

SKRIPSI

**ANALISIS PERBANDINGAN *COEFFICIENT OF PERFORMANCE* (COP) DAN ENERGI LISTRIK
UNDERCOUNTER CHILLER 350 LITER MENGGUNAKAN
REFRIGERAN R-134A DAN R-600A**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I MADE ANGGA ANTARA

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2024

SKRIPSI

**ANALISIS PERBANDINGAN *COEFFICIENT OF PERFORMANCE* (COP) DAN ENERGI LISTRIK
UNDERCOUNTER CHILLER 350 LITER
MENGUNAKAN REFRIGERAN R-134A DAN R-600A**



POLITEKNIK NEGERI BALI

Oleh

I MADE ANGGA ANTARA
NIM. 2015234031

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA UTILITAS**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI BALI**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERBANDINGAN *COEFFICIENT OF PERFORMANCE (COP)* DAN ENERGI LISTRIK *UNDERCOUNTER CHILLER* 350 LITER MENGGUNAKAN REFRIGERAN R-134A DAN R-600A

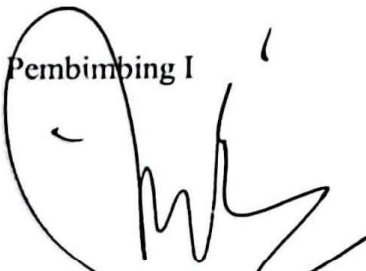
Oleh

I MADE ANGGA ANTARA
NIM. 2015234031

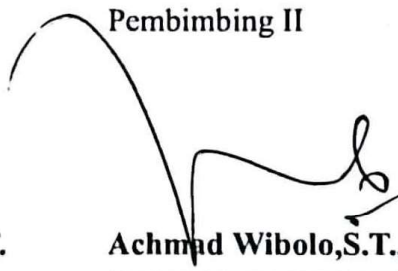
Diajukan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas
Pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali

Disetujui oleh :

Pembimbing I


Dr. Luh Putu Ike Midiani, S.T., M.T.
NIP. 197206021999032002

Pembimbing II


Achmad Wibolo, S.T., M.T.
NIP. 196405051991031002

Disahkan oleh:


Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg.
NIP. 196609241993031003

LEMBAR PERSETUJUAN

ANALISIS PERBANDINGAN *COEFFICIENT OF PERFORMANCE (COP)* DAN ENERGI LISTRIK *UNDERCOUNTER CHILLER* 350 LITER MENGGUNAKAN REFRIGERAN R-134A DAN R-600A

Oleh

I MADE ANGGA ANTARA
NIM. 2015234031

Skripsi ini telah dipertahankan di depan Tim Penguji dan diterima untuk dapat
dicetak sebagai Buku Skripsi pada hari/tanggal: Selasa / 27 Agustus 2024

Tim Penguji

Penguji I : Prof. Dr. Ir. I Made Rasta, M.Si.

NIP : 196506171992031001

Penguji II : Prof. Dr. I Made Rai Jaya Widanta, S.S.,M.Hum.

NIP : 197310272001121002

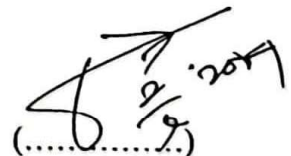
Penguji III : I Gede Oka Pujihadi, S.T.,M.Erg.

NIP : 196606181997021001

Tanda Tangan


(.....)


(.....)


(.....)

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : I Made Angga Antara

NIM : 2015234031

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas

Judul Proposal Skripsi : Analisis Perbandingan *Coefficient of Performance* (COP) dan Energi Listrik *Undercounter Chiller* 350 Liter Menggunakan Refrigeran R-134a dan R-600a

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah Buku Skripsi ini bebas plagiat. Apabila dikemudian hari terbukti plagiat dalam Buku Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai Peraturan Mendiknas RI No. 17 Tahun 2010 dan Perundang-undangan yang berlaku.

Badung, 27 Agustus 2024

Yang Membuat pernyataan



I Made Angga Antara

NIM. 2015234031

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan Buku Skripsi ini, penulis banyak menerima bimbingan, petunjuk dan bantuan serta dorongan dari berbagai pihak baik yang bersifat moral maupun material. Penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada semua pihak yang telah membantu. Dengan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, penulis pada kesempatan ini menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE, M.eCom, selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Dr. Ir. I Gede Santosa, M.Erg, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak I Kadek Ervan Hadi Wiryanta, ST., MT, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Dr. Made Ery Arsana, ST, MT selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Utilitas.
5. Ibu Dr. Luh Putu Ike Midiani, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing 1 yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dorongan, dan semangat kepada penulis, sehingga Buku Skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Bapak Achmad Wibolo, S.T., M.T, selaku dosen pembimbing 2 yang selalu memberikan dukungan, perhatian, semangat, dari awal menjadi mahasiswa hingga saat ini.
7. Segenap dosen dan seluruh staf akademik serta PLP yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan pada penulisan hingga dapat menunjang dalam penyelesaian Buku Skripsi.
8. Kedua orang tua tercinta I Ketut Sarya, Ni Luh Mariani yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa demi kelancaran dan kesuksesan dalam menyelesaikan Buku Skripsi ini.
9. Kemudian terima kasih banyak untuk kakak Ni Luh Suwardani, tercinta yang telah memberikan dukungan serta perhatian kepada penulis.
10. Sahabat-sahabat TRU A, Keluarga besar, Terima kasih telah menjadi sahabat terbaik bagi penulis yang selalu memberikan dukungan, dan motivasi hingga penulis dapat menyelesaikan buku Buku Skripsi ini.

Semoga Buku Skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca umumnya, peneliti atau penulis, dan khususnya kepada civitas akademika Politeknik Negeri Bali.

Badung, 27 Agustus 2024
I Made Angga Antara

ABSTRAK

Hal yang mempengaruhi perkembangan mesin refrigerasi, yaitu tuntutan penghematan energi, penggunaan refrigerant yang tidak merusak ozon atau refrigeran dengan nilai ODP (*Ozone Depletion Potential*) rendah, dan penggunaan refrigeran yang tidak mengakibatkan pemanasan global atau refrigerant dengan nilai GWP (*Global Warming Potential*) yang rendah. *Undercounter chiller* sebagian besar masih menggunakan refrigeran R-134a dan R-404a. Kedua refrigerant tersebut memiliki nilai GWP (*Global Warming Potential*) yang tinggi yaitu 1430 (R-134a) dan 3922 (R-404a). *Undercounter chiller* yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan refrigeran R-134a dengan kapasitas pendinginan 0,806 kW dan daya listrik 350 watt. Pada riset ini menggunakan metode eksperimen, dimana membandingkan COP (*Coefficient of Performance*) dan energi listrik dari *undercounter chiller* 350 liter menggunakan refrigeran R-134a dan R-600a selama 24 jam dengan temperatur lingkungan 25°C dan temperatur ruangan *chiller* awal sama dengan temperatur lingkungan. Selain itu, saat mengganti refrigeran dari R-134a ke R-600a, dilakukan juga penggantian oli kompresor dan filter dryer. Pada pengujian tanpa beban, penggantian refrigeran R-134a menjadi R-600a menyebabkan penurunan COP sebesar 5%, sedangkan konsumsi energi listrik selama 24 jam menurun 2%. Pada pengujian dengan beban sayur kubis seberat 33,25 kg, setelah diganti refrigerannya dari R-134a menjadi R-600a membuat COP menurun sebesar 2% dan energi listrik dari *undercounter chiller* turun sebesar 6%. Walaupun COP *undercounter chiller* mengalami penurunan sedikit saat penggantian refrigeran dari R-134a menjadi R-600a, tetapi konsumsi energinya lebih hemat saat menggunakan refrigeran R-600a. Dengan menghemat energi listrik dapat mengurangi dampak dari pemanasan global, karena di Indonesia, penghasil listrik terbanyak adalah pada PLTU (Pembangkit listrik Tenaga uap). PLTU menggunakan bahan bakar batu bara. Jika batu bara dibakar maka akan menghasilkan karbondioksida, dimana gas tersebut merupakan salah satu dari gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global.

Kata kunci : *Undercounter chiller, R-134a, R-600a, COP, energi listrik*

**COMPARATIVE ANALYSIS OF COEFFICIENT OF
PERFORMANCE (COP) AND ELECTRIC ENERGY 350 LITER
UNDERCOUNTER CHILLER USING R-134A AND R-600A
REFRIGERANT**

ABSTRACT

The development of refrigeration systems is influenced by the demands for energy efficiency, the use of refrigerants that do not deplete the ozone layer (with low Ozone Depletion Potential or ODP), and refrigerants with a low Global Warming Potential (GWP). Undercounter chillers predominantly use R-134a and R-404a refrigerants, which have high GWP values of 1430 (R-134a) and 3922 (R-404a), respectively. The undercounter chiller used in this study utilizes R-134a refrigerant, with a cooling capacity of 0.806 kW and an electrical power consumption of 350 watts. This research employs an experimental method, comparing the Coefficient of Performance (COP) and energy consumption of a 350-liter undercounter chiller using R-134a and R-600a refrigerants over 24 hours, at an ambient temperature of 25°C and an initial chiller temperature equal to the ambient temperature. Additionally, when replacing the refrigerant from R-134a to R-600a, the compressor oil and filter dryer were also replaced. In the no-load test, switching from R-134a to R-600a resulted in a 5% decrease in COP, while electrical energy consumption over 24 hours decreased by 2%. In the test with a load of 33.25 kg of cabbage, replacing R-134a with R-600a reduced the COP by 2% and the chiller's energy consumption by 6%. Although the COP of the undercounter chiller slightly decreased when switching from R-134a to R-600a, energy consumption was lower with R-600a. Reducing electrical energy consumption can help mitigate global warming, as the majority of electricity in Indonesia is generated by coal-fired power plants, which emit carbon dioxide, where carbon dioxide is a greenhouse gas contributing to global warming.

Keywords: *Undercounter chiller, R-134a R-600a, COP, Electrical energy*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Tuhan yang Maha Esa karena atas rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul Analisis Perbandingan *Coefficient of Performance* (COP) dan Energi Listrik *Undercounter Chiller* 350 Liter Menggunakan Refrigeran R-134a dan R-600a. Penyusunan Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk kelulusan program Pendidikan pada jenjang Sarjana Terapan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali.

Penulis menyadari Skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran sebagai pembelajaran demi penyempurnaan karya-karya ilmiah penulis di masa yang akan datang.

Badung, 27 Agustus 2024

I Made Angga Antara

DAFTAR ISI

Cover	i
Halaman Judul.....	ii
Pengesahan oleh Pembimbing	iii
Persetujuan Dosen Penguji.....	iv
Pernyataan Bebas Plagiat	v
Ucapan Terima Kasih.....	vi
Abstrak dalam Bahasa Indonesia	vii
Abstrak dalam Bahasa Inggris	viii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Tabel	xiv
Daftar Gambar.....	xvi
Daftar Lampiran	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.4.1 Tujuan umum	3
1.4.2 Tujuan khusus.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.5.1 Bagi penulis.....	4
1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Bali	4
1.5.3 Bagi masyarakat	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Pengertian <i>Undercounter Chiller</i>	5
2.1.1 Sistem refrigerasi kompresi uap.....	10

