

## RANCANG BANGUN *THERMOBATH* UNTUK KALIBRASI SUHU DENGAN TERMOKOPEL TIPE-K MENGGUNAKAN REFRIGERAN HFC-134

Sayid Fadhil<sup>\*</sup>, Yogatama Wisnu<sup>1</sup>, Sentot Novianto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti, Indonesia, 11440

### ABSTRAK

*Thermobath* adalah alat laboratorium berisikan air ataupun cairan lainnya sebagai beban pendingin yang dapat mempertahankan temperatur agar tetap konstan dalam waktu tertentu. Dalam perancangan *thermobath* menggunakan kompresor 1/6 PK, pipa tembaga ¼ inch, katup ekspansi berupa *ball valve*, refrigeran HFC-134, dan fluida berupa air dengan volume 2 Liter, Metode perancangan dengan cara eksperimental dan proses manufaktur sederhana seperti *bending* pipa serta pemotongan pipa. Perancangan didasarkan akibat mesin pemanas atau pendingin pada perindustrian dan perusahaan masih banyak memakai refrigeran yang memiliki potensi kerusakan lapisan ozon, penggunaan gas refrigeran semakin banyak untuk menjalankan kerja pada sistem kompresi uap. Alat kalibrasi *thermobath* menghasilkan panas sesuai dengan yang terbaca pada alat ukur dengan bantuan termokopel yang sudah terkalibrasi. Penggunaan termokopel tipe-K ini dirancang menggunakan modul Arduino Max 6675 sebagai *safety control* agar *thermobath* tidak melebihi temperatur yang sudah diatur. Uji coba *thermobath* dilakukan hingga temperatur fluida mencapai 12°C dan 5°C, dengan nilai tekanan sebelum dan sudah katup ekspansi berturut-turut 2,8 MPa dan 0,4 MPa serta 3,1 MPa dan 0,35 MPa. Laju pendinginan pada temperatur 12°C mendapatkan waktu relatif lebih cepat selama 25 menit dibandingkan penurunan pada temperatur 5°C, laju pendinginan temperatur 5°C memiliki selisih paling besar 14,32% untuk mencapai suhu 12°C. Nilai COP<sub>aktual</sub> tertinggi ada pada pengujian temperatur 12°C dengan nilai 3,10 dan penyerapan kalor evaporator sebesar 78,403 kJ, dibandingkan uji temperatur 5°C dengan nilai 2,61 dan kalor serap evaporator 68,570 kJ.

**Kata kunci:** *arduino; kalibrasi suhu; termokopel tipe-k; thermobath; refrigeran HFC-134.*

### ABSTRACT

*Thermobath is a laboratory tool that contains water or other liquids as a cooling load that can maintain the temperature to remain constant for a certain time. In designing the thermobath the author uses a 1/6 PK compressor, inch copper pipe, an expansion valve in the form of a ball valve, HFC-134 refrigerant, and a fluid in the form of water with a volume of 2 liters, Experimental design methods and simple manufacturing process such as pipe bending and pipe cutting. The design is based on the result of heating or cooling machines in the industry and companies still using refrigerants that have the potential to damage the ozone layer, the use of refrigerant gas is increasing to carry out work on a vapor compression system. The thermobath calibration tool produces heat in accordance with what is read on the measuring instrument with the help of a calibrated thermocouple. The use of the K-type thermocouple is designed using the Arduino Max 6675 modules as a safety control so that the thermobath does not exceed the set temperature. The thermobath test was carried out until the fluid temperature reached 12°C and 5°C, with an average pressure gauge value before and after the expansion valve was 2.8 MPa and 0.4 MPa and 3.1 MPa and 0.35 MPa, respectively. The cooling rate at 12°C takes relatively 25 minutes faster than the cooling rate at 5°C, the cooling rate at 5°C has the largest difference of 14.32% to reach a temperature of 12°C. The highest actual COP value was found in the 12°C temperature test with a value of 3.10 and the evaporator heat absorption of 78.403 kJ, compared to the 5°C temperature test with a value of 2.61 and the evaporator heat absorption of 68,570 kJ.*

**Keywords:** *arduino; temperature calibration; termokopel type-k; thermobath; refrigeran HFC-134.*

\* Penulis korespondensi

Email: sayid.fadhil@yahoo.com

Diterima 02 Agustus 2021; Penerimaan hasil revisi 28 Februari 2022; Disetujui 1 Maret 2022

