

PENGARUH VARIASI PANJANG DAN DIAMETER PIPA KAPILER TERHADAP COP PADA TRAINER SISTEM PENDINGIN DASAR

Ozkar Firdausi Homzah¹, Hendradinata², Beta Akui²

¹Teknik Mesin, Universitas Tridnanti, Palembang 30139, Indonesia

²Teknik Pendingin dan Tata Udara, Politeknik Sekayu, Sekayu 30711, Indonesia

E-mail: ozkar_firdaus_unsri@yahoo.com

ABSTRAK

Sistem pendingin kompresi uap adalah sistem refrigerasi yang paling umum digunakan saat ini. Variasi beberapa komponen dapat dilakukan untuk memperbaiki koefisien dari prestasi kerja. Dalam hal ini, memvariasikan diameter pipa kapiler dengan menggunakan *refrigerant* R404A. Pipa kapiler yang divariasikan yaitu ukuran 0,026 dan 0,042 inch dengan masing – masing panjang 200 cm, 150 cm, 100 cm, dan 50 cm. Tujuan penelitian ini yaitu melakukan analisa *coefficient of performance* pada trainer dasar sistem Pendingin dan memberikan rekomendasi tentang diameter pipa kapiler dan panjang pipa kapiler yang efisien untuk digunakan. Metode yang digunakan meliputi 2 tahapan yaitu pemeriksaan trainer dasar pendingin dan pengujian kinerja trainer. Pada pemeriksaan trainer dasar sistem pendingin yaitu melakukan pergantian pipa kapiler dan melakukan pengecekan kebocoran pada sistem, pada tahap pengujian kinerja trainer yaitu pengujian dilakukan 60 menit dengan pengambilan data masing – masing 5 menit dan melakukan analisa dari data tersebut. Perubahan panjang pipa kapiler berpengaruh terhadap kapasitas pendinginan dan *coefficient of performance* trainer. Dapat dianalisis dari perbandingan nilai rata – rata bahwa penurunan daya kompressor, kapasitas pendinginan di evaporator, *coefficient of performance* (COP) dan efisiensi pada trainer dasar sistem pendingin dengan perubahan panjang dan diameter pipa kapiler, mendapat hasil yaitu pipa kapiler 0,042 inch dengan panjang 100 centimeter dimana nilai kerja kompressor (Q_w) sebesar 39,124 kJ/kg, nilai kapasitas pendinginan (Q_e) sebesar 114,232 kJ/kg, COP_a sebesar 2,91, COP_c sebesar 4,39 (η) 66%.

Kata Kunci : Sistem pendingin, Siklus Kompresi Uap, *Coeffisient of Performance*, Q_w , Q_e , COP_{actual} , COP_{carnot} , Efisiensi (η).

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Dalam kehidupan manusia sekarang ini, tidak lepas dari suatu peran perangkat pendingin atau pengawet makanan yang merupakan alat pengkondisian udara (*Air Conditioning*), baik itu pada bidang industri, rumah tangga, pertambangan, komersial. Adanya peningkatan temperatur di bumi (*Global Warming*) membuat kenyamanan yang diinginkan manusia tidak terpenuhi, terutama pada daerah tropis. Dari berbagai macam jenis penggunaan di atas maka sistem pendinginan sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Semakin berkembangnya teknologi seharusnya faktor keamanan, nyaman, dan keselamatan manusia menjadi suatu prioritas, serta tidak melupakan aspek dari lingkungan yang menjadi sasaran utamanya (Dossat,R.J. 1981).

Trainer dasar sistem pendingin merupakan sistem Refrigerasi yaitu siklus pendinginan, yang dimana terjadi perpindahan kalor secara terus-menerus dari tempat yang dikondisikan ke tempat yang tidak dikondisikan (*inside to outside*) sehingga mencapai suhu yang diinginkan, dengan kata lain dapat diartikan sebagai proses pelepasan kalor dari suatu benda didalam ruangan dengan

tujuan sebagai penyimpanan ataupun pengawetan suatu bahan makanan. (Rex., Miller., 2006)

Variasi beberapa komponen dapat dilakukan untuk memperbaiki koefisien dari prestasi kerja mesin pendingin. Dalam hal ini, dengan memvariasikan panjang pipa kapiler dan diameter yang berbeda menggunakan refrigeran R404A diharapkan dapat memberikan rekomendasi penggunaan diameter dan panjang pipa kapiler yang efisien pada mesin pendingin . Pipa kapiler memiliki fungsi untuk menurunkan tekanan dan mengatur jumlah refrigerant cair yang mengalir di dalamnya. Pipa kapiler terdiri dari berbagai macam ukuran yang diukur bagian diameter dalam ID (*inside diameter*) dari pipa (Whitman ., William, C ., Dkk., 2009). Performa kerja mesin pendingin yang maksimal, dipengaruhi oleh banyak hal. Pemilihan diameter pipa kapiler yang digunakan adalah salah satunya. Karena, pipa kapiler berdasarkan fungsinya merupakan komponen yang memiliki peranan penting pada mesin pendingin.

1.2. Tujuan Penelitian

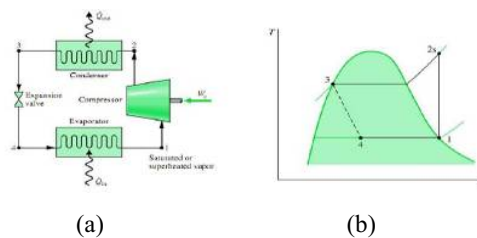
Tujuan penelitian ini adalah:

1. Melakukan analisa *Coeffisient of Performance* Pada Trainer Dasar Sistem Pendingin.

2. Memberikan rekomendasi tentang diameter pipa kapiler dan panjang pipa kapiler yang efisien untuk digunakan pada mesin pendingin yang telah diuji.

2. Tinjauan Pustaka

Sistem pendingin kompresi uap adalah sistem refrigerasi yang paling umum digunakan saat ini. Pada Gambar (a): Fluida kerja dikompresikan didalam kompresor dari tingkat keadaan 1 ke tingkat keadaan 2, pada tekanan tinggi ini fluida kerja ini diembunkan di dalam kondensor ke tingkat keadaan 3 dan kemudian diekspansikan dengan katup ekspansi ke tingkat keadaan 4 dan berevaporasi di dalam evaporator kembali ke tingkat keadaan 1. (Moran M.J. & Shapiro.H.N, 2006)



Gambar 1 (a) siklus kompresi uap; (b) Diagram T-S kompresi uap (Moran M.J. & Shapiro.H.N, 2006)

Cara Kerja Siklus Kompresi Uap (Dossat, R. J.1981) :

1. Proses 1-2 ; Proses kompresi

Proses ini terjadi di kompresor dimana uap refrigeran dengan tekanan dan temperatur rendah yang masuk ke kompresor melalui suction line dikompresi didalam silinder kompresor sehingga temperatur dan tekanan uap refrigeran yang keluar dari kompresor melalui discharge line mengalami kenaikan. Proses yang terjadi didalam kompresor diasumsikan sebagai proses isentropic dan besarnya kerja kompresi dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$q_w = (h_2 - h_1) \dots \dots \dots (1)$$

dengan

q_w = Besarnya kerja kompresi (kJ/kg)

h_1 = Enthalpy refrigeran saat masuk kompresor (kJ/kg)

h_2 = Enthalpy refrigeran saat keluar kompresor (kJ/kg)

2. Proses 2-3 ; Proses kondensasi

Proses ini terjadi dikondensor dimana uap refrigeran bertemperatur dan bertekanan tinggi yang masuk ke kondensor melalui discharge line dikondensasikan didalam kondensor sehingga refrigeran yang keluar dari kondensor diharapkan berubah fasa dari fasa uap ke fasa cair. Besarnya kalor yang dilepas di kondensor dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$q_c = (h_2 - h_3) \dots \dots \dots (2)$$

dengan :

q_c = Besarnya kalor yang dipindahkan kondensor (kJ/kg)

h_2 = Enthalpy refrigeran saat masuk kondensor (kJ/kg)

h_3 = Enthalpy refrigeran saat keluar kondensor (kJ/kg)

3. Proses 3-4 ; Proses ekspansi

Proses ini terjadi di alat ekspansi dimana refrigeran cair yang berasal dari kondensor di ekspansi sehingga temperatur dan tekanan refrigeran yang keluar dari alat ekspansi turun drastis dan selanjutnya masuk evaporator untuk menyerap kalor dari ruangan atau media yang hendak didinginkan.

