



PENGUKURAN KOEFISIEN PERPINDAHAN KALOR EVAPORASI REFRIGERAN R-134a DI DALAM SALURAN HALUS HORIZONTAL DENGAN VARIASI KAPASITAS BEBAN PENDINGINAN

Moh. Nala Choiron Permadani¹, Tito Hadji Agung Santosa², Thoharuddin³

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Teknik Mesin, Yogyakarta 55183, Indonesia

dani.nala29@gmail.com

INTISARI

Penelitian pengaruh beban pendinginan terhadap pengukuran koefisien perpindahan kalor evaporasi refrigeran R-134a di dalam saluran halus horizontal sangat penting untuk dilakukan karena dengan mengetahui beban pendinginan yang terdapat dalam suatu ruangan, seperti: jumlah penghuni, jumlah barang elektronik, dan juga waktu siang dan malam yang mempengaruhi variasi beban pendinginan terhadap mesin pendingin dimana kalor yang diserap evaporator dapat berubah. Perubahan kalor yang diserap evaporator ini diduga dipengaruhi oleh perubahan koefisien perpindahan kalor evaporasinya sehingga perlu diteliti.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental dengan memvariasikan laju aliran massa air (*cooling load*) menuju evaporator dan juga mengatur frekuensi inverter untuk mengatur variasi laju aliran refrigeran. Dimana evaporator diletakkan di dalam suatu bak dengan ukuran 25 cm x 15 cm x 20 cm yang nantinya akan diisi air dan debitnya diukur menggunakan rotameter air. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat uji berupa sistem kompresi uap sederhana yang dimodifikasi dengan menambahkan *heater*, *seksi uji*, dan *orifice*. Dimana pada titik yang sudah ditentukan diletakkan *pressure gauge* dan termokopel untuk pengambilan data tekanan dan temperaturnya. Refrigeran yang digunakan adalah R-134a.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi naik dengan naiknya kapasitas beban pendinginan yang diberikan ke dalam evaporator, dengan ditambahkannya beban pendinginan (*cooling load*) per satu variasi laju aliran massa maka didapatkan nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi (h_{evap}) tertinggi yaitu 4273,5310 W/m²K pada variasi frekuensi inverter 24 Hz. Sedangkan nilai kapasitas beban pendinginan (*cooling load*) tertinggi yaitu 1043,86 Watt yaitu pada variasi frekuensi inverter 24 Hz. Sedangkan nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi (h_{evap}) terendah yaitu 940,834 W/m²K yaitu pada frekuensi 16 Hz, nilai kapasitas beban pendinginan (*cooling load*) terendah yaitu 410,622 Watt yaitu pada frekuensi 16 Hz.

Kata Kunci : Koefisien Perpindahan Kalor, evaporasi, *cooling load*, R-134a, Saluran Halus Horizontal

1. PENDAHULUAN

Dalam perancangan sebuah alat sistem pendingin siklus kompresi uap sederhana terdiri dari beberapa komponen utama yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Dalam sistem pendingin siklus kompresi uap, refrigeran mengalami proses perubahan fasa dari fasa cair menjadi fasa uap di bagian evaporator dan fasa uap menjadi fasa cair di bagian kondensor. Tujuan utama sistem pendingin siklus kompresi uap adalah untuk menjaga keadaan udara di dalam ruangan yang meliputi suhu, kelembaban, kualitas udara, dan sirkulasi udara. Sehingga untuk mendapatkan hal tersebut diperlukan parameter-parameter yang harus dipenuhi. Dalam hal ini

menentukan komponen yang sesuai untuk alat pengkondisian udara itu sendiri (terutama evaporator) harus benar-benar diperhatikan dengan baik. Ada beberapa metode yang bisa digunakan untuk mendesain sebuah evaporator. Dalam penelitian kali ini lebih mengarah ke metode analisis termal. Dimana metode ini di bagi lagi menjadi 2 metode, yaitu metode simulasi dan metode desain. Metode yang akan digunakan adalah metode desain. Untuk metode desain yang digunakan adalah LMTD (Logarithm Mean Temperature Different). LMTD adalah rata-rata logaritmik dari perbedaan suhu antara aliran panas dan dingin di setiap perpindahan kalor. Dimana semakin besar LMTD maka semakin banyak pula panas yang

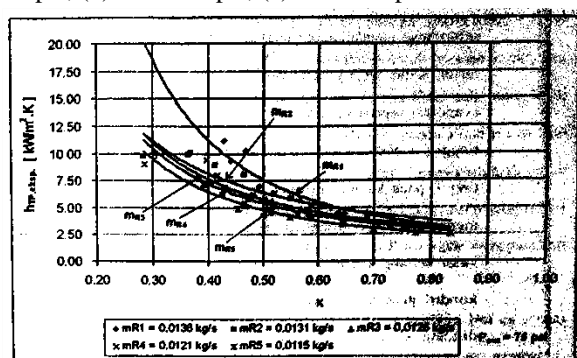
ditransfer. Dalam hal ini nilai perpindahan kalor evaporasi sangat berpengaruh dalam menentukan LMTD. Sehingga untuk mendapatkan sistem pendingin yang sesuai sangat diperlukan nilai koefisien perpindahan kalor evaporasinya, yang nantinya akan digunakan sebagai salah satu parameter penting untuk mendesain atau merancang sebuah evaporator.

Perhitungan beban pendinginan (*cooling load*) merupakan salah satu bagian awal yang penting dalam perancangan mesin refrigerasi. Perhitungan yang teliti akan mempengaruhi optimasi dimensi/kapasitas mesin. Sebelum melakukan perhitungan beban pendinginan perlu diketahui atau ditetapkan kondisi rancangan, baik dalam ruangan maupun luar ruangan. Dimana besarnya kondisi rancangan tersebut berbeda-beda sesuai dengan aplikasi mesin refrigerasi (Najib,2005). Maka dengan latar belakang diatas, penulis melakukan penelitian yang penting dalam perancangan evaporator, yaitu pengukuran koefisien perpindahan kalor evaporasi dalam saluran halus horizontal dengan variasi beban pendinginan menggunakan refrigeran R-134a.

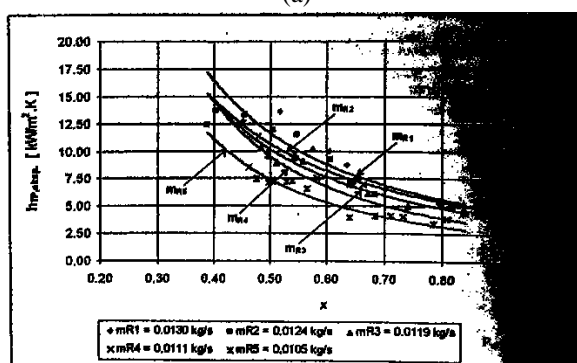
2. Tinjauan Pustaka

Santosa (2003) meneliti tentang koefisien perpindahan kalor evaporasi Petrozon Rossy 12 di dalam saluran halus mendatar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui koefisien perpindahan kalor evaporasi Petrozon Rossy 12 di dalam saluran halus horizontal. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan metode eksperimental dengan menggunakan alat uji berupa sistem kompresi uap sederhana yang dimodifikasi. Alat uji juga ditambahkan perangkat penting dalam penelitian seperti orifice-manometer, pemanas listrik, dan seksi uji. Laju aliran massa refrigeran diukur menggunakan perangkat orifice-manometer, pemanas listrik digunakan untuk mengatur kualitas uap, dan untuk mengukur koefisien perpindahan kalor evaporasi menggunakan seksi uji. Pipa ganda dengan aliran berlawanan arah sebagai seksi uji. Pada penelitian dilakukan variasi paramater seperti laju aliran massa refrigeran, tekanan evaporasi, dan kualitas uap. Hasil penelitian Santosa (2003) menunjukkan bahwa koefisien evaporasi turun dengan naiknya kualitas dan variasi tekanan evaporasi menyebabkan perubahan fluks kalor. Penurunan tekanan evaporasi menyebabkan penurunan

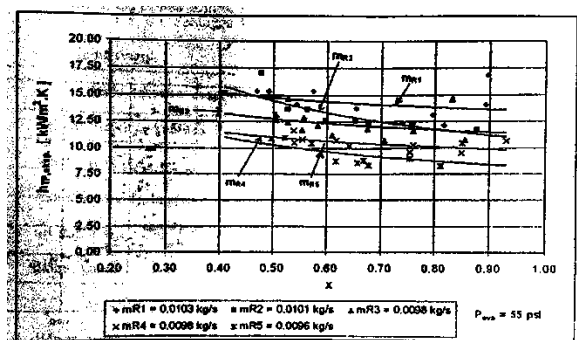
suhu evaporasi dan peningkatan fluks kalor. Pada gambar 2.1 grafik $x-h_{TP,eks}$ untuk berbagai tekanan evaporasi (a) $P_{eva} = 75$ psi, (b) $P_{eva} = 65$ psi, (c) $P_{eva} = 55$ psi.



(a)



(b)

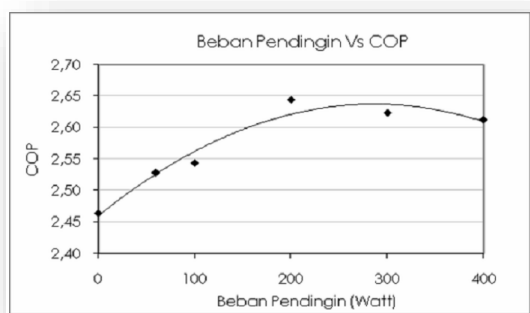


(c)

Gambar 2.1 Grafik $x-h_{TP,eks}$ untuk berbagai tekanan evaporasi

Anwar (2010) melakukan penelitian tentang efek beban pendinginan terhadap performa sistem mesin pendingin. Performa yang diteliti meliputi kapasitas refrigerasi, koefisien prestasi (COP), daya kompresi, dan waktu pendinginan dalam suatu ruang pendingin. Metode pengambilan data yang dilakukan adalah dengan metode eksperimental dengan memberikan beban pendinginan berupa bola lampu dengan variasi daya 60, 100, 200, 300, dan 400 Watt ke dalam ruang pendingin (*cold box*). Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut, seperti pada

gambar 2.2 grafik hubungan beban pendinginan terhadap COP. Pembebanan pendinginan juga berpengaruh terhadap *coefficient of performance* (COP), terlihat pada gambar 2.2 menunjukkan kurva parabolik, dimana ada posisi optimal pembebanan untuk mencapai COP yang paling maksimal. Dari grafik terlihat bahwa nilai COP terbesar tercapai pada beban pendinginan 200 watt hingga 300 watt, di beban yang lebih besar justru COP akan mengalami penurunan dikarenakan daya kompresor sudah lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai kapasitas refrigerasi (Q_e) setelah melewati beban 300 watt. Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa waktu pendinginan akan semakin lama untuk setiap peningkatan beban pendinginan, untuk variasi beban pendinginan dengan COP sistem membentuk kurva parabolik dimana posisi COP optimal berada pada beban 200 watt dengan nilai COP sebesar 2.64 dan untuk pembebanan yang lebih besar justru COP akan mengalami penurunan.



Gambar 2.2 Grafik hubungan beban pendingin terhadap COP

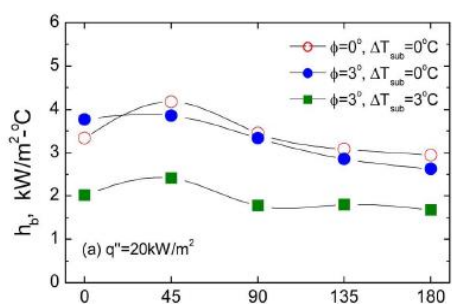
Prasetya (2011) meneliti mengenai koefisien perpindahan kalor aliran evaporasi dua fasa refrigeran R-22 pada kanal mini horizontal. Dimana fluks kalor yang diberikan pada *test section* besarnya dapat divariasikan mulai dari 5 kW/m². Untuk memperoleh besarnya nilai koefisien perpindahan kalor aliran dua fasa dilakukan dengan melakukan percobaan dan membandingkan hasilnya dengan menggunakan simulasi perhitungan dengan program MATLAB, dimana nantinya diperoleh nilai koefisien perpindahan kalor hasil pengukuran, perhitungan dan menggunakan korelasi Chen. Dimana prinsip kerja alat uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut, sistem sirkulasi untuk pengujian *Heat Transfer*

Coefficient ini menggunakan sistem sirkulasi terbuka. Dimana setelah *receiver tank* berada pada kapasitas maksimumnya, maka R-22 yang berada didalamnya akan dibuang ke udara sekitar. Penggunaan *heater* pada tabung berfungsi untuk meningkatkan tekanan dalam tabung R-22 sehingga akan mengalir ke sistem. R-22 yang mengalir keluar dari tabung akan masuk ke dalam *evaporator* dan *condensing* unit 3 PK. Ini bertujuan agar R-22 yang berasal dari tabung memiliki temperatur yang di harapkan yaitu antara -5⁰C-10⁰C. Dari pengujian tersebut didapatkan 2 (dua) nilai koefisien perpindahan kalor. Dimana untuk perhitungan pertama yaitu nilai koefisien perpindahan kalor aliran dua fasa dari hasil eksperimen. Sedangkan untuk metode perhitungan kedua yaitu nilai koefisien perpindahan kalor aliran dua fasa didapatkan menggunakan korelasi Chen. Berdasarkan pengolahan data koefisien perpindahan kalor untuk aliran evaporasi dua fasa dengan refrigeran R-22 yang merupakan hasil simulasi perhitungan dengan program MATLAB maka dapat didapat hasil yaitu sebagai berikut:

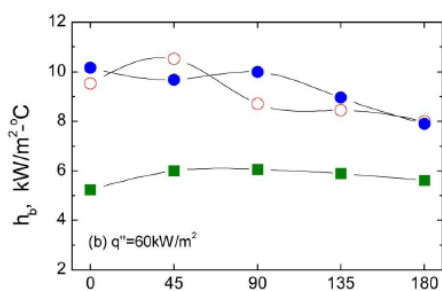
- Kenaikan koefisien perpindahan kalor dua fasa refrigerant R-22 pada *heat flux* yang tinggi pada daerah kualitas uap yang sama nilainya akan lebih besar dibandingkan dengan koefisien perpindahan kalor pada *heat flux* yang lebih rendah.
- Kualitas massa uap memiliki pengaruh yang cukup signifikan pada koefisien perpindahan kalor dua fasa refrigeran R-22 pada daerah kualitas uap yang tinggi.
- Besarnya koefisien perpindahan kalor dua fasa refrigeran R-22 dipengaruhi oleh *heat flux* yang diberikan, semakin besar *heat flux* yang diberikan maka nilai koefisien perpindahan kalor dua fasa refrigeran R-22 akan semakin besar pula.

Kang (2013) meneliti tentang variasi didih lokal koefisien perpindahan kalor pada 3 derajat kemiringan permukaan tabung. Metode yang dilakukan adalah metode eksperimental dengan memvariasikan kemiringan tabung 3⁰ dengan diameter tabung 50,8 mm pada tekanan atmosfer. Nilai didih lokal ditentukan pada setiap 45⁰ dari bagian bawah ke bagian paling atas dari pinggiran tabung. Koefisien maksimal dan minimal diamati pada sudut

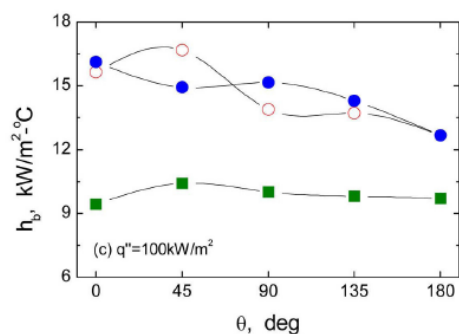
kemiringan 0° dan 180° . Untuk pengujiannya tabung penukar panas dan tabung pendukung dirakit dan ditempatkan di bagian bawah tangki. Dimana dimulai dengan mengisi tangka penyimpanan air sampai tingkat air awal adalah 1000 mm dari tangka luar bagian bawah, dan air akan dipanaskan dengan menggunakan empat pre-heater. Kalor yang masuk ke tabung reaksi dimulai dan dilanjutkan sampai cairan mencapai suhu saturasi (T_{sat}). Dimana suhu permukaan air diukur dan tabung diukur dengan memvariasikan fluks kalor pada permukaan tabung. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai koefisien perpindahan kalor terbesarnya terdapat pada $q''=100 \text{ kW/m}^2$. Dimana dengan kecenderungan kenaikan dan penurunan koefisien perpindahan panas yang hampir sama dari tiap-tiap penambahan fluks kalor. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.3.



(a)



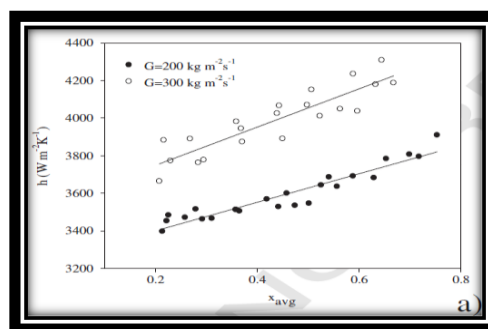
(b)



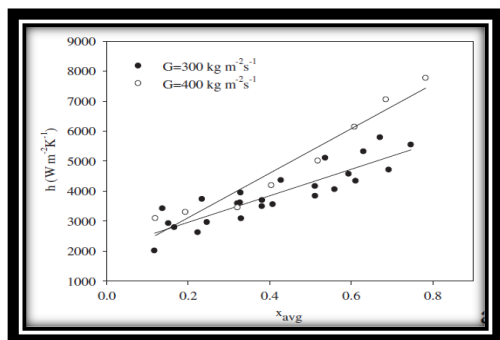
(c)

Gambar 2.3 Grafik h_b dan derajat kemiringan tabung, (a) $q''=20 \text{ kW/m}^2$, (b) $q''=60 \text{ kW/m}^2$, (c) $q''=100 \text{ kW/m}^2$

Dalkilic (2016) menentukan koefisien perpindahan panas konveksi R-134a dengan kolerasi empiris pada evaporator yang memiliki saluran halus horisontal dan vertikal. Saluran halus bergelombang atau biasa disebut seksi uji pada penelitian ini menggunakan pipa tembaga berukuran panjang 0,85 m dan berdiameter 0,87 cm untuk saluran vertikal, sedangkan untuk saluran horisontal dengan panjang 2,5 m dan berdiameter 0,81 cm. Fluks massa masing-masing antara 20,300 dan 400 $\text{kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$ untuk saluran halus vertical, sedangkan untuk saluran halus horisontal 300, 400 dan 500 $\text{kgm}^{-2}\text{s}^{-1}$. Kualitas uap rata-rata bervariasi dari 0,14 sampai 0,86 untuk saluran halus vertikal dan 0,09 sampai 0,81 untuk tabung horisontal, dan interval tekanan jenuh antara 4,5 dan 5,7 untuk kedua orientasi saluran. Koefisien perpindahan panas rata-rata mendidih R-134a dihitung berdasarkan keseimbangan energi di seksi uji. Penelitian (Dalkilic, 2016) pada karakteristik *trendline* diplot untuk perubahan kualitas uap, suhu jenuh, fluks massa dan fluks kalor dengan eksperimen koefisien perpindahan panas mendidih yang berkaitan dengan berbagai suhu kejenuhan dan fluks massa. Hasil penelitian menunjukkan koefisien perpindahan kalor meningkat pada variasi saluran halus vertikal untuk pengaruh fluks massa antara 200 dan 300 $\text{kg/m}^2\text{s}$ dengan meningkatnya kualitas uap rata-rata, pada gambar 2.8.a. Pada variasi saluran halus horisontal untuk fluks massa antara 300 dan 400 $\text{kg/m}^2\text{s}$ meningkatnya kualitas uap rata-rata mengakibatkan koefisien perpindahan kalor meningkat, pada gambar 2.4.



(a)



(b)

Gambar 2.4 Grafik h - x_{avg} , (a) Fluks massa 200 dan 300 $\text{kg/m}^2\text{s}$ saluran halus vertikal dan (b) Fluks massa 300 dan 400 $\text{kg/m}^2\text{s}$ saluran halus horizontal (Dalkilic, 2016)

3. Metode Penelitian

3.1 Bahan

Bahan atau fluida yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

- Refrigeran R-134a produk KLEA dengan jumlah ± 4 kaleng (390 gram/kaleng) yang dimasukkan dalam alat uji untuk pengujian evaporasi.
- Oli AC juga dimasukkan untuk pelumasan kompresor pada alat uji ini sebanyak 100 ml.

Refrigeran R-134a merupakan refrigeran HFC (*Hydro Fluoro Carbon*). Refrigeran ini buatan PT Polarin Xinindo dengan merek KLEA dengan memiliki beberapa sifat-sifat ditunjukkan pada tabel 1 (PT. Polarin Xinindo, 2017).

Tabel 1. Sifat-sifat dari refrigeran R-134a

Freon KLEA	Spesifikasi
R-134a	<ul style="list-style-type: none"> - Komposisi: HFC134a (100%) - Berat molekul: 102 - Titik didih pada tekanan 1 atm: - 26,2°C - Tekanan uap (MPa(gauge)@25 °C): 0,565 - Berat jenis uap (kg/m^3@nBpt): 5,23 - ODP (Ozone Depleting Potential): 0 - GWP (Global Warming Potentisl): 1430

Sumber: PT. Polarin Xinindo, 2017
"Produk Freon merk KLEA"

3.2 Pengisian Refrigeran

Setelah sudah pasti alat tidak bocor, maka alat uji divakumkan dengan menggunakan pompa vakum hingga 0 psi (absolut) untuk menghilangkan udara dalam saluran refrigeran. Katup manometer ditutup penuh untuk mencegah air raksa dalam manometer terhisap keluar dan masuk ke saluran sistem refrigeran. Selanjutnya air di dalam tangki utama dialirkan menuju ke kondensor dan evaporator menggunakan pompa air. Debit air menuju evaporator

ditetapkan 1,4 LPM, sedangkan debit kondensor menyesuaikan dengan posisi katup menuju kondensor terbuka penuh. Blower dinyalakan penuh untuk mengaliri udara pada seksi uji, katup menuju seksi uji dan kipas blower dibuka penuh.

Setelah air bersirkulasi dengan baik, nyalakan motor listrik sehingga kompresor mulai bekerja. Refrigeran dimasukkan ke kompresor pada sisi *suction* sambil mengamati perubahan tekanan pada *pressure gauge* sisi tekan kompresor, sesekali mengamati *sight glass*. Pengisian refrigeran bisa dikatakan sudah penuh apabila pada *sight glass* sudah penuh terisi cairan refrigeran dan tidak terdapat gelembung udara yang menandakan bahwa fasa uap telah seluruhnya menjadi fasa cair setelah keluar kondensor. Refrigeran sebelum masuk *orifice* harus berfasa cair untuk pengukuran laju aliran massanya. Buka katup manometer pelan-pelan sehingga terlihat beda ketinggian raksa pada manometer. Biarkan sistem beroperasi sampai kondisi *steady*.

3.2 Prosedur Pelaksanaan Pengukuran

Prosedur yang dilakukan dalam pengambilan data pengukuran koefisien perpindahan kalor evaporasi dengan variasi laju aliran massa refrigeran R-134a adalah sebagai berikut :

3.3.2 Tahapan Pengujian

Tahapan yang dilakukan saat memulai pengujian pengambilan data variasi laju aliran massa yaitu:

- Memastikan variabel yang akan digunakan dalam pengujian, dan menyiapkan tabel pengamatan.
- Heater* dalam posisi mati, blower meniupkan udara pada kecepatan konstan, katup ekspansi pada posisi konstan.
- Variabel yang digunakan adalah debit pendinginan evaporator yaitu 1, 1,2, 1,4, 1,6, 1,8, 2 LPM. Frekuensi inverter yang digunakan adalah 16, 18, 20, 22, dan 24 Hz.
- Menyalakan inverter lalu mengaturnya sesuai variabel yang diperlukan, lalu diamkan selama lima menit agar suhu kerja mendekati *steady*.
- Setelah *steady* ± 10 menit, catat pada Excel sebelum kemudian dimasukkan di lanjutkan

dengan menaikkan frekuensi dan debit air menuju ke variabel berikutnya.

- f. Menaikkan frekuensi inverter dan debit air hingga variabel terakhir.

3.3.3 Persamaan yang Dipakai

$$h_{eva} = \frac{Q_{eva}}{A_i (T_{w,i} - T_{sat})}$$

Dengan:

$T_{w,i}$ = Temperatur *Wall in* (°C)

T_{sat} = Suhu jenuh pada seksi uji (°C)

A = L area seksi uji (m²)

Q_{eva} = Q suplai udara (J/s.watt)

$$Cooling\ Load = \dot{m}_{air} \cdot \rho_{air} \cdot \Delta T_{air}$$

Dengan:

\dot{m}_{air} = Laju aliran massa air (kg/s)

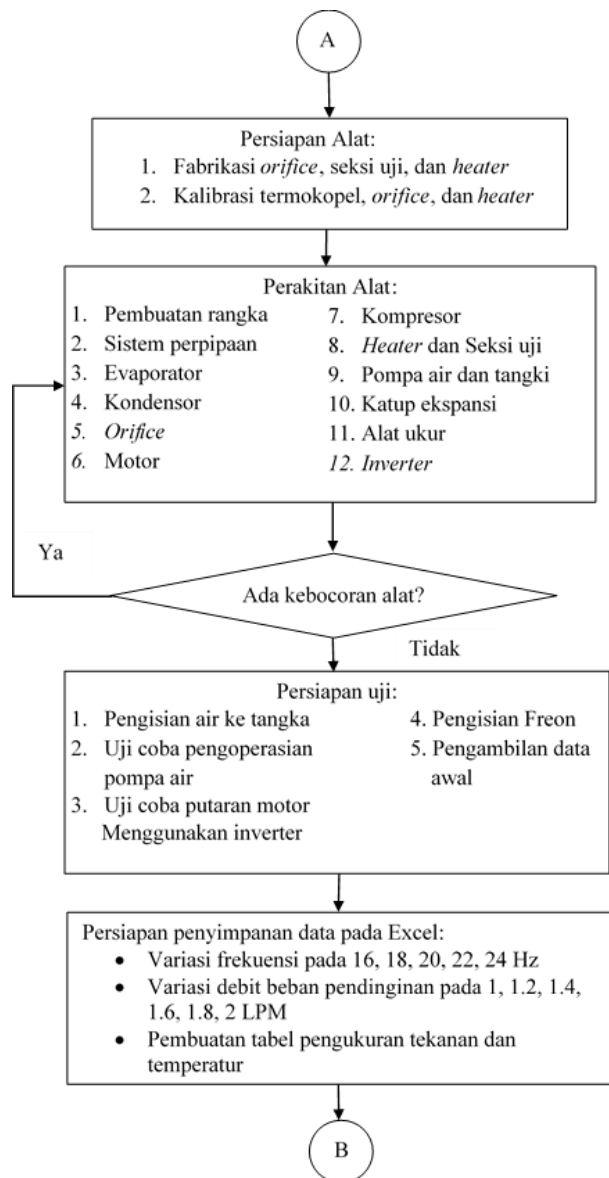
ρ_{air} = Massa jenis air (kg/m³)

ΔT_{air} = Beda suhu air (°C)

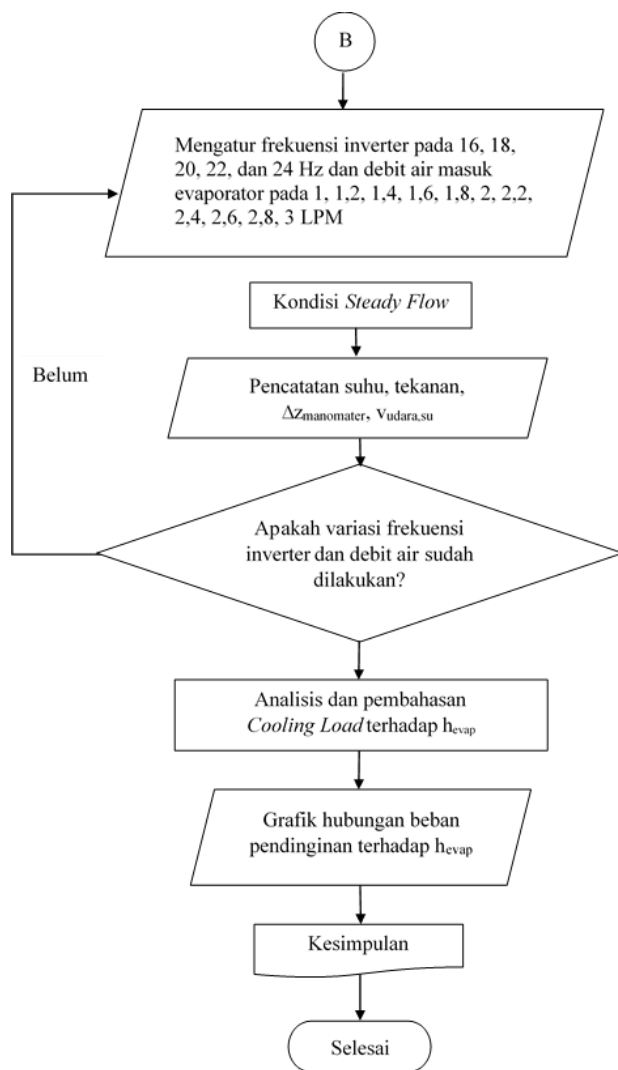
3.4 Diagram Alir Pengujian



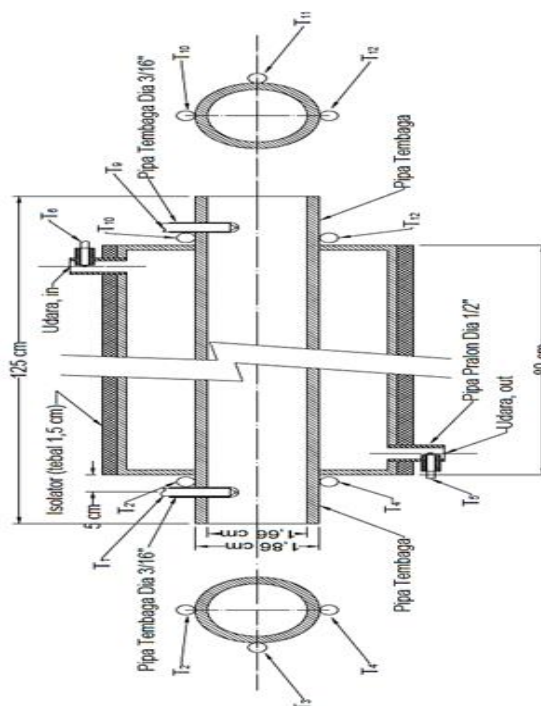
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)



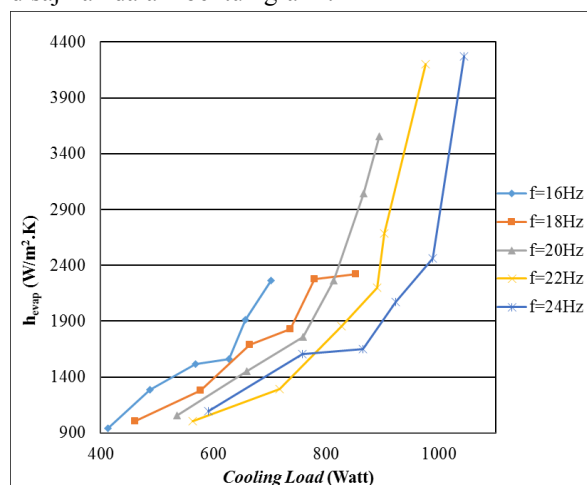
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)



Gambar 3.2 Skema seksi uji

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari perhitungan yang sudah terselesaikan dengan persamaan-persamaan 4.1,4.2,4.3,4.4, dan 4.5 untuk mendapatkan nilai-nilai *Cooling Load* dan h_{evap} dari tiap-tiap variasi percobaan, maka hasil penelitian disajikan dalam bentuk grafik.



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara koefisien

perpindahan kalor evaporasi dengan kapasitas beban pendinginan

Dari grafik hasil pengujian hubungan Q_{evap} dan h_{evap} tersebut menunjukkan dengan naiknya kapasitas beban pendinginan (*Cooling Load*) maka nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi (h_{evap}) cenderung naik untuk tiap variasi frekuensi inverter (Hz) yang sama. Dari data yang diperoleh didapatkan nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi (h_{evap}) tertinggi yaitu 4273,53 ($\text{w/m}^2 \cdot \text{k}$) pada variasi frekuensi inverter 24 Hz. Sedangkan nilai kapasitas beban pendinginan (*Cooling Load*) tertinggi yaitu 1043,86 (watt) yaitu pada variasi frekuensi inverter 24 Hz. Dimana nilai-nilai tersebut sangat dipengaruhi oleh pencatatan suhu-suhu yang terdapat di dalam sistem, terutama T_1 (suhu dalam seksi uji atas masuk pipa), T_5 (suhu udara sebelum seksi uji), T_6 (suhu udara setelah seksi uji), T_9 (suhu dalam seksi uji bawah masuk pipa), T_{10} , T_{11} , T_{12} (suhu dinding seksi uji) dan juga T_{15} (suhu air masuk evaporator), T_{16} (suhu air keluar evaporator). Sehingga bisa dianalisa bahwa apabila dengan semakin besar debit air yang masuk di dalam evaporator, maka laju perpindahan panas yang diserