

Studi Eksperimen Pengaruh Beban Dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap *Coefficien Of Performance (COP)* Pada Mesin Pendingin

Mastur¹, Nana Supriyana², Sutarno³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin S1 Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo

Jln. Semingkir No. 1 Purwokerto 53132, Indonesia

email : masturpwt@gmail.com¹

Abstrak

Sistem refrigrasi digunakan untuk mempertahankan temperatur udara dalam ruangan. Peralatan pengkondisian udara (*Air Conditioner*), berfungsi untuk mengatur suhu ruangan dan mengatur kelembaban udara. Pemakaian peralatan pengkondisian udara yang tidak tepat mengakibatkan pemborosan dalam hal pemakaian listrik dan tidak tercapainya kondisi yang diinginkan. Kerja kompresor dipengaruhi oleh entalpi keluar dikurangi entalpi masuk kompresor pada setiap beban lampu dan hasilnya tidak sama. Kerja kompresor akan mengalami kenaikan apabila diberi pembebanan. Kerja kompresor juga dipengaruhi oleh arus listrik dan tegangan, dimana semakin besar beban lampu akan semakin kecil tegangan di hasilkan oleh sistem AC. Dari hasil penelitian, COP yang terbaik diperoleh pada pipa kapiler dengan diameter 0,0163 m, daya lampu 200 watt yaitu sebesar 61,1071, Daya mesin pendingin yang terbaik diperoleh pada pipa kapiler dengan diameter 0,0163 m, daya lampu 800 watt yaitu sebesar 10,37943, sehingga semakin besar beban lampu maka waktu di butuhkan untuk mencapai suhu ideal sekitar 16°C akan semakin lama. Sebaliknya jika diberi beban yang besar, maka akan membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai suhu ideal.

Kata kunci : Suhu, COP, Diameter Pipa kapiler.

Abstract

The refrigeration system is used to maintain the temperature of the air in the room. Air conditioning equipment (*Air Conditioner*), serves to regulate the temperature of the room and regulate the humidity of the air. The use of improper air conditioning equipment results in waste in terms of electricity usage and does not achieve the desired conditions. Compressor work is influenced by the enthalpy of exit minus the enthalpy of compressor at each lamp load and the results are not the same. Compressor work will increase if given a load .. Compressor work is also influenced by electric current and voltage, where the greater the load the lamp will be the smaller the voltage generated by the AC system. From the research results, the best COP is obtained in capillary pipes with a diameter of 0.0163 m, 200 watt lamp power that is equal to 61.1071, the best cooling machine power is obtained in capillary pipes with a diameter of 0.0163 m, lamp power 800 watts that is equal to 10.37943, so the greater the load of the lamp, the longer it takes to reach an ideal temperature of around 16°C. Conversely, if given a large load, it will take a long time to reach the ideal temperature.

Keywords: Temperature, COP, Capillary Pipe Diameter.

1. Pendahuluan

Setiap ruangan, baik yang di dalam rumah, perkantoran ataupun pada gedung yang bertingkat akan terasa panas, hal ini disebabkan karena tidak adanya siklus udara yang baik sehingga didalam ruangan akan semakin banyak karbon dioksida, akibatnya ruangan menjadi pengap, panas dan tidak nyaman, untuk mempertahankan temperatur dan kelembaban udara didalam ruangan digunakan peralatan pengkondisian udara (*Air Conditioner*). Fungsi utama AC adalah mengatur suhu ruangan sesuai yang kita inginkan, disamping itu untuk mengatur kelembaban udara.

