



ANALISIS SISTEM PENDINGIN DENGAN PENAMBAHAN PIPA KAPILER MENGUNAKAN REFRIGERAN R32

Bastian M Gaelogoy¹, Ishak Aryanto², Disabella Dayera^{3*}

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Papua

Korespondensi:

*Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Papua
e-mail: disabella.dayera@ukip.ac.id

ABSTRAK

Sistem pendingin membutuhkan refrigeran sebagai media pendingin yang berfungsi untuk menyerap suhu rendah dan melepaskan pada suhu tinggi. Dalam sistem pendingin, di harapkan untuk meningkatkan kinerja COP pada mesin pendingin AC Split dengan penambahan pipa kapiler. Tabung pipa kapiler yang digunakan untuk aliran refrigeran terbuat dari tembaga. Tujuan Penelitian ini untuk mengetahui modifikasi penambahan pipa kapiler pada sistem pendingin AC dan mengetahui kinerja COP siklus refrigerasi yang baik di tentukan oleh nilai COP, semakin baik peringkat COP yang mengukur seberapa baik kinerja di dalam unit AC. Perbandingan panjang pipa kapiler terhadap peningkatan kinerja COP meningkat dan menurun pada T1 T2, dan T3. Panjang pipa kapiler T1 = 85 cm memiliki nilai COP tertinggi yaitu 0,492 diikuti oleh T2 = 95 cm yaitu memiliki nilai COP 0,408 dan T3 = 105 cm yaitu memiliki nilai COP 0,376. Dari penambahan panjang pipa kapiler dapat berpengaruh pada kinerja sistem refrigerasi, dimana dengan melakukan penambahan panjang pipa kapiler terdapat penurunan pada nilai COP (*CoeffisienOf Performance*).

Kata kunci: Refrigeran, Kinerja COP, Pipa Kapiler

ABSTRACT

*The cooling system requires refrigerant as a cooling medium that functions to absorb low temperatures and release at high temperatures. In cooling systems, It is expected to improve COP performance on Split AC cooling machines with the addition of capillary pipes. Capillary pipe tubes used for refrigerant flow are made of copper. The purpose of this study is to determine the modification of adding capillary pipes to the AC pending system and find out the COP performance of a good refrigeration cycle determined by the COP value, the better the COP rating, which measures how well the performance in the AC unit. The ratio of capillary pipe length to COP performance improvement increases and decreases in T1, T2, and T3. The length of the capillary pipe T1 = 85 cm has the highest COP value of 0.492, T2 = 95 cm, which has a COP value of 0.408, and T3 = 105 cm, which has a COP value of 0.376. Increasing the length of capillary pipes can affect the refrigeration system's performance, whereby increasing the length of capillary pipes means a decrease in the value of COP (*CoefficientOf Performance*).*

Keywords: Refrigerant, COP Performance, Capillary Tube

1. PENDAHULUAN

Mesin pendingin merupakan suatu bagian yang tidak dapat dilepaskan dari perkembangan saat ini, mesin pendingin juga merupakan bagian dari ilmu-ilmu termodinamika yang di gunakan dalam berbagai bidang tidak hanya dalam kehidupan sehari-hari tetapi juga dalam berbagai industri. Salah satu jenis mesin konversi energi adalah mesin pendingin Siklus Kompresi Uap Standar (SKU), dimana sejumlah energi tertentu diperlukan untuk menghasilkan efek pendinginan[1]. Sistem pendingin membutuhkan refrigeran

sebagai media pendingin yang berfungsi untuk menyerap suhu rendah dan melepaskan pada suhu tinggi. Siklus refrigerasi terdapat empat komponen utama yang berperan penting dalam sistem pengaturankondisiudara bertekanan antara lain kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator. Dalam sistem pendingin, di harapkan untuk meningkatkan kinerja COP, mesin pendingin AC Split. Dengan penambahan panjang pipa kapiler mengingat komponen ini lebih mudah untuk dimodifikasi di bandingkan dengan komponen lain seperti evaporator, kondensor, atau kompresor.