2.2	Komponen-Komponen Pada <i>Undercounter Chiller</i>	12
2.2.1	Komponen – komponen utama <i>undercounter chiller</i>	12
2.2.2	Komponen – komponen tambahan <i>undercounter chiller</i>	14
2.3	Karakteristik Sayur Kubis.....	16
2.4	Permasalahan Pada Bidang Refrigerasi	16
2.4.1	Energi	16
2.4.2	Penipisan ozon.....	17
2.4.3	Pemanasan global.....	18
2.5	Refrigeran	20
2.5.1	Sifat – sifat refrigeran yang ideal	20
2.5.2	Kelompok – kelompok refrigeran	21
2.6	Karakteristik Refrigeran R-134a dan R-600a	23
2.6.1	Refrigeran R-134a	23
2.6.2	Refrigeran R-600a	24
2.7	Cara Mengganti Oli Kompresor	25
2.8	Cara Mengetes Kebocoran.....	27
2.9	Cara Memvakum Sistem.....	30
2.10	Cara Mengisi Refrigeran.....	32
2.11	Menghitung Performansi <i>Undercounter Chiller</i>	34
2.11.1	Menghitung COP	34
2.11.2	Menghitung konsumsi energi listrik.....	35
2.12	Penelitian Sebelumnya.....	36
2.13	Peraturan Pemerintah Tentang Refrigeran Hydrocarbon.....	37
BAB III METODE PENELITIAN		39
3.1	Jenis Penelitian	39
3.2	Rancangan Penelitian.....	44
3.3	Alur Penelitian	53
3.4	Lokasi dan Waktu Penelitian	54
3.5	Sumber Daya Penelitian	55
3.6	Penentuan Sumber Data.....	55
3.7	Instrumen Penelitian	55

3.8	Prosedur Penelitian	66
3.8.1	Langkah persiapan.....	66
3.8.2	Langkah penggantian refrigeran R-134a ke R-600a	69
3.8.3	Langkah penempatan alat ukur	69
3.8.4	Langkah pengambilan data.....	72
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	79
4.1	Hasil Penelitian.....	79
4.1.1	Pengujian panel proteksi terhadap kebakaran	79
4.1.2	Rata – rata data pengukuran tanpa beban setiap jam	81
4.1.3	Rata – rata data pengukuran dengan beban setiap jam.....	85
4.1.4	Pengolahan Data.....	90
4.1.5	Hasil Pengolahan Data	97
4.2	Pembahasan	100
4.2.1	Hubungan temperatur ruangan terhadap waktu tanpa beban	100
4.2.2	Hubungan temperatur ruangan terhadap waktu dengan beban	101
4.2.3	Hubungan temperatur T1 terhadap waktu tanpa beban.....	103
4.2.4	Hubungan temperatur T1 terhadap waktu dengan beban	104
4.2.5	Hubungan temperatur T2 terhadap waktu tanpa beban.....	106
4.2.6	Hubungan temperatur T2 terhadap waktu dengan beban.....	107
4.2.7	Hubungan temperatur T3 terhadap waktu tanpa beban	109
4.2.8	Hubungan temperatur T3 terhadap waktu dengan beban	110
4.2.9	Hubungan temperatur T4 terhadap waktu tanpa beban.....	112
4.2.10	Hubungan temperatur T4 terhadap waktu dengan beban	113
4.2.11	Hubungan tekanan refrigeran terhadap waktu tanpa beban.....	115
4.2.12	Hubungan tekanan refrigeran terhadap waktu dengan beban.....	116
4.2.13	Hubungan temperatur evaporator terhadap waktu tanpa beban	118
4.2.14	Hubungan temperatur evaporator terhadap waktu dengan beban..	119
4.2.15	Hubungan efek refrigerasi terhadap waktu tanpa beban.....	120
4.2.16	Hubungan efek refrigerasi terhadap waktu dengan beban.....	121
4.2.17	Hubungan kerja kompresi terhadap waktu tanpa beban.....	122
4.2.18	Hubungan kerja kompresi terhadap waktu dengan beban.....	123

4.2.19	COP pada pengujian tanpa beban.....	124
4.2.20	COP pada pengujian dengan beban.....	125
4.2.21	Hubungan daya listrik terhadap waktu tanpa beban	126
4.2.22	Hubungan daya listrik terhadap waktu dengan beban.....	127
4.2.23	Energi listrik tanpa beban.....	129
4.2.24	Energi listrik dengan beban.....	129
4.2.25	Hubungan temperatur beban terhadap waktu dengan R-134a	130
4.2.26	Hubungan temperatur beban terhadap waktu dengan R-600a	131
4.2.27	Pengaruh kelembaban ruangan terhadap berat akhir sayur kubis .	131
BAB V PENUTUP		133
5.1	Kesimpulan.....	133
5.2	Saran	134
DAFTAR PUSTAKA		135
LAMPIRAN.....		138

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ketentuan penyimpanan produk pada refrigerator	9
Tabel 2.2	Karakteristik sayur kubis.....	16
Tabel 2.3	Kelompok refrigeran CFC.....	21
Tabel 2.4	Kelompok refrigeran HCFC	21
Tabel 2.5	Kelompok refrigeran HFC	21
Tabel 2.6	Kelompok refrigeran hydrocarbon	22
Tabel 2.7	Kelompok refrigeran azeotropes	22
Tabel 2.8	Kelompok refrigeran inorganic	23
Tabel 2.9	Karakteristik refrigeran R-134a	24
Tabel 2.10	Karakteristik refrigeran R-600a	24
Tabel 2.11	Beberapa Jenis dan kekentalan oli kompresor	25
Tabel 2.12	Takaran oli kompresor berdasarkan daya kompresornya	26
Tabel 2.13	Penelitian sebelumnya.....	36
Tabel 3.1	Tabel pelaksanaan.....	54
Tabel 3.2	Kalibrasi menggunakan air es	66
Tabel 3.3	Kalibrasi menggunakan air mendidih	67
Tabel 3.4	Kalibrasi data logger power meter menggunakan arduino.....	68
Tabel 3.5	Data Temperatur,tekanan,dan COP <i>undercounter chiller</i>	77
Tabel 3.6	Data Konsumsi energi listrik <i>undercounter chiller</i>	77
Tabel 3.7	Data temperatur beban <i>undercounter chiller</i>	77
Tabel 3.8	Berat awal dan akhir sayur kubis	77
Tabel 4.1	Data Temperatur , tekanan dan kelembaban tanpa beban (R-134a)...	81
Tabel 4.2	Energi listrik pada pengujian tanpa beban R-134a.....	82
Tabel 4.3	Data Temperatur , tekanan dan kelembaban tanpa beban (R-600a)...	83
Tabel 4.4	Energi listrik pada pengujian tanpa beban (R-600a).....	84
Tabel 4.5	Data Temperatur,tekanan dan kelembaban dengan beban (R-134a) ..	85
Tabel 4.6	Energi listrik pada pengujian dengan beban (R-134a)	86
Tabel 4.7	Data temperatur beban dengan R-134a	86