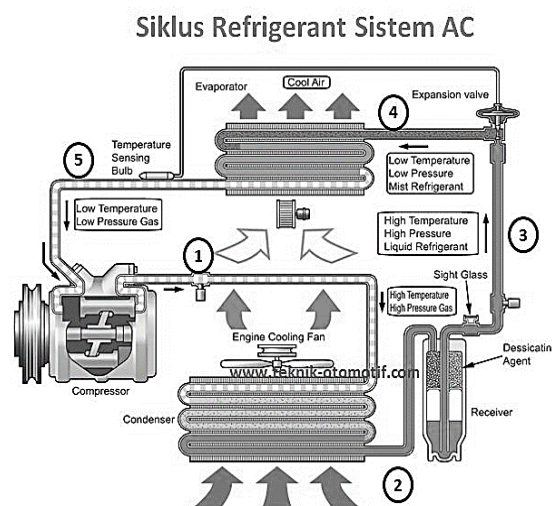
Pemakaian peralatan pengkondisian udara yang tidak tepat mengakibatkan pemborosan dalam hal pemakaian listrik dan tidak tercapainya kondisi yang diinginkan. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka ruangan di dalam gedung yang akan di kondisikan dengan memasang sistem pengkondisian udara harus terlebih dahulu diketahui beban maksimum dan beban parsial yang ada dan harus diantisipasi dengan tepat agar dapat digunakan peralatan yang sesuai untuk dipasang, supaya tidak terjadi pemborosan biaya dan pemborosan energi listrik. Perhitungan beban pendinginan, pemilihan dan pemasangan Air conditioning sangat penting, [1], [2]. Penelitian ini

membahas pengaruh beban pendinginan dan diameter pipa kapiler terhadap *Coefficient Of Performance* (COP) pada mesin pendingin.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Prinsip kerja mesin pendingin

Air Conditioner (AC) atau pengkondisian udara [3] adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mengkondisikan atau mengatur ruangan sesuai kebutuhan yang kita kehendaki. Suhu udara berbeda-beda[4] baik didalam ruangan maupun di luar ruangan. Prinsip kerja dari mesin pendingin atau AC yaitu kompresor menghisap refrigerant yang berada di evaporator (*Refrigerant* disini dalam keadaan suhu dan tekanan yang rendah). *Refrigerant* yang dihisap oleh kompresor kemudian ditekan (dikeluarkan). Refrigerant yang keluar dari kompresor akan berbentuk gas dengan suhu dan tekanan yang tinggi. Kondensor akan menyerap refrigerant yang berbentuk gas dengan suhu dan tekanan tinggi. Refrigerant yang keluar dari kondensor akan menjadi gas yang suhunya terus menurun dan akan mengembun dan berubah wujud menjadi cair, refrigerant mempunyai suhu yang rendah, tetapi tekanannya masih tinggi, untuk menurunkan tekanan tersebut dengan cara mengalirkan refrigerant tersebut ke dalam system pemipaan yang disebut dengan pipa kapiler. Refrigeran yang keluar dari pipa kapiler, [5] masih berupa cair dengan suhu ruang dan tekanan rendah sekali, untuk itu refrigerant ini dimasukkan ke evaporator sehingga refrigerant akan berubah menjadi gas yang akan dihisap oleh kompresor, siklus dari system pendingin ditunjukkan gambar 1.



Gambar 1. Siklus Refrigerasi Air Conditioner, [1]

2.2. Komponen Utama Mesin Pendingin

a. Kompresor

Kompresor berfungsi mensirkulasikan aliran *refrigerant*, dari kompresor *refrigerant* (*freon*) akan dipompa dan dialirkan menuju komponen utama dan kembali lagi ke kompresor, [5], [6]. Besarnya daya kompresor yang diterima refrigeran untuk menaikkan tekanan *evaporator* ke tekanan kondensor dirumuskan :

$$W_{\text{komp.}} = \dot{m}_{\text{ref}} (h_2 - h_1) \dots \dots \dots [1]$$

dengan :

$\dot{m}$ = besarnya laju aliran massa; [kJ/s]

h_2 = besarnya entalphi refrigeran yang masuk kondensor; [kJ/kg]

h_1 = besarnya entalphi refrigeran yang keluar evaporator; [kJ/kg.]

Kemudian untuk kerja dari kompresor dapat dihitung dengan rumus :

ITEKS**Intuisi Teknologi Dan Seni**

$$W = h_2 - h_1 \text{ (kJ/kg)[2]}$$

dengan :

h_2 = besarnya entalphi refrigeran yang masuk kondensor; [kJ/kg]

h_1 = besarnya entalphi refrigeran yang keluar evaporator; [kJ/kg]

b. Evaporator

Evaporator terbuat dari bahan pipa tembaga yang panjang dengan diameter tertentu dan dibentuk berbelok-belok agar menghemat tempat dan ruang serta lebih efektif dalam menyerap panas dari udara ruangan sehingga mudah bersirkulasi, [7]. Panas yang diserap oleh zat refrigeran didalam evaporator dirumuskan :

$$Q_E = \dot{m} (h_1 - h_4) \text{ (watt)[3]}$$

dengan :

$\dot{m}$ = besarnya laju aliran massa; [kJ/s]

h_1 = besarnya entalphi refrigeran yang keluar kondensor ; [kJ/kg]

h_4 = besarnya entalphi refrigeran yang masuk evaporator; [kJ/kg].

c. Kondensor

Kondensor terbuat dari bahan pipa tembaga yang dibuat berbelok-belok dan dilengkapi sirip untuk melepas panas (kalor) udara agar berjalan dengan efektif, [8]. Besarnya kalor yang dikeluarkan oleh refrigeran didalam kondensor dapat dihitung dengan rumus :

$$Q_k = h_2 - h_3 \text{[4]}$$

dengan :

Q_k = panas yang dilepas kondensor

h_2 = besarnya entalphi refrigeran yang masuk kondensor; [kJ/kg]

h_3 = besarnya entalphi refrigeran yang keluar kondensor; [kJ/kg]

d. Katup Ekspansi

Katup ekspansi berfungsi untuk menghilangkan suhu yang tinggi pada refrigeran yang berbentuk zat cair dan merubahnya menjadi zat bertekanan rendah dan berubah bentuk menjadi gas, [9].

e. Pipa Kapiler

Pipa kapiler merupakan yang berfungsi untuk menentukan aliran refrigerant. Pipa kapiler ini berukuran kecil mirip kawat, rentan mampat dan mudah sekali patah. Pipa kapiler ini sering buntu karena adanya kotoran atau partikel-partikel yang terbawa oleh refrigerant, bisa juga berasal dari serbuk besi yang bercampur dengan oli, [10]. Kotoran yang lama kelamaan menjadi banyak akan membentuk lapisan yang menempel pada dinding pipa kapiler. Sebagai akibat dari mampatnya pipa kapiler tersebut, maka system pendinginan menjadi terhambat, AC menjadi tidak dingin bahkan sampai kerja kompresor menjadi berlebih, [11].

2.3. Coeficient of Performance (COP)

Coeficient of Performance (COP) adalah suatu unjuk kerja dari suatu mesin pendingin. COP pada mesin pendingin dapat digambarkan dalam suatu siklus efisiensi. Besarnya COP adalah besarnya panas yang diserap oleh evaporator dikurangi dengan kerja ekuivalen kompresor, [12], [13], yang dirumuskan :

$$COP = \frac{h_1 - h_3}{h_2 - h_3} \text{[5]}$$

2.4. Refrigeran

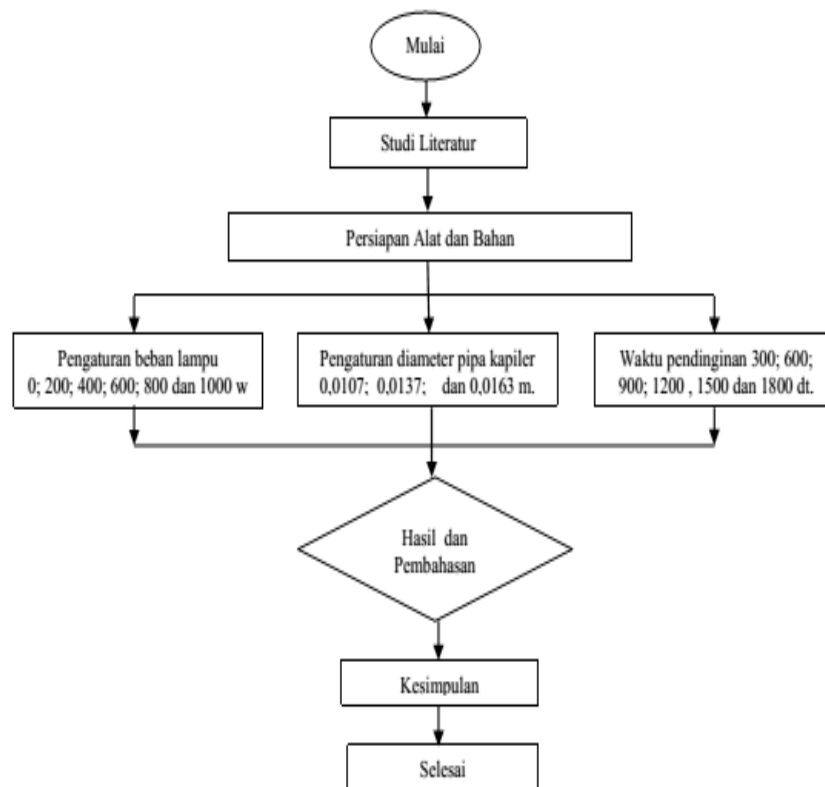
Refrigerant adalah suatu fluida kerja utama pada suatu siklus refrigerasi yang bertugas untuk menyerap kalor atau panas pada temperatur yang rendah dan tekanan rendah maupun yang kemudian membuang panas tersebut pada temperatur tinggi dan tekanan tinggi, [14], [15]. Sifat-sifat Refrigerant R-32 ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Sifat-sifat Refrigerant R-32

No.	Keterangan	R-32
1	Sifat mudah terbakar	A2l
2	Sifat Pemanasan global	675
3	Sifat Penipisan Lapisan Ozon	Nol
4	Komposisi komponen	tunggal
5	Perbandingan Campuran	CH ₂ F ₂
6	Titik Didih (°C)	-517
7	Tekanan (Psia)	16 kali
8	Tekanan Kerja dalam Psig	130.5 - 174
9	Tekanan Kerja dalam Mpa	0.9 - 1.2
10	Oli	Sintetis

3. Metodologi Penelitian

Metodologi yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen menggunakan pembebanan lampu pada mesin pendingin atau AC Split. Adapun desain penelitiannya dengan menggunakan eksperimen faktorial. Penelitian ini dipergunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari beban terhadap kerja dari mesin pendingin dengan beberapa variable beban lampu diameter pipa kapiler dan waktu pendinginannya, [16]. Langkah-langkah dari penelitian seperti flowchart dibawah ini.



Gambar 2. Diagram Alir Pengujian

4. Hasil Penelitian Dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengujian

a. Pengujian Tanpa Menggunakan Beban Lampu

Setelah dilakukan pengujian pada mesin pendingin dengan parameter :

1. waktu 5; 10; 15; 20; 25 dan 30 menit
2. Pengujian tanpa menggunakan beban lampu dengan panjang pipa kapiler 1,3 meter dan diameter 0,0107 meter, diperoleh data yang ditunjukkan tabel 2.

Tabel 2. Hasil Data Tanpa beban lampu

Waktu (menit)	Suhu ruang (C)	Evaporator				Kondensor				Arus Listrik (A)	Tegangan (V)
		T1 (°C)	P1 Psi	T4 (°C)	P4 Psi	T2 (°C)	P2 Psi	T3 (°C)	P3 Psi		
5	23,6	19	72	8	74	34	285	25	285	2	200
10	13,1	16	82	0	86	42	285	25	290	2	199,8
15	17,3	17	74	1	78	38	275	28	275	2	199,7
20	11,3	16	78	-2	82	43	285	25	285	2	199,5
25	17,1	15	82	3	82	45	295	28	295	2	199,2
30	16,7	17	72	0	80	38	275	28	275	2	199,1

b. Pengujian dengan Menggunakan beban 200 watt

Setelah dilakukan pengujian pada mesin pendingin dengan faktor :

1. Waktu 5; 10; 15; 20; 25 dan 30 menit
2. Pengujian dengan menggunakan beban 200 watt,
3. panjang pipa kapiler 1,3 meter dan diameter 0,0107 meter diperoleh data seperti ditunjukkan tabel 3.

Tabel 3. Hasil Data dengan beban 200 watt

Waktu (menit)	Suhu ruang (C)	Evaporator				Kondensor				Arus Listrik (A)	Tegangan (V)
		T1 (°C)	P1 Psi	T4 (°C)	P4 Psi	T2 (°C)	P2 Psi	T3 (°C)	P3 Psi		
5	22,5	19	78	0	84	35	285	26	285	2	202
10	13,8	16	84	0	90	43	300	26	300	2,1	201
15	17,3	7	80	2	82	40	285	7	285	2,1	200
20	10,6	15	82	-4	90	45	295	26	295	2,1	199
25	12,5	14	82	2	84	44	300	29	300	2,1	199,7
30	17,1	7	82	2	86	40	285	28	280	2,1	199,5

c. Pengujian dengan Menggunakan beban 400 watt

Setelah dilakukan pengujian pada mesin pendingin dengan waktu 5; 10; 15; 20; 25 dan 30 menit serta pengujian menggunakan beban 400 watt, panjang pipa kapiler 1,3 meter dan diameter 0,0107 meter, diperoleh data seperti ditunjukkan tabel 4.

Tabel 4. Hasil Data Dengan beban 400 watt

Waktu (menit)	Suhu ruang (C)	Evaporator				Kondensor				Arus Listrik (A)	Tegangan (V)
		T1 (°C)	P1 Psi	T4 (°C)	P4 Psi	T2 (°C)	P2 Psi	T3 (°C)	P3 Psi		
5	16,4	17	84	-1	90	43	300	26	300	2,1	201
10	18,8	17	78	4	80	40	295	28	295	2,1	200,8
15	9,9	11	82	0	90	47	300	26	300	2,1	200,5
20	18,8	17	70	6	76	39	300	31	300	2,1	200
25	14,2	17	82	0	88	46	305	27	300	2,1	199,8
30	18,5	17	76	5	78	40	295	30	295	2,1	199,6

d. Pengujian dengan menggunakan beban 600 watt

Setelah dilakukan pengujian pada mesin pendingin dengan waktu 5; 10; 15; 20; 25 dan 30 menit serta pengujian menggunakan beban 600 watt, panjang pipa kapiler 1,3 meter dan diameter 0,0107 meter, diperoleh data sebagai berikut dalam tabel 5.

Tabel 5. Hasil Data Dengan beban 600 watt

Waktu (menit)	Suhu ruang (C)	Evaporator				Kondensor				Arus Listrik (A)	Tegangan (V)
		T1 (°C)	P1 Psi	T4 (°C)	P4 Psi	T2 (°C)	P2 Psi	T3 (°C)	P3 Psi		
5	25,9	21	74	4	80	35	300	27	300	2	202
10	17,6	18	88	0	92	44	310	27	310	2,2	201,9
15	20,4	19	88	1	90	43	300	30	300	2,1	201,6
20	11,8	15	112	1	112	49	315	27	310	2,1	201,2
25	19,3	18	82	5	84	42	305	29	305	2,1	200
30	11,7	14	84	-1	90	50	315	27	315	2,2	199,8

e. Pengujian dengan menggunakan beban 800 watt

Setelah dilakukan pengujian pada mesin pendingin dengan waktu 5; 10; 15; 20; 25 dan 30 menit serta pengujian menggunakan beban 800 watt, panjang pipa kapiler 1,3 meter dan diameter 0,0107 meter, diperoleh data sebagai berikut

Tabel 6. Hasil Data Dengan beban 800 watt

Waktu (menit)	Suhu ruang (C)	Evaporator				Kondensor				Arus Listrik (A)	Tegangan (V)
		T1 (°C)	P1 Psi	T4 (°C)	P4 Psi	T2 (°C)	P2 Psi	T3 (°C)	P3 Psi		
5	27	22	86	4	90	41	310	28	310	2,1	201
10	18,4	18	88	1	94	49	320	28	320	2,2	200,7
15	21,4	20	96	1	100	48	310	29	310	2,1	200,5
20	14,6	16	90	-1	96	51	325	28	325	2,2	200,1
25	18,5	16	82	1	86	45	305	28	305	2,1	199,9
30	24	21	78	-4	82	43	300	30	300	2,1	199,5

f. Pengujian menggunakan pembebanan lampu 1000 watt

Pengujian dengan menggunakan pembebanan lampu 1000 watt, dengan rate waktu 5; 10; 15; 20; 25 dan 30 menit. Panjangnya pipa kapiler 1,30 meter, serta diameter dari pipa kapilernya sebesar 0,0107 meter.. Data hasil penelitian sebagai berikut :

Tabel 7. Hasil Data Dengan beban 1000 watt

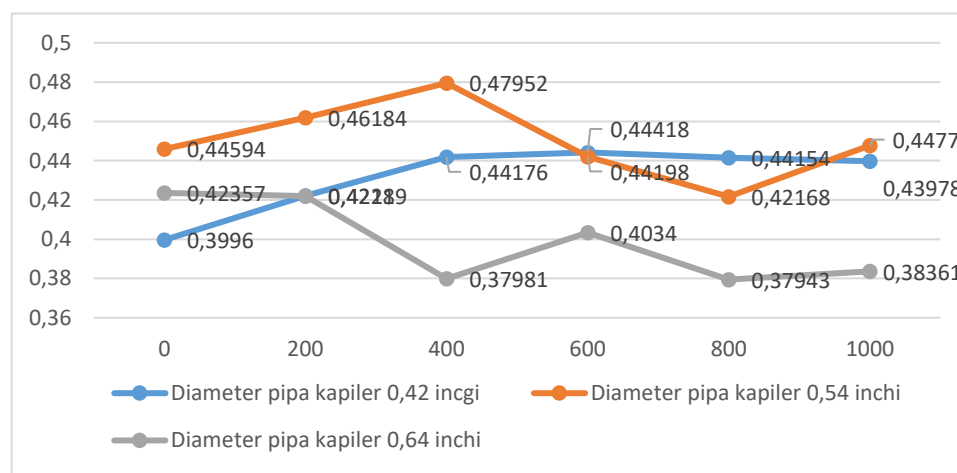
Waktu (menit)	Suhu ruang (C)	Evaporator				Kondensor				Arus Listrik (A)	Tegangan (V)
		T1 (°C)	P1 Psi	T4 (°C)	P4 Psi	T2 (°C)	P2 Psi	T3 (°C)	P3 Psi		
5	26,9	22	82	2	88	40	315	28	315	2,1	200
10	19,4	18	88	1	94	48	320	28	320	2,2	199,9
15	23,1	20	82	4	86	47	305	30	305	2,2	199,7
20	15,5	16	90	1	94	52	320	28	320	2,2	199,6
25	19,3	18	90	2	94	50	315	28	315	2,2	199,5
30	14,3	15	88	0	92	53	320	28	320	2,2	199,1

4.2. Pembahasan

Data hasil penelitian tersebut diatas, kemudian kami lakukan perhitungan-perhitungan. Setelah dilakukan perhitungan-perhitungan mengenai daya kerja kompresor dari ketiga ukuran pipa kapiler yang berbeda yaitu yaitu 0,0107; 0,0137 dan 0,0163 m., maka didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 8. Hasil Perbandingan Daya Kerja Kompresor

Daya (Watt)	Daya Kerja Kompresor (KW)		
	0,42 inchi	0,54 inchi	0,64 inchi
0	0,3996	0,44594	0,42357
200	0,4221	0,46184	0,42189
400	0,44176	0,47952	0,37981
600	0,44418	0,44198	0,4034
800	0,44154	0,42168	0,37943
1000	0,43978	0,4477	0,38361

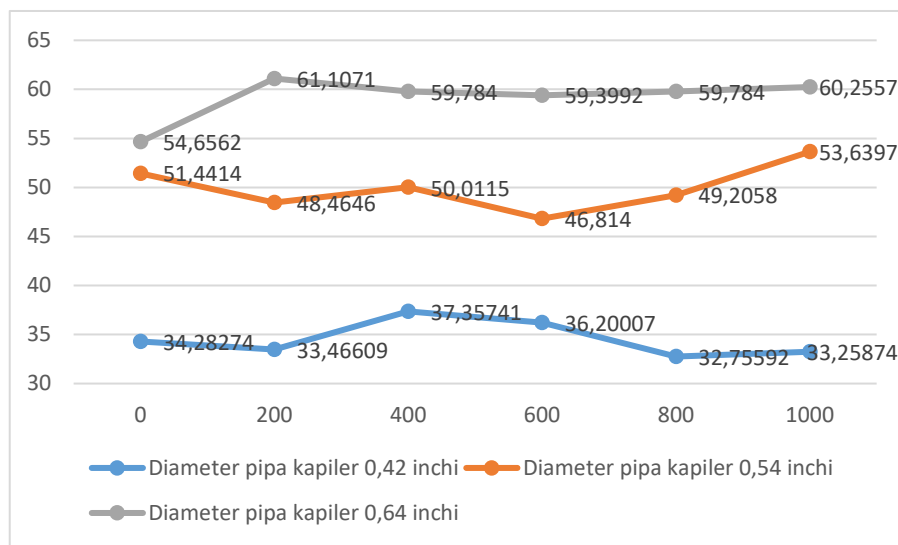


Gambar 3. Grafik korelasi Daya Kerja Kompresor dan Beban

Berdasarkan dari grafik tersebut diatas maka dapat dilihat hubungan antara daya kerja kompresor dan beban terhadap temperatur. Dengan menggunakan interval waktu 5 menit, terlihat adanya perubahan temperatur. Untuk diameter pipa kapiler 0,0107 meter dan beban lampu sebesar 600 watt menghasilkan daya kerja kompresor yang tertinggi, yaitu sebesar 0,44418 kg/s. Sedangkan daya kerja kompresor yang paling rendah diperoleh pada beban lampu 0 watt, yaitu sebesar 0,3996 kg/s. Kemudian hasil perhitungan COP dari ketiga ukuran pipa kapiler yang berbeda-beda, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 9. Hasil Perbandingan COP

Daya (Watt)	COP		
	0,42 inchi	0,54 inchi	0,64 inchi
0	34,28274	51,4414	54,6562
200	33,46609	48,4646	61,1071
400	37,35741	50,0115	59,784
600	36,20007	46,814	59,3992
800	32,75592	49,2058	59,784
1000	33,25874	53,6397	60,2557



Gambar 4. Grafik korelasi COP dan Beban

Berdasarkan dari grafik hubungan antara COP dengan beban lampu menunjukkan bahwa dengan menggunakan interval waktu 5 menit seperti pada data hasil pengujian, diperoleh adanya perubahan suhu atau temperatur. Untuk diameter pipa kapiler 0,0107 m dan beban lampu 400 watt menghasilkan COP yang tertinggi, yaitu sebesar 37,35741. Hasil COP yang paling rendah diperoleh pada beban lampu 800 watt, yaitu sebesar 32,75592. Dari hasil tersebut dapat ditarik kesimpulan, yaitu ada pengaruh antara besarnya diameter pipa kapiler dengan kerja dari kompresor. Semakin besar dari diameter pipa kapiler, maka akan semakin besar COP, hal ini disebabkan karena jika diameter pipa kapilernya besar, maka fluida dalam mengalir semakin besar, tekanan fluidanya menjadi rendah sehingga tingkat pengkabutan besar, sesuai dengan hasil penelitian lain, [12],[13]. Kemudian suhu di evaporator juga menjadi lebih rendah, akibatnya kerja dari mesin pendingin menjadi meningkat.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa data serta dari perhitungan-perhitungan yang dilakukan, maka dapat disimpulkan :

- COP yang terbaik diperoleh pada pipa kapiler dengan diameter 0,0163 m, daya lampu 200 watt yaitu sebesar 61,1071.
- Daya mesin pendingin yang terbaik diperoleh pada pipa kapiler dengan diameter 0,0163 m, daya lampu 800 watt yaitu sebesar 10,37943.

ITEKS**Intuisi Teknologi Dan Seni**

5.2 Saran

- a. Perlu adanya penelitian lanjutan pada instalasi unit *outdoor* lebih panjang dan banyak lekukan, agar mendapatkan hasil yang maksimal karena panjang pipa instalasi dapat mempengaruhi proses pendinginan dan juga banyaknya massa dari *refrigerant*.
- b. Parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian sebaiknya di kaji dan ditentukan terlebih dahulu guna mengurangi kesalahan dan waktu pada saat proses pengujian dan kesalahan yang ditimbulkan.

Referensi

- [1]. Afendi, Ahmad Arif., 2012, *Perhitungan Beban Pendinginan, Pemilihan Dan Pemasangan Air Conditioning Di Ruang Autocad*, Tugas Akhir UNDIP. Semarang.
- [2]. Eqwar Saputra dan Marwan Effendi, “*Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Beban, Waktu dan Temperatur Pendinginan Terhadap Coefficient Of Performance (COP) Pada Split Air Conditioner*”, Prosiding Simposium Nasional Rekayasa Aplikasi dan Perancangan Industri (RAPI) XVI Tahun 2017.
- [3] Stoecker, Wilbert F., Jerold W. J., “*Refrigerasi Dan Pengkondisian Udara*”. Alih bahasa Supratman Hara. Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga, 1996.
- [4] Utomo, Tri Pramito, 2017, *Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Udara Bebas diluar Ruangan Terhadap Kondisi Udara didalam Ruangan Pada Penggunaan 2 Unit AC Type Split*, Skripsi Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [5] Sugita, I Wayan, 2016, “*Studi Eksperimental Kinerja Pipa Kalor Fleksibel*”, Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ, Edisi terbit III– Oktober 2016 – hal.142 -148
- [6]. Susilowati, Sri Endah (2017), “*Penurunan Kinerja Kompresor Untuk Starting Engine di KM. Gunung Dempo*”. Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ, Edisi terbit I – April 2015.
- [7] Permana Andika (2019), *Pengaruh Panjang Pipa Kapiler Terhadap Karakteristik Water Chiller*. Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
- [8] Saefudin, (2010), *Rancang Bangun Dan Pengujian Model Kondensor Pipa Konsentrik Dengan Bahan Tube Tembaga Dan Stainless Steel Diameter 1 Inchi*, Skripsi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [9] Alimansyah Fazri, “*Analisa Karakteristik Katup Ekspansi Termostatik Dan Pipa Kapiler Pada Sistem Pendingin Water Chiller*”, JURNAL TEKNOLOGI TERPADU NO. 1 VOL. 4, hal 18-25, ISSN 2338 – 6649, 2016.
- [10] Moh. Ade Purwanto, “*Analisa Perubahan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Unjuk Kerja AC Split 1,5 PK*”. Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Pancasakti, Tegal, Volume 12 No. 1 April 2016.
- [11] Adi Subagia, Wayan, “*Pengaruh Variasi Diameter Pipa Kapiler Pada Siklus Temperatur Redah Terhadap Performansi Trainer Unit Sistem Refrigerasi Cascade*” JURNAL LOGIC. Vol. 16. No. 3. Nopember 2016.
- [12] Khairil Anwar, “*Efek Beban Pendingin Terhadap Performa Sistem Pendingin*”. Jurnal .Untad, SMARTek, 2010.
- [13] Helmi, Risza, “*Perbandingan COP pada Refrigeran dengan CFC R12 dan HC R134a*” Fakultas Industri, Jurusan Teknik Mesin” UNIVERSITAS GUNA DARMA, 2014.
- [14] Marthenia, Dani Febian 2007, *Perancangan Sistem Pengkondisian Udara Di Plaza Amabrukmo*, Tugas Akhir Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta
- [15] Thermodynamic Properties of “Freon”22 Refrigerant, tech. Bull. T22-SI, Du Pont de Nemours international S.A., Standard Reference Data Program, National Institute of Standards and Technology, Genava, 1998.
- [16] Saputra, Eqwar, *SudiI Eksperimental Pengaruh Variasi Beban, Waktu Dan Temperatur Pendinginan Terhadap Coefficient Of Performance (COP) Pada Split Air Conditioning*, Simposium Nasional RAPI XVI, ISSN 1412-9612, FT UMS – 2017.