Tabung pipa kapiler berbentuk koil dengan diameter yang sangat kecil antara 0,5 sampai 2 mm dan panjang antara 1 sampai 6 m, biasanya digunakan sebagai perangkat ekspansi dalam sistem pendingin skala kecil. Tabung kapiler yang digunakan untuk aliran refrigeran terbuat dari tembaga[2]. Refrigeran R32 digunakan untuk memodifikasi panjang pipa kapiler yang berbeda dengan harapan penggunaan diameter dan panjang pipa kapiler yang efisien untuk mesin pendingin yang akan datang. Setelah pipa kapiler dengan diameter dan panjang yang telah di modifikasi di masukan ke dalam sistem pendingin, masa uap cair akan sama dengan volume sehingga jumlah total uap yang di dihasilkan akan sesuai dengan perbedaan uap yang di terima kondensor dan evaporator. Laju aliran masa tergantung pada perbedaan tekanan yang akan melewati pipa kapiler dapat menyesuaikan dengan adanya variasi beban efektif[3].

Penelitian teoritis tentang R32 sebagai pengganti R410A dalam sistem dengan aliran refrigeran variabel (VRF), mengungkapkan bahwa COP R32 lebih tinggi sebesar 6% dalam mode pendinginan dan 5% dalam mode pemanasan dibandingkan dengan R410A. Alternatif untuk R22 termasuk R410A, R290, R32, R407C, R125, R1234yf, dan model lainnya. Meskipun emisi COP mereka per unit energi lebih tinggi dari R22, namun R32 memiliki beberapa kelemahan, termasuk nol ODP dan hanya tiga kali GWP R410A dalam hal potensi pemanasan global. Selain itu, R32 memiliki kapasitas per unit volume yang lebih tinggi daripada R22. R32 memiliki sifat mudah terbakar, tetapi dalam hal kapasitas pendinginan tunggal, volume muatan R32 57% dari R22 [4].

Oleh karena itu dalam penelitian tugas akhir ini, penulis melakukan serangkaian modifikasi mesin pendingin dengan penambahan pipa kapiler atau katup ekspansi menggunakan refrigeran R32 sebagai bahan pendingin.

1.1. Pipa Kapiler atau Katup Ekspansi

Untuk menurunkan tekanan refrigerant cair yang bertekanan tinggi sehingga mudah menguap, di gunakan alat ekspansi yang dapat berupa tabung kapiler atau katup ekspansi. Masing-masing alat ini di gunakan untuk menurunkan tekanan dan mengatur aliran refrigerant masuk ke evaporator[5]. Dalam unit pendingin berkapasitas rendah, seperti penyegar udara, tabung kapiler adalah tipe pipa kecil yang disebut tabung kapiler memiliki diameter interior 0,8 hingga 2 mm dan panjang sekitar 1 meter.

1.2. COP (Coefficient Of Performance)

Kinerja siklus pendingin dinyatakan menggunakan (COP). Unit pendingin akan bekerja lebih baik jika koefisien kinerjanya COP lebih tinggi, karena COP membandingkan efek pendinginan dan pengoperasian kompresor. Sistem siklus efisiensi dapat digunakan untuk mengekspresikan kinerja siklus pendingin (COP). Rasio panas yang diserap dari daerah berpendingin dengan upaya yang diperlukan untuk mentransfer panas dikenal sebagai koefisien kinerja, atau COP. Energi yang masuk ke kompresor harus diubah menjadi energi panas untuk setiap unit menghitung COP secara akurat, secara teoritis COP ditentukan dengan membagi dampak pendinginan dari panas yang ditarik ke *Q_{evaporator}* (Evaporator) dengan kerja *W_{compression}* (Kompresi)[6]. Secara sistematis untuk mencari nilai COP aktual dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{COP}_R &= \frac{Q_c}{W_{in}} = \frac{Q_c}{Q_H - Q_c} \\ &= \frac{q_c}{q_H - q_c} = \frac{1}{\frac{q_H}{q_c} - 1} \\ \text{COP}_R &= \frac{1}{\frac{T_H}{T_C} - 1} \end{aligned} \quad (1)$$

Keterangan :

- COP** = koefisien performansi mesin pendingin
- Q_c** = kalor yang diserap dari reservoir suhu T_c
- Q_h** = kalor yang diberikan pada reservoir suhu T_h
- Win** = usaha yang diperlukan
- Th** = suhu tinggi
- Tc** = suhu rendah

