

Analisa Kinerja Pada Sistem Alat Peraga AC Inverter Tipe *Wall Split* Kapasitas 0,5 PK

¹Aris Jujur Prasetyo, ²Hafid Wihangga, ³Miftachul Ulum, ⁴Diana Rahmawati, ⁵Haryanto,
⁶Riza Alfita, ⁷Rosida Vivin Nahari

^{1,2,3,4,5,6,7}Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura

¹arisjujur1999@gmail.com, ²hafidwihangap09@gmail.com ³miftachul.ulum@trunojoyo.ac.id, ⁴diana.rahmawati@trunojoyo.ac.id
⁵haryanto@trunojoyo.ac.id, ⁶riza.alfita@trunojoyo.ac.id ⁷rosida.nahari@trunojoyo.ac.id

Abstract — Indoor air conditioning and conditioning systems are used to maintain indoor air temperature. Equipment in the air conditioning system (Air Conditioner), functions to regulate room temperature and regulate air humidity. The purpose of this research and development is to understand how it works along with its characteristics and to find out the performance produced from the AC (Air Conditioner) teaching aid system that has been made. Besides that, the making of this teaching aid is also used as a learning medium on AC system electricity material in a real form which is applied as a practicum medium so that it has a high level of effectiveness. The research method used was to carry out the preparatory stage by searching for literature and field studies, then designing the model and assembling the test equipment. An air conditioning machine with a vapor compression cycle has several main components, namely a compressor, condenser, capillary tube, evaporator and filter. The AC trainer model with an inverter type with a capacity of 0.5 PK is rectangular in shape with dimensions of 90 cm x 180 cm and a width of 70 cm. Tool testing was carried out at the Electrical Laboratory of Trunojoyo University for 180 minutes. While the process of collecting data from the test results is carried out every 5 minutes, so as to get a total of 36 data. The data that can be taken in testing the tool is working pressure, temperature in the pipe, voltage, and working current. Analysis of the test results in the form of compressor work (Wk), heat released by the condenser (Qout), heat absorbed by the evaporator (Qin), Coefficient of Performance (COP), Power (P), and efficiency. The average values obtained from the results of data calculations include: the value of the compressor work is 17.11 kJ/kg, the heat released by the condenser is 180.71 kJ/kg, the heat absorbed by the evaporator is 163.57 kJ/kg, the value COP of 9.56, apparent power and active power of 430.29 VA and 395.86 Watt, and an efficiency value of 12.26. The results of the analysis obtained from testing the props and the data calculation process can be concluded that the air conditioning machine is able to work optimally and has a good efficiency value in accordance with the unit specifications.

Keywords: Air conditioning engine, vapor compression cycle, Coefficient Of Performance (COP).

Abstrak — Sistem pendingin dan tata udara didalam ruangan digunakan untuk mempertahankan temperatur udara dalam ruangan. Peralatan pada sistem pengkondisian udara (*Air Conditioner*), berfungsi untuk mengatur suhu ruangan dan mengatur kelembaban udara. Tujuan penelitian dan pengembangan ini adalah untuk memahami cara kerja beserta karakteristik dan mengetahui unjuk kerja yang dihasilkan daripada sistem alat peraga AC (*Air Conditioner*) yang telah dibuat. Disamping itu, pembuatan alat peraga ini juga digunakan sebagai media pembelajaran pada materi kelistrikan sistem AC dalam bentuk nyata yang diterapkan

sebagai media praktikum sehingga memiliki tingkat efektifitas yang tinggi. Metode penelitian yang digunakan adalah melakukan tahap persiapan dengan cara adalah mencari studi literatur dan studi lapangan, kemudian tahap perancangan model dan perakitan alat uji. Mesin pengkondisian udara dengan siklus kompresi uap memiliki beberapa komponen utama yaitu kompresor, kondensor, pipa kapiler, evaporator, dan filter. Model alat peraga AC dengan tipe inverter berkapasitas 0,5 PK berbentuk persegi panjang dengan dimensi 90 cm x 180 cm dan lebar 70 cm. Pengujian alat dilakukan di Laboratorium Elektro Universitas Trunojoyo selama 180 menit. Sedangkan proses pengambilan data hasil pengujian dilakukan setiap 5 menit, sehingga mendapatkan total sebanyak 36 data. Data yang dapat diambil pada pengujian alat adalah tekanan kerja, suhu didalam pipa, tegangan, dan arus kerja. Analisis hasil pengujian berupa kerja kompresor (Wk), panas yang dilepas kondensor (Qout), panas yang diserap evaporator (Qin), *Coefficient Of Performance* (COP), Daya (P), dan efisiensi. Rata-rata nilai yang didapatkan dari hasil perhitungan data antara lain: nilai dari kerja kompresor sebesar 17,11 kJ/kg, panas yang dilepas kondesor sebesar 180,71 kJ/kg, panas yang diserap evaporator sebesar 163,57 kJ/kg, nilai COP sebesar 9,56, daya semu dan daya aktif sebesar 430,29 VA dan 395,86 Watt, serta nilai efisiensi sebesar 12,26. Hasil analisa yang didapatkan dari pengujian alat peraga dan proses perhitungan data dapat disimpulkan bahwa mesin pengkondisian udara mampu bekerja secara optimal serta memiliki nilai efisiensi yang baik sesuai dengan spesifikasi unit.

Kata Kunci: Mesin pengkondisian udara, siklus kompresi uap, *Coefficient Of Performance* (COP).