4. Proses 4-1 ; Proses evaporasi

Proses ini terjadi di evaporator dimana refrigeran cair yang masuk ke evaporator menyerap kalor dari ruangan atau media yang hendak didinginkan dengan adanya penyerapan kalor tersebut maka refrigeran diharapkan berubah fasa dari fasa cair menjadi fasa uap jenuh (saturasi). Besarnya kalor yang diserap oleh refrigeran di evaporator dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$q_e = (h_1 - h_4) \dots \dots \dots (3)$$

dengan

q_e = Besarnya kalor yang dibuang kondensor (kJ/kg)

h_1 = Enthalpy refrigeran saat masuk evaporator (kJ/kg)

h_4 = Enthalpy refrigeran saat keluar evaporator (kJ/kg)

2.1 Komponen Utama Trainer Dasar Sistem Pendingin

Komponen utama yang digunakan pada Trainer Dasar Sistem Pendingin ini yaitu tidak jauh berbeda dengan komponen utama sistem refrigerasi pada alat refrigerasi pada umumnya. Komponen tersebut terdiri dari:

1) Kompresor

Kompresor adalah suatu alat mekanis yang bertugas untuk mengisap uap refrigeran dari evaporator, kemudian menekannya (mengompres) dengan suhu dan tekanan uap menjadi lebih tinggi. Sistem kerjanya adalah dengan mengubah tekanan sehingga berpindah dari sisi bertekanan tinggi ke sisi bertekanan rendah. Semakin tinggi temperatur yang dipompakan semakin besar tenaga yang dikeluarkan. Kompresor pada sistem refrigerasi gunanya untuk :

- a. Menurunkan tekanan di dalam evaporator, sehingga refrigeran cair di dalam evaporator dapat mendidih / menguap pada suhu yang lebih rendah dan menyerap panas lebih banyak dari ruang didekat evaporator.
- b. Menghisap refrigeran gas dari evaporator dengan suhu rendah dan tekanan rendah lalu

memampatkan gas tersebut sehingga menjadi gas suhu tinggi dan tekanan tinggi. Kemudian mengalirkannya ke kondensor, sehingga gas tersebut dapat memberikan panasnya kepada media pendingin kondensor lalu mengembun. (Trott, A.R., Welch, T. 2000).



Gambar 2 Kompresor

2) Kondensor

Kondensor bertugas untuk menguapkan refrigeran dengan cara melepaskan kalor uap refrigeran tersebut disekelilingnya. Kondensor adalah alat untuk membuat kondensasi bahan pendingin dari kompresor dengan suhu tinggi dan tekanan rendah. Bahan pendingin di dalam kondensor dapat mengeluarkan kalor yang diserap evaporator dan panas yang ditambahkan oleh kompresor. Kondensor berfungsi untuk membuang kalor dan mengubah wujud bahan pendingin dari gas menjadi cair. Kondensor diletakkan antara kompresor dan alat pengatur bahan pendingin, yaitu pada sisi tekanan tinggi dari sistem. Kondensor ditempatkan di luar ruangan yang sedang didinginkan agar dapat membuang panasnya ke luar, kepada zat yang mendinginkannya. (Trott, A.R., Welch, T. 2000)



Gambar 3 Kondensor

3) Pipa Kapiler

Komponen ini berfungsi mengkondisikan cairan refrigeran dalam tekanan rendah ke evaporator sesuai dengan kebutuhan. Pada alat ekspansi terjadi proses penurunan tekanan refrigeran dan mengatur jumlah aliran refrigeran cair yang mengalir melalui ekspansi sesuai kebutuhan evaporator. Pipa kapiler berkerja berdasarkan atas (Whitman, William, C., Dkk., 2009):

- a. Perubahan tekanan
- b. Perubahan suhu
- c. Perubahan wujud refrigeran
- d. Gabungan dan perubahan tekanan, suhu dan volume refrigeran.



Gambar 4 pipa kapiler

4) Evaporator

Evaporator atau sering juga disebut boiler, freezer, froster, cooling coil, chilling unit, dan lain-lain. Fungsi dari evaporator adalah untuk menyerap panas dari udara atau benda didalam mesin pendingin dan mendinginkannya, kemudian membuang kalor tersebut melalui kondensor di ruang yang tidak didinginkan. Evaporator fungsinya kebalikan dari kondensor, yaitu tidak membuang panas keudara sekitarnya, tetapi untuk mengambil panas dari udara didekatnya. Kondensor ditempatkan di luar ruangan yang sedang didinginkan, sedangkan evaporator ditempatkan di dalam ruangan yang sedang didinginkan. Kondensor terletak pada sisi tekanan tinggi, yaitu di antara kompresor dan alat pengatur bahan pendingin dan kompresor. Evaporator dibuat dari bermacam-macam logam, tergantung dari refrigeran yang dipakai dan pemakaiannya dari evaporator sendiri. Logam yang banyak dipakai: besi, baja, tembaga, kuningan dan aluminium. (Trott, A.R., Welch, T. 2000)



Gambar 5 Evaporator

5) Refrigeran

Association Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineer (ASHRAE, 2005) mendefinisikan refrigeran adalah zat yang mengalir dalam mesin pendingin (mesin refrigerasi atau mesin pengkondisian udara/AC). Refrigeran merupakan komponen terpenting siklus refrigerasi karena dialah yang menimbulkan efek pendinginan dan pemanasan pada mesin pendinginan. Zat ini berfungsi untuk menyerap panas dari benda/media yang didinginkan dan membawanya, kemudian membuang panas tersebut ke udara luar atau ke atmosfer. Mengelompokkan jenis-jenis refrigeran menjadi refrigeran sintetik dan refrigeran alami.

HFC-404A merupakan campuran dari HFC-125 / HFC-143a / HFC-134a (44/52/4) dari nol penipisan ozon dan GWP 0,94, dengan klasifikasi

keamanan A1 / A1 (A1 toksisitas rendah dan tidak ada propagasi api). Ini adalah refrigerant alternatif jangka panjang untuk CFC-502 dan CFC-12 baik di sistem pendingin suhu rendah. HFC-404A memiliki luncur suhu 0,9 °F (0,5 °C) selama penguapan dan meluncur suhu 0,6 °F (0,33 °C) selama kondensasi. Snelson et al. (1995) Refrigeran R404a pada umumnya digunakan pada temperatur menengah dan temperatur rendah dalam ruang lingkup comersial refrigerasi, dengan menggunakan oli jenis POE (Polyol Ester). Pada Aplikasi R404a pada dunia refrigerasi adalah untuk cold storage, supermarket, ice mein. (Wang, S.K. 1993).



Gambar 6 Tabung R404 A

2.1 Pengukuran Efisiensi Refrigerasi

1. COP_{actual} or COP for Cooling

$$COP_a = \frac{h_{1g} - h_{1f}}{h_{2g} - h_{2f}} \dots\dots\dots (4)(Arora, C.P., 2009)$$

Keterangan:

$$COP_a = COP_{actual}$$

h_{1g} = Entalpi refrigeran pada temperatur dan tekanan suction (kJ/kg)

h_{2g} = Entalpi refrigeran pada temperatur dan tekanan discharge (kJ/kg)

h_{1f} = Entalpi refrigeran pada temperatur keluaran kondensor dan tekanan discharge (kJ/kg)

h_{2f} = Entalpi refrigeran pada temperatur keluaran pipa kapiler dan tekanan suction (kJ/kg)

2. COP_{carnot}

$$COP_c = \frac{T_{1g}}{T_{1g} - T_{1f}} \dots\dots\dots (5) (Arora, C.P., 2009)$$

Keterangan:

$$COP_c = COP_{carnot}$$

T_{1g} = Temperatur Evaporasi (°K)

T_{1f} = Temperatur Evaporasi (°C)

T_{1g} = Temperatur Kondensasi (°C)

3. Efisiensi refrigerasi (η_{ref}):

$$\eta_{ref} = \frac{COP_{actual}}{COP_{carnot}} \dots\dots\dots (6)(Arora, C.P., 2009)$$

Keterangan:

η_{ref} = efisiensi refrigerasi (%)

3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan meliputi 2 tahapan yaitu pemeriksaan trainer dasar pendingin dan pengujian kinerja trainer. Pada pemeriksaan trainer dasar sistem pendingin yaitu melakukan pergantian pipa kapiler dan melakukan pengecekan kebocoran pada sistem, pada tahap pengujian kinerja trainer yaitu pengujian dilakukan 60 menit dengan pengambilan data masing – masing 5 menit dan melakukan analisa dari data tersebut.

3.1. Diskripsi Perangkat Uji



Gambar 7 Alat setelah dilakukan modifikasi

Komponen perangkat uji:

- 1) Seperangkat Mesin Trainer Dasar Sistem Pendingin
- 2) Refrigeran R404a
- 3) Pipa kapiler diameter 0,026 dan 0,042 inch dengan panjang masing – masing 200 cm
- 4) Alat-alat ukur: termometer, tang ampere, pressure gauge.

3.2. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian terdiri dari langkah persiapan dan langkah pengujian/pengambilan data. Langkah persiapan meliputi perakitan/setting instalasi uji, pemvakuman, pengisian refrigeran dan tes kebocoran.

Langkah pengujian/pengambilan data dilakukan selama 60 menit. Semua data dicatat pada lembaran data. Pengambilan data dilakukan sebanyak 12 (dua belas) kali dengan interval waktu 5 menit untuk satu pengujian pipa kapiler. Metode Penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Metode Litelatur yaitu dengan mempelajari literatur dari jurnal Ilmiah baik nasional maupun internasional sebagai bahan informasi untuk menyelesaikan penelitian.

2. Metode Observasi Langsung yaitu dengan cara meneliti langsung alat yang digunakan untuk mendapatkan data data yang diperlukan.

3.2. Bahan Penelitian

Bahan Untuk Penelitian ini menggunakan : Refrigeran R404a sebagai Fluida Kerja Sistem.

3.3 Alat Penelitian

Alat yang dipakai dalam penelitian ini adalah Mesin Trainer Dasar Sistem Pendingin.



Gambar 8. Pengujian Mesin Pendingin

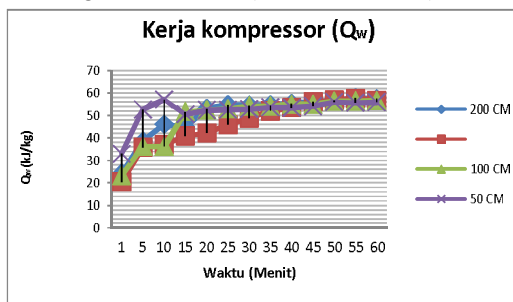
3.4 Jadwal Penelitian:

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Refrigerasi Politeknik Sekayu pada bulan Juni 2017.

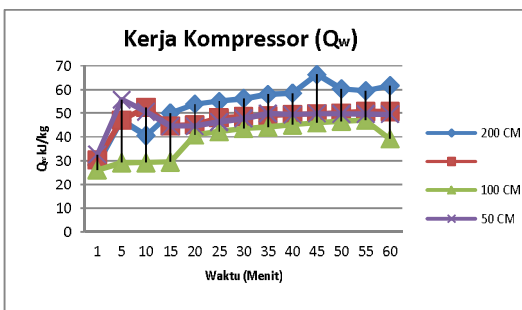
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Perbandingan Kerja Kompresor (Q_w)

Berikut hasil perbandingan Kerja Kompresor mesin refrigerasi yang diuji dengan berbagai ekspansi (pipa kapiler) selama 60 menit dengan pengambilan data masing – masing 5 menit terhitung mulai menit 0 (Gambar 9 dan 10)



Gambar 9. Perbandingan Kerja Kompresor (Q_w) pada Pipa Kapiler berukuran 0,026 Inch

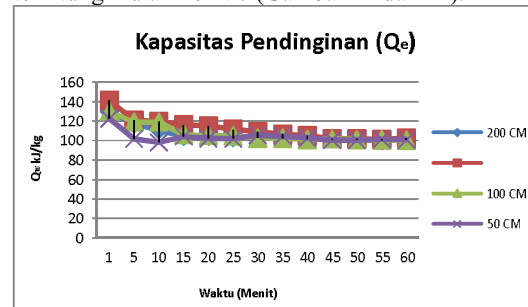


Gambar 10. Perbandingan Kerja Kompresor (Q_w) pada Pipa Kapiler berukuran 0,042 Inch

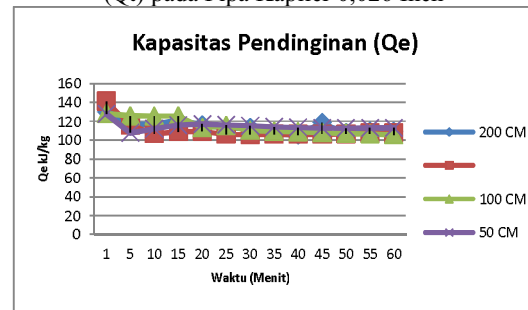
Gambar 9 dan gambar 10 menunjukkan bahwa pada beberapa pengujian awal yang menggunakan Pipa Kapiler dengan diameter 0,026 in dan panjang 200 centimeter dan Pipa Kapiler dengan diameter 0,042 in dan panjang 200 centimeter terlihat kerja kompresornya relatif konstan dengan pengujian kedua dan ketiga dari menit awal pengambilan data hingga menit akhir. Sedangkan pada penggunaan pipa kapiler 0,026 in dengan panjang 50 centimeter dan pipa kapiler 0,042 in dengan panjang 50 centimeter memiliki nilai kerja kompresor yang sama dan lebih rendah dari pada pengujian pertama sampai keenam. Pada gambar 9 dan gambar 10 Terlihat nilai kerja kompresor pada pengujian pertama yaitu rata-rata sebesar 50,343 kJ/kg, pengujian kedua 53,482kJ/kg dan pengujian ketiga 46,241 kJ/kg, pengujian keempat 51,258 kJ/kg, pengujian kelima 49,297 kJ/kg, pengujian keenam 39,124 kJ/kg, pengujian ketujuh 52,297 kJ/kg, dan pengujian kedelapan 47,408 kJ/kg.

4.2. Perbandingan Kapasitas Pendinginan (Q_e)

Berikut hasil perbandingan Kerja Kompresor mesin refrigerasi yang diuji dengan berbagai ekspansi (pipa kapiler) selama 60 menit dengan pengambilan data masing – masing 5 menit terhitung mulai menit 0 (Gambar 11 dan 12).



Gambar 11. Perbandingan Kapasitas Pendinginan (Q_e) pada Pipa Kapiler 0,026 Inch



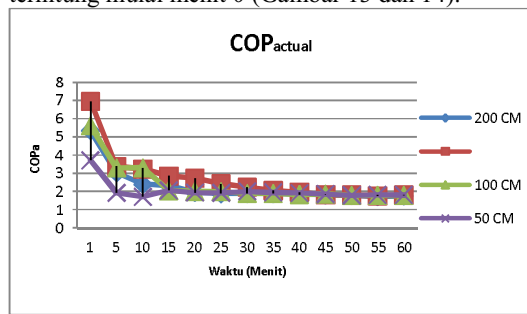
Gambar 12. Perbandingan Kapasitas Pendinginan (Q_e) pada Pipa Kapiler 0,042 Inch

Gambar 11 dan gambar 12 menunjukkan bahwa pada pengujian kedua , pengujian ketiga dan pengujian keenam yang menggunakan Pipa Kapiler dengan diameter 0,042 in dengan panjang 200 centimeter pada pengujian kedua, Pipa Kapiler dengan diameter 0,026 in dengan panjang 150

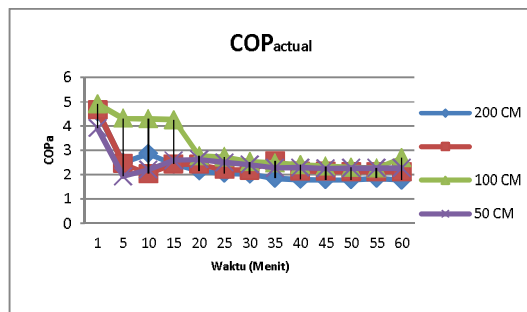
centimeter pada pengujian ketiga, dan Pipa Kapiler dengan diameter 0,042 in dengan panjang 100 centimeter pada pengujian keenam terlihat memiliki peningkatan kapasitas pendinginan. Sedangkan pada pengujian lainnya hampir memiliki nilai kapasitas pendinginan yang sama. Pada gambar 11 dan gambar 12 Terlihat nilai kapasitas pendinginan pada pengujian pertama yaitu rata-rata sebesar 106,387, pengujian kedua 114,482 kJ/kg, pengujian ketiga 111,797 kJ/kg, pengujian keempat 106,512 kJ/kg, pengujian kelima 107,304 kJ/kg, pengujian keenam 114,232, pengujian ketujuh 103,584, dan pengujian kedelapan 114,704 kJ/kg.

4.3. Perbandingan Coefficient Of Performance (COP)

Berikut hasil perbandingan Kerja Kompresor mesin refrigerasi yang diuji dengan berbagai ekspansi (pipa kapiler) selama 60 menit dengan pengambilan data masing – masing 5 menit terhitung mulai menit 0 (Gambar 13 dan 14).



Gambar 13. Perbandingan COPa pada Pipa Kapiler 0,026 Inch

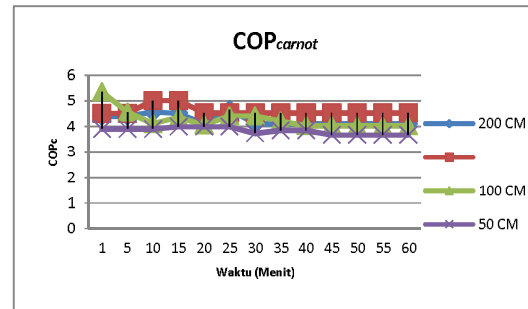


Gambar 14 Perbandingan COPa pada Pipa Kapiler 0,042 Inch

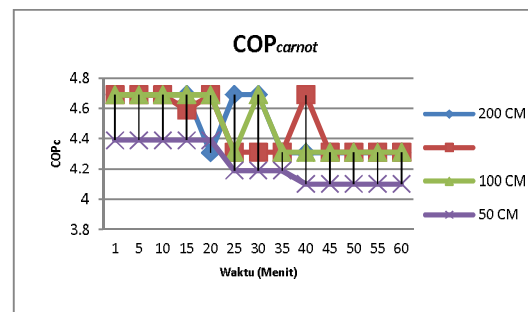
Gambar 13 dan gambar 14 menunjukkan bahwa pada pengujian awal masing – masing Pipa Kapiler memiliki nilai kinerja (COP) yang tinggi kemudian masing – masing pipa kapiler mengalami penurunan nilai kinerja (COP). Pada gambar 13 dan gambar 14 Terlihat nilai kinerja (COP) pada pengujian pertama yaitu rata-rata sebesar 2,11, pengujian kedua 2,13 dan pengujian ketiga 2,40, pengujian keempat 2,07, pengujian kelima 2,17 , pengujian keenam 2,91, pengujian ketujuh 1,98, dan pengujian kedelapan 2,40.

4.4 Perbandingan Coefficient of Performance (COP_{carnot})

Berikut hasil perbandingan Kerja Kompresor mesin refrigerasi yang diuji dengan berbagai ekspansi (pipa kapiler) selama 60 menit dengan pengambilan data masing – masing 5 menit terhitung mulai menit 0 (Gambar 15 dan 16).



Gambar 15. Perbandingan COPc pada Pipa kapiler 0,026 inch

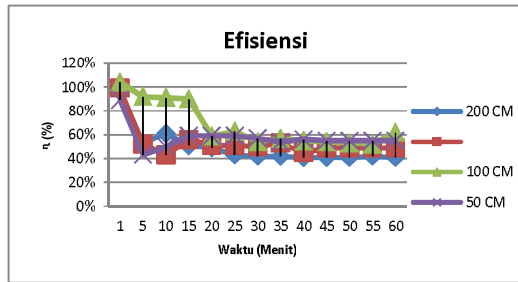


Gambar 16. Perbandingan COPc pada Pipa kapiler 0,042 inch

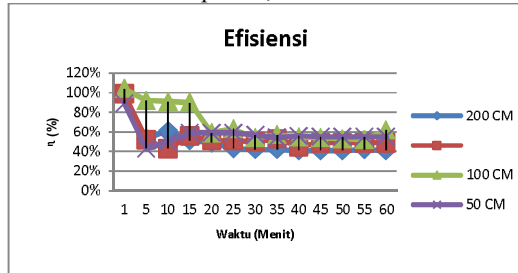
Gambar 15 dan gambar 16 menunjukkan bahwa pada pengujian awal sampai akhir masing – masing Pipa Kapiler memiliki nilai kinerja (COP) yang relatif konstan tidak menunjukkan perbedaan yang terlalu besar. Pada gambar 15 dan 16 Terlihat nilai kinerja (COP) pada pengujian pertama yaitu rata-rata sebesar 4,60, pengujian kedua 4,77, pengujian ketiga 5,50, pengujian keempat 4,57, pengujian kelima 4,20, pengujian keenam 4,39, pengujian ketujuh 4,05, dan pengujian kedelapan 4,37.

4.5 Perbandingan Efisiensi

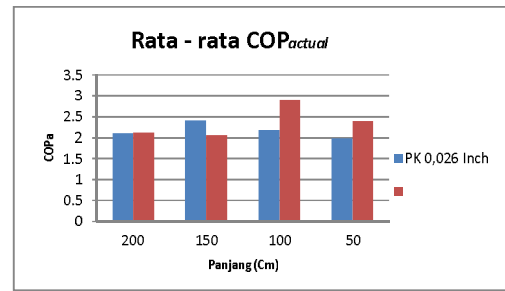
Berikut hasil perbandingan Kerja Kompresor mesin refrigerasi yang diuji dengan berbagai ekspansi (pipa kapiler) selama 60 menit dengan pengambilan data masing – masing 5 menit terhitung mulai menit 0 (Gambar 17 dan 18).



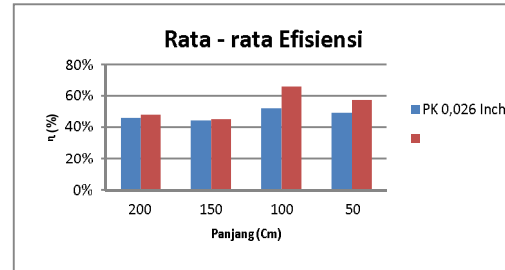
Gambar 17. Perbandingan Efisiensi pada pipa kapiler 0,026 inch



Gambar 18. Perbandingan Efisiensi pada pipa kapiler 0,042 inch



Gambar 19. Perbandingan nilai rata – rata COPactual



Gambar 20 .Perbandingan nilai rata – rata Efisiensi

Gambar 17 dan gambar 18 menunjukkan bahwa pada pengujian awal masing – masing Pipa Kapiler memiliki nilai efisiensi yang tinggi kemudian masing – masing pipa kapiler mengalami penurunan nilai efisiensi. Pada gambar 17 dan gambar 18 Terlihat nilai Efisiensi pada pengujian pertama yaitu rata-rata sebesar 46%, pengujian kedua 47%, pengujian ketiga 43%, pengujian keempat 45%, pengujian kelima 51, pengujian keenam 66%, pengujian ketujuh 48%, dan pengujian kedelapan 54%.

4.6 Perbandingan Nilai Rata – rata

Berikut hasil perbandingan nilai rata – rata dari mesin refrigerasi yang diuji dengan berbagai ekspansi (pipa kapiler) selama 60 menit dengan pengambilan data maing - masing 5 menit terhitung mulai menit 0 (Gambar 19 dan 4.20).

Tabel 1 Perbandingan Nilai Rata – rata Diameter (Inch) Panjang (Cm) Nilai Rata – rata

Diameter (Inch)	Panjang (Cm)	Nilai Rata – rata				
		Qe	Qw	COPa	COPc	Efisiensi
0,026	200	106,386	50,343	2,11	4,6	46 %
	150	111,799	46,421	2,41	5,5	44 %
	100	107,3041	49,296	2,18	4,2	52 %
	50	103,583	52,296	1,98	4,05	49 %
0,042	200	114	53,481	2,13	4,39	48 %
	150	106,512	51,258	2,07	4,57	45 %
	100	114,232	39,125	2,91	4,39	66 %
	50	114,704	47,708	2,40	4,19	57 %

4.7 Pipa Kapiler Optimum

Dari uraian di atas dapat dianalisis bahwa penurunan daya kompresor, daya pendinginan di evaporator, *coefficient of performance* (COP) dan nilai Efisiensi pada kinerja Trainer Sistem Pendingin dengan perubahan panjang dan diameter pipa kapiler, memiliki nilai terbaik pada pipa kapiler dengan panjang 100 centimeter berdiameter 0,042 inch.

5 Kesimpulan

Penarikan kesimpulan berdasarkan analisa terhadap hasil pegujian alat. Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Perubahan panjang pipa kapiler berpengaruh terhadap kapasitas pendinginan dan *Coefisien of Performance* Trainer.
2. Dapat dianalisis dari perbandingan nilai rata – rata bahwa penurunan daya kompresor, kapasitas pendinginan di evaporator, *coefficient of performance* (COP) dan Efisiensi pada Trainer Dasar Sistem Pendingin dengan perubahan panjang dan diameter pipa kapiler, mendapatkan hasil yaitu pada pipa kapiler 0,042 inch dengan panjang 100 centimeter nilai kerja kompresor sebesar 39,124 kJ/kg, Kapasitas pendinginan sebesar 114,232 kJ/kg, COPa sebesar 2,91, COPc sebesar 4,39.
3. Berdasarkan data yang diperoleh dan hasil analisa Trainer Sistem Pendingin lebih Efisien kinerjanya apabila menggunakan Pipa Kapiler dengan Panjang 100 cm untuk diameter pipa kapiler 0,042 inch memiliki nilai Efisiensi sebesar 66%.

DAFTAR PUSTAKA

- Arora. C.P. 2009. *Refrigeration and Air Conditioning 3rd Edition*. New Delhi: McGraw-Hill Education
- ASHRAE. 2005. *Fundamentals Handbook Refrigeration And Air Conditiong (SI), chapter 19 Refrigerant*. United State of America.
- Dossat, R. J. 1981. *Principles of Refrigeration*. John Wiley and Sons, Inc. Toppan Company, Ltd. Tokyo Japan
- Rex., Miller., 2006., *HVAC Troubleshooting Guide,,* New York : The McGraw-Hill Companies Inc
- Moran,M. J., Shapiro,H. N. 2006. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics 5th Edition* (Moran & Shapiro). England.
- Trott, A.R ., Welch, T. 2000. "*Refrigeration And Air Conditiong*". New York : Butterworth Heineman.
- Wang, S.K. 1993. *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration*. New York: McGraw-Hill inc.
- Whitman ., William, C., Dkk. 2009. *Refrigeration and Air Conditioning Technology*. New York: McGraw-Hill inc.