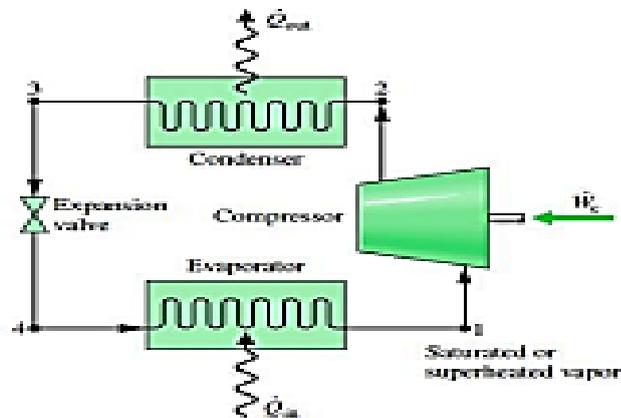
1.3. Refrigeran R32

Refrigeran adalah media transmisi yang menyerap panas melalui proses penguapan (evaporator) pada suhu rendah dan menyediakan kalori melalui proses kondensasi (kondensor) pada suhu dan tekanan tinggi yang bertekanan[7].

R32 adalah molekul refrigeran yang termasuk dalam kategori hidrofluoro karbon (HFC). Senyawa kimia R32, juga dikenal sebagai difluoromethane, terdiri dari unsur karbon (C), hidrogen (H), dan fluor (F). Nilai ODP refrigeran ini adalah nol karena tidak termasuk klorin (Cl), tetapi masih memiliki nilai GWP yang tinggi yaitu 675 dengan demikian, refrigeran ini adalah refrigeran ramah lingkungan[8].

2. METODOLOGI PENELITIAN

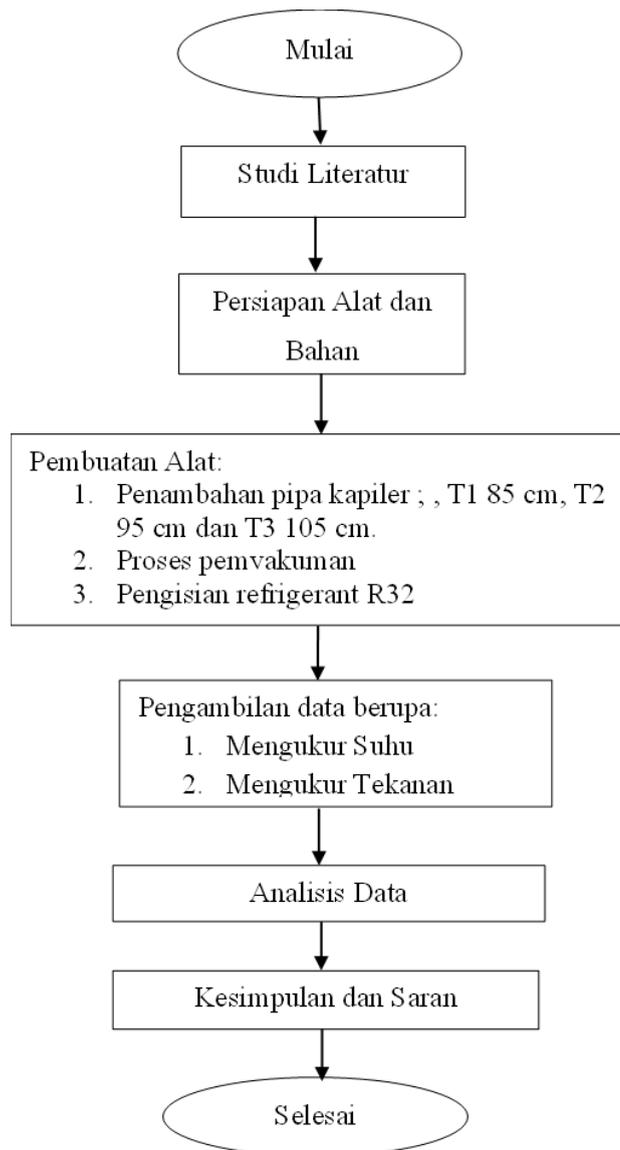
Refrigerasi adalah proses penyerapan panas dari satu benda atau ruang di bawah suhu udara sekitarnya, yang dikenal sebagai sistem pendingin kompresi uap[9]. Menurut gagasan konversi energi, panas tidak dapat dibuat atau dihancurkan tetapi hanya dapat di transfer ke zat atau benda lain yang akan menyerapnya, sistem pendingin melibatkan refrigerant sebagai media penyerap panas, cairan yang disebut refrigerant akan bersirkulasi selama siklus pendingin bekerja sehingga suhu di sekitarnya akan turun[10]. Refrigeran yang telah di hisap kompresor kemudian diperas (dilepas). Saat kompresor melepaskan refrigeran, kompresor akan melakukannya sebagai gas pada suhu tekanan tinggi. Pada suhu dan tekanan tinggi, kondensor akan menyerap refrigeran yang berbentuk gas. Refrigeran yang keluar dari kompresor pertama-tama adalah gas, yang akan terus mendingin saat mengembun menjadi cairan.



Gambar 1. Skema kerja siklus kompresi uap [11]

2.1. Metode Pengambilan Data

Adapun metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimen di Laboratorium Teknik Mesin UKiP Sorong dan di Bengkel Kejuruan Refrigeration BPVP Kota Sorong. Berikut bagan alir penelitian :



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Dapat dilihat pada bagan alur penelitian tersebut, menunjukkan bahwa sebuah representasi visual dari proses penelitian yang akan digunakan dengan menggambarkan langkah-langkah untuk diikuti dalam sebuah penelitian.

2.2. Proses Pengambilan Data

Proses pengambilan data yang akan dilakukan nanti adalah sebagai berikut:

1. Merangkai komponen mesin pendingin dengan melakukan penambahan pipa kapiler.
2. Melakukan vakum selama 15 menit
3. Mengisi refrigeran dengan benar menggunakan refrigeran R32 dengan tekanan antara 140-160 psi
4. Mengoperasikan mesin pendingin sampai keadaan stabil
5. Catat tekanan dan temperatur yang di tunjukan masing-masing alat ukur pada semua titik dengan waktu selama 15 menit
6. Pengumpulan data.

2.3. Analisis Data

Analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah dengan mengumpulkan semua data yang di ukur kemudian melakukan perhitungan untuk menentukan kinerja COP (*Coeffisien Of Performance*) dengan menggunakan persamaan (1).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengambilan Data

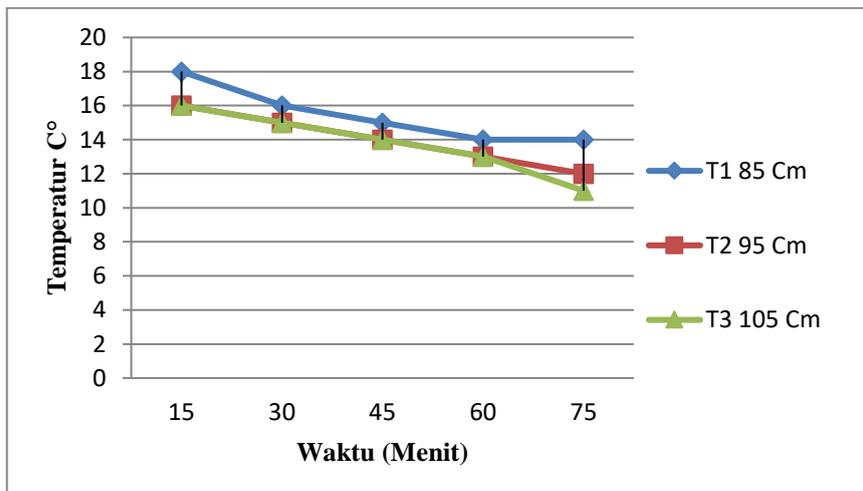
Proses penelitian dimulai dengan studi literatur, persiapan alat dan bahan kemudian dilakukan pengambilan data. Dari hasil pengambilan data di hitung nilai kerja kompresi (W_{in}), panas buang kondensor (Q_c), kapasitas pendinginan (Q_h), dan koefisien kinerja (COP) dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Temperatur Dalam Ruangan Dan Temperatur Luar Ruangan

Waktu (Menit)	TH/TC	TH/TC	TH/TC
	Panjang pipa = 85 cm	Panjang pipa = 95 cm	Panjang pipa = 105 cm
15	42/18	45/16	45/16
30	46/16	47/15	46/15
45	47/15	48/14	48/14
60	49/14	51/13	51/12
75	49/15	53/12	51/11

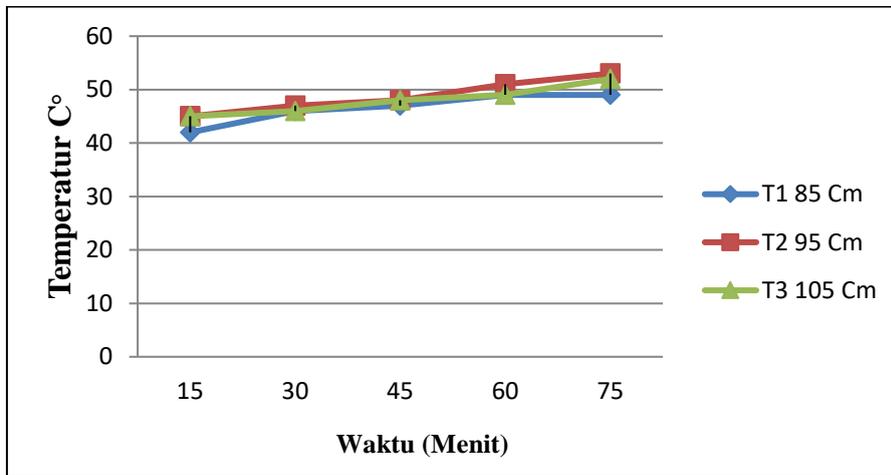
Tabel 2. Nilai COP masing-masing panjang pipa

Waktu (Menit)	COP		
	Panjang Pipa 85 cm	Panjang Pipa 95 cm	Panjang Pipa 105 cm
15	0,75	0,55	0,55
30	0,53	0,46	0,48
45	0,46	0,41	0,41
60	0,36	0,34	0,23
75	0,36	0,28	0,21
Rata-Rata (= Jumlah / 5)	0,492	0,408	0,376



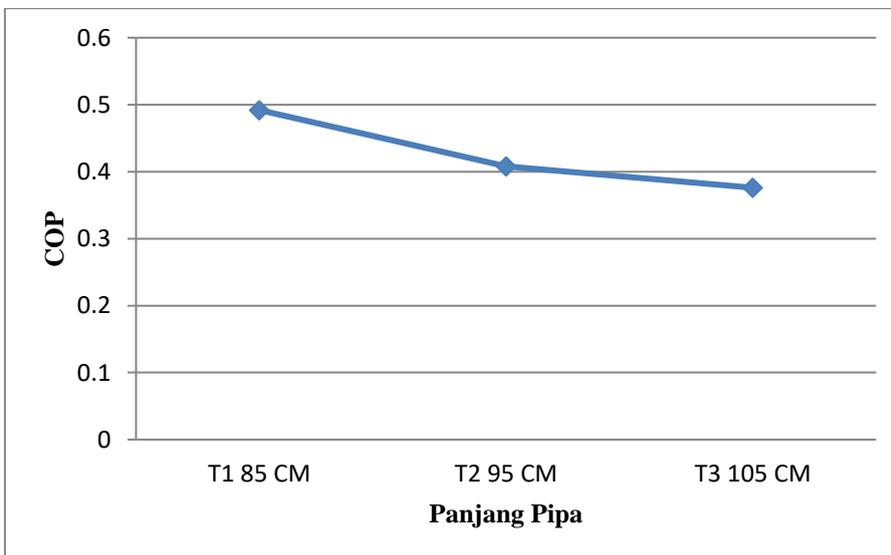
Gambar 3. Perbandingan Temperatur Dalam Ruangan Terhadap Waktu

Pada grafik gambar 3, terlihat bahwa nilai temperatur dalam ruangan menurun, seiring dengan kalor dalam ruangan yang diserap oleh evaporator. Hal ini disebabkan semakin bertambahnya penyerapan kalor dalam ruangan di evaporator sehingga uap refrigerant akan cepat menjadi cair.



Gambar 4. Perbandingan Temperatur Luar Ruangan Terhadap Waktu

Pada grafik pada gambar 4, nilai suhu kondensor refrigeran naik, seiring dengan meningkatnya laju pelepasan panas kondensor. Ini karena laju pelepasan panas di kondensor akan dipengaruhi oleh peningkatan kecepatan putaran kipas pendingin, menyebabkan uap refrigeran dengan cepat berubah menjadi cair.



Gambar 5. Perbandingan Nilai COP

Kinerja siklus refrigerasi yang baik di tentukan oleh nilai COP, dengan membandingkan efek kerja pendinginan dan kompresi dapat menentukan nilai ini. Semakin baik peringkat COP, yang mengukur seberapa baik kinerja di dalam unit AC. Perbandingan panjang pipa kapiler terhadap peningkatan kinerja COP pendinginan ditunjukkan pada grafik di atas. COP meningkat dan menurun pada T1 T2, dan T3. Panjang

pipa kapiler T1 = 85 cm memiliki kinerja COP tertinggi yaitu 0,492 diikuti oleh T2 = 95 cm yaitu 0,408 dan T3 = 105 cm yaitu 0,376.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap sistem refrigerasi dengan melakukan penambahan panjang pipa kapiler menggunakan AC 1 PK, dan refrigerant R-32 sebagai bahan pendingin. Dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Panjang pipa kapiler T1 = 85 cm memiliki nilai COP tertinggi yaitu 0,492 diikuti oleh T2 = 95 cm yaitu memiliki nilai COP 0,408 dan T3 = 105 cm yaitu memiliki nilai COP 0,376.
2. Dari penambahan panjang pipa kapiler dapat berpengaruh pada kinerja sistem refrigerasi, dimana dengan melakukan penambahan panjang pipa kapiler terdapat penurunan pada nilai COP (*CoeffisienOfPerormance*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Homzah OF. Studi Kinerja Mesin Pengkondisi Udara Tipe Terpisah (Ac Split) Pada Gerbong Penumpang Kereta Api Ekonomi. Flywheel J Tek Mesin Untirta 2016;2.
- [2] Anwar K, Arif E, Piarah WH. Efek Temperatur Pipa Kapiler Terhadap Kinerja Mesin Pendingin. J Mek 2010;1:30.
- [3] Aziz A. Komparasi Katup Ekspansi Termostatik dan Pipa Kapiler terhadap Temperatur dan Tekanan Mesin Pendingin 2013:389–97.
- [4] Susila I, Ardita IN, Rasta I, Sunu PW. Uji Eksperimental Performansi AC Jenis Ekspansi Langsung dengan Memvariasi Ukuran Pipa Kapiler 2020.
- [5] Hidayati B. Analisa Pengaruh Panjang Pipa Kapiler terhadap Performansi Hard Ice Cream Maker dengan Menggunakan R-22 dan MC-22. Teknol Pendingin Dan Tata Udar 2018;5:1–6.
- [6] Muhsin Z, Rasyid AR. Analisis Unjuk Kerja (COP) Mesin Pendingin Hibrid dengan Menggunakan Refrigeran R-22. Teknologi 2017;17:49–58.
- [7] Nugroho AS. Analisa Pengaruh Panjang Pipa Dan Diameter Pipa Subcooler, Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pendingin, Dengan Penambahan Subcooling. Publ Online MahasiswaTeknikMesin UNTAG Surabaya 2018;1.
- [8] Novrizaldi R. Analisa Pengaruh Jenis Refrigeran Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pendingin AC Split 1 PK 2019.
- [9] Bimantara Y, Fitri SP, Baheramsyah IA. Perancangan Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Cascade Untuk Aplikasi Hybrid Reefer Container 2017.
- [10] Irama R, Sumadijhono PA. Analisa Unjuk Kerja Modifikasi Dispenser Menjadi Air Conditioning (AC) Portabel Yang Menggunakan Freon R-134A Berdasarkan Pada Variasi Putaran Kipas Pada Evaporator Terhadap Suhu Pendinginan Ruangan. J Tek Mesin 2018;1:1–11.
- [11] Fauzan AF. Studi Eksperimen Pengaruh Penambahan Nanofluids pada Pelumas Kompresor Terhadap Peningkatan Performa Mesin Pengkondisian Udara 2018.