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kemajuan dalam segi teknologi yang telah lama berkembang saat ini terjadi mampu memberikan dampak yang besar bagi kehidupan manusia. Salah satunya adalah perkembangan dalam metode pembelajaran khususnya adanya media pembelajaran yang dapat digunakan untuk membantu dalam proses belajar. Penggunaan media pembelajaran dalam dunia pendidikan banyak memberikan terobosan baru dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas pada proses pembelajaran. Pembelajaran konvensional, dimana guru hanya menyampaikan pembelajaran dan siswa memperhatikan sudah dianggap tidak relevan lagi digunakan pada era yang serba maju ini. Oleh karena itu, media pembelajaran memiliki peran penting terhadap proses pembelajaran agar lebih mudah untuk dipahami dan menambah keingintahuan seseorang dalam belajar.

Perguruan tinggi khususnya jurusan teknik tentunya terdapat banyak mata kuliah yang berhubungan dengan praktikum. Untuk menunjang kegiatan praktikum, maka dibutuhkan ruangan laboratorium (lab) maupun workshop pada mata kuliah yang terdapat kegiatan praktikum dan memerlukan ruangan khusus dengan fasilitas yang lebih mendukung dalam melakukan pembelajaran. Namun yang ditemui di lapangan bahwa fasilitas yang ada di ruang laboratorium maupun workshop kurang mendukung dalam melakukan pembelajaran. Berdasarkan Latar Belakang masalah di atas, didapatkan pembatasan masalah yang ada sebagai berikut: (1) Tidak membahas secara spesifik tentang komponen elektronika pada wiring diagram. (2) Tidak membahas tentang sistem troubleshooting pada mesin pengkondisian udara.

Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, maka didapatkan perumusan masalah sebagai berikut :

- Apakah yang dimaksud dengan sistem pendingin pada alat pengkondisian udara
- Bagaimana sistem kerja dari siklus kompresi uap pada sistem AC
- Parameter-parameter apa saja yang dihasilkan dari sistem alat peraga AC
- Bagaimana cara mengolah data dari parameter data yang telah dihasilkan

Tujuan dan Manfaat

Tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk menjelaskan tentang sistem kinerja pada sistem alat peraga AC antara lain: untuk mengetahui cara kerja dari siklus kompresi uap yang terjadi pada sistem AC, untuk mengetahui performa kerja yang dihasilkan pada sistem AC, untuk mengetahui kerja kompresor, laju aliran refrigeran pada evaporator dan kondensor, daya kerja, COP, serta efisiensi energi dari sistem AC.

Manfaat yang dapat diambil dari hasil analisa tugas akhir ini harapannya dapat berguna untuk kepetingan laboratorium untuk dijadikan sebagai referensi dan pedoman praktikum sistem pengkondisian udara bagi mahasiswa teknik elektro dan mampu memberikan pengetahuan serta wawasan lebih seputar sistem pendingin pengkondisian udara dengan melakukan praktikum pada alat peraga.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Terdahulu

Penelitian pertama berjudul Pengujian Arus Pada Simulator Sistem Kelistrikan *Air Conditioner* (AC) (Hamid Nasrullah, Slamet Ridho Ilahi, 2020). Penelitian yang dilakukan yaitu membuat alat peraga yang dirancang layaknya sistem pendingin (AC) pada mobil yang bertujuan untuk mempelajari arus sistem kelistrikan pada *air conditioner*. Selain itu, mengidentifikasi dan menganalisis rangkaian kelistrikan sistem pada AC mobil tersebut. Hasil pengujian alat peraga AC mobil didapatkan arus dan tegangan pada simulasi blower kecepatan 1 : arus 15,1 A, menghasilkan suhu 26°C. Pada simulasi *blower* kecepatan 2 : arus 15,2 A, menghasilkan suhu 25, sedangkan pada simulasi

blower kecepatan 3 : arus 15,5 A menghasilkan suhu 24°C. Simpulan dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi arus yang digunakan maka akan berpengaruh pada kinerja yang dihasilkan sistem *air conditioner*.

Penelitian kedua berjudul Analisa Kinerja Kelistrikan *Air Condition* (AC) Standart, *AC Low Watt* Dan *AC Inverter* (Sofyan Achmad Basuki, Totok Rintaryanto, 2018). Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui karakteristik kelistrikan daripada setiap tipe *Air Condition*, sehingga nantinya dapat digunakan sebagai referensi untuk menentukan tipe AC yang sesuai dengan fungsi dan kebutuhan ruangan agar konsumsi daya listrik lebih efisien. Analisis karakteristik kelistrikan kinerja sistem yang dimaksud adalah kinerja dalam pencapaian maupun mempertahankan suhu referensi serta analisis kebutuhan daya listrik pada saat pengoperasian AC. Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa konsumsi daya paling rendah yaitu AC Tipe *Low Watt* sebesar ≤ 780 watt, kemudian untuk hasil konsumsi daya yang paling efisien setelah pengoperasian selama 9 jam yaitu AC Tipe Inverter, sedangkan waktu tercepat dalam pencapaian suhu referensi yaitu AC Tipe Inverter.

