



Analisis Coefficient of Performance (COP) Trainer Sistem Pengkondisian Udara pada Putaran 2970 rpm

Coefficient of Performance (COP) Analysis of Air Conditioning System Trainers at 2970 rpm

Gusroby Solka^{1*}, Nuzul Hidayat¹, Andrizal¹, Remon Lapisa²

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang *coefficient of performance* atau COP pada *trainer* pengkondisian udara yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak utama dari *trainer* ini yang menggantikan mesin konvensional yang umumnya dipakai pada sistem pengkondisian udara. *Coefficient of performance* atau COP adalah salah satu indikator yang menentukan kerja dari sistem itu sendiri. Jenis penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dimana besarnya nilai *Coefficient of performance* (COP) dilihat. Dari *trainer* pada putaran 2970 RPM. Setelah mendapatkan data pada *trainer* maka dilakukan perhitungan untuk mencari besarnya nilai kerja kompresor, nilai kalor yang dilepas kondensor, nilai kalor yang diserap evaporator, nilai COP aktual, nilai COP ideal, nilai efisiensi dan nilai laju aliran massa pada *trainer*, dengan nilai COP terendah yaitu sebesar 2,17 dan terbesar yaitu 2,24.

Kata Kunci

Coefficient of performance, Trainer, Motor listrik.

Abstract

This study discusses the coefficient of performance or COP in air conditioning trainers that use electric motors as the prime mover of this trainer replacing conventional engines which are generally used in air conditioning systems. The coefficient of performance or COP is one of the indicators that determines the work of the system itself. The type of research used is an experimental method which looks at the Coefficient of performance (COP) value of the trainer with a rotation of 2970 RPM. After obtaining the data from the trainer, calculations are performed to find the working value of the compressor, the calorific value released by the condenser, the calorific value absorbed by the evaporator, the actual COP value, the ideal COP value, the efficiency value and the mass flow rate value at the trainer, with the highest COP value, namely of 2.17 and the largest of 2.24.

Keywords

Coefficient of performance, Trainer, Electric motor.

¹ Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof.Dr.Hamka Air Tawar Padang 25131 INDONESIA

² Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof.Dr.Hamka Air Tawar Padang 25131 INDONESIA

* gusrobyy@gmail.com

Dikirimkan: 08 Januari 2023. Diterima: 07 Februari 2023. Diterbitkan: 08 Februari 2023.

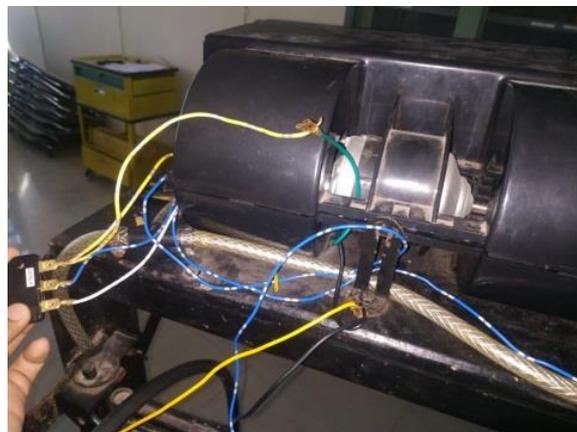


PENDAHULUAN

Air conditioner untuk saat ini sudah menjadi sebuah fitur yang wajib dimiliki oleh setiap mobil apalagi untuk negara yang mempunyai iklim tropis seperti di Indonesia, dimana suhu/temperatur udara dirasakan terlalu panas, mencapai antara 30°-35°C. Suhu/temperatur udara sebesar itu bisa menimbulkan perasaan tidak nyaman pada tubuh apalagi ketika mengendarai sebuah mobil, sementara suhu/temperatur udara yang ideal bagi kondisi normal berkisar antara 20°-26°C [1]. Dikarenakan *Air conditioner* adalah hal yang wajib bagi mobil maka diperlukannya pemahaman siklus cara kerja dan komponen pada pengkondisian udara pada mobil khususnya kepada mahasiswa yang mengambil jurusan teknik otomotif.

Mata kuliah teknologi pengkondisian udara merupakan salah satu mata kuliah wajib yang ada pada jurusan teknik otomotif di Universitas Negeri Padang, mata kuliah ini bisa diambil mahasiswa pada semester genap dengan bobot untuk teori praktek sebesar 2 SKS dan untuk teori sebesar 1 SKS, mata kuliah ini mengajarkan mahasiswa tentang pengkondisian udara yang ada pada mobil dan mengajari mahasiswa tentang siklus dan cara kerja pada mesin pengkondisian udara sehingga mahasiswa bisa lebih mengenal sistem pengkondisian udara pada mobil.

Pada mata kuliah teknologi pengkondisian udara terdapat beberapa *trainer* yang biasa digunakan mahasiswa dalam melakukan praktek seperti gambar 1 di bawah ini. Pada saat ini beberapa *trainer* tersebut mengalami kerusakan dan belum bisa digunakan untuk praktek pada ac mobil, kerusakan pada *trainer* pengkondisian udara dengan penggerak mesin diantaranya sebagai berikut.



Gambar 1. Kondisi *trainer* penggerak mesin konvensional pada mata kuliah pengkondisian udara

Terkait permasalahan diatas maka dibuatlah sebuah *trainer* dengan menggunakan penggerak sebuah motor listrik 3 phasa sebagai penggerak utama untuk menggerakkan kompresor, *Trainer* penggerak motor listrik memiliki kelebihan yaitu praktis dalam penggunaan dengan hanya disambungkan dengan listrik untuk dapat digunakan, *Trainer* ini juga lebih mudah dalam pengoperasian sehingga mahasiswa bisa lebih fokus untuk memahami cara kerja siklus ac pada mobil dan *Trainer* dengan penggerak motor listrik bisa sebagai pelengkap media pembelajaran mahasiswa di departemen teknik otomotif.

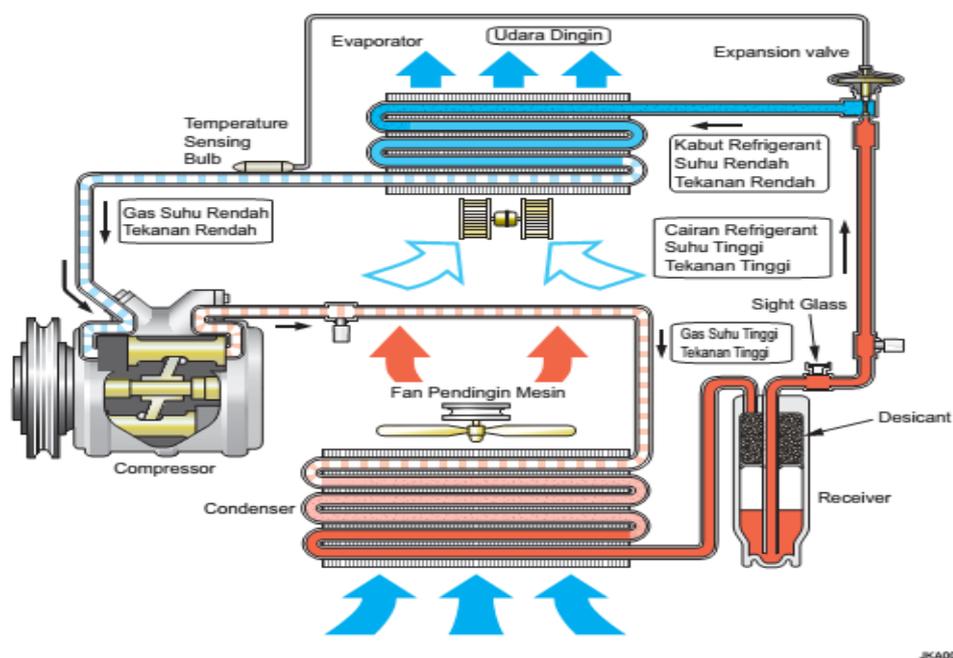
Penelitian ini fokus menghitung *coefficient of performance* (COP) *trainer* yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak dan menggunakan komponen yang sama dengan rangkaian pengkondisian udara pada mobil, penelitian ini bertujuan untuk menguji performa dari *trainer* untuk mengetahui *validity coefficient of performance* dari *trainer* tersebut, sehingga dapat memudahkan mahasiswa yang akan melakukan praktek dengan *trainer* pengkondisian udara karena belum pernah dilakukan pengujian pada *trainer* tersebut.

Definisi pengkondisian udara

Untuk memberikan keadaan menyenangkan yang dibutuhkan oleh orang-orang di dalamnya, pengkondisian udara adalah tindakan mengolah udara untuk secara bersamaan mengatur suhu, kelembaban, kebersihan, dan distribusi [2]. Untuk mengontrol suhu, sirkulasi, kelembaban, dan tingkat kebersihan udara, diperlukan pengkondisian udara. Tujuan dasar AC adalah menjaga udara ruangan tetap menyenangkan [3].

Teori perpindahan panas dan termodinamika juga digunakan dalam pendinginan (*refrigeration*) dan pengkondisian udara (*air conditioning*). Kegiatan sederhana sehari-hari seperti mengoleskan bola kapas alkohol ke kulit, menyiram tanaman di siang hari, atau waktu lain ketika alkohol atau air menyerap atau melepaskan panas dari lingkungan karena cairan memerlukan panas untuk berubah saat menguap hal ini dapat menunjukkan prinsip dasar pada pengkondisian udara. Dasar-dasar inilah yang digunakan untuk dasar pada pengkondisian udara [4].

Komponen pengkondisian udara pada mobil

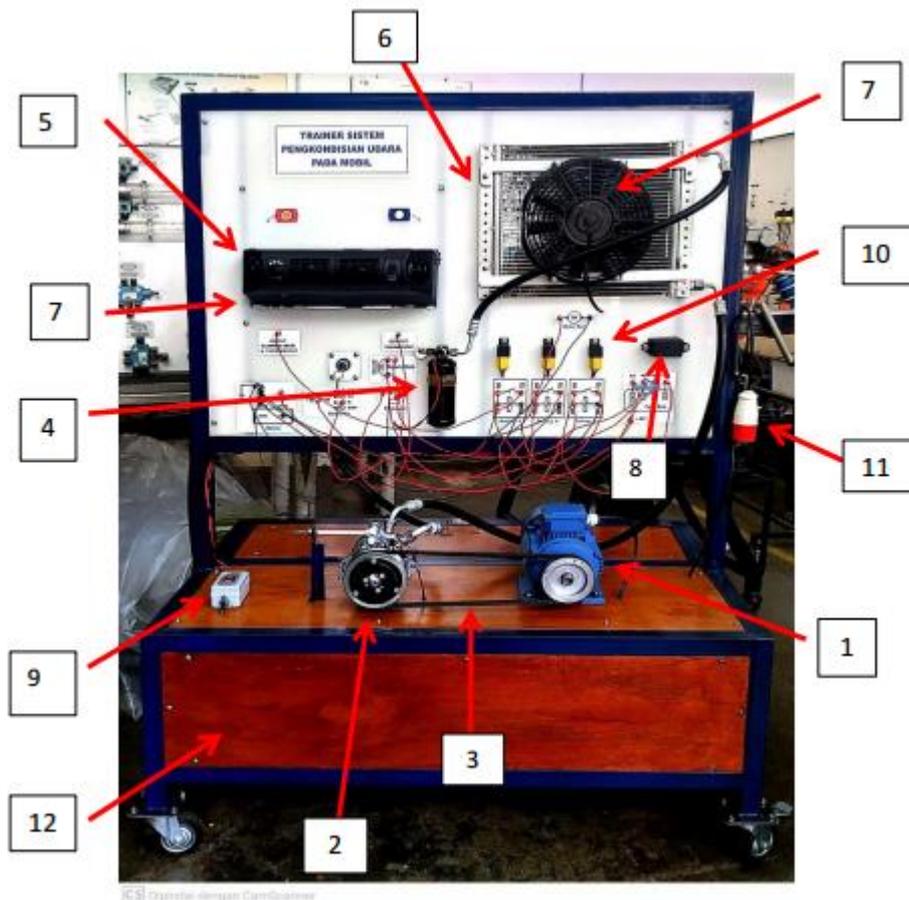


Gambar 2. Komponen yang terdapat pada pengkondisian udara pada mobil

1. Untuk mengoperasikan kompresor dalam sistem AC mobil, biasanya digunakan kopling magnetik dan v-belt. Refrigeran cair evaporator awalnya diubah menjadi gas bersuhu rendah dan bertekanan rendah dengan menyerap panas dari kompartemen penumpang [5]. Gas refrigeran kemudian dikompresi oleh kompresor menjadi gas bertekanan tinggi bersuhu tinggi sebelum disirkulasikan ke kondensor [6].
2. Kondensor adalah komponen tempat perpindahan panas terjadi dimana panas dari uap *refrigerant* menerobos ke dinding saluran kondensor ke media pendinginan kondenser [7]. Maka peristiwa ini akan menyebabkan panas yang dikandung oleh refrigerant akan berangsur-angsur menghilang dan menyebabkan *refrigerant* tersebut berubah kembali menjadi fasa cair [8].
3. *Receiver Dryer* Adalah alat yang menyerupai tabung ini berfungsi sebagai penampung refrigeran sebelum dialirkan ke evaporator. Ini juga mengandung komponen pengering dan filter, yang menghilangkan air dan polutan dari zat pendingin. Terdapat nosel kaca (*sight glass*) di bagian atas sehingga kondisi refrigeran dapat terlihat.
4. Katup ekspansi memiliki fungsi sebagai pengatur *refrigerant* yang akan masuk kedalam evaporator secara otomatis. Cara kerja katup ekspansi bervariasi sesuai model dan jenisnya [9].
5. Evaporator adalah untuk mendinginkan udara yang akan masuk ke dalam kabin mobil sehingga udara akan terasa nyaman dan sejuk. Panas yang ada pada udara akan diserap oleh *refrigerant* ke dalam evaporator sehingga udara tersebut akan dihembuskan ke dalam kabin mobil [10]. Udara tersebut akan menjadi dingin suhunya dan kelembapan udara tersebut akan berkurang. Supaya penyerapan panas pada evaporator bisa berlangsung dengan baik maka pada evaporator akan dilengkapi dengan kisi-kisi dan juga kipas listrik (*blower*) [11].
6. *Refrigerant* adalah Fluida digunakan untuk mendispersikan panas melalui transisi fase dari gas ke cair (pengembunan) dan menyerap panas melalui perubahan fase dari cair ke gas (penguapan) [12]. Meskipun semua bahan kimia memiliki kemampuan mendinginkan, namun tidak dapat digunakan sebagai refrigeran dalam sistem refrigerasi karena harus mematuhi peraturan keselamatan kerja. Refrigeran merupakan komponen yang sangat penting dalam sistem refrigerasi [8].
7. Mesin yang dibuat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik adalah motor listrik. Arus listrik dalam medan magnet akan mengerahkan gaya sebagai bagian dari mekanisme pengoperasian motor listrik. Kedua sisi kawat pembawa arus yang tegak lurus terhadap medan magnet akan memberikan gaya dalam arah yang berlawanan jika kawat ditekuk menjadi satu lingkaran atau *loop*. Perpaduan gaya ini akan menghasilkan torsi atau *torque* untuk memutar komparator motor listrik. Kontruksi pada motor listrik terdiri dari dua bagian yaitu stator dan bagian rotor. Stator adalah bagian motor yang diam dan terdiri atas body motor, inti stator, belitan stator, *bearing* dan *terminal box*. Bagian rotor yaitu bagian motor yang berputar dan terdiri atas rotor sangkar, poros rotor, Pada motor induksi tidak ada bagian rotor yang bersentuhan dengan bagian stator.

Trainer Pengkondisian udara

Berikut adalah Trainer beserta komponen yang menggunakan motor listrik 3 fase sebagai penggerak utamanya pada gambar 3



Gambar 3. Komponen yang terdapat pada pengkondisian udara pada mobil

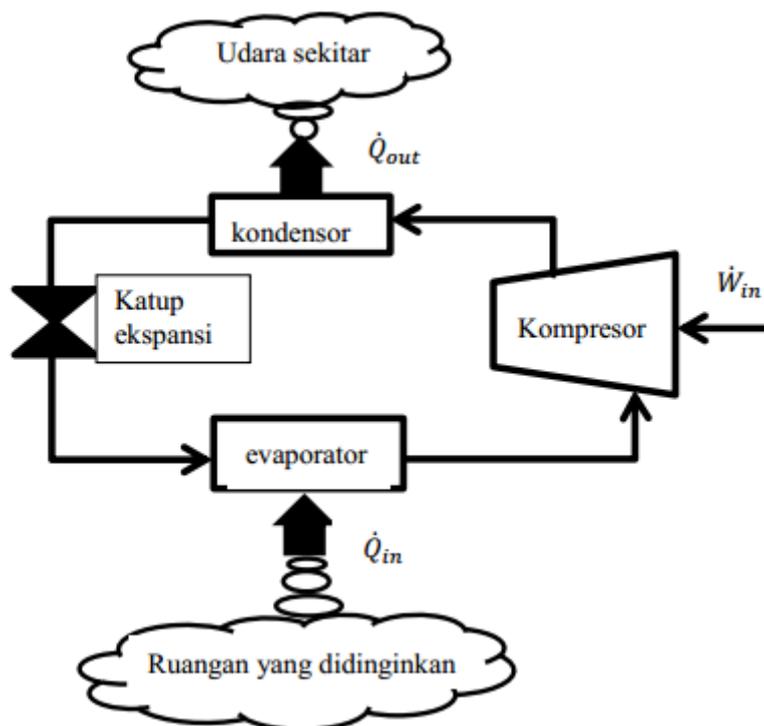
Keterangan Gambar 3:

- 1) Motor listrik
- 2) Kompresor
- 3) V-belt
- 4) Receiver dryer
- 5) Evaporator
- 6) Kondensor
- 7) Fan kondensor
- 8) Fuse box
- 9) Switch on/off
- 10) Rellay
- 11) Stop kontak 3 phasa
- 12) Kotak penyimpanan

Siklus kompresi uap

Penggunaan peralatan refrigerasi untuk aplikasi sistem tata udara akhir-akhir ini menjadi sangat umum. Peralatan ini memanfaatkan siklus kompresi uap. Dalam siklus ini, evaporator menyerap panas pada tekanan dan suhu rendah. Refrigeran berubah dari fase cair ke fase gas di dalam evaporator sebelum masuk ke kompresor. karena tindakan kompresor refrigeran

menghasilkan suhu dan gas bertekanan tinggi. Refrigeran akan mengembun di komponen kondensor, menjadi cairan, melepaskan panas yang terkumpul di evaporator. Refrigeran akan mengembang terlebih dahulu melalui katup ekspansi sebelum memasuki evaporator (Gambar 3).



Gambar 4. Siklus kompresi uap

Coeffisient of performance (COP)

Efisiensi termal adalah istilah yang digunakan untuk mendefinisikan kinerja mesin panas. Rasio penggunaan panas kerja, juga dikenal sebagai rasio energi atau koefisien kinerja (COP), dapat digunakan untuk menggambarkan kinerja mesin pendingin dan pompa panas [11]. Performa *air conditioning system* biasanya disebut juga dengan *coeffisient of performance (COP)* atau koefisien prestasi.

Koefisien prestasi adalah perbandingan antara kalor yang diserap evaporator dari lingkungan (efek refrigerasi) dengan kerja isentropik kompresor. COP yang dicari pada pengujian ini adalah COP siklus aktual pada *air conditioner* yang menggunakan penggerak motor listrik yang telah dibuat sebelumnya sehingga bisa disimpulkan apakah simulator bekerja dengan baik [13]. Efek refrigerasi, atau nilai kalor saat keluar evaporator/masuk kompresor (kJ/Kg) dikurangi nilai kalor saat masuk evaporator/keluar pemuaian (kJ/Kg), merupakan faktor yang mempengaruhi COP. Nilai kalor saat keluar evaporator/masuk kompresor (kJ/Kg) dikurangi nilai kalor saat keluar kompresor/masuk kondensor menyatakan perubahan kerja kompresi. Koefisien kinerja sistem pendingin harus dinaikkan agar refrigeran yang dikirim ke mobil terasa lebih dingin [14].

METODE PENELITIAN

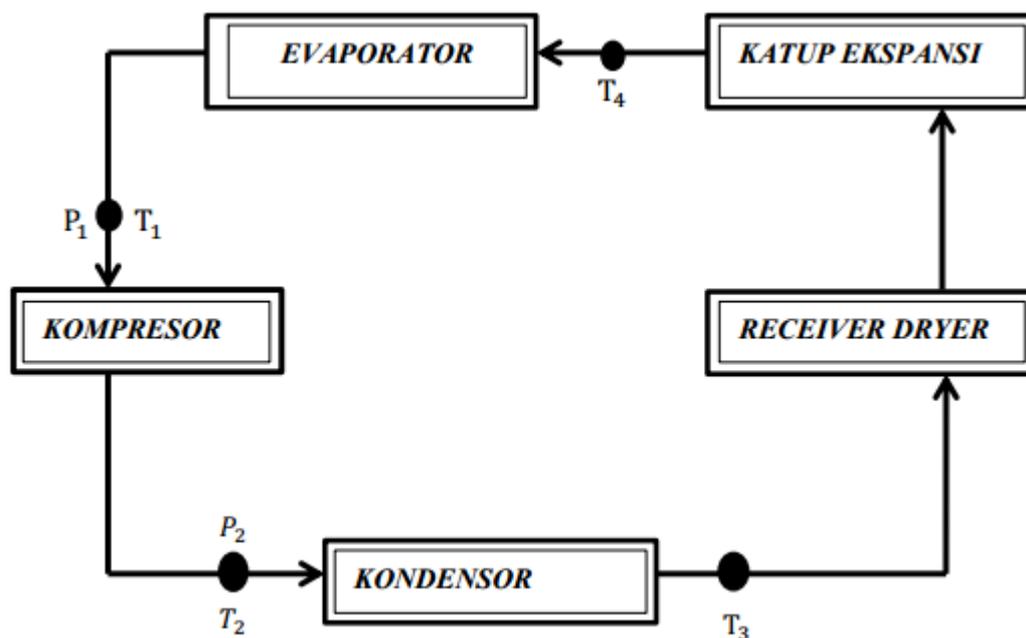
Metode Penelitian

Dengan menggunakan paradigma eksperimen *posttest-only control design*, penelitian ini dikategorikan sebagai teknik eksperimen. Sugiyono mendefinisikan penelitian dengan menggunakan teknik pendekatan eksperimen sebagai penelitian yang dilakukan untuk

mengkaji bagaimana perlakuan yang berbeda mempengaruhi orang yang berbeda dalam keadaan yang dipantau dengan cermat [15]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan koefisien kinerja pelatih ketika motor listrik bertindak sebagai penggerak dengan koefisien kinerja pelatih ketika mengalami berbagai perlakuan, yaitu dengan menguji *trainer* pada kondisi normal dan tanpa ada perlakuan khusus yang diberi dan yang kedua yaitu dengan menyemprot air pada komponen kondensor pada *trainer* ketika *trainer* sedang bekerja, dan menguji *trainer* dengan variasi putaran dari kompresor dengan metode pengujian yang sama.

Prosedur Penelitian

1. Mempersiapkan bahan dan alat-alat dalam proses pembuatan *trainer* pengkondisian udara pada mobil dengan penggerak motor listrik dan Memastikan alat ukur yang akan digunakan dalam kondisi baik, terlihat dari bentuk dan keakuratan dari alat ukur.
2. Pasang pressure gauge, hose warna biru (sisi tekanan rendah) disambungkan dengan nipple tekanan rendah dan hose warna merah (sisi tekanan tinggi) dan nipple tekanan tinggi pada kompresor, untuk hose yang berwarna kuning akan dipasang di nipple vacuum pump lalu mulai lakukan langkah pemvakuman pada AC
3. Nyalakan *trainer* AC mobil
4. Siapkan tabung refrigerant R-134a lalu Buka valve pressure gauge yang tekanan rendah supaya refrigerant masuk kedalam sistem AC
5. Ambil data yang diperlukan seperti tekanan refrigerant yang masuk dan keluar dari kompresor, suhu refrigerant yang masuk dari kompresor ke evaporator dan suhu refrigerant yang masuk ke katup ekspansi, besarnya arus dan tegangan.



Gambar 5. Titik pengujian pada *trainer* pengkondisian udara

6. Pengambilan data temperatur dan tekanan dilakukan pada P_1 , P_2 dan T_1 , T_2 dan T_3 menggunakan termokopel dan penampil suhu digital
7. Catat hasil yang terdapat pada pengujian
8. Bersihkan kembali peralatan uji dan *trainer*, lalu tempatkan ditempat yang seharusnya

9. Masukkan hasil data yang telah diperoleh kedalam tabel yang telah disiapkan sebelumnya dan konversikan data menggunakan ph diagram

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengambilan data pada *trainer* pengkondisian udara maka akan memperoleh data-data yang meliputi nilai tekanan pada *refrigerant* yaitu P₁ dan P₂, suhu pada *refrigerant* yaitu T₁, T₂, T₃ dan T_{evap}, Arus (I) dan tegangan (V) pada titik pemasangan Manifold Gauge dan Thermokopel pada *trainer* pengkondisian udara. Seperti yang disajikan Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil penelitian dengan pengujian normal (kondisi *trainer* pada putaran konstan 2970 RPM)

| No | Waktu (menit) | P ₁ (psig) | P ₂ (psig) | T ₁ (°C) | T ₂ (°C) | T ₃ (°C) | T _{evap} | I (A) | Volt (v) |
|----|---------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------|----------|
| 1 | Kondisi awal | 90 | 110 | 29,5 | 31,2 | 32,8 | 31,9 | 8,30 | 380 |
| 2 | 2 | 29 | 300 | 16,4 | 86,9 | 67,6 | 14,8 | 8,30 | 380 |
| 3 | 4 | 30 | 300 | 16,6 | 90,7 | 68,3 | 15,1 | 8,30 | 380 |
| 4 | 6 | 30 | 300 | 16,8 | 91,7 | 68,3 | 15,3 | 8,30 | 380 |
| 5 | 8 | 30 | 300 | 17,0 | 92,3 | 68,3 | 15,5 | 8,30 | 380 |
| 6 | 10 | 30 | 300 | 17,1 | 92,7 | 67,9 | 15,9 | 8,30 | 380 |
| 7 | 12 | 30 | 300 | 17,3 | 92,3 | 68,3 | 16,1 | 8,30 | 380 |
| 8 | 14 | 30 | 300 | 17,3 | 93,2 | 67,9 | 16,2 | 8,30 | 380 |
| 9 | 16 | 30 | 300 | 17,5 | 92,9 | 68,0 | 16,0 | 8,30 | 380 |
| 10 | 18 | 30 | 300 | 17,5 | 92,9 | 68,0 | 16,2 | 8,30 | 380 |
| 11 | 20 | 30 | 300 | 17,4 | 92,8 | 67,8 | 16,1 | 8,30 | 380 |

Keterangan :

WAKTU : Waktu pada hitungan *stopwatch* per 2 menit

P₁ : Tekanan pada *refrigerant* masuk ke kompresor (psi)

P₂ : Tekanan pada *refrigerant* keluar dari kompresor (psi)

T₁ : Temperatur *refrigerant* masuk kompresor dari evaporator (°C)

T₂ : Temperatur *refrigerant* keluar dari kompresor (°C)

T₃ : Temperatur *refrigerant* yang keluar dari kondensor (°C)

T_{evap} : Temperatur *refrigerant* yang keluar dari evaporator (°C)

I : Besarnya arus listrik pada *trainer* pengkondisian udara (Ampere)

V : Besarnya tegangan pada *trainer* pengkondisian udara (Volt)

Setelah mendapatkan data pengujian dari *trainer* dengan kondisi putaran kompresor 2970 RPM, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan data dan konversi dengan menggunakan diagram ph R134a [16].

Perhitungan dan Pengolahan Data

Dari data yang telah diperoleh dan dengan menggambarkan pada diagram P-h maka dapat ditentukan besarnya nilai entalpi (h). Pada penelitian yang telah dilakukan *refrigerant* yang dipakai yaitu *refrigerant* jenis R134a, oleh karena itu maka diagram P-h yang dipakai adalah diagram P-h R134a. Perhitungan tekanan P₁ dan P₂ ditambah 1 atm serta diubah ke dalam satuan bar (1 psia = 0,0689 bar). Berikut adalah contoh perhitungan dari Tabel 2 dengan tekanan P₁ 29 psig dan tekanan P₂ sebesar 300 psig, Contoh data yang dihitung menggunakan data pada menit ke-2 (Tabel 2).

$$P_1 = 29 \text{ psig} + 1 \text{ atm} = 43,7 \text{ psia} \times 0,0689 \text{ bar/psia} = 3,01 \text{ bar}$$

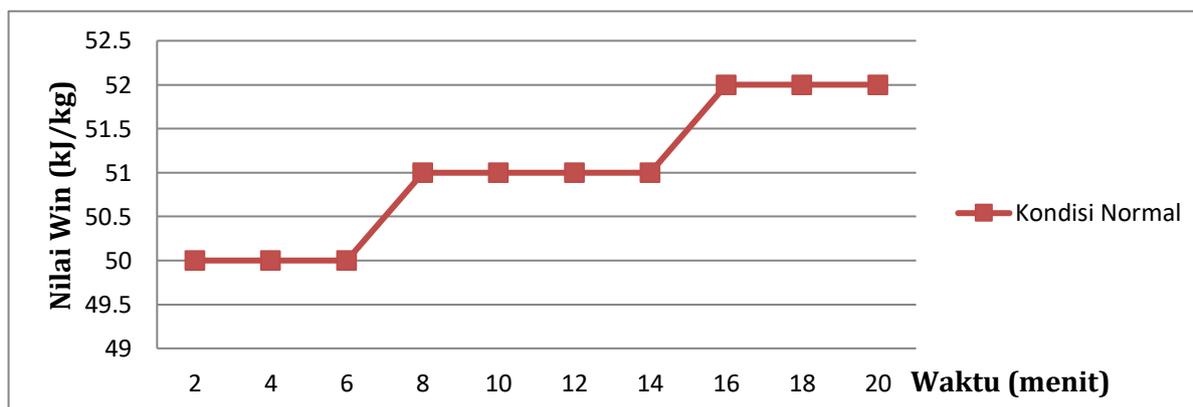
$$P_2 = 300 \text{ psig} + 1 \text{ atm} = 314,7 \text{ psia} \times 0,0689 \text{ bar/psia} = 21,6 \text{ bar}$$

Tabel 3. Besarnya nilai enthalpy pada pengujian

| No | Waktu (menit) | h_1 (Kj/kg) | h_2 (Kj/kg) | h_3 (Kj/kg) | h_4 (Kj/kg) |
|----|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | 2 | 410 | 460 | 298 | 298 |
| 2 | 4 | 410 | 461 | 298 | 298 |
| 3 | 6 | 411 | 461 | 298 | 298 |
| 4 | 8 | 411 | 462 | 298 | 298 |
| 5 | 10 | 411 | 462 | 299 | 299 |
| 6 | 12 | 412 | 463 | 299 | 299 |
| 7 | 14 | 412 | 463 | 299 | 299 |
| 8 | 16 | 412 | 463 | 300 | 300 |
| 9 | 18 | 412 | 463 | 300 | 300 |
| 10 | 20 | 412 | 463 | 300 | 300 |

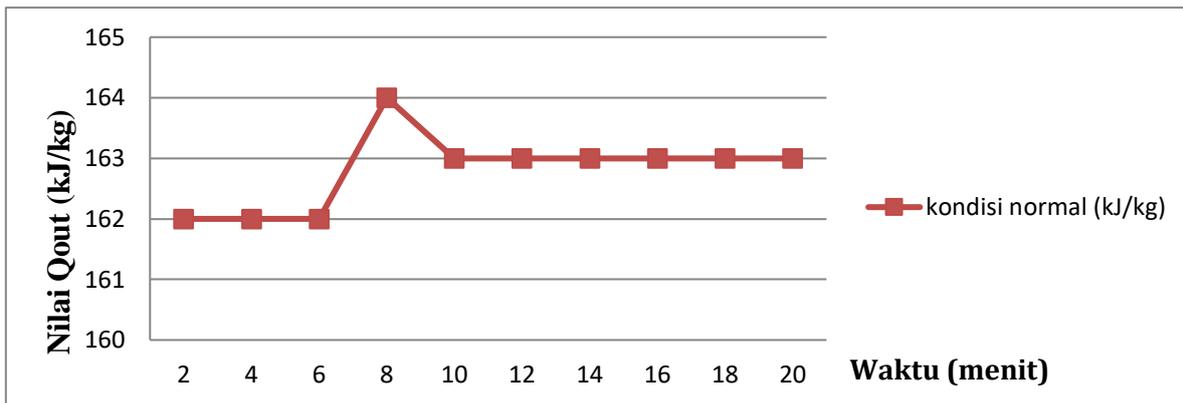
Setelah mendapatkan nilai *enthalpy* dari h_1 sampai nilai enthalpy pada h_4 maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai dari kerja kompresor per satuan massa refrigerant atau Win, kalor per satuan massa yang dilepas kondensator atau Q_{out} , kalor yang diserap oleh evaporator atau Q_{in} , nilai COP_{aktual} , nilai COP_{ideal} , serta besarnya nilai efisiensi dari AC atau η , dan nilai laju aliran massa *refrigerant* berikut adalah nilai-nilai dari pengukuran tersebut.

Pembahasan

Gambar 7. Grafik nilai w_{in} pada pengujian 2970 RPM

Menurut grafik pada Gambar 7, nilai kerja kompresor per satuan massa refrigeran, atau Win, dalam pengujian tipikal berkisar antara 50 kJ/kg hingga 52 kJ/kg, dengan nilai Win terbesar pada menit ke-16, menit ke-18 dan menit ke-20 dengan nilai Win yang diperoleh sebesar 52 kJ/kg sedangkan pada menit ke-8 sampai menit ke-14 Win yang diperoleh sebesar 51 kJ/kg, untuk nilai Win terendah didapatkan pada pengujian menit ke-2, menit ke-4, dan menit ke-6 dengan nilai Win yang diperoleh sebesar 50 kJ/kg.

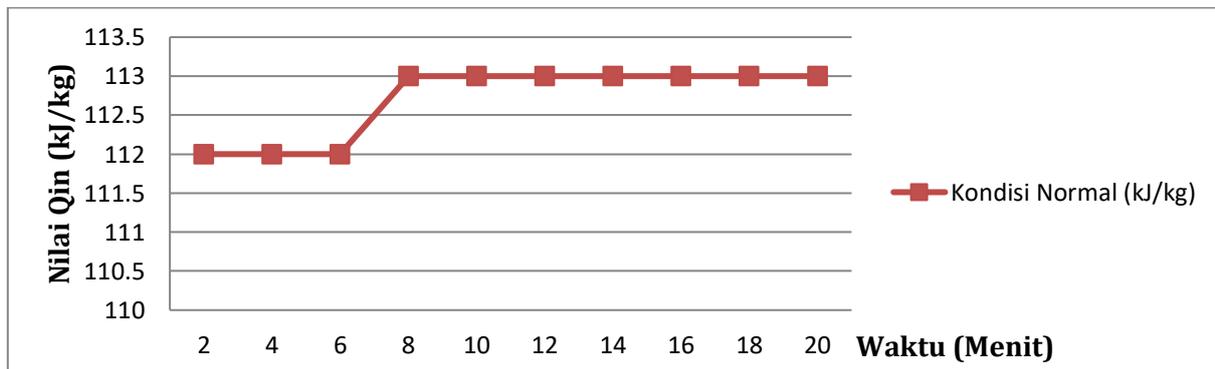
Dari perolehan data yang ada maka akan mendapatkan kesimpulan bahwa nilai Win pada trainer pengkondisian udara dengan penggerak motor listrik akan naik seiring dengan lamanya mesin bekerja, hal ini disebabkan karena pada trainer dengan menggunakan penggerak motor listrik berbeda dengan trainer yang menggunakan mesin konvensional karena pada trainer dengan menggunakan penggerak motor listrik pendinginan yang didapatkan dari kipas pendingin pada kondensator kurang maksimal karena hanya mengandalkan putaran dari motor listrik, berbeda dengan trainer penggerak mesin konvensional yang kipas pada kondensator digerakan oleh engine, hal ini menjadi tinginya nilai Win yang berakibat pada turunnya nilai COP apabila trainer dalam putaran tinggi dengan waktu yang lama.



Gambar 8. Nilai Q_{out} pada pengujian 2970 RPM

Berdasarkan grafik pada Gambar 8 dapat diketahui pada pengujian dengan putaran 2970 RPM hasil yang didapat besarnya massa *refrigerant* yang dilepas oleh kondensor atau Q_{out} yaitu pada menit ke-2 sampai menit ke-20 berkisar antara 162 kJ/kg sampai 164 kJ/kg, untuk nilai Q_{out} tertinggi didapat pada menit ke-8 sebesar 164 kJ/kg sedangkan untuk nilai Q_{out} terendah adalah sebesar 162 kJ/kg pada menit ke-2 sampai menit ke-6, sedangkan untuk nilai Q_{out} pada menit ke-10 sampai menit ke-20 hasil yang didapatkan adalah sebesar 163 kJ/kg.

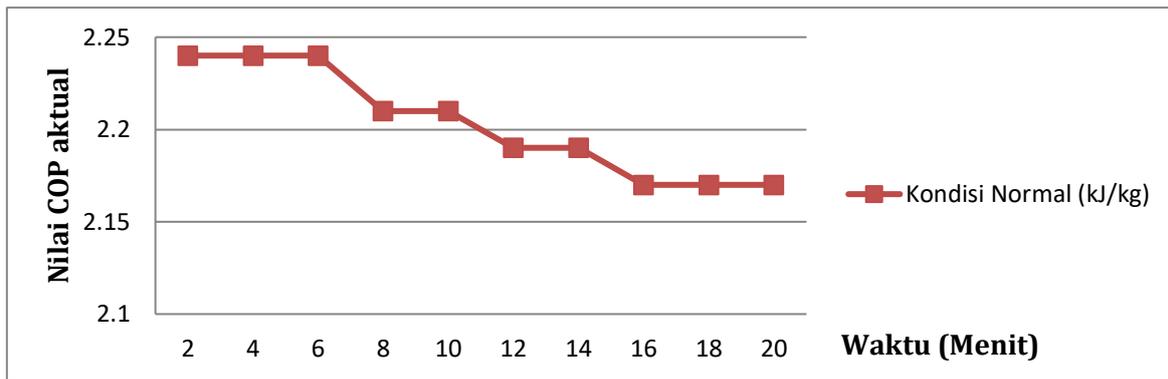
Dapat disimpulkan dari grafik bahwa besarnya nilai nilai kalor yang dilepaskan oleh kondensor tidak meningkat secara signifikan seiring dengan lamanya trainer bekerja, hal ini disebabkan kurangnya pendinginan pada kipas kondensor sehingga nilai Q_{out} tidak banyak mengalami perubahan.



Gambar 9. Nilai Q_{in} pada pengujian 2970 RPM

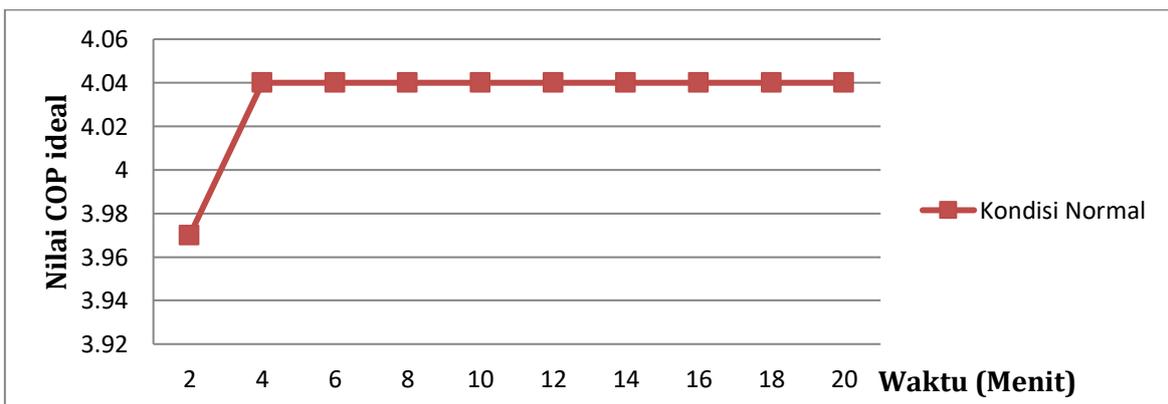
Untuk nilai kalor yang diserap oleh evaporator atau Q_{in} di grafik pada gambar 9 besaran nilainya pada pengujian dengan putaran 2970 RPM yaitu berkisar dari 112 kJ/kg sampai nilai Q_{in} tertinggi yaitu 113 kJ/kg, untuk nilai Q_{in} terendah sebesar 112 kJ/kg yaitu terjadi pada menit ke-2, menit ke-4, menit ke-6 sedangkan untuk nilai Q_{in} tertinggi sebesar 113 kJ/kg terjadi pada menit ke-8 sampai menit ke-20

Menurut data, pengujian dalam keadaan normal menghasilkan nilai Q_{in} yang lebih rendah daripada pengujian setelah menyiram kondensor karena nilai Q_{in} yang lebih tinggi menghasilkan lebih banyak energi panas yang diserap oleh evaporator dalam bentuk satuan massa refrigeran dari kabin. Dengan kata lain, semakin cepat suhu kabin ideal tercapai, semakin tinggi nilai Q_{in}. Panas sensibel dan laten termasuk dalam panas yang diserap evaporator. Panas yang masuk akal dari penumpang di dalam kabin, konduksi melalui dinding panel dan kaca, radiasi, dan udara luar yang masuk merupakan faktor-faktor tersebut. Panas laten, bagaimanapun, hanya diproduksi ketika individu dan udara luar memasuki kompartemen.



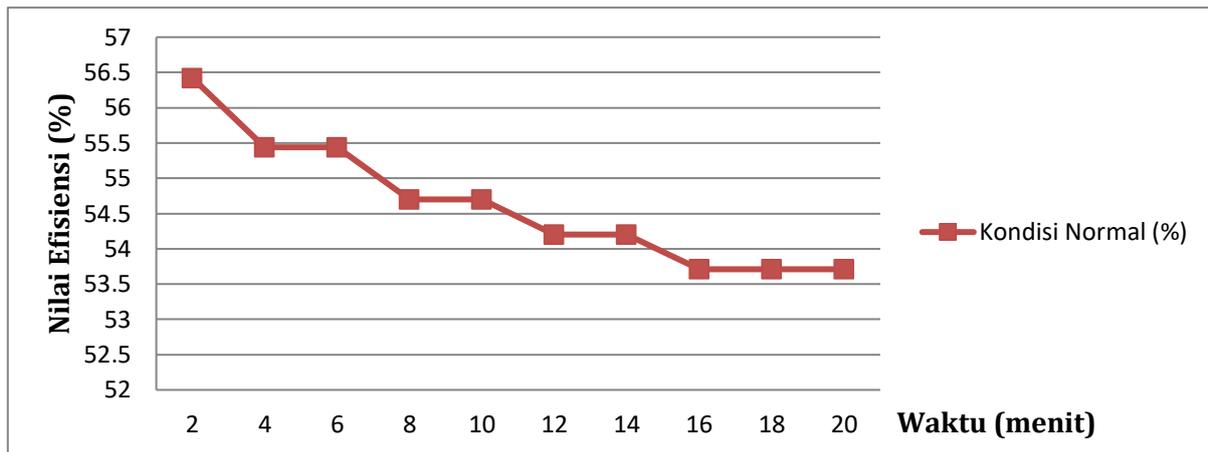
Gambar 10. Nilai COP aktual pada pengujian 2970 RPM

Berdasarkan grafik pada gambar 10 dapat dilihat bahwa COP aktual pada pengujian dengan kondisi normal dan kondensator disiram yaitu untuk nilai COP aktual dengan pengujian kondisi normal berkisar dari 2,17 sampai yang tertinggi yaitu 2,24 untuk nilai COP aktual terendah adalah 2,17 pada menit ke-16 sampai menit ke-20 dan untuk nilai COP aktual tertinggi adalah 2,24 pada menit ke-2 sampai menit ke-6, sedangkan pada pengujian dengan menyemprot kondensator dengan air maka nilai COP aktual terendah didapatkan sebesar 2,65 pada menit ke-6 dan untuk nilai COP aktual tertinggi sebesar 2,80 pada menit ke-18 dan pada menit ke-20, sehingga dapat disimpulkan bahwa menyiram air pada komponen kondensator akan membantu mendapatkan nilai COP aktual yang lebih tinggi daripada pengujian dengan kondisi normal.



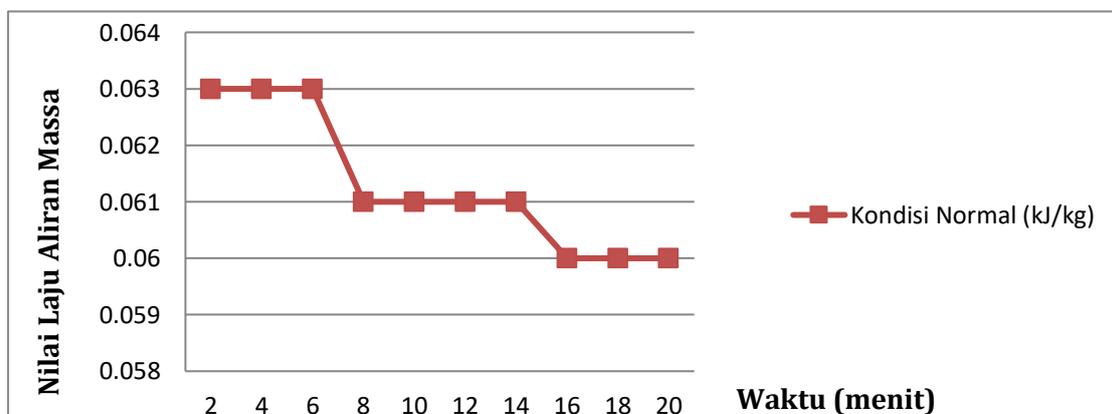
Gambar 11. Nilai COP ideal pada pengujian 2970 RPM

Berdasarkan grafik pada gambar 11 dapat dilihat bahwa hasil pengujian untuk mendapatkan nilai dari COP ideal dengan kondisi normal dan nilai COP ideal pada pengujian kondensator disiram yaitu untuk nilai COP ideal dengan pengujian kondisi normal berkisar dari 3,97 sampai 4,04 untuk nilai COP ideal terendah adalah 3,97 pada menit ke-2 dan untuk nilai COP ideal tertinggi adalah 4,04 pada menit ke-4 sampai menit ke-20, sedangkan pada pengujian dengan menyemprot kondensator dengan air maka nilai COP ideal terendah didapatkan sebesar 4,27 pada menit ke-2 dan untuk nilai COP ideal tertinggi sebesar 4,53 pada menit ke-8 sampai menit ke-20. Maka dapat dilihat bahwa semakin lama waktu (menit) bekerjanya *trainer* maka semakin tinggi COP ideal yang harus didapat tetapi karena banyak faktor maka COP ideal sulit untuk dicapai oleh *trainer* tersebut.



Gambar 12. Grafik nilai efisiensi pada pengujian kondisi 2970 RPM

Dari grafik pada gambar 12 dapat diketahui nilai efisiensi dari *trainer* yaitu pada pengujian dengan kondisi normal dan kondensor disiram yaitu untuk nilai efisiensi dengan pengujian kondisi normal dari 53,71% sampai yang tertinggi yaitu 56,42% untuk nilai efisiensi terendah adalah 53,71% pada menit ke-16 sampai menit ke-20 dan untuk nilai efisiensi tertinggi adalah 56,42% pada menit ke-2, sedangkan pada pengujian dengan menyemprot kondensor dengan air maka nilai efisiensi terendah didapatkan sebesar 59,64% pada menit ke-8, dan untuk nilai efisiensi tertinggi sebesar 64,16% pada menit ke-2, dapat disimpulkan bahwa perubahan kerja kompresor yang semakin berat karena transfer kalor yang terjadi, pemasangan pipa refrigeran yang dipasang ditekuk, kemungkinan aliran refrigeran tidak sempurna dan *trainer* yang diam tidak bergerak seperti ac pada mobil umumnya membuat nilai efisiensinya menjadi rendah.



Gambar 13. Grafik nilai laju aliran massa *refrigerant* dengan variasi kondisi normal dan kondensor disiram

Selanjutnya pada hasil pengujian mendapatkan nilai dari laju aliran massa *refrigerant* pada kondisi normal dan kondensor disiram yaitu untuk nilai laju aliran massa *refrigerant* dengan pengujian kondisi normal dari 0,060 kg/s sampai yang tertinggi yaitu 0,063 kg/s untuk nilai laju aliran massa *refrigerant* terendah adalah 0,060 kg/s pada menit ke-16 sampai menit ke-20, dan untuk nilai laju aliran massa *refrigerant* tertinggi adalah 0.063 kg/s pada menit ke-4 sampai menit ke-6, sedangkan pada pengujian dengan menyemprot kondensor dengan air maka nilai laju aliran massa *refrigerant* terendah didapatkan sebesar 0,063 kg/s pada menit ke-8, menit ke-16 dan menit ke-20 dan untuk nilai laju aliran massa *refrigerant* tertinggi sebesar 0,067 kg/s pada menit ke-2.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Setelah melakukan serangkaian penelitian, perhitungan dan melakukan analisis data yang telah dilakukan pada data yang didapat dari *trainer* pengkondisian udara, maka kemudian dapat disimpulkan bahwa pengujian dengan menyemprotkan air ke komponen kondensor mendapatkan *coefficient of performance* (COP) lebih baik daripada pengujian dengan kondisi normal, kedua COP aktual pada pengujian dengan kondisi normal mendapat nilai COP aktual sebesar 2,24 sampai 2,33 sedangkan pada pengujian dengan menyemprot air pada kondensor mendapatkan nilai COP aktual dari mulai 2,17 sampai yang tertinggi yaitu sebesar 2,80 pada AC mobil. Karena semakin ringan kompresor bekerja maka semakin tinggi nilai COP suatu sistem AC mobil. Dan dengan menyemprotkan air yang mendinginkan *refrigerant* di dalam kondensor dapat digunakan sebagai alat alternatif untuk meningkatkan COP pada AC mobil. Dan dapat menurunkan suhu keluar evaporator.

Saran

Sebelum melakukan pengujian pada *trainer* maka termokopel harus diuji baik atau tidak sehingga mendapatkan data pengujian yang lebih akurat, dan pengelasan pada sambungan antara termokopel dan selang *refrigerant* jangan sampai bocor sehingga dapat mempengaruhi hasil penelitian.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] M. Abdillah, *Perawatan dan Perbaikan Sistem Air Conditioner (AC) Mobil*. Pontianak: Yayasan Kemajuan Teknik, 2014.
- [2] R. Irawan, Andrizal, and I. Basri, "Perbandingan Coefficient of Performance (COP) *refrigerant* R-134a dengan *refrigerant* MC-134 pada sistem pengkondisian udara mobil," *Automot. Eng. Educ. Journals*, vol. 4, no. 2, 2015.
- [3] Buntarto, *Servis dan reparasi AC: Mobil dan ruangan*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [4] W. F. Stoecker and J. W. Jones, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Terjemahan. Jakarta: Erlangga, 1996.
- [5] M. Nasution, A. Nasution, and M. M. Putra, "Analisa Kinerja Air Conditioner (Ac) Terhadap Perubahan Tekanan Dan Kecepatan Putaran Kompresor Pada Mobil Xenia Type R," *Pist. (Jurnal Ilm. Tek. Mesin Fak. Tek. UISU)*, vol. 4, no. 2, pp. 59–63, 2020.
- [6] *Buku Pedoman: Dasar Pengetahuan A/C Mobil (HFC 134a)*. PT. Nippon Denso Indonesia, 2010.
- [7] A. I. Rifa'i and Noviani, "Pengaruh Tekanan Refrigeran R-134a Terhadap Nilai Coefficient of Performance (COP)," *J. Inov.*, vol. 3, no. 2, pp. 9–12, 2020.
- [8] R. Gunawan, *Pengantar Teori Teknik Pendingin (Refrijerasi)*. Jakarta: Depdikbud, 1988.
- [9] E. Sasaki, Andrizal, and T. Sugiarto, "Perbandingan efek pendinginan dan performa air conditioner mobil yang menggunakan accumulator dengan air conditioner mobil yang menggunakan receiver dryer," *Automot. Eng. Educ. Journals*, vol. 3, no. 4, 2014.
- [10] R. A. Wiharsa, "Karakteristik Sistem AC Mobil pada Putaran Kompresor 1400 rpm," Jurusan Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma, 2018.
- [11] Y. A. Cengel and M. A. Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 1993.
- [12] A. Maulana, "Pengaruh Jumlah Lilitan Pipa Kapiler Terhadap Coeficient Of Performance (COP) Sistem Pendingin Ac Mobil," Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2019.
- [13] N. Hidayat, A. Arif, and Martias, "Perbandingan Kemampuan Pelepasan Panas pada Alat Penukar Panas Radiator Straight Fin Jenis Circular Cylinder Tube dengan Flat Tube," *Invotek J. Inov. Vokasional dan Teknol.*, vol. 19, no. 1, pp. 17–24, 2019.

- [14] L. Setyawan C., "Peningkatan COP (Coefficient of Performance) sistem AC mobil dengan menggunakan air kondensasi," *JTM J. Tek. Mesin Unesa*, vol. 2, no. 2, 2014.
- [15] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2019.
- [16] Andrizal, H. D. Saputra, D. Setiawan, and M. Y. Setiawan, "Design and Manufacture of Orifice Tube Car Air Conditioning System Simulator with R134a Cooling Fluid," *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 2, no. 3, pp. 21–30, Sep. 2020, doi: 10.46574/motivection.v2i3.68.

Halaman ini sengaja dikosongkan