Tabel 4.8	Data Temperatur,tekanan dan kelembaban dengan beban (R-600a) ..	87
Tabel 4.9	Energi listrik pada pengujian dengan beban (R-600a)	88
Tabel 4.10	Data temperatur beban dengan R-600a	88
Tabel 4.11	Berat awal dan akhir sayur kubis	89
Tabel 4.12	Data COP setiap jam tanpa beban dengan R-134a.....	97
Tabel 4.13	Data COP setiap jam tanpa beban dengan R-600a.....	98
Tabel 4.14	Data COP setiap jam dengan beban (R-134a).....	98
Tabel 4.15	Data COP setiap jam dengan beban (R-600a).....	99
Tabel 4.16	Pengaruh kelembaban ruangan terhadap berat akhir sayur kubis	131

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Undercounter Chiller</i>	5
Gambar 2.2	Beberapa jenis chiller refrigerator.....	7
Gambar 2.3	Sistem Refrigerasi Kompresi Uap.....	10
Gambar 2.4	Siklus Refrigerasi Kompresi Uap.....	11
Gambar 2.5	Kompresor	12
Gambar 2.6	Kondensor	12
Gambar 2.7	Pipa Kapiler.....	13
Gambar 2.8	Evaporator	14
Gambar 2.9	<i>Filter Dryer</i>	14
Gambar 2.10	<i>Fan</i> Kondensor.....	15
Gambar 2.11	Blower	15
Gambar 2.12	Termostat Digital.....	15
Gambar 2.13	Rencana bauran energi sampai dengan 2025	16
Gambar 2.14	Proses Penipisan Lapisan Ozon Akibat CFC	17
Gambar 2.15	Proses terjadi efek rumah kaca 1	18
Gambar 2.16	Proses terjadi efek rumah kaca 2.....	18
Gambar 2.17	Proses terjadi efek rumah kaca 3.....	19
Gambar 2.18	Proses terjadi efek rumah kaca 4.....	19
Gambar 2.19	Proses terjadi efek rumah kaca 5.....	19
Gambar 2.20	Refrigeran R-134a	23
Gambar 2.21	Refrigeran R-600a	24
Gambar 2.22	Pembuangan oli kompresor.....	26
Gambar 2.23	Cara mengisi oli kompresor	26
Gambar 2.24	<i>Pressure test method</i>	27
Gambar 2.25	<i>Buble test method</i>	28
Gambar 2.26	<i>Halide torch detection</i>	28
Gambar 2.27	<i>Electronic leak detector</i>	29
Gambar 2.28	<i>Vaccum method</i>	30

Gambar 2.29	Pemvakuman sistem.....	31
Gambar 2.30	Pengisian refrigeran berdasarkan berat	33
Gambar 2.31	Pengisian refrigeran berdasarkan tekanan dan temperatur.....	34
Gambar 3.1	Tampak depan <i>undercounter chiller</i> starcool 350 liter.....	39
Gambar 3.2	Spesifikasi <i>undercounter chiller</i> starcool 350 liter	39
Gambar 3.3	Ukuran <i>undercounter chiller</i> Starcool 350 liter	40
Gambar 3.4	Komponen <i>undercounter chiller</i>	41
Gambar 3.5	Prinsip kerja <i>undercounter chiller</i>	42
Gambar 3.6	Kompresor <i>undercounter chiller</i> starcool 350 l	42
Gambar 3.7	Spesifikasi kompresor <i>undercounter chiller</i> starcool 350 l.....	43
Gambar 3.8	Refrigeran R-600a	44
Gambar 3.9	<i>Filter dryer</i> yang lama.....	44
Gambar 3.10	<i>Filter dryer</i> yang baru	44
Gambar 3.11	Oli kompresor Suniso 3GS.....	46
Gambar 3.12	ELCB.....	47
Gambar 3.13	Rangkaian kelistrikan modul proteksi kebakaran	48
Gambar 3.14	Rangkaian kontrol panel proteksi kebakaran	49
Gambar 3.15	Penempatan panel dan sensor MQ-5	52
Gambar 3.16	Diagram Alur penelitian <i>undercounter chiller</i>	53
Gambar 3.17	Lokasi penelitian	54
Gambar 3.18	<i>Manifold</i>	55
Gambar 3.19	Kunci inggris.....	56
Gambar 3.20	Obeng	56
Gambar 3.21	<i>Bending pipe</i>	56
Gambar 3.22	<i>Cutter pipe</i>	57
Gambar 3.23	<i>Flaring tool</i>	57
Gambar 3.24	Mesin vakum.....	57
Gambar 3.25	Las Oxy-LPG	58
Gambar 3.26	Termokopel.....	58
Gambar 3.27	Termometer	59
Gambar 3.28	Tang ampere	59

Gambar 3.29	AVO meter	59
Gambar 3.30	<i>Pressure gauge</i>	60
Gambar 3.31	Timbangan digital.....	60
Gambar 3.32	<i>Data logger</i> arduino uno	61
Gambar 3.33	Arduino Uno.....	61
Gambar 3.34	PZEM 016	62
Gambar 3.35	Sensor DS18B20	62
Gambar 3.36	Converter TTL ke RS485	63
Gambar 3.37	MCB 1 fasa.....	63
Gambar 3.38	Kotak kontak	64
Gambar 3.39	<i>Mini exhaust fan</i>	64
Gambar 3.40	Skema rangkaian data logger menggunakan arduino uno.....	65
Gambar 3.41	Temperatur referensi air es	66
Gambar 3.42	Temperatur referensi air mendidih	67
Gambar 3.43	Referensi data logger dari power meter digital MFM384.....	68
Gambar 3.44	Penempatan sensor suhu dan <i>pressure gauge</i>	70
Gambar 3.45	Penempatan sensor suhu pada beban dan penempatan beban.....	71
Gambar 3.46	Koneksi USB arduino ke laptop.....	72
Gambar 3.47	Menghubungkan kabel power data logger	72
Gambar 3.48	Mengatur waktu pengambilan data pada arduino	72
Gambar 3.49	Mengkoneksikan arduino ke PLX DAQ	73
Gambar 3.50	Menghubungkan USB data <i>logger</i> ke laptop	73
Gambar 3.51	Aplikasi Modbuspoll	73
Gambar 3.52	Pengaturan pada menu <i>connection</i>	74
Gambar 3.53	Pengaturan pada <i>read</i> atau <i>write definition</i>	74
Gambar 3.54	Tampilan pembacaan <i>data logger</i>	75
Gambar 3.55	Tampilan <i>test center</i>	75
Gambar 3.56	Set point termostat.....	76
Gambar 3.57	Differential temperatur pada termostat	76
Gambar 4.1	Pengujian kinerja ELCB.....	79
Gambar 4.2	Pengujian sensor MQ-5.....	80

Gambar 4.3	Pengujian <i>undercounter chiller</i> tanpa beban.....	80
Gambar 4.4	Pengujian <i>undercounter chiller</i> dengan beban.....	81
Gambar 4.5	Pengelompokan Temperatur dan tekanan refrigeran.....	90
Gambar 4.6	Menentukan Temperatur evaporator dengan <i>refrigerant slider</i>	91
Gambar 4.7	Menentukan Temperatur kondensasi dengan <i>refrigerant slider</i>	91
Gambar 4.8	Membuka aplikasi coolpack dan klik ikon <i>refrigerant utilities</i>	92
Gambar 4.9	Memilih ikon log (P)-h diagram.....	92
Gambar 4.10	Memilih ikon <i>cycle input</i>	93
Gambar 4.11	Memasukan nilai temperatur keluar kompresor.....	93
Gambar 4.12	Memilih ikon <i>draw cycle</i> untuk memunculkan diagram Ph	94
Gambar 4.13	Memilih ikon <i>show info</i>	94
Gambar 4.14	Memilih ikon <i>coordinates points</i> untuk melihat nilai entalpi	95
Gambar 4.15	Diagram Ph.....	95
Gambar 4.16	Memasukan nilai entalpi ke microsoft excel.....	96
Gambar 4.17	Memasukan rumus efek refrigerasi ke microsoft excel	96
Gambar 4.18	Memasukan rumus kerja kompresi ke microsoft excel.....	96
Gambar 4.19	Memasukan rumus COP ke microsoft excel	97
Gambar 4.20	Hubungan temperatur ruangan terhadap waktu tanpa beban	100
Gambar 4.21	Hubungan temperatur ruangan terhadap waktu dengan beban ...	101
Gambar 4.22	Hubungan T1 terhadap waktu pada pengujian tanpa beban.....	103
Gambar 4.23	Hubungan T1 terhadap waktu pada pengujian dengan beban.....	104
Gambar 4.24	Hubungan T2 terhadap waktu pada pengujian tanpa beban.....	106
Gambar 4.25	Hubungan T2 terhadap waktu pada pengujian dengan beban.....	107
Gambar 4.26	Hubungan T3 terhadap waktu pada pengujian tanpa beban.....	109
Gambar 4.27	Hubungan T3 terhadap waktu pada pengujian dengan beban.....	110
Gambar 4.28	Hubungan T4 terhadap waktu pada pengujian tanpa beban.....	112
Gambar 4.29	Hubungan T4 terhadap waktu pada pengujian dengan beban.....	113
Gambar 4.30	Hubungan tekanan refrigeran terhadap waktu tanpa beban	115
Gambar 4.31	Hubungan tekanan refrigeran terhadap waktu dengan beban	116
Gambar 4.32	Hubungan Te terhadap waktu tanpa beban.....	118
Gambar 4.33	Hubungan Te terhadap waktu dengan beban.....	119

Gambar 4.34	Hubungan efek refrigerasi terhadap waktu tanpa beban	120
Gambar 4.35	Hubungan efek refrigerasi terhadap waktu dengan beban	121
Gambar 4.36	Hubungan kerja kompresi terhadap waktu tanpa beban.....	122
Gambar 4.37	Hubungan kerja kompresi terhadap waktu dengan beban.....	123
Gambar 4.38	Perbandingan COP pada pengujian tanpa beban.....	124
Gambar 4.39	Perbandingan COP pada pengujian dengan beban.....	125
Gambar 4.40	Hubungan daya listrik terhadap waktu tanpa beban.....	126
Gambar 4.41	Hubungan daya listrik terhadap waktu dengan beban.....	127
Gambar 4.42	Konsumsi energi listrik selama 24 jam tanpa beban	129
Gambar 4.43	Konsumsi energi listrik selama 24 jam dengan beban	129
Gambar 4.44	Hubungan temperatur beban terhadap waktu (R-134a)	130
Gambar 4.45	Hubungan temperatur beban terhadap waktu (R-600a)	131

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Proses pembuatan modul proteksi kebakaran.....	138
Lampiran 2: Proses pembuatan panel proteksi kebakaran	138
Lampiran 3: Proses pemasangan alat ukur pressure gauge.....	139
Lampiran 4: Proses pengosongan refrigeran R-134a pada sistem	139
Lampiran 5: Proses flushing sistem pemipaan.....	140
Lampiran 6: Proses penggantian oli kompresor.....	140
Lampiran 7: <i>Filter dryer</i> sebelum diganti.....	141
Lampiran 8: <i>Filter dryer</i> setelah diganti	141
Lampiran 9: Proses pengecekan kebocoran pada sistem dengan air sabun	142
Lampiran 10: Proses pemvakuman sistem.....	142
Lampiran 11: Proses pengisian refrigeran R-600a	143
Lampiran 12: Lembar Bimbingan I.....	144
Lampiran 13: Lembar Bimbingan II	146
Lampiran 14: Diagram Ph pengujian tanpa beban (R-134a)	147
Lampiran 15: Diagram Ph pengujian dengan beban (R-134a).....	148
Lampiran 16: Diagram Ph pengujian tanpa beban (R-600a)	149
Lampiran 17: Diagram Ph pengujian dengan beban (R-600a).....	150
Lampiran 18: Data Pengukuran <i>undercounter chiller</i> tanpa beban (R-134a).....	151
Lampiran 19: Data Pengukuran <i>undercounter chiller</i> tanpa beban (R-600a).....	162
Lampiran 20: Data Pengukuran <i>undercounter chiller</i> dengan beban (R-134a) ..	173
Lampiran 21: Data Pengukuran <i>undercounter chiller</i> dengan beban (R-600a) ..	184

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembangan mesin refrigerasi terus dilakukan untuk mendapatkan kinerja yang terbaik. Untuk menilai unjuk kerja dari mesin pendingin bisa dilihat dari nilai *coefficient of performance* (COP). Hal ini diperkuat oleh Suyanto dan Mustikawati (2020) melaporkan bahwa Jika nilai COP semakin besar, maka sebuah mesin pendingin semakin efisien dan baik. Selain itu ada 3 hal yang mempengaruhi perkembangan mesin refrigerasi, yaitu tuntutan penghematan energi, penggunaan refrigerant yang tidak merusak ozon atau refrigeran dengan nilai ODP (*Ozone Depletion Potential*) rendah, dan penggunaan refrigeran yang tidak mengakibatkan pemanasan global atau refrigerant dengan nilai GWP (*Global Warming Potential*) rendah (Prayogi dan Sugiono, 2022).

Kase *et al.* (2020) melaporkan bahwa Salah satu mesin refrigerasi yang banyak dijumpai adalah *undercounter chiller*. Mesin refrigerasi ini berfungsi menyimpan serta mendinginkan sayuran, buah-buahan dan minuman dengan temperatur kabin *undercounter chiller* ini adalah 0 °C -10 °C. Mesin ini banyak dipilih, karena menggunakan bahan *stainless steel* yang merupakan baja anti karat. Selain itu *undercounter chiller* juga dapat menghemat tempat, karena bentuknya memanjang ke samping dan bagian atas bisa dijadikan meja. Tetapi *undercounter chiller* sebagian besar masih menggunakan refrigeran R-134a dan R-404a. Kedua refrigerant tersebut memiliki nilai GWP (*Global Warming Potential*) yang tinggi yaitu 1430 (R-134a) dan 3922 (R-404a).

Hmood *et al.* (2017) melaporkan bahwa Perbandingan refrigerator menggunakan refrigeran R-134a memiliki nilai COP adalah 3,4 dan refrigerator menggunakan refrigeran R-600a adalah 3,5, sehingga refrigerator menggunakan refrigeran R-600a memiliki COP yang lebih tinggi dibandingkan menggunakan refrigeran R-134a dengan selisih 0,1. Selain itu, refrigerator menggunakan

refrigeran R-134a memiliki daya listrik adalah 0,055 kW, dan refrigerator menggunakan refrigeran R-134a memiliki daya listrik adalah 0,057 kW, sehingga refrigerator dengan menggunakan refrigeran R-600a lebih rendah daya listrik dibandingkan dengan menggunakan refrigeran R134a dengan selisih 0,001 kW. Semakin rendah daya listriknya, maka konsumsi energi listriknya semakin rendah. Refrigeran R-600a memiliki nilai GWP adalah 3 dan nilai ODP adalah 0, sehingga lebih ramah lingkungan dibandingkan refrigeran R-134a.

Pada *undercounter chiller* dengan kapasitas 350 Liter masih menggunakan refrigeran sintetik, yaitu R-134a, dimana berdasarkan penjabaran di atas refrigerant tersebut tidak ramah lingkungan, karena memiliki GWP yang tinggi sehingga dapat mengakibatkan pemanasan global, sebagai alternatifnya menggunakan refrigerant natural yang ramah lingkungan dan mudah untuk ditemukan dipasaran, yaitu R-600a. Tetapi sifat refrigeran R-600a adalah mudah terbakar jika terkena percikan api, sehingga hal tersebut harus dipertimbangkan. Percikan api bisa timbul, karena adanya konsleting arus listrik atau arus hubung singkat pada rangkaian kelistrikan. Arus hubung singkat adalah kondisi dimana antara kabel fasa dan netral menyatu. Sebagai alternatifnya, penulis menambahkan ELCB (*Earth Leakage Circuit Breaker*) dengan tingkat sensitivitas 300 mA untuk proteksi terhadap bahaya kebakaran akibat kebocoran arus listrik dan sensor kebocoran gas MQ-5 dengan modul arduino uno untuk mendeteksi kebocoran refrigeran R-600a, kemudian memerintahkan modul Arduino uno untuk memutuskan arus listrik ke *undercounter chiller* sebagai antisipasi kebakaran, sehingga jika *undercounter chiller* menggunakan refrigeran R-600a, dengan menambahkan 2 alat tersebut aman dari potensi kebakaran.

Mesin *undercounter chiller* tersebut direncanakan untuk menyimpan sayur kubis atau kol dengan temperatur penyimpanan 0 °C. Riset ini akan berfokus pada bagaimana perbandingan COP (Coefficient of Performance), dan energi listrik *undercounter chiller* kapasitas 350 liter menggunakan refrigeran R-134a dan R-600a.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada skripsi yang berjudul “Analisis Perbandingan Coefficient of Performance (COP) dan Energi Listrik *Undercounter Chiller* 350 Liter Menggunakan Refrigeran R-134a dan R-600a” ini antara lain, sebagai berikut:

1. Bagaimana COP (*Coefficient of Performance*) *undercounter chiller* 350 Liter menggunakan refrigeran R-134a dan R-600a ?
2. Bagaimana konsumsi energi listrik *undercounter chiller* 350 Liter menggunakan refrigerant R-134a dan R-600a ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah tentang skripsi ini hanya mencakup hal - hal yang berkaitan dengan:

1. Besar nilai COP (*Coefficient of Performance*) *undercounter chiller* 350 Liter menggunakan refrigerant R-134a dan R-600a
2. Besar konsumsi energi listrik pada *undercounter chiller* 350 liter menggunakan refrigeran R-134a dan R-600a.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulis dalam membuat penelitian ini antara lain, sebagai berikut :

1.4.1 Tujuan umum

Tujuan umum dalam pembuatan skripsi ini adalah sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan Prodi Teknologi Rekayasa Utilitas, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali.

1.4.2 Tujuan khusus

Adapun tujuan khusus yang ingin dicapai dalam pembuatan skripsi ini, antara lain, sebagai berikut :

1. Mendapatkan nilai COP (*Coefficient of Performance*) dari mesin *undercounter chiller* 350 Liter menggunakan refrigeran R-134a dan R-600a.

2. Mendapatkan besar konsumsi energi listrik dari mesin *undercounter chiller* 350 Liter menggunakan refrigeran R-134a dan R-600a.

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Bagi penulis

Adapun manfaat dibuatnya penelitian ini antara lain, sebagai berikut :

1. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan wawasan bagi penulis tentang sistem refrigerasi yang hemat energi, dan ramah lingkungan.
2. Dengan adanya penelitian ini penulis dapat menerapkan ilmu yang telah dipelajari selama mengikuti perkuliahan di Politeknik Negeri Bali khususnya Prodi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Utilitas.

1.5.2 Bagi Politeknik Negeri Bali

Sebagai bahan pendidikan atau ilmu pengetahuan di bidang refrigerasi dikemudian hari dan sebagai salah satu pertimbangan untuk dapat dikembangkan lebih lanjut.

1.5.3 Bagi masyarakat

Adapun manfaat penelitian ini bagi masyarakat adalah untuk mengedukasi masyarakat tentang mesin refrigerasi yang hemat energi dan ramah lingkungan, sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan mesin refrigerasi.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun Kesimpulan yang didapat pada pengujian *undercounter chiller* menggunakan refrigeran R-134a dan R-600a, antara lain sebagai berikut :

1. Rata – rata COP saat pengujian tanpa beban dengan refrigeran R-134a dan R-600a adalah 5,46 dan 5,19 , sehingga saat menggunakan refrigeran R-600a, nilai COP dari mesin *undercounter chiller* mengalami penurunan 5%. Rata – rata COP saat pengujian menggunakan refrigeran R-134a dan R-600a dengan beban adalah 5,01 dan 4,89, sehingga saat mengganti refrigeran dari R-134a menjadi R-600a, nilai COP menurun 2%.
2. Konsumsi energi listrik selama 24 jam *undercounter chiller* tanpa beban menggunakan refrigeran R-134a dan R-600a adalah 5113 Wh dan 4994 Wh, sehingga setelah penggantian refrigeran, konsumsi energi listriknya menurun 2%. Konsumsi energi listrik selama 24 jam *undercounter chiller* dengan beban menggunakan refrigeran R-134a dan R-600a adalah 5938 Wh dan 5560 Wh, sehingga setelah penggantian refrigeran, konsumsi energi listriknya menurun 6 %.

Walaupun COP *undercounter chiller* saat pengujian menggunakan refrigeran R-600a terjadi penurunan sedikit, tetapi konsumsi energi listriknya menurun dan temperatur ruangan juga menurun seiring bertambahnya waktu. Sehingga refrigeran yang direkomendasikan untuk mesin *undercounter chiller* adalah refrigeran R-600a, dimana refrigeran tersebut merupakan refrigeran hydrocarbon yang ramah lingkungan, tidak merusak lapisan ozon ,tidak menyebabkan pemanasan global, dan hemat energi . Dengan menghemat energi listrik dapat mengurangi dampak dari pemanasan global, karena di Indonesia, penghasil listrik terbanyak adalah pada PLTU (Pembangkit listrik Tenaga uap). PLTU menggunakan bahan bakar batu bara. Jika batu bara dibakar maka akan menghasilkan karbondioksida, dimana gas tersebut merupakan salah satu dari gas rumah kaca.

5.2 Saran

Adapun saran penulis kepada pembaca skripsi ini, agar dapat dipertimbangkan dalam melakukan penelitian yang serupa, antara lain sebagai berikut:

1. Melakukan kalibrasi terhadap alat ukur tekanan refrigeran, temperatur, kelembaban, dan energi listrik agar hasil pengukuran akurat.
2. Melakukan penyesuaian komponen yang memang khusus menggunakan refrigeran R-600a, sehingga performansi mesin *undercounter chiller* lebih bagus.
3. Menggunakan sensor pendeteksi kebocoran refrigeran R-600a yang lebih sensitive dibandingkan sensor MQ-5, seperti menggunakan gas detector shinwoo yang harganya lebih mahal dibandingkan sensor MQ-5.
4. Memastikan arde pada sistem pembumian terhubung dengan baik pada body undercounter chiller, sehingga jika terjadi kebocoran arus listrik, ELCB dapat bekerja dengan baik.
5. Melakukan penggantian refrigeran R-134a menjadi R-600a dengan hati-hati karena refrigeran R-600a memiliki sifat mudah terbakar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshori. 2014. *Pengelompokan Refrigeran Beserta Penomeran Kimianya* . Terdapat Pada : <https://www.pojokdingin.com/2022/01/refrigeran-jenis-dan-penomerannya.html> . Diakses Tanggal 2 Februari 2024.
- ASHRAE. 2014. *Refrigeration*. Edisi SI. Amerika serikat.
- Aziz, A., Siregar, I.A.R., Mainil, R.I., Mainil, A.K. 2020. Komparasi Kinerja Refrigerator Dengan Refrigeran Hidrokarbon HCR134a Alternatif Pengganti R134a Pada Panjang Pipa Kapiler 1,25 m. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 19 (2) : 76 – 81.
- Aris, M . 2023. Pengecekan Kebocoran Unit Refrigerasi . Terdapat pada : https://www.academia.edu/40351981/Leak_detection_Pengecekan_kebocoran_unit_refrigerasi . Diakses Tanggal 2 Februari 2024.
- Agung. 2023. *Alasan Pemilihan Undercounter Chiller GEA*.Terdapat pada : <https://jayaagungmesin.com/alasan-kenapa-anda-harus-memilih-undercounter> . Diakses Tanggal 17 Februari 2024.
- Banjo, S.O., Bolaji, B.O., Ajayi.O.O.,Olufemi, B.P., Osagie, I.,Onokwai, A.O. 2019. *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science Performance enhancement using appropriate mass charge of R600a in a develoved domestic refrigerator*. 16 Oktober 2019, Ota. Nigeria. pp. 1 – 8.
- Chieh, C dan. Teng, T. 2014. Retrofit assessment of refrigerator using hydrocarbon refrigerants. *Applied Thermal Engineering*. 66 (1) : 507 – 518.
- Coulumb, D. 2018. Refrigeration and cold chain serving the global food industry and creating a better future: two key IIR challenges for improved health and environment. *Trends in Food Science & Technology*. 29 (1): 413-417
- Gea. 2022. Product Gea. Terdapat pada : <https://www.gea-rsa.com/> .Diakses Tanggal 20 Februari 2024.
- Hasan, S dan. Widodo, S. 2008. *Sistem Refrigerasi dan Tata Udara Jilid 2*. Edisi 2. Jakarta – Indonesia.
- Hmood, K.S., Pop, H., Apostol, V., Ahmed, A.Q. 2017. Refrigerants Retrofit as Alternative for R12 and R134a in Household Refrigerators . *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)*. 35 (1) : 251 – 265.
- Halo edukasi. 2019. Penyebab Terjadinya Efek Rumah Kaca dan Dampaknya. Terdapat pada : <https://www.youtube.com/watch?v=rRnH7DfJtEE> . Diakses Tanggal 17 Februari 2024.

- Kase, E., Suriana, I.W., Adrama, I.W.G. 2020. Perancangan Sistem Monitoring Suhu Under Counter Chiller Di Hotel Hilton Berbasis Internet of Things . *Jurnal Ilmiah TELSINAS*. 3 (1) : 12 – 23.
- Khakim, L dan. Afriliana, I. 2022. Analisis Kinerja MQ2 dan MQ5 pada Alat Proteksi Kebocoran LPG Rumah Tangga. *Smart Comp*. 11 (4) : 730 – 738.
- Mutu Indonesia. 2017. Keuntungan Alat Dapur Dari Stainless Steel. Terdapat pada : <https://www.mutuindonesia.com/alat-dapur-dari-stainless-steel-ini-dia-keuntungannya/> . Diakses Tanggal 17 Februari 2024.
- Polarin. 2020. *Spesifikasi Oli Kompresor AC, Kulkas, dan Freezer Merk Suniso*. Terdapat pada : https://polarin.co.id/?s=suniso+5gs&post_type=product . Diakses Tanggal 24 Januari 2024.
- Prayogi, U dan. Sugiono, R. 2022. Analisis Global Warming Potential (GWP) dan Ozone Depletion Potential (ODP) Pada Refrigeran R32, R290, R407C, R410A Sebagai Pengganti R22. *Jurnal Teknik Mesin*. 11 (1) : 14 -20.
- Rahmadan, H.A dan. Khrisna, B.A. 2018. Studi Eksperimen Pengaruh Viskositas Pelumas terhadap Performansi Compressor Refrigeration. *Jurnal Teknik ITS*. 7 (1) : 123 – 127.
- Raharjo, B. 2021. *Takaran Oli kompresor AC dan Kulkas* .Terdapat pada : <https://mday.info/result/detail/detail.php?idN=3144&title=Kapan-Mengisi-oli-Kompresor-AC-dan-oli-Kompresor-Kulkas> . Diakses Tanggal 2 Februari 2024.
- Raihan, B.A., Setyawan, A., Najmudin, H. 2022. Pengaruh Variasi Viskositas Oli Kompresor Terhadap Kinerja AC Split. *Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar*. 13 – 14 Juli 2022, Bandung, Indonesia. pp.265 – 268.
- Siregar, I.H. 2014. Studi Komparasi Kinerja Refrigeran R134a dengan R600a.2. *JTM : Jurnal Teknik Mesin* . 3(1) : 33 – 39 .
- Suprianto. 2015. *Pengertian dan Prinsip Kerja Termokopel*. Terdapat pada : <https://blog.unnes.ac.id/antosupri/pengertian-termokopel-thermocouple-dan-prinsip-kerjanya/> . Diakses Tanggal 8 Februari 2024.
- Suamir, I.N dan. Sumantra, I.M. 2016. Sistem Refrigerasi dan Pengkondisian Udara. Modul 1 – 11. Denpasar – Indonesia.
- Sinaga, A dan. Harahap, R. 2021. Analisis Penggunaan Energi Listrik Pada Sistem Penerangan Dan Pendingin Ruangan (AC) Di Departemen Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara. *Methotika : Jurnal Ilmiah Teknik Informatika*. 1 (2) : 24 – 29 .

- Susila, I.D.M., Subagia, I.W.A., Rasta, I.M. 2022. Penentuan ukuran pipa kapiler dengan program aplikasi CapSel Versi 1.0 pada AC trainer unit jenis ekspansi langsung dengan R-410A. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology*. 3 (1) : 31 – 35 .
- Suyanto dan. Mustikawati, D.L. 2022. Pengaruh Tekanan Refrigeran Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pendingin Menggunakan Freon R-134a. *Jurnal Teknologi Maritim*. 5 (2) : 232-238.
- Santoso, W. 2024. *Cara Ganti dan Pengisian Oli Kompresor Kulkas*. Terdapat pada : <https://shorturl.at/xCJM0> . Diakses pada Tanggal 28 Januari 2024.
- Tirto id. 2019. *Dana Minim Ambisi Besar Proyek Listrik Jokowi*. Terdapat pada : <https://tirto.id/dana-minim-ambisi-besar-proyek-listrik-jokowi-ek82>. Diakses Tanggal 27 Januari 2024.