Penelitian ketiga berjudul *Experimental Perfomance Analysis Of Existing Conventional Air Conditioner (AC) and Corresponding New Pure DC Air Conditioner* (Ahmad Al-Subhi, Ibrahim El-Amin, 2017). Sumber: IEEE. Penelitian ini mempelajari dan menyelidiki kinerja dari sistem *Air Conditioner* (AC), pada penelitian ini dilakukan sebuah perbandingan penggunaan konsumsi daya antara 2 unit AC yang memiliki spesifikasi sama yakni 2 PK atau 18000 BTU/h, dimana unit satu menggunakan sumber tegangan listrik bolak-balik (AC) dan unit dua yang menggunakan sumber tegangan listrik searah (DC). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa *Air Conditioner* (AC) dengan menggunakan sistem *on-grid* (terhubung jaringan) sumber tegangan DC menghasilkan 12,38 kWh sedangkan sumber tegangan AC 16,57 kWh sehingga lebih hemat dalam segi konsumsi energi listrik sebesar 25,29%. Kemudian, pada energi yang dikonsumsi menggunakan skema *off-grid* (diluar jaringan) sumber tegangan DC menghasilkan 1,52 kWh, sedangkan sumber tegangan AC menghasilkan 2,58 kWh sehingga tegangan DC lebih hemat dalam konsumsi energi sebesar 41,22%, untuk kedua kasus *off-grid* dan *on-grid*, sejumlah besar energi dapat dihemat dengan masukkan sumber tegangan AC DC bukan sumber tegangan AC.

Landasan Teori

Sistem tata udara atau *air conditioner* dapat diartikan sebagai suatu alat pengontrolan secara simultan semua faktor yang dapat berpengaruh terhadap kondisi fisik dan kimiawi udara pada kondisi struktur tertentu. Faktor-faktor tersebut meliputi : suhu udara, tingkat kelembaban udara, pergerakan udara, distribusi udara dan polutan udara. Dimana sebageian besar dari faktor tersebut berpengaruh terhadap kesehatan tubuh dan kenyamanan. Dalam hal yang sama, teknik pengkondisian udara tidak hanya berfungsi sebagai pendingin tetapi lebih daripada itu, yakni pengkondisian udara nyaman (*comfort air conditioning*) yang memiliki arti sebagai proses perlakuan terhadap udara untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan, dan pendistribusiannya secara

serentak untuk mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni yang berada didalamnya.(F. Stoecker & W. Jones, 1982).

Komponen atau peralatan utama dari mesin pengkondisian udara dengan siklus kompresi uap terdiri dari :

- Kompresor

Kompresor merupakan alat yang berfungsi menghisap dan memompakan refrigeran ke komponen-komponen sistem pendingin, sehingga terjadi sirkulasi refrigeran yang mengalir pada mesin pendingin. Tugas kompresor adalah menghasilkan fluida bertekanan tinggi. Pada mesin pendingin seperti AC, kompresor juga mempunyai tugas lain, yaitu menaikkan temperatur.

- Kondensor

Kondensor merupakan peralatan pada sistem pengkondisian udara yang berfungsi untuk membuang panas atau kalor ke lingkungan, sehingga uap refrigerant akan mengembun dan berubah fasa dari uap ke cair. Sebelum masuk ke kondensor refrigerant berupa uap yang memiliki temperatur dan tekanan tinggi, sedangkan keluar dari kondensor refrigeran berupa cairan jenuh yang bertemperatur lebih rendah dan bertekanan sama (tinggi) seperti masuk ke kondensor. Kondensor beroperasi pada keadaan tekanan dan temperatur yang lebih tinggi dibanding dengan evaporator. Proses perpindahan panas yang terjadi pada kondensor pada prinsipnya sama dengan evaporator. Keduanya melibatkan perubahan fasa refrigeran. Bila pada evaporator refrigeran berubah fasa dari cair ke gas, pada kondensor refrigeran berubah dari fasa gas ke cair.

Secara singkat cara kerja kondensor adalah uap cairan pendingin menyerahkan panasnya kepada air pendingin atau udara pendingin di dalam kondensor sehingga mengembun dan menjadi cair. Jadi karena air pendingin atau udara pendingin menyerap panas dari cairan pendingin, maka isi akan menjadi panas pada waktu keluar dari kondensor. Kalor yang dikeluarkan di dalam kondensor adalah jumlah kalor yang diperoleh dari udara yang mengalir melalui evaporator dan energi yang diberikan oleh kompresor kepada fluida kerja. Uap cairan pendingin menjadi cair sempurna di dalam kondensor, kemudian dialirkan ke dalam pipa evaporator melalui katup ekspansi atau katup pengembang.

- Alat Ekspansi

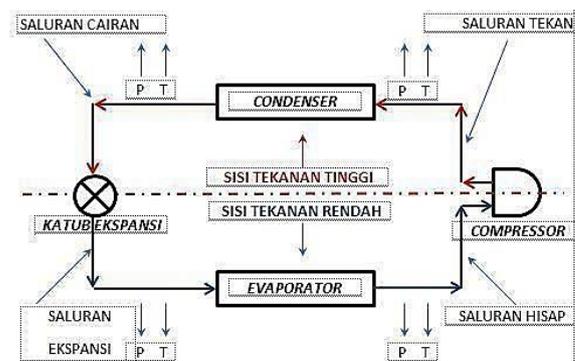
Alat ekspansi atau katup ekspansi dalam sistem refrigerasi merupakan suatu tahanan yang tempatnya diantara sisi tekanan tinggi dan sisi tekanan rendah yang berfungsi untuk mengatur laju refrigeran yang mengalir ke evaporator. Refrigeran cair yang mengalir melalui alat ekspansi, tekanannya diturunkan dan jumlahnya diatur sesuai dengan kebutuhan evaporator. Alat ekspansi harus memberikan kapasitas yang maksimum kepada evaporator, tetapi tidak membuat beban terlalu melebihi kepada evaporator. Proses kerja dari alat ekspansi ini ialah merubah fasa refrigerat dari yang bertemperatur dan bertekanan tinggi dari kondensor menjadi refrigeran berfasa gas jenuh bertekanan rendah setelah melewati alat ekspansi dengan cara menurunkan temperatur dan tekanan dari refrigeran tersebut.

- Evaporator

Evaporator adalah sebuah alat yang berfungsi mengubah sebagian atau keseluruhan sebuah pelarut dari

sebuah larutan dari bentuk cair menjadi bentuk uap. Evaporator juga bisa disebut: Boiler, *freezing unit*, *low side*, *cooling unit* atau nama lainnya yang menggambarkan fungsinya atau lokasinya. Fungsi dari evaporator adalah untuk menyerap panas dari udara atau benda di dalam ruangan yang akan didinginkan. Kemudian, membuang kalor tersebut melalui kondensor di ruang yang tidak didinginkan. Kompresor yang sedang bekerja menghisap refrigerant gas dari evaporator, sehingga tekanan di dalam evaporator menjadi lebih rendah. Evaporator memiliki fungsi kebalikan dari kondensor. Tidak untuk membuang panas ke udara di sekitarnya, tetapi untuk mengambil panas dari udara yang ada di dekatnya.

Prinsip Kerja AC (*Air Conditioner*). Proses pendinginan atau refrigerasi merupakan media pemindah kalor pada sistem refrigerasi, dimana refrigerasi menyerap kalor pada tekanan rendah melalui evaporator dan melepaskan panas pada tekanan tinggi melalui kondensor. Evaporator menyerap panas dari ruangan yang dikondisikan sehingga suhu ruangan menjadi dingin dan refrigeran bertekanan rendah di dalam evaporator menjadi kabut atau uap dingin. Uap refrigeran tersebut kemudian dikompresikan oleh kompresor ke tekanan tinggi sehingga temperatur uap refrigeran tersebut juga mengalami kenaikan sehingga panas refrigerant tersebut dapat dilepaskan ke lingkungan melalui kondensor sedangkan refrigeran mengalami kondensasi sehingga refrigeran berubah fasa menjadi cairan pada tekanan tinggi. diekspansikan menjadi bertekanan rendah ke tekanan evaporator dan untuk siklus selanjutnya dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut ini:

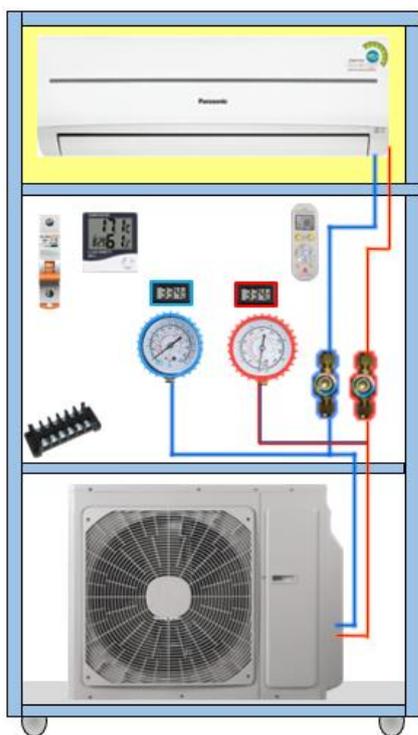


Gambar 2.1 Prinsip kerja Air Condition (AC)

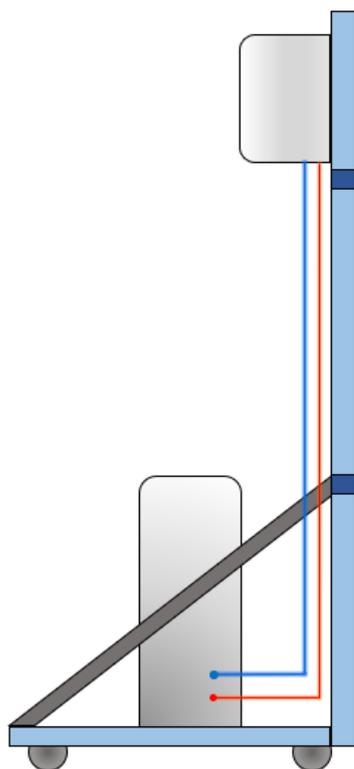
III. PERANCANGAN SISTEM

Desain Mekanik Alat Peraga AC

Desain mekanik pada alat peraga AC (*Air Conditioner*) ditunjukkan pada gambar (3.3) dan gambar (3.4) dibawah ini:



Gambar 3.1 Desain tampak depan



Gambar 3.2 Desain tampak samping

Desain mekanik sistem alat peraga terdiri dari satu buah unit AC, potongan besi-besi dengan ukuran yang telah ditentukan, papan kayu sebagai media pemasangan unit indoor, , satu buah MCB (*Miniatur Circuit Breaker*), dua buah *single manifold gauge*, tiga buah *thermometer digital*, dua buah *sight glass level*, satu buah terminal kabel, pipa tembaga yang digunakan sebagai tempat sirkulasi refrigeran,

4 buah roda dibagian bawah dipasang untuk memudahkan alat peraga jika akan dipindah tempat, serta papan *acrylic* sebagai media untuk pemasangan berbagai komponen dan alat pengukuran. Mesin pendingin jenis AC *Wall Split* yang digunakan dalam penelitian ini berkapasitas 0,5 PK yang dipasang pada konstruksi rangka besi dalam bentuk prototipe dan dipasang seolah-olah seperti AC yang terpasang pada dinding ruangan. Secara keseluruhan, ukuran alat peraga ac ini memiliki tinggi sepanjang 180 cm dan lebar 90 cm. Sedangkan, untuk ukuran pada unit AC dengan merk Panasonic ini memiliki dimensi pada unit indoor 19 x 72 x 29 cm dan pada unit outdoor 28 x 70 x 55 cm.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Pengujian

Hasil pengujian yang diperoleh pada penelitian ini yaitu data suhu refrigeran, tekanan refrigeran, arus, dan tegangan sesuai dengan gambar pada keterangan diatas. Data hasil percobaan ditampilkan pada Tabel 4.1 dibawah ini:

Tabel 4.1 Data hasil pengujian alat peraga AC

Waktu (Menit)	Tekanan		T (°C)		Arus (A) Ampere	Tegangan (V) Volt
	Suction (P ₁)	Discharge (P ₂)	Evaporator (T ₁)	Kondensor (T ₂)		
5	178 Psi	331 Psi	17,5	35,6	1,8	233,6
10	175 Psi	331 Psi	17,2	35,7	1,84	233
15	174 Psi	332 Psi	17,1	35,9	1,82	232,7
20	175 Psi	331 Psi	17,1	35,8	1,82	233,1
30	176 Psi	332 Psi	17,2	35,9	1,81	233
60	175 Psi	331 Psi	16,9	36,5	1,85	230,5
65	175 Psi	331 Psi	16,9	36,5	1,85	232,7
90	175 Psi	332 Psi	17,2	36	1,84	233,5
120	176 Psi	333 Psi	17,1	36,3	1,86	234,1
150	175 Psi	331 Psi	17,1	36,1	1,87	234,4
170	175 Psi	331 Psi	17,2	36,2	1,86	234,8
180	176 Psi	333 Psi	16,4	35,8	1,81	234,6

Nilai Entalpi

Dari data suhu dan tekanan yang diperoleh dapat digambarkan proses siklus kompresi uap yang terjadi pada alat peraga AC pada P-h diagram refrigeran 410a, dari P-h diagram tersebut dapat diperoleh nilai h_1 , h_2 , h_3 , dan h_4 untuk kemudian dapat dilakukan perhitungan.

Tabel 4.2 Nilai entalpi refrigeran 410-a

Waktu (Menit)	Entalpi (kJ/Kg)			
	h_1	h_2	h_3	h_4
5	429,748	446,348	265,839	265,839
10	429,571	446,663	265,839	265,839
15	429,511	446,851	265,093	265,093
20	429,571	446,663	265,839	265,839
30	429,631	446,640	266,093	266,093
60	429,571	446,663	265,839	265,839
90	429,571	446,745	266,093	266,093
120	429,631	446,711	266,310	266,310
150	429,571	446,663	265,839	265,839
170	429,571	446,663	265,839	265,839
180	429,631	446,711	266,310	266,310

Pengolahan Data

a) Kerja kompresor (W_k)

Perhitungan kerja kompresor dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan yaitu: $W_k = h_2 - h_1$, kJ/kg. Contoh perhitungan dilakukan untuk data menit ke-5.

$$W_k = (446,348 - 429,748) \text{ kJ/kg} = 16,6 \text{ kJ/kg.}$$

Tabel 4.3 Tabel kerja kompresor

No.	Waktu t (menit)	h_1	h_2	W_k
		(kJ/kg)		(kJ/kg)
1	5	429,748	446,348	16,6
2	10	429,571	446,663	17,09
3	15	429,511	446,851	17,34
4	20	429,571	446,663	17,09
6	30	429,631	446,640	17
12	60	429,571	446,663	17,09
18	90	429,571	446,745	17,17
24	120	429,631	446,711	17,08
30	150	429,571	446,663	17,09
34	170	429,571	446,663	17,09
36	180	429,631	446,711	17,08

b) Energi kalor yang dilepas kondensor (Q_{out})

Perhitungan energi kalor per satuan massa refrigeran yang dilepaskan oleh kondensor dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan yaitu:

$$Q_{out} = h_2 - h_3, \text{ kJ/kg. Contoh perhitungan dilakukan untuk data pada menit ke-5.}$$

$$Q_{out} = (446,348 - 265,839) \text{ kJ/kg} = 180,5 \text{ kJ/kg.}$$

Tabel 4.4 Tabel energi kalor dilepas kondensor

No.	Waktu t (menit)	h_2	h_3	Q_{out}
		(kJ/kg)		(kJ/kg)
1	5	446,348	265,839	180,5
2	10	446,663	265,839	180,82
3	15	446,851	265,093	181,75
4	20	446,663	265,839	180,82
6	30	446,640	266,093	180,54
12	60	446,663	265,839	180,82
13	65	446,663	265,839	180,82
18	90	446,745	266,093	180,65
24	120	446,711	266,310	180,4
30	150	446,663	265,839	180,82
34	170	446,663	265,839	180,82
36	180	446,711	266,310	180,4

c) Energi kalor yang diserap evaporator (Q_{in})

Perhitungan energi kalor per satuan massa refrigeran yang diserap oleh evaporator dapat dilakukan dengan perhitungan pada yaitu:

$$Q_{in} = h_1 - h_4, \text{ kJ/kg. Contoh perhitungan dilakukan untuk data pada menit ke-5.}$$

$$Q_{in} = (429,748 - 265,839) \text{ kJ/kg} = 163,9 \text{ kJ/kg.}$$

Tabel 4.5 Tabel energi kalor diserap evaporator

No.	Waktu t (menit)	h_1	h_4	Q_{in}
		(kJ/kg)		(kJ/kg)
1	5	429,748	265,839	163,9

2	10	429,571	265,839	163,73
3	15	429,511	265,093	164,41
6	30	429,631	266,093	163,53
12	60	429,571	265,839	163,73
18	90	429,571	266,093	163,47
24	120	429,631	266,310	163,26
30	150	429,571	265,839	163,73
35	175	429,631	266,310	163,26
36	180	429,631	266,310	163,26

d) Coefficient Of Performance (COP)

Perhitungan Coefficient Of Performance alat peraga AC dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan yaitu: $COP = Q_{in}/W_k$

Contoh perhitungan dilakukan untuk data pada menit ke-5.

$$COP = \frac{Q_{in}}{W_k} = \frac{163,9}{16,6} = 9,87.$$

No.	Waktu t (menit)	Q_{in}	W_k	COP
		(kJ/kg)		
1	5	163,9	16,6	9,87
2	10	163,73	17,09	9,58
3	15	164,41	17,34	9,48
6	30	163,53	17	9,61
12	60	163,73	17,09	9,58
18	90	163,47	17,17	9,52
24	120	163,26	17,08	9,55
30	150	163,73	17,09	9,58
34	170	163,73	17,09	9,58
36	180	163,26	17,08	9,55

e) Daya

Perhitungan nilai daya semu dan daya aktif pada beban yang bersifat impedansi. Pada perhitungan ini nilai faktor daya atau $\cos \phi$ yang digunakan adalah sesuai dengan spesifikasi unit yaitu 0,92.

Tabel 4.6 Tabel hasil perhitungan daya

Waktu t (menit)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya Semu (VA)	Daya Aktif (Watt)
5	233,6	1,8	420,48	386,84
10	233	1,84	428,72	394,42
15	232,7	1,82	423,51	389,62
30	233	1,81	421,73	387,99
60	230,5	1,85	426,42	392,30
90	233,5	1,84	429,64	395,26
120	234,1	1,86	435,42	400,58
150	234,4	1,87	438,32	403,25
170	234,8	1,86	436,72	401,78
180	234,6	1,81	424,62	390,65

f) Efisiensi energi (EER)

Perhitungan efisiensi alat peraga AC dapat dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan yaitu:

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{kapasitas pendingin}}{\text{konsumsi daya}}$$

Besar kapasitas pendingin pada AC yang digunakan seperti diketahui pada spesifikasi diatas adalah 5276,2 (Btu/h). Contoh perhitungan dilakukan untuk data pada menit ke-5.

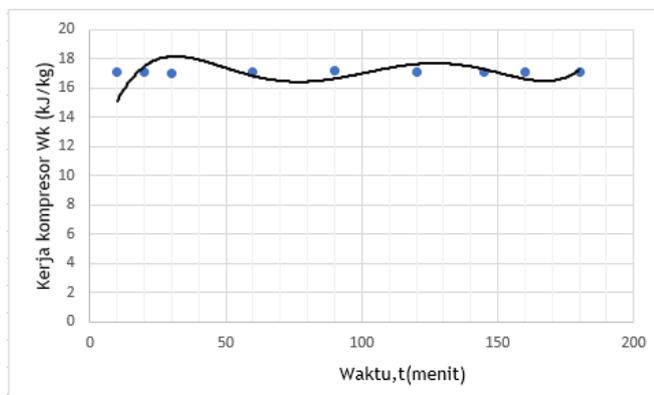
$$\text{Efisiensi} = \frac{5276,2}{420,48} = 12,54$$

Tabel 4.7 Tabel efisiensi energi (EER)

No.	Waktu t (menit)	Kapasitas Pendingin	Daya Semu	EER
		Btu/h	VA	
1	5	5276,2	420,48	12,54
2	10	5276,2	428,72	12,30
3	15	5276,2	423,51	12,45
6	30	5276,2	421,73	12,51
12	60	5276,2	426,42	12,37
18	90	5276,2	429,64	12,28
24	120	5276,2	435,42	12,11
30	150	5276,2	438,32	12,03
34	170	5276,2	436,72	12,08
36	180	5276,2	424,62	12,42

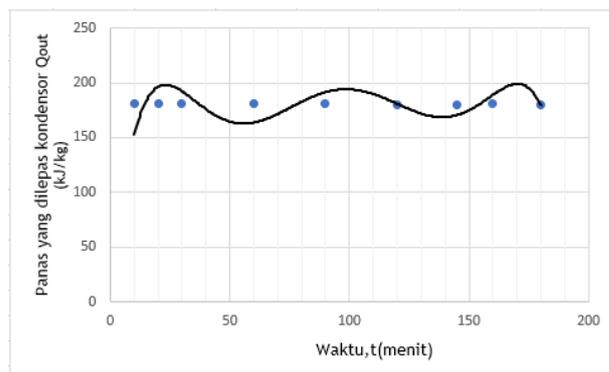
Analisa Data

Alat peraga AC (*Air Conditioner*) tipe wall split dengan kapasitas 0,5 PK atau 5000 Btu/h menggunakan refrigeran R410a berhasil dirakit dengan baik. Performa yang dihasilkan dari kerja sistem alat peraga juga sesuai target dan relatif stabil. Selain itu, alat-alat pengukuran yang terpasang didalam sistem seperti *thermometer*, *manifold gauge pressure*, dan *sight glass level* mampu bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya. Adapun kisaran kerja suhu evaporator yang dikeluarkan menuju ruangan mencapai suhu 16 – 17 °C sesuai *set point* suhu pada remote yaitu sebesar 17 °C.



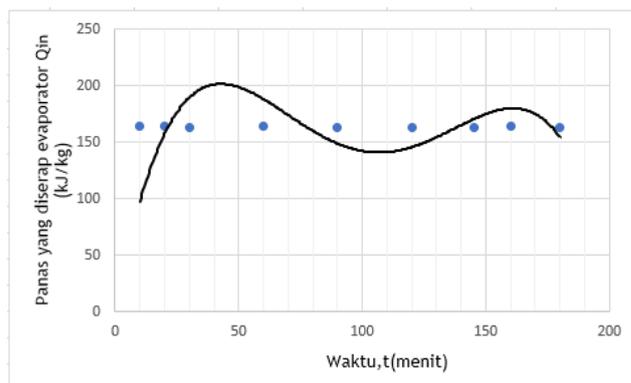
Gambar 4.1 Grafik kerja kompresor

Hasil penelitian kinerja yang dilakukan kompresor per satuan massa refrigeran R410a yang telah disajikan pada gambar 4.12 diatas memperlihatkan kerja kompresor tertinggi yang dihasilkan sebesar 17,43 kJ/kg pada waktu t = 15 menit sedangkan kerja kompresor terendah yang dihasilkan sebesar 16,6 kJ/kg pada waktu t = 5 menit. Dari data yang dihasilkan, menunjukkan bahwa kinerja kompresor per satuan massa refrigeran menunjukkan performa yang baik dan tergolong stabil dengan nilai rata-rata yang diperoleh sebesar 17,11 kJ/kg.



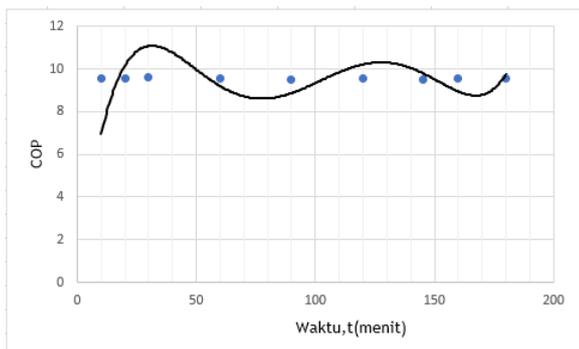
Gambar 4.2 Grafik energi kalor dilepas kondensor

Hasil penelitian untuk energi kalor per satuan massa refrigeran R410a yang dilepas kondensor pada gambar 4.13 memperlihatkan bahwa energi kalor yang dilepas kondensor dari waktu t = 5 menit hingga t = 180 menit terletak pada 180,4 kJ/kg sampai 181,75 kJ/kg. Hal tersebut menunjukkan jika perubahan panas per satuan massa refrigeran yang terjadi didalam kondensor tidak mengalami perbedaan hasil secara signifikan dengan perolehan rata-rata nilai sebesar 180,711 kJ/kg.



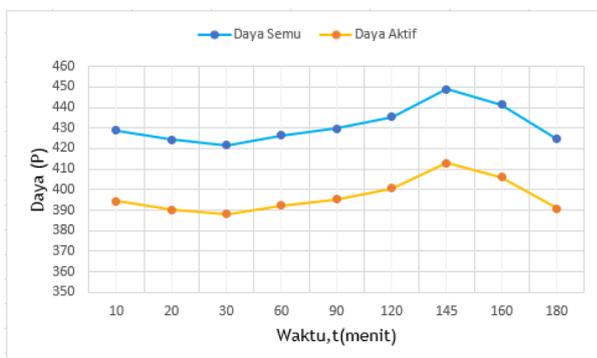
Gambar 4.3 Grafik energi kalor diserap evaporator

Hasil penelitian untuk energi kalor per satuan massa refrigeran R410a yang diserap oleh evaporator pada gambar 4.14 diatas pada waktu t = 5 menit hingga t = 180 menit berada pada angka 163,26 kJ/kg hingga 164,41 kJ/kg. Hasil yang diperoleh pada pengujian ini juga memiliki angka yang tergolong stabil dengan perolehan rata-ratanya sebesar 163,57 kJ/kg. Tetapi, nilai yang didapatkan dari energi kalor yang diserap evaporator (Qin) lebih kecil jika dibanding dengan nilai dari energi kalor yang dilepas kondensor (Qout). Hal tersebut dikarenakan suhu yang ada didalam kondensor memiliki nilai yang lebih besar daripada suhu yang ada dilingkungan sekitar, selain itu pemasangan outdoor unit yang seharusnya berada pada luar ruangan juga memengaruhi hasil dari energi kalor yang diserap evaporator per satuan massa refrigeran.



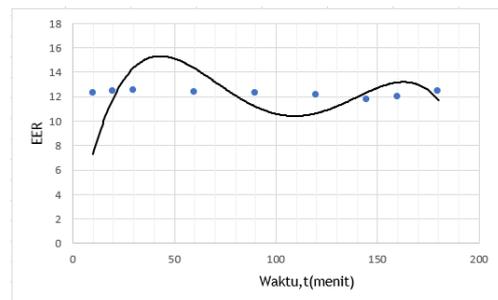
Gambar 4.4 Grafik koefisien prestasi (COP)

Hasil penelitian untuk besar koefisien prestasi (COP) pada sistem dari waktu $t = 5$ menit sampai $t = 180$ menit yang telah disajikan pada gambar 4.15 di atas memperoleh nilai antara 9,46 sampai dengan 9,87. Awal mula nampak bahwa hasil COP yang dihasilkan sebesar 9,87 pada menit 5, kemudian sempat mengalami penurunan sebanyak 0,39 yang terjadi pada menit 15. Akan tetapi, kondisi naik turunnya hasil COP yang dialami tidak terlalu berpengaruh pada kinerja sistem dikarenakan masih tetap stabil pada angka 9, sedangkan perolehan rata-rata nilai yang didapat sebesar 9,56. Semakin besar hasil COP dari alat peraga AC akan semakin baik performa kerja hingga sampai pada suhu yang diinginkan, karena kerja yang dilakukan pada kompresor akan semakin kecil.



