensor semakin dingin, maka nilai koefisien prestasi dari sistem pendingin semakin besar (Candela & W, 2014).

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari refrigeran R-22 dan R-410a dengan kedua panjang pipa kapiler yang berbeda, maka didapatkan simpulan sebagai berikut:

- 1 Refrigerator yang menggunakan refrigeran R-22 pada panjang pipa kapiler 3 m menghasilkan koefisien prestasi sebesar 2,509, sedangkan pada panjang pipa kapiler 4 m menghasilkan koefisien prestasi sebesar 2,752. Dari kedua panjang pipa kapiler yang berbeda didapatkan koefisien prestasi lebih besar pada panjang pipa kapiler 4 m.
- 2 Refrigerator yang menggunakan refrigeran R-410a pada panjang pipa kapiler 3 m menghasilkan koefisien prestasi sebesar 4,326, sedangkan pada panjang pipa kapiler 4 m menghasilkan koefisien prestasi sebesar 4,326. Dari kedua panjang pipa kapiler yang berbeda didapatkan koefisien prestasi lebih besar pada panjang pipa kapiler 4 m.
- 3 Refrigerator dengan panjang pipa 3m menggunakan refrigeran R-22 menghasilkan koefisien prestasi sebesar 2,509, sedangkan yang menggunakan refrigeran R-410a menghasilkan koefisien prestasi sebesar 4,326. Dari kedua refrigeran yang berbeda didapatkan koefisien prestasi lebih besar pada refrigeran R-410a.
- 4 Refrigerator dengan panjang pipa 4m menggunakan refrigeran R-22 menghasilkan koefisien prestasi sebesar 2,752, sedangkan yang menggunakan refrigeran R-410a menghasilkan koefisien prestasi sebesar 4,326. Dari kedua refrigeran yang berbeda didapatkan koefisien prestasi lebih besar pada refrigeran R-410a.

## References

- Aziz, A. (2009). Studi Eksperimental Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon Substitusi R22 Pada Kondisi Transient. *Teknik Mesin*, 6(1), 75–78.
- Basri, M. H. (2016). Efek Perubahan Laju Aliran Massa Air Pendingin Pada Kondensor Terhadap Kinerja Mesin Refrigerasi FOCUS 808. *Jurnal SMARTek*, 4(1), 64–75.
- Candela, L. S., & W, A. G. (2014). Peningkatan Cop (Coefficient of Performance) Sistem Ac Mobil Dengan Menggunakan Air Kondensasi. *Jtm*, 02(2), 162–171.
- Haryadi, Mahmudi, A., & Permana, J. (2015). Rancang Ulang Refrigerator Satu Pintu Untuk Optimasi. *Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012*, 1, 1–7.
- Kurniawan, A. (2020). Pengaruh Panjang Pipa Kapiler Terhadap Efektivitas Penukar Kalor tipe Sheel helical Coil. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 201*, 2(1), 1–93.
- Muzakkir, M. A., & Rifky. (2013). Perbandingan Koefisien Prestasi ( CoP ) pada Refrigerator dengan Refrigeran CFC R12 dan HC R134a untuk Pnjang Kapiler yang Berbeda. *Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA, Jakarta.*, 5(1), 30–39.
- Panggali Landung, L. (2013). Mesin Pendingin Air Dengan Siklus Kompresi Uap. *Tugas Akhir*, 1(18), 1–81.
- Pratama, F. A., Mitrakusuma, W. H., Falahuddin, M. A., & Ayu, W. S. (2021). Kajian Kinerja Sistem Refrigerasi Menggunakan Refrigeran R32 . *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 1, 1–6.
- Priangkoso, T. (2018). Pengaruh Jenis Refrigerant dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Kinerja AC Split. *Momentum*, 14(2), 39–45.
- Ridhuan, K., & Juniawan, I. G. A. (2014). Pengaruh Media Pendingin Air Pada Kondensor Terhadap Kemampuan Kerja Mesin Pendingin. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(2), 1–6. <https://doi.org/10.24127/trb.v3i2.11>
- Siagian, S. (2015). Analysis Of Condensor Performance Analysis Of A Cooling System Using Freon R-134 A Based On A Cooling Fan Running Variation. *Jurnal BINA TEKNIKA, II(2)*, 1–7.
- Supriyana, N. (2020). Studi Eksperimen Pengaruh Beban Dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Coefficient Of Performance ( COP ) Pada Mesin Pendingin. *ITEKS*, 12(1), 51–59.
- Tanujaya, H. (2013). Pengaruh Pengkondisian Refrigeran R-22 di Pipa Kapiler terhadap Mesin Pendingin. ... *R-22 Di Pipa Kapiler Terhadap Mesin Pendingin*, 1–14. <http://repository.untar.ac.id/14853/>
- Aziz, A. (2009). Studi Eksperimental Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap Menggunakan Refrigeran Hidrokarbon Substitusi R22 Pada Kondisi Transient. *Teknik Mesin*, 6(1), 75–78.
- Basri, M. H. (2016). Efek Perubahan Laju Aliran Massa Air Pendingin Pada Kondensor Terhadap Kinerja Mesin Refrigerasi FOCUS 808. *Jurnal SMARTek*, 4(1), 64–75.
- Candela, L. S., & W, A. G. (2014). Peningkatan Cop (Coefficient of Performance) Sistem Ac Mobil Dengan Menggunakan Air Kondensasi. *Jtm*, 02(2), 162–171.
- Haryadi, Mahmudi, A., & Permana, J. (2015). Rancang Ulang Refrigerator Satu Pintu Untuk Optimasi. *Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012*, 1, 1–7.

- Kurniawan, A. (2020). Pengaruh Panjang Pipa Kapiler Terhadap Efektivitas Penukar Kalor tipe Sheel helical Coil. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 201, 2(1)*, 1-93.
- Muzakkir, M. A., & Rifky. (2013). Perbandingan Koefisien Prestasi ( CoP ) pada Refrigerator dengan Refrigeran CFC R12 dan HC R134a untuk Pnjang Kapiler yang Berbeda. *Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA, Jakarta.*, 5(1), 30-39.
- Panggalih Landung, L. (2013). Mesin Pendingin Air Dengan Siklus Kompresi Uap. *Tugas Akhir*, 1(18), 1-81.
- Pratama, F. A., Mitrakusuma, W. H., Falahuddin, M. A., & Ayu, W. S. (2021). Kajian Kinerja Sistem Refrigerasi Menggunakan Refrigeran R32 ., *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 1, 1-6.
- Priangkoso, T. (2018). Pengaruh Jenis Refrigerant dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Kinerja AC Split. *Momentum*, 14(2), 39-45.
- Ridhuan, K., & Juniawan, I. G. A. (2014). Pengaruh Media Pendingin Air Pada Kondensor Terhadap Kemampuan Kerja Mesin Pendingin. *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 3(2), 1-6. <https://doi.org/10.24127/trb.v3i2.11>
- Siagian, S. (2015). Analysis Of Condensor Performance Analysis Of A Cooling System Using Freon R-134 A Based On A Cooling Fan Running Variation. *Jurnal BINA TEKNIKA*, II(2), 1-7.
- Supriyana, N. (2020). Studi Eksperimen Pengaruh Beban Dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Coefficien Of Performance ( COP ) Pada Mesin Pendingin. *ITEKS*, 12(1), 51-59.
- Tanujaya, H. (2013). Pengaruh Pengkondisian Refrigeran R-22 di Pipa Kapiler terhadap Mesin Pendingin. ... *R-22 Di Pipa Kapiler Terhadap Mesin Pendingin*, 1-14. <http://repository.untar.ac.id/14853/>