Tersedia online Maret 2022

AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin © 2022

## 1. PENDAHULUAN

Pemanasan global menjadi krisis yang sedang dihadapi dunia saat ini walaupun dunia sendiri sedang mengalami pandemi covid-19. Pengurangan polusi bisa dikurangi dengan penggunaan refrigeran hidrofluorokarbon dan pengukuran penggunaan yang tepat, refrigeran hidrofluorokarbon merupakan fluida yang tidak beracun, tidak merusak lapisan ozon, dan tidak masuk dalam zat perusak ozon (ODP) yang tinggi dan berbahaya untuk lingkungan (Perkasa dkk, 2013). Perancangan thermobath sebagai alat kalibrasi suhu yang berisikan air ataupun cairan lainnya sebagai beban pendingin yang dapat mempertahankan suhutersebut agar tetap konstan dalam waktu tertentu, sehingga pengukuran penggunaan refrigeran pada sistem kompresi uap dapat disesuaikan dengan kebutuhan alat melalui kalibrasi suhu yang tepat.

Bagiyo C. Purnomo dkk (2015), melakukan optimalisasi Refrigeran musicool dengan variable katup ekspansi pada AC mobil. Hal ini berdampak pada efek refrigerasi, kerja kompresi dan koefisien prestasi. Dari hasil penelitian didapat pengaruh penyetelan mesin pendingin paling optimal berada di putaran katup ekspansi sebesar  $-180^\circ$  yaitu 37 kJ/Kg dibandingkan pemutaran katup ekspansi pada penyetelan searah atau berlawanan arah jarum jam seperti  $-360^\circ, 0^\circ, 180^\circ$ , dan  $360^\circ$ , dengan kompresi terendah dan tidak membutuhkan energi yang besar saat beroperasi dan mendapat nilai COP 7,2 yang menandakan sangat optimal.

Roni F. Liunokas dkk (2019), melakukan perhitungan mengenai prediksi beban kalor pendinginan dengan software coolpack 1.50. Studi kasus pada ruangan dengan udara relative di 55% dan 60% serta temperatur ruang  $20^\circ\text{C}$  dengan variasi faktor penukar udara AFC 5-10. Didapati penambahan besaran AFC menyebabkan kalor infiltrasi lebih berpengaruh dibandingkan RH, serta kelembaban udara 55% punya nilai kalor lebih besar dibandingkan 60% pada tiap variasi. Sedangkan pada software coolpack 1.50 memperoleh indikasi beban kalor infiltrasi pada total beban kalor ruang.

Peter Sahupala (2016), menghitung beban pendinginan udang pada cold storage dengan kualitas kesegaran dan kondisi tertutup pada cold storage dengan mempertimbangkan kondisi pendingin tertutup serta karakteristik refrigerasi. Penggunaan refrigeran R-12 kapasitas 12 ton dengan skema *temperature superheated*  $5^\circ\text{C}$ ,

*temperature subcooled*  $5^\circ\text{C}$ , temperature refrigeran  $35^\circ\text{C}$ , suhu refrigeran di evaporator  $5^\circ\text{C}$ , tekanan kondensor 0,80 MPa dan tekanan evaporator 0,40 MPa. Dari hasil Analisa didapati nilai COP 4,76 dengan memperhatikan pembebanan transmisi serta perhitungan kerja sehari 5 kali membuka pintu dan ada 5 orang yang membuka, diperoleh panas ekuivalen dan pembebanan pendinginan total sebesar 50,254 kW dan siklus refrigeran di evaporator dengan besaranalir 0,4233 kg/det.

Muhammad Hasan Basri (2009), melakukan penelitian yang bertujuan menganalisis pengaruh perubahan laju aliran massa air pendingin pada kondensor terhadap nilai COP dan mendapatkan suatu kondisi kerja yang optimal dan aman dalam pengoperasian mesin. Alat uji berupa satu buah unit mesin demonstrasi siklus refrigerasi R633, terdiri dari sebuah kompresor hermetik  $\frac{1}{2}$  HP, 1 buah kondensor pendingin air, 1 buah evaporator tipe flooded dengan flow rate media evaporasi air dan 1 buah katup ekspansi base plate pada kondensor.

Hasil penelitian menunjukkan kenaikan laju aliran massa air pendingin pada kondensor akan menyebabkan penurunan temperatur air pendingin keluar kondensor, tetapi menaikkan kalor yang dilepaskan kondensor dan daya kompresor serta koefisien prestasi mesin (COP) cenderung turun setelah maksimum serta kondisi kerja yang optimal dan cocok untuk mesin siklus refrigerasi R633 pada setting flow rate 30 gr/s di dalam laboratorium yaitu pada laju aliran air 20 gr/s dimana nilai COP 6.

Azridjal Aziz (2009), melakukan penelitian untuk mencari alternatif dari penggunaan R22 karena sifatnya yang merusak ozon, menggunakan refrigeran HCR22 dengan membandingkan beberapa aspek. Dari hasil penelitian didapat bahwa tiap penambahan massa 40 gram massa refrigeran. R22 mendapatkan COP 2,42 pada 900 gram massa refrigeran, sedangkan pada HCR22 mendapatkan COP 2,55 pada 420 gram.

Pada laju pendinginan dan pemanasan, temperatur refrigeran HCR22 mencapai temperatur  $22,6^\circ\text{C}$  dalam waktu 10 menit, sedangkan R22 mencapai temperatur  $19,8^\circ\text{C}$  dalam 10 menit. Pada proses pemanasan dalam kurun waktu 30 menit, R22 mendapatkan temperature  $40,3^\circ\text{C}$  dan HCR22  $42,4^\circ\text{C}$ . dalam perubahan COP berdasarkan waktu, HCR22 mendapatkan hasil 3,104 setelah 50 menit dan R22 mendapatkan COP 2,123 dalam waktu 50

menit. HCR22 memerlukan daya sebesar 0,846 kW dalam waktu 65 menit, sedangkan R22 membutuhkan 0,953 kW dalam waktu 65 menit.

Amrullah dkk (2017), melakukan penelitian dengan percobaan pengembangan mesin refrigerasi untuk mencari dan mendapatkan kerja kompresor, kerja evaporator, COP dengan refrigeran yang berbeda. Dengan mengatur 8 buah mesin refrigerasi dengan menggunakan R12 dan R134a. Pada hasil penelitian dengan refrigeran R12 dan R134a dicari tekanan dan temperatur sehingga dilakukan variasi waktu kelipatan 2 dari 30 detik hingga 300 detik, untuk mencari  $q_e$ ,  $q_w$ ,  $q_c$ , dan COP.

Kinerja kompresor adalah entalpi selisih dari tekanan kompresor pada kondisi masuk dan keluar kompresor. Dimana nilai kalor R134a lebih tinggi dibanding R12 yang menandakan lebih baik. Kinerja evaporator adalah selisih entalpi saat kondisi masuk dan keluar evaporator, dimana nilai  $q_e$  R134a lebih tinggi dibandingkan R12. Sedangkan untuk nilai COP R134a dan R12 selalu mengalami kenaikan hingga 300 menit, dengan nilai R134a menjadi nilai tertinggi pada kondisi penyerapan daya pendinginan.

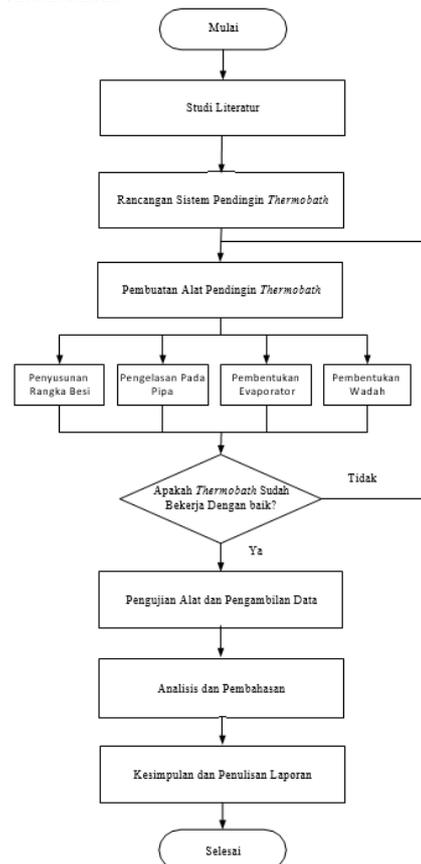
Nurul Deswita dan Azridjal Aziz (2016), melakukan penelitian dengan metode eksperimental untuk menguji sebuah mesin dengan menggunakan Refrigeran HCR-134 berukuran 60 gram. Mesin pendingin menggunakan kompresor dengan daya 1/6 PK. Pengukuran menggunakan 8 titik thermocouple data acquisition dan termometer digital dan pengukuran tekanan menggunakan gauge. Dimana mesin pendingin menggunakan pipa kapiler berukuran 1,25 m dengan diameter ¼ Inch,

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa daya listrik yang dibutuhkan kompresor pada jumlah massa Refrigeran 60 gram cenderung mengalami penurunan setiap waktunya hal ini disebabkan oleh laju aliran massa Refrigeran di dalam sistem cenderung menurun. Laju aliran dalam sistem dipengaruhi oleh beda tekanan yang ada pada evaporator dan kondensor, dimana bila beda tekanan semakin kecil maka kerja kompresor akan semakin ringan. Daya yang dibutuhkan kompresor rata-rata adalah 0,14 kW, daya pendinginan rata-rata 0,73 kW, dan COP pada hasil pengujian mengalami penurunan hal ini disebabkan oleh efek refrigerasi yang meningkat dan kerja kompresor yang menurun. COP mendapatkan nilai 5,21.

Pada penelitian ini perancangan thermobath menggunakan kompresor 1/6 PK, pipatembaga ¼ inch, katup ekspansi berupa ball valve yang dapat diatur dan refrigeran HFC-134 dengan bantuan termokopel tipe-K untuk membaca suhu dengan bantuan modul arduino max 6675 sehingga pengukuran suhu dapat didata dengan akurat dan suhu tetap konstan dengan kebutuhan kalibrasi. Perancangan dilakukan dengan pengujian laju pendinginan dari sistem refrigerasi pada thermobath memakai refrigeran HFC-134a dengan menguji suhu hingga mendapatkan nilai 5°C dan 12°C pada fluida dengan variasi tekanan katup ekspansi evaporator pada 0,35 bar dan 0,4 bar. Yang selanjutnya akan dikaji suhu terhadap kinerja refrigerasi (COP), berdasarkan nilai aktual dan ideal diharapkan didapat nilai efisiensi diatas 80%.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini dilakukan dengan cara eksperimental untuk menguji mesin kompresi uap menggunakan refrigeran HFC134a dan memakai kompresor 1/6 PK yang akan diukur suhunya menggunakan termokopel tipe K di setiap titik yang sudah ditentukan.

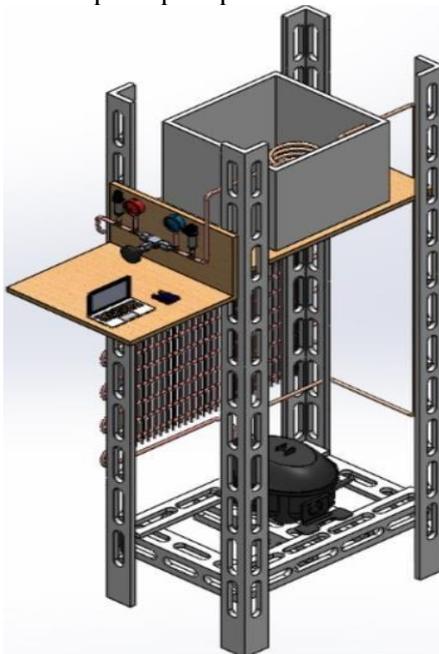


Gambar 1. Diagram Alir

Sesuai dengan gambar di atas, Penelitian dimulai dengan mengetahui performa alat uji sebagai acuan dalam pembuatan *thermobath*. Selanjutnya dirancang menggunakan perangkat lunak Solidworks 2019. Rancangan kemudian dibuat menggunakan alat sesuai spesifikasi.

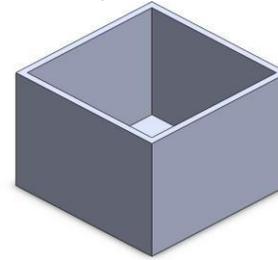
*Thermobath* dirancang dengan dimensi alat uji performa dengan ukuran P x L x T (45x45x80) cm yang dibentuk sebagai dudukan dari material besi siku ukuran 0,5 mm. *Thermobath* dirancang secara tiga dimensi menggunakan perangkat lunak solidworks 2019 yang dapat dilihat pada gambar 2, Dimana komponen pendinginan seperti evaporator, kondensor dan pemipaan dibentuk dengan perencanaan tiga dimensi yang sudah direncanakan dengan bantuan alat-alat lainnya dan wadah pendinginan fluida dibuat dengan modifikasi box berbahan plastik dengan tebal 0,3 mm, beban pendinginan menggunakan air dengan volume 2 liter.

Selanjutnya dilakukan penyesuaian pada dudukan pipa, refrigeran, kompresor, ball valve, dan kipas sehingga semua dapat bekerja. Pengujian awal *thermobath* dilaksanakan guna mengetahui apakah sistem refrigerasi bekerja di setiap prosesnya dan tidak mengalami kebocoran yang berarti pada pengumpulan data. Selanjutnya dilakukan proses pengambilan data *thermobath* pada performa alat uji hingga air pada titik evaporasi mendapat suhu dengan nilai 12°C dan 5°C dengan penggunaan termokopel tipe-K yang terkalibrasi oleh thermostick. Melalui data yang diambil pada saat pengujian yaitu tekanan pressure gauge dan suhu, didapat hasil data yang akan menjadi kesimpulan pada penelitian.



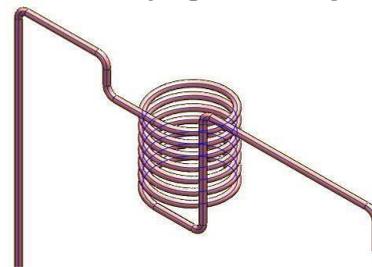
Gambar 2. Skema 3D *Thermobath*

Penggunaan wadah *thermobath* menggunakan bahan plastik dengan tebal 0,3 mm.



Gambar 3. Skema Wadah Pendinginan

Evaporator dimensi pipa ¼ inch dengan struktur spiral diameter 3 inch yang memiliki 5 jumlah lilitan.



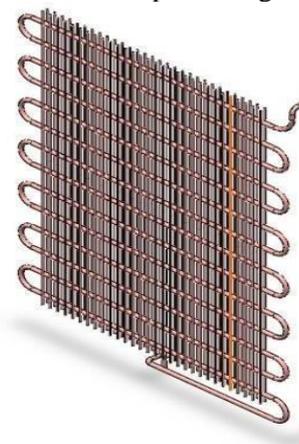
Gambar 4. Skema Pipa Evaporator

Katup ekspansi *ball valve* kuningan ukuran drat ¼ inch.



Gambar 5. Katup Ekspansi(Dokumen: Pribadi)

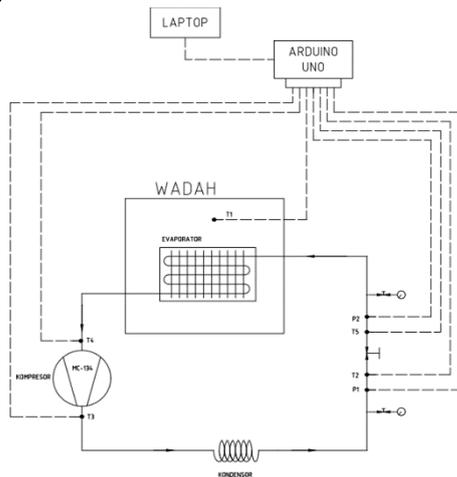
Pemakaian Kondensor tipe U dengan jumlah U 8



Gambar 6. Skema Pipa Kondensor

**Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan hingga suhu medium mencapai 12°C dan 5°C. Lalu didapatkan data tekanan pada titik masuk dan keluar katup ekspansi. Pengumpulan data dilanjutkan dengan pengukuran suhu pada titik setelah kompresor, sebelum dan sesudah katup ekspansi, setelah evaporator, medium wadah evaporator menggunakan termokopel tipe-K. Pengumpulan data diproses menggunakan Arduino UNO dengan modul MAX 6675 yang disambungkan dari termokopel tipe K dari tiap titik pengukuran dengan laptop yang akan mencatatkan suhu dan tekanan dengan *waktu real time*.



Gambar 7. Skema Data

Keterangan :

- T1 : Suhu Refriferan Masuk Kompresor (°C)
- T2 : Suhu Refriferan Masuk Kondensor (°C)
- T3 : Suhu Refriferan Masuk Ekspansi (°C)
- T4 : Suhu Refriferan Keluar Ekspansi (°C)
- TFluida: Suhu Pada Wadah Medium (°C)
- P3 : Tekanan Masuk Katup Ekspansi (MPa)
- P4 : Tekanan Keluar Katup Ekspansi (MPa)

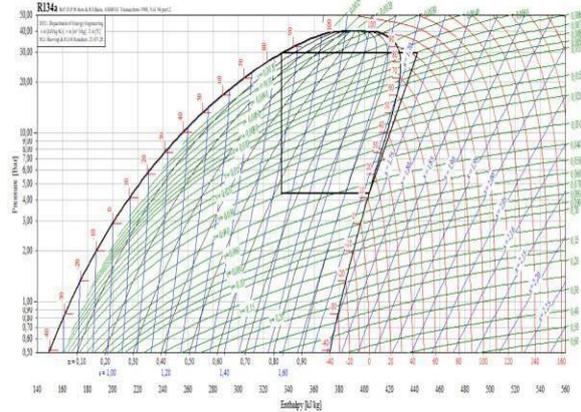
**3. HASIL DAN KESIMPULAN**

Analisis Performansi oleh alat *thermobath* didapatkan dari hasil pengujian *thermobath* sebagai alat kalibrasi suhu dilanjutkan dengan mengkaji pengaruh suhu, tekanan, dan COP (Coefisien of Performance) terhadap waktu.

Tabel 1 Data Entalpi Suhu 12°C dan 5°C

Parameter	Suhu 12°C	Suhu 5°C
h <sub>1</sub>	413,561	416,307
h <sub>2</sub>	461,768	474,985
h <sub>3</sub>	264,127	263,356
h <sub>4</sub>	264,127	263,356

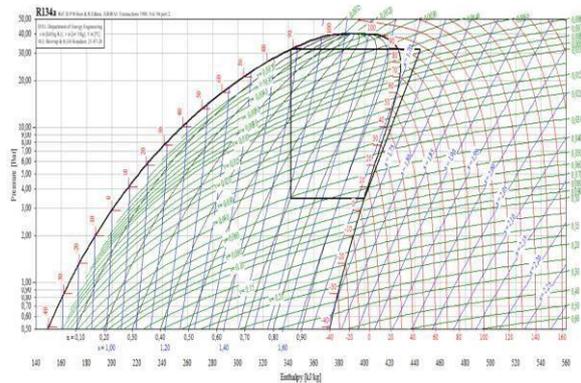
Pada gambar 8 ditampilkan diagram P-h ideal berdasarkan temperatur evaporator dan kondensor pada menit ke 35 untuk suhu 12°C menggunakan perangkat lunak CoolPack 1.5.



Gambar 8 Diagram P-h ideal suhu wadah 12°C

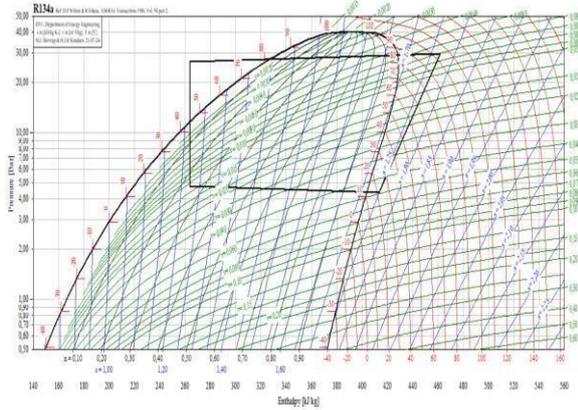
Gambar 4. Mesin pengering biji kopi

Pada gambar 9 ditampilkan diagram P-h ideal berdasarkan temperatur evaporator dan kondensor pada menit ke 60 untuk suhu 5°C menggunakan perangkat lunak CoolPack 1.5.

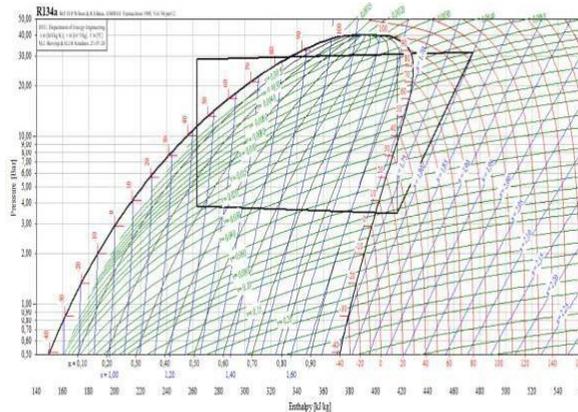


Gambar 9 Diagram P-h ideal suhu wadah 5°C

Pada gambar 10 ditampilkan diagram aktual berdasarkan temperatur evaporator, kondensor, *subcooling*, dan *subheated*. Serta tekanan evaporator pada nilai 0,4 MPa. Pada gambar 11 ditampilkan diagram aktual berdasarkan temperatur evaporator, kondensor, *subcooling*, dan *subheated*. Serta tekanan evaporator pada nilai 0,35 MPa. Diagram 10 dan 11 dibawah akan menentukan nilai-nilai untuk  $w_{in}$ ,  $q_c$ , dan COP aktual.



Gambar 10. Diagram P-h aktual suhu wadah 12°



Gambar 11. Diagram P-h aktual suhu wadah 5°

Sesuai dengan nilai-nilai entalpi yang didapatkan pada diagram P-h diatas, selanjutnya dihitung lebih lanjut kerja kompresor

$$W_{in} = (h_2 - h_1) \tag{1}$$

Tabel 2. Hasil Kerja Kompresi (kJ/kg)

Data 12°C	Data 5°C
48,207	58,678

Besaran kalor yang dilepas oleh kondensor didapat dari

$$q_c = (h_2 - h_3) \tag{2}$$

Tabel 3. Hasil Kalor Lepas Kondensor (kJ/kg)

Data 12°C	Data 5°C
197,641	211,629

Kalor yang diserap oleh evaporator didapatkan dari persamaan

$$q_e = (h_1 - h_4) \tag{3}$$

Tabel 4. Hasil Kalor Serap Evaporator (kJ/kg)

Data 12°C	Data 5°C
149,434	152,951

Laju aliran massa,

$$m = \frac{P}{W_{in}} \tag{4}$$

Tabel 5. Laju Aliran Massa

Data 12°C	Data 5°C
0,00254	0,00208

Berikutnya akan dihitung nilai COP<sub>aktual</sub>, COP<sub>ideal</sub>, dan Nilai efisiensi, dengan persamaan.

$$COP_{aktual} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \tag{5}$$

Tabel 6. Perhitungan COP Aktual

Data 12°C	Data 5°C
3,10	2,61

$$COP_{ideal} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \tag{6}$$

Tabel 7. Perhitungan COP Ideal

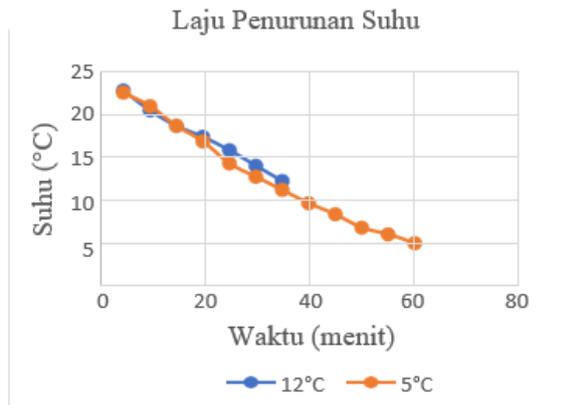
Data 12°C	Data 5°C
3,46	2,91

$$Efisiensi = \frac{COP_{aktual}}{COP_{ideal}} \tag{7}$$

Tabel 8. Perhitungan Nilai Efisiensi

Data 12°C	Data 5°C
89,5%	89,7%

Dari gambar 10 dan 11 diagram P-h suhu pengujian didapatkan hasil rata-rata suhu untuk kalibrasi 12°C pada kondensor dan suhu wadah evaporator yaitu 81,98°C dan 12,06°C. Sementara suhu untuk kalibrasi 5°C pada kondensor dan suhu wadah evaporator yaitu 89,29°C dan 4,81°C. Dimana rata-rata tekanan kondensor dan evaporator untuk mencapai 12°C adalah 2.8 Mpa dan 0.4 Mpa, sementara rata-rata tekanan kondensor dan evaporator untuk kalibrasi suhu 5°C adalah 3.1 Mpa dan 0.35 Mpa.



Gambar 12. Grafik Laju pendinginan 5°C dan 12°C

Dari pengukuran data yang selanjutnya duhitung melalui uji eksperimental dan nilai-nilai yang ditunjuk oleh diagram P-h, dapat dilihat bahwa selisih perbandingan antara pendinginan suhu fluida 12°C dan 5°C memiliki perbandingan kecepatan laju sebesar 0,337°C/menit untuk penurunan suhu 12°C sedangkan penurunan temperatur fluida 5°C pada menit ke 35 memiliki kecepatan laju 0,308°C/menit. Sehingga diketahui bahwa penurunan suhu fluida 5°C mencapai suhu yang lebih rendah dibandingkan suhu fluida 12°C dengan selisih paling besar 10,86% hingga mencapai menit ke 35. Hal ini ditandai dari nilai efisiensi pada temperatur fluida 5°C yang lebih besar dibandingkan temperatur fluida 12°C.

Laju COP mendapatkan nilai 3,10 untuk suhu 12°C dalam waktu 35 menit dan mendapatkan nilai 2,61 untuk suhu 5°C dalam 60 menit, sementara COP yang optimal didapatkan bila efek refrigerasi yang dihasilkan besar dan kerja kompresor rendah, hal ini dapat terlihat dari grafik gambar 12 yang menunjukkan penurunan

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

##### Kesimpulan

*Thermobath* beroperasi dengan baik sehingga penelitian ini dapat dikatakan berhasil karena dapat melakukan pendinginan pada suhu yang direncanakan mengalirkan refrigeran pada sistem kompresi tanpa kebocoran.

Pendinginan kalibrasi fluida suhu 12°C membutuhkan waktu 35 menit dengan tekanan evaporator pada angka 0,4 MPa sedangkan kalibrasi suhu 5°C membutuhkan waktu 60 menit dengan tekanan evaporator pada angka 0,35 MPa. Selisih perbandingan antara pendinginan suhu 12°C dan 5°C memiliki selisih paling besar 10,86% hingga keduanya mencapai menit ke 35. Penyerapan kalor oleh evaporator menghasilkan besaran energi 149,434 kJ pada penurunan suhu

fluida 12°C, lebih kecil dibandingkan penurunan suhu fluida 5°C yang mendapatkan nilai sebesar 152,951kJ. COP dari hasil pengujian mendapatkan hasil paling optimal di angka nilai 3,10 untuk suhu 12°C dan mendapatkan nilai 2,61 untuk suhu 5°C.

Setelah melakukan penelitian maka ada beberapa pengembangan yang dapat dilakukan selanjutnya untuk menyempurnakan alat yang telah dibuat, yaitu penelitian selanjutnya dapat memakai *needle valve* sebagai katup ekspansi. Pemakaian refrigeran yang lebih baik seperti MC-134 untuk peningkatan performansi.

#### REFERENSI

- Amrullah, A., Djafar, Z., & Piarah, W. H. (2017). Analisa Kinerja Mesin Refrigerasi Rumah Tangga Dengan Variasi Refrigeran. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 3(2).
- Aziz, A. (2009). Studi Eksperimental Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap Menggunakan Refrigeran HidrokarbonSubstitusi R-22 Pada Kondisi Transient. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 75-78.
- Deswita Nurul, Aziz Azridja & Iman M. Rahmat. (2016). Performasi Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap Pada Massa 60 gram menggunakan Refrigeran Hidrokarbon. *JomTEKNIK Volume 3 No.2 Riau*.
- Purnomo, B. C., Waluyo, B., & Wibowo, S. R. (2015). Optimalisasi penggunaan refrigeran musicool untuk meningkatkan performa sistem refrigerasi kompresi uap dengan variabel katup ekspansi". *Prosiding Semnastek*
- Sahupala, P., & Latuheru, R. D. (2016). Perancangan Cold Storage Pada Peti Kemas Untuk Udang. *MUSTEK ANIM HA*, 5(2), 168-180.