Gambar 4.5 Grafik daya semu dan daya aktif

Hasil penelitian untuk besar daya semu dan daya aktif yang dihasilkan dalam pengujian alat peraga dapat dilihat pada gambar (4.16) di atas. Nilai tertinggi dari hasil perhitungan yang didapatkan pada besar daya semu sebesar 448,89 VA. Sedangkan, nilai tertinggi yang didapatkan dari hasil perhitungan pada besar daya aktif sebesar 412,97 Watt. Konsumsi daya yang dibutuhkan pada proses pengujian alat peraga AC menunjukkan tingkat kestabilan yang tinggi dengan rata-rata daya semu sebesar 430,29 VA, sedangkan pada daya aktif sebesar 395,86 Watt. Hal ini dikarenakan spesifikasi unit AC yang digunakan bertipe inverter, sehingga mampu menurunkan fluktuasi temperature AC serta mengurangi konsumsi listrik.



Gambar 4.6 Grafik efisiensi energi (EER)

Hasil penelitian untuk besar nilai efisiensi atau EER (*Energy Efficiency Ratio*) pada sistem telah disajikan pada grafik gambar 4.17 di atas. Besarnya nilai efisiensi dari waktu $t =$ menit sampai dengan waktu $t = 180$ menit memperoleh hasil yang baik dengan nilai terkecil sebesar 11,75 hingga nilai terbesar yang mampu dihasilkan sebesar 12,54 serta perolehan rata-rata nilainya sebesar 12,25. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat efisiensi energi dari kinerja yang dihasilkan pada sistem alat peraga AC terbilang cukup stabil dan sesuai dengan spesifikasi pada unit AC yang digunakan yakni sebesar $EER = 11,92$. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kinerja dari sistem alat peraga ini masih sangat baik dan layak untuk digunakan sebagai media pembelajaran.

V. SIMPULAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui kinerja pada sistem alat peraga AC tipe inverter dengan kapasitas 0,5 PK, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Sistem alat peraga AC (*Air Conditioner*) berhasil dirangkai dan mampu bekerja dengan baik, dengan suhu kerja yang dihasilkan pada evaporator memperoleh rata-rata 17 oC sesuai dengan konfigurasi suhu pada remote control
- Rata-rata konsumsi daya semu yang digunakan pada alat peraga pada saat stabil sebesar 430 VA dan rata-rata untuk daya aktif sebesar 390 Watt
- Nilai rata-rata koefisiensi prestasi aktual (COP) pada saat stabil sebesar 9,56
- Nilai rata-rata efisiensi energi (EER) alat peraga AC pada saat stabil sebesar 11,92
- Proses perubahan fasa dari wujud gas menjadi cair terletak pada komponen kondensor dan alat ekspansi.

Daftar Pustaka

1. Achmad, B. S., & Rintaryanto, T. (2018). ANALISA KINERJA KELISTRIKAN KINERJA AIR CONDITION AC STANDART, AC LOW WATT DAN AC INVERTER. *Jurnal Teknosain, Vol. XV, 2., XV*.
2. Al-Subhi, A., & El-Amin, I. (2017). Experimental performance analysis of existing conventional AC air conditioner and corresponding new pure DC air conditioner. *2017 IEEE 2nd International Conference on Direct Current Microgrids, ICDCM 2017, 330–336*. <https://doi.org/10.1109/ICDCM.2017.8001065>

3. F. Stoecker, W., & W. Jones, J. (1982). *Refrigrasi dan Pengkondisian Udara Edisi Kedua* (S. Hara (ed.); Kedua). Erlangga. Erlangga
4. Mesin, J. T., Teknik, F., & Semarang, U. N. (2015). Pengembangan Media Peraga Air Conditioner Berbasis Troubleshooting Pada Mata Kuliah Sistem Ac. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang*, 1–51.
5. Nasrullah, H., & Illahi, S. R. (2020). Pengujian Arus pada Simulator Sistem Kelistrikan Air Conditioner (AC). *AEJ: Journal of Automotive Engineering and Vocational Education Volume 01, No. 02, 01(73)*, 93–100.
6. Supriyana, N. (2020). Studi Eksperimen Pengaruh Beban Dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Coefficient Of Performance (COP) Pada Mesin Pendingin. *Iteks*, 12(1), 51–59.
7. Wibawa, I. G. P., Ratnaya, I. G., & Santiyadnya, N. (2020). PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN AIR CONDITIONER (AC) SPLIT PADA MATA KULIAH TEKNIK PENDINGIN. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro Undiksha*, 9(1), 1–9.
8. Widodo, S., Hasan, S., Pembinaan, D., Menengah, S., Direktorat, K., Manajemen, J., Dasar, P., & Menengah, D. (2008). *SISTEM REFRIGERASI DAN TATA UDARA JILID 2 SMK: Vol. Jilid 2* (W. A & Sukarno (eds.); Jilid 2). Departemen Pendidikan Nasional.