



MEKANIKA - JURNAL TEKNIK MESIN

Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Volume 9 No. 2 (2023)

ISSN: 2460-3384 (p); 2686-3693 (e)

STUDI EKSPERIMEN PENGARUH VARIASI PANJANG PIPA KAPILER TERHADAP KARAKTERISTIK DAN PERFORMANSI MESIN PENDINGIN AC SPLIT R-22

Royyan Firdaus, Moch. Rifan Fatchurahman, Marcelino Chandra Sakti.

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia

email: royyanf@untag.sby.ac.id

ABSTRAK

Sebagai negara beriklim tropis, Indonesia memiliki beberapa dampak pada lingkungan dan kehidupan masyarakat. Hal ini membuat penggunaan mesin pendingin sangat penting di Indonesia, terutama di kawasan perkotaan padat penduduk. Sehingga peneliti akan merancang sebuah mesin pendingin AC split R-22 dan menganalisa pengaruh panjang pipa kapiler terhadap karakteristik dan performansi mesin pendingin bertujuan untuk memperoleh variasi terbaik. Metodologi yang digunakan meliputi pembuatan mesin pendingin, pengambilan data, dan analisa. Variasi yang digunakan adalah pipa kapiler dengan panjang 0,5 ; 1 ; 1,5 meter Hasil analisa didapatkan kesimpulan bahwa pada variasi menggunakan pipa kapiler dengan panjang 0,5 meter menghasilkan nilai laju aliran massa refrigeran yang lebih besar dari variasi lainnya, yaitu 0,018 kg/s, dan menghasilkan COP_{aktual} lebih besar yaitu 6,1.

Kata kunci : Coefficient Of Performance, Laju Aliran Massa, Mesin Pendingin, Pipa Kapiler.

ABSTRACT

As a country with a tropical climate, Indonesia has several impacts on the environment and people's lives. This makes the use of cooling machines very important in Indonesia, especially in densely populated urban areas. So the researchers will design an R-22 split AC cooling machine and analyze the effect of capillary pipe length on the characteristics and performance of the cooling machine with the aim of obtaining the best variation. The methodology used includes building a cooling machine, data collection and analysis. The variation used is a capillary tube with a length of 0.5; 1; 1.5 meters. The results of the analysis concluded that the variation using a capillary pipe with a length of 0.5 meters produced a refrigerant mass flow rate value that was greater than the other variations, namely 0.018 kg/s, and produced a greater COP_{actual}, namely 6.1.

Keywords : Capillary Tube, Coefficient Of Performance, Cooling Machine, Mass Flow Rate.

PENDAHULUAN

Sebagai negara beriklim tropis, Indonesia memiliki beberapa dampak pada lingkungan dan kehidupan masyarakat. Hal ini membuat penggunaan mesin pendingin sangat penting di Indonesia, terutama di kawasan perkotaan padat penduduk. Pada suhu tinggi yang konstan dapat mempengaruhi masyarakat dalam berkehidupan. Sehingga membutuhkan sistem pendingin atau refrigerasi yang efisien.

Dengan meningkatnya permintaan atas persediaan mesin pendingin seperti AC, para produsen berlomba-lomba meningkatkan kualitas mesin pendinginnya menjadi lebih baik lagi. Pada

umumnya, masyarakat menginginkan mesin pendingin atau AC dengan sistem yang dingin, daya yang tidak besar, dan harga yang terjangkau. Beberapa cara dilakukan agar mesin pendingin bisa lebih efisien, yaitu dengan membedakan jenis refrigeran, merubah daya kompresor yang digunakan, merubah putaran kipas kondensor, dan merubah katup ekspansi. Teknologi pada mesin pendingin harus terus dikembangkan agar mencapai efisiensi yang maksimal. Untuk mencapai hal tersebut perlu penyesuaian dan modifikasi dari beberapa komponen mesin pendingin yaitu katup ekspansi dan putaran kipas kondensor. Pada penelitian ini, penulis mencoba dengan cara memodifikasi komponen AC split dengan memvariasikan pada komponen katup ekspansi dengan menggunakan pipa kapiler, kemudian akan dibandingkan unjuk kerjanya. Unjuk kinerja di sini didefinisikan sebagai *Coefficient Of Performance (COP)*.

LANDASAN TEORI

AC (Air Conditioning)

Pendingin udara atau yang dapat dikatakan pula AC (*Air Conditioning*) ini merupakan perangkat yang dirancang dan digunakan untuk menciptakan keadaan udara yang sejuk di dalam suatu ruangan, dengan mengatur temperature, kelembaban, sirkulasi udara dan tingkat kebersihan udara. Apabila temperatur ruangan terasa panas, maka AC dapat digunakan untuk mendinginkan ruangan tersebut.

Proses pendinginan tersebut merupakan proses kondensasi yang disebabkan adanya perbedaan temperatur udara dan pendingin AC sehingga akan mengkondensasikan refrigeran bertekanan tinggi dari kompresor yang berasal dari kandungan air yang terdapat pada udara, karena proses kondensasi ini yang menyebabkan kelembaban disuatu ruangan menurun dan temperatur ruangan menjadi dingin.

Komponen Sistem Refrigerasi

Komponen utama sistem refrigerasi adalah:

Kompresor

Kompresor adalah jantung dari sistem refrigerasi. Kompresor merupakan alat yang digunakan untuk meningkatkan tekanan fluida pada sistem refrigerasi, maka dapat mengalirkan fluida dari satu bagian ke bagian yang lain. Fungsi dari kompresor ini sebagai pengubah refrigeran yang keluar dari evaporator dengan tekanan dan temperatur yang rendah menjadi bertekanan dan temperatur yang lebih tinggi. Kompresor mesin pendingin modern menggunakan jenis tertutup, baik itu kompresor tipe rotary (berputar) maupun reciprocating (langkah bolak-balik). Perbedaan dari dua tipe kompresor tersebut adalah pada tipe terbuka motor dihubungkan menggunakan ban atau kopling. Sedangkan pada tipe tertutup motor dihubungkan langsung pada poros.

Kondensor

Kondensor merupakan alat untuk mengubah uap bertekanan tinggi dari kompresor menjadi cair yang dapat digunakan kembali pada siklus pendinginan. Pemipaan yang menghubungkan antara kompresor dengan kondensor disebut saluran buang (*discharge line*). Dengan demikian, pada kondensor terjadi perubahan fasa uap ke cair ini selalu disertai dengan pembuangan kalor ke lingkungan.

Katup Ekspansi

Fungsi katup ekspansi yaitu menurunkan temperature dan tekanan refrigeran cair yang bertekanan dan temperaturnya tinggi dan katup ekspansi ini mengatur aliran refrigeran dalam fasa cair dari tekanan kondensasi menuju tekanan evaporasi dengan cara meninjeksikan refrigeran berfasa cair keluar melalui *orifice*. Sehingga fasa refrigeran mengalami perubahan menjadi uap dengan penurunan tekanan dan suhu. Berikut ini katup ekspansi yang digunakan oleh peneliti:

Evaporator

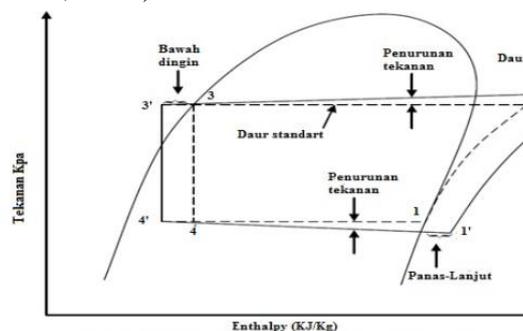
Evaporator merupakan komponen berbentuk pipa yang digunakan untuk menyerap panas dari suatu ruangan atau benda. Pipa evaporator terbuat dari bahan tembaga, besi, kuningan, atau dari aluminium. Pada evaporator terjadi perubahan fasa refrigeran dari cair menjadi gas.

Daur Refrigrasi

Siklus refrigerasi merupakan suatu proses yang mengalihkan panas dari area dengan temperature rendah ke area dengan temperature yang lebih tinggi, dengan menggunakan energi yang berasal dari sistem luar. Siklus yang diterapkan dalam mesin pengkondisian udara merupakan daur kompresi uap standar (*Standard Vapor Compression Cycle*), seperti yang direpresentasikan dalam diagram yang menggambarkan keterkaitan antara tekanan dan entalpi.

Daur Refrigrasi Uap Aktual

Daur refrigerasi uap aktual memiliki perbedaan dengan siklus uap standar yang disebabkan oleh adanya penyesuaian dalam siklus standar. Efisiensi daur kompresi uap aktual cenderung menurun jika dipadankan dengan daur uap standar. Ketidak samaan utama dari daur uap aktual dan daur uap standar terdapat pada penyusutan tekanan di kondensator dan evaporator, serta dalam bawah dingin cairan saat meninggalkan kondensator serta uap panas lanjut yang keluar dari evaporator. (Irama, 2018).



Gambar 1 Siklus Refrigrasi Uap Aktual

Sistem Refrigrasi

Refrigerasi adalah proses mempertahankan temperature suatu objek atau ruangan lebih rendah dibandingkan dengan temperature lingkungan sekitarnya. Proses ini dilakukan dengan cara mengambil kalor atau panas dari objek atau ruangan tersebut. Kalor merupakan suatu energi panas yang bisa mengalami perpindahan dari media dengan temperatur tinggi ke rendah.

Parameter Unjuk Kerja Sistem Refrigrasi

1. Kerja Kompresor Nyata (W)

Kerja kompresor nyata adalah usaha yang didapatkan dari perbedaan entalpi refrigeran yang masuk dan entalpi refrigeran yang keluar dari kompresor. Persamaan (2.1) dapat digunakan untuk menghitung kerja kompresor.

$$W = h_2 - h_1 \dots \dots \dots (2.1)$$

2. Daya Input Kompresor W_{kom}

Persamaan (2.2) dapat digunakan untuk mengitung daya input kompresor.

$$W_{kom} = V.I. \cos \emptyset \dots \dots \dots (2.2)$$

3. Kalor yang dilepas kondensor (H_r)

Kalor yang dilepas kondensor yaitu laju perpindahan panas yang berasal dari kondensor menuju ke luar ruangan. Persamaan (2.3) dapat digunakan untuk mencari nilai kalor yang dilepas kondensor.

$$H_r = h_2 - h_3 \dots \dots \dots (2.3)$$

4. Kalor yang diserap evaporator (Re)

Kalor yang diserap oleh evaporator mencerminkan jumlah panas saat diambil oleh evaporator dengan konteks kapasitas pendinginan. Persamaan (2.4) dapat digunakan untuk mencari nilai kalor yang diserap evaporator.

$$Re = h_1 - h_4 \dots \dots \dots (2.4)$$

5. Laju aliran massa refrigeran (\dot{m})

Laju aliran massa refrigeran mengacu pada kecepatan aliran refrigeran dalam sistem refrigerasi. Nilai laju aliran massa refrigeran dapat dicari dengan prinsip dasar yang dikenal sebagai asas black, yang dirumuskan dalam persamaan (2.5).

$$\begin{aligned} Q_{lepas} &= Q_{terima} \\ \dot{m}_{ref}(h_2 - h_3) &= Q_{udara} \\ \dot{m}_{ref}(h_2 - h_3) &= \dot{m}_{udara} C \Delta T \\ \dot{m}_{ref}(h_2 - h_3) &= (\rho VA) C \Delta T \\ \dot{m}_{ref} &= \frac{((\rho VA) C \Delta T)}{(h_2 - h_3)} \dots \dots \dots (2.5) \end{aligned}$$

6. COP_{aktual} mesin pendingin

Coefficient Of Performance (COP_{aktual}) mesin pengkondisian udara mengukur komparasi antara panas yang diisap oleh evaporator bersama kerja kompresor sebenarnya. Persamaan (2.6) dapat digunakan untuk mencari nilai COP_{aktual} .

$$COP_{aktual} = \frac{Re}{W} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)} \dots \dots \dots (2.7)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian untuk skripsi ini menggunakan metodologi penelitian eksperimental menggunakan variasi katup ekspansi pada AC split dengan menggunakan refrigeran R-22. Pada AC split yang akan digunakan untuk eksperimen mulanya menggunakan katup ekspansi dengan jenis pipa kapiler ukuran diameter pipa tembaga 0,27 mm dan ukuran panjang 1 meter, serta kecepatan kipas kondensor 4,1 m/s. Pada penelitian ini variasi katup ekspansi yang dipakai yaitu katup ekspansi dengan jenis pipa kapiler diberikan beban yang sama. Pada katup ekspansi pipa kapiler akan dibandingkan dengan mengurangi dan menambah panjang dari pipa kapiler normal yaitu 1 meter menggunakan variasi ukuran panjang pipa tembaga 0,5; 1; dan 1,5 meter dengan berdiameter 0,27 mm. Dari data yang diperoleh diketahui keadaan dari refrigeran pada masing-masing titik daur tersebut. Kemudian data tersebut dapat digunakan untuk menghitung karakteristik dan performansi mesin pendingin dari setiap variasi katup ekspansi dan kecepatan udara kipas kondensor.

Peralatan yang digunakan

Peralatan yang digunakan pada uji eksperimen ini menggunakan mesin pendingin AC-split R-22

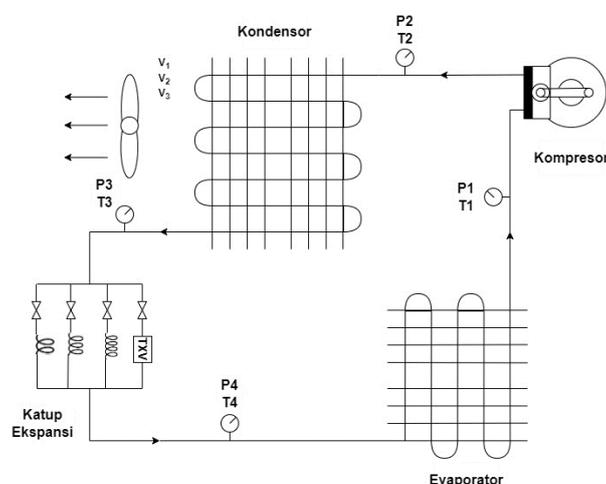
Alat ukur

Alat ukur yang dipergunakan pada eksperimen ini yaitu :

1. Pressure gauge
2. Anemometer
3. Tang Ampere
4. Thermometer LCD

Prinsip pengujian

Pada tahap ini dilakukan pengujian dari mesin pendingin yang telah dibuat dengan tujuan mendapatkan data-data yang dihasilkan dari mesin tersebut. Pengujian dilakukan dengan menerapkan variabel yang telah ditentukan. Variasi yang digunakan pada eksperimen ini yaitu variasi katup ekspansi. Variasi katup ekspansi yang dipergunakan adalah katup ekspansi berjenis pipa kapiler diberikan beban yang sama. Untuk pipa kapiler di variasikan panjangnya yaitu 0,5; 1; dan 1,5 meter dengan diameter 0,27 mm.

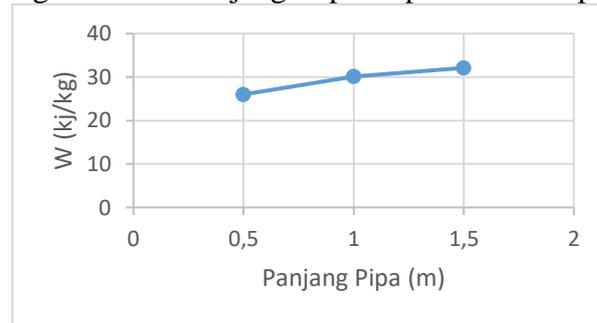


Gambar 2 Skema Alat Uji

Pengukuran dilakukan pada setiap titik dari titik P1 dan T1 hingga P4 dan T4. Kemudian pengukuran arus dan kecepatan putaran kipas kondensor pada kompresor dan kipas kondensor.

ANALISA DAN HASIL

Analisa Grafik Hubungan Antara Panjang Pipa Kapiler Terhadap Kerja Kompresor Nyata

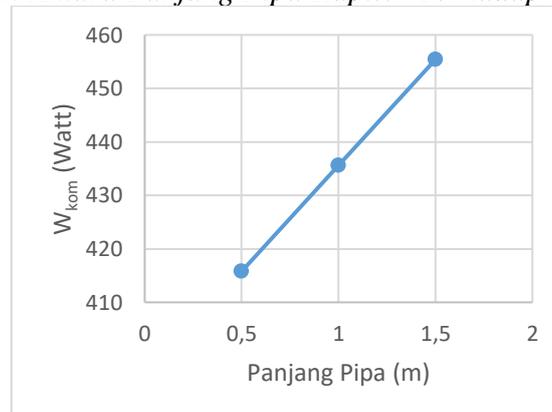


Gambar 3 Analisa Grafik Hubungan Antara Panjang Pipa Kapiler Terhadap Kerja Kompresor Nyata

Dari grafik gambar 3 didapatkan bahwa nilai kerja kompresor nyata yang paling besar terjadi pada pipa kapiler dengan panjang 1,5 m yaitu 32,1 kJ/kg dan nilai kerja kompresor nyata yang paling kecil terjadi pada pipa kapiler dengan panjang 0,5 m yaitu 26 kJ/kg. Dengan kata lain pada penggunaan katup ekspansi jenis pipa kapiler seiring bertambah panjangnya pipa kapiler menyebabkan penurunan pada kerja kompresor nyata. Sesuai dengan rumus daya kompresor nyata didapatkan bahwa semakin lambat kecepatan kipas kondensor akan meningkatkan tekanan dan temperatur pada P2 dan T2 sehingga entalpi pada h2 semakin besar.

Ini sepadan dengan perubahan kecepatan udara kondensor, dikarenakan semakin besar kecepatan kipas kondensor maka semakin kecil kerja kompresor yang dihasilkan.

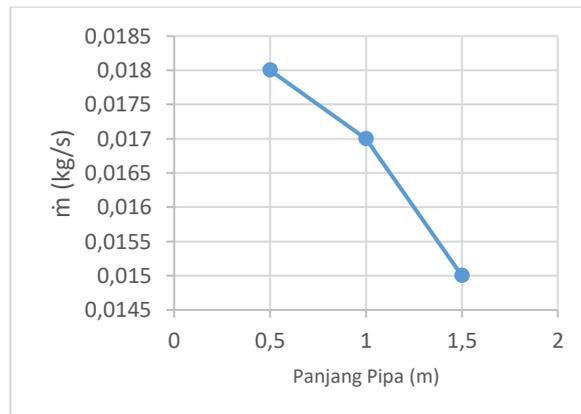
Analisa Grafik Hubungan Antara Panjang Pipa Kapiler Terhadap Daya Input Kompresor



Gambar 4 Analisa Grafik Hubungan Antara Panjang Pipa Kapiler Terhadap Daya Input Kompresor

Dari grafik gambar 4 didapatkan bahwa daya input kompresor yang paling besar terjadi pada pipa kapiler dengan panjang 1,5 m yaitu 455,4 W dan daya input kompresor yang paling kecil terjadi pada pipa kapiler dengan panjang 0,5 m yaitu 415,8 W. Pada penggunaan pipa kapiler dengan bertambahnya panjang pipa tersebut menyebabkan peningkatan pada daya input kompresor. Hal ini diakibatkan oleh adanya perbedaan arus yang ada pada kompresor, semakin tinggi nilai arus pada kompresor maka daya input kompresor akan semakin besar.

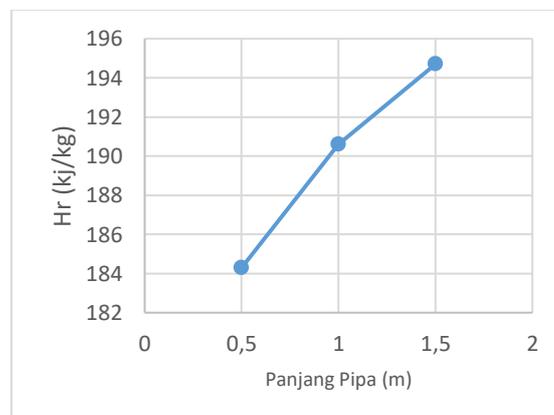
Analisa Grafik Hubungan Antara Panjang Pipa Kapiler Terhadap Laju Aliran Massa Refrigeran



Gambar 5 Analisa Grafik Hubungan Antara Panjang Pipa Kapiler Terhadap Laju Aliran Massa Refrigeran

Dari grafik gambar 5 didapatkan bahwa nilai laju aliran massa refrigeran yang paling besar terjadi pada pipa kapiler dengan panjang 0,5 m yaitu 0,018 kg/s dan nilai laju aliran massa refrigeran yang paling kecil terjadi di pipa kapiler dengan panjang 1,5 m yaitu 0,015 kg/s. Pada penggunaan pipa kapiler dengan bertambah panjangnya menyebabkan penurunan pada laju aliran massa refrigeran. Namun laju aliran massa refrigeran meningkat ketika kecepatan kipas kondensor semakin naik dengan luasan yang konstan. Peningkatan pada panas yang dilepas kondensor (H_r) juga menyebabkan laju aliran massa refrigeran semakin turun.

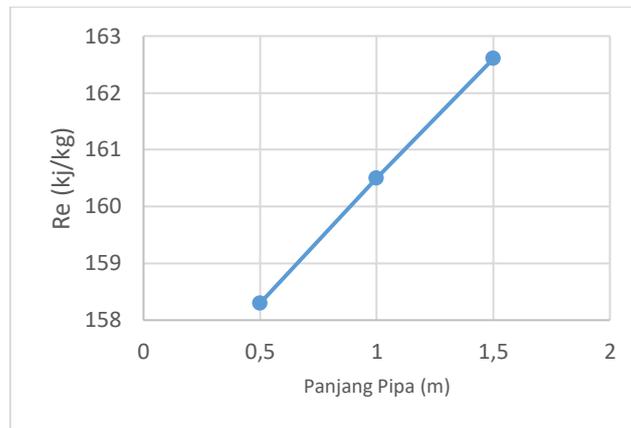
Analisa Grafik Hubungan Antara Panjang Pipa Kapiler Terhadap Kalor yang Dilepas Kondensor



Gambar 6 Analisa Grafik Hubungan Antara Panjang Pipa Kapiler Terhadap Kalor yang Dilepas Kondensor

Dari grafik gambar 6 didapatkan bahwa nilai panas yang dilepas kondensor yang paling besar terjadi pada pipa kapiler dengan panjang 1,5 yaitu 194,7 kj/kg dan nilai kalor yang dilepas kondensor yang paling kecil terjadi pada pipa kapiler dengan panjang 0,5 m yaitu 184,3 kj/kg. Pada penggunaan pipa kapiler dengan bertambah panjang menyebabkan peningkatan terhadap kalor yang dilepas kondensor. Panas yang dikeluarkan oleh kondensor tersebut akan menyebabkan penurunan tekanan dan suhu di titik 2 dan 3, yang menyebabkan penurunan nilai entalpi di titik tersebut.

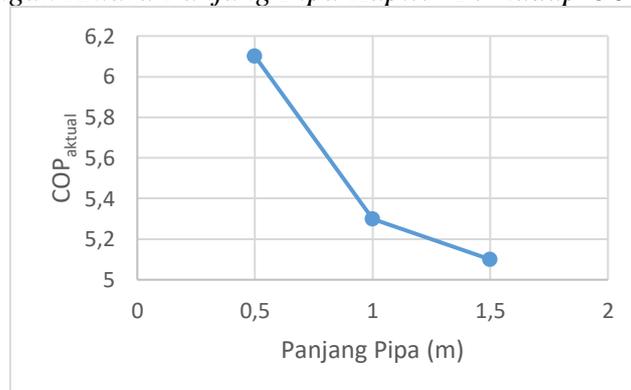
Analisa Grafik Hubungan Antara Panjang Pipa Kapiler Terhadap Kalor yang Diserap Evaporator



Gambar 7 Analisa Grafik Hubungan Antara Panjang Pipa Kapiler Terhadap Kalor yang Diserap Evaporator

Pada grafik gambar 7 didapatkan bahwa nilai panas yang diserap oleh evaporator memiliki nilai yang terbesar yaitu 162,6 kJ/kg pada panjang pipa kapiler 1,5 m dan nilai kalor yang diserap evaporator yang paling kecil terjadi pada pipa kapiler dengan panjang 0,5 m yaitu 158,3 kJ/kg. Semakin panjang pipa kapiler terjadi peningkatan nilai kalor yang diserap oleh evaporator. Nilai ini dapat dilihat pada penurunan tekanan dan temperatur pada masing-masing titik 1 dan 4 yang akan mengakibatkan penurunan nilai entalpi di titik tersebut.

Analisa Grafik Hubungan Antara Panjang Pipa Kapiler Terhadap COP_{aktual}



Gambar 8 Analisa Grafik Hubungan Antara Panjang Pipa Kapiler Terhadap COP_{aktual}

Dari grafik gambar 8 dapat diketahui bahwa nilai COP_{aktual} yang paling besar terjadi pada pipa kapiler dengan panjang 0,5 m yaitu 6,1 dan nilai COP_{aktual} yang paling kecil terjadi pada pipa kapiler dengan panjang 1,5 m yaitu 5,1. Semakin panjang pipa kapiler maka nilai COP_{aktual} semakin menurun. Pengaruh dari panjang pipa kapiler ini menyebabkan panas yang diserap evaporator semakin menurun dan kerja kompresor semakin meningkat, sehingga nilai COP_{aktual} yang didapatkan semakin menurun.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengujian dengan variasi jenis pipa kapiler terhadap karakteristik dan performansi mesin pendingin didapatkan sebuah kesimpulan bahwa variasi tersebut sangat mempengaruhi karakteristik dan performansi mesin pendingin. Dengan perbedaan panjang pipa kapiler nilai COP_{aktual} yang terkecil terdapat pada pipa kapiler dengan panjang 1,5 m yaitu 5,1 dan nilai COP_{aktual} yang terbesar terdapat pada pipa kapiler dengan panjang 0,5 m yaitu 6,1.

Terdapat beberapa saran pengembangan yang dapat dilakukan yaitu :

1. Dalam proses pengambilan data dipastikan tidak kebocoran dalam instalasi.
2. Dalam penelitian agar lebih memperhatikan tekanan refrigeran dalam proses pengisian agar tidak terlalu rendah atau terlalu tinggi.
3. Untuk penelitian lebih lanjut dapat menggunakan variasi katup ekspansi jenis yang lain.

REFERENSI

- Firdaus, R. (2014). Studi Variasi Laju Pelepasan Kalor Kondensor High Stage Sistem Refrigerasi Cascade R22 Dan R404a Dengan Heat Exchanger Tipe Concentric Tube. Vol. 3, No. 1
- Hulu, G. M. R., & Rahmawaty. (2021). Analisis Perpindahan Panas Dan Efektivitas Economizer Pada Boiler Unit 4 Pltu Pangkalan Susu (Vol. 2, Issue 1).
- Hundy, G. F., Trott, A. R., & Welch, T. C. (1981). Refrigeration, Air Conditioning And Heat Pumps (Fifth Edition). Mcgraw-Hill. www.learnengineering.in
- Irama, R. (2018). Analisa Unjuk Kerja Modifikasi Dispenser Menjadi Air Conditioning (Ac) Portabel Yang Menggunakan Freon R-134a Berdasarkan Pada Variasi Putaran Kipas Pada Evaporator Terhadap Suhu Pendinginan Ruangan. Jurnal Teknik Mesin.
- Saksono, P. (2013). Analisa Siklus Ideal Dan Aktual Pada Mobile Air Conditioning Dengan Menggunakan R-134a Dan Hidrokarbon Mc-134: Vol. Transmisi.
- Stoecker, W. F., & Jones, J. W. (1987). Refrigeration And Air Conditioning Second Edition. Mcgraw-Hill, Inc.
- Sukariyanto. (2019). Pengaruh Variasi Putaran Kipas Kondensor Terhadap Unjuk Kerja Sistem Pendingin (Air Conditioner) Yang Menggunakan R-410a Tugas Akhir.
- Suprianto, H. (2018). Pengaruh Penggunaan Refrigeran R-22 Dan R-32 Terhadap Kinerja Air Conditioner.
- Syafutra, M. A., & Saragih, A. (2019). Pengaruh Panjang Dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Unjuk Kerja Sistem Refrigerasi Dengan Fast Cooling (Vol. 11, Issue 133). Perhentian Marpoyan.
- Wisely Ziliwu, B., Preston Siahaan, J., Kapal Politeknik Kelautan Dan Perikanan Dumai, P., Wan Amir No, J., Pangkalan Sesai, K., & Dumai Barat, K. (2020). Perhitungan Beban Pendinginan Pada Sistem Refrigerasi Air Blast Freezer (Calculation Of The Cooling Load In The Air Blast Freezer). Jurnal Teknologi Terapan |, 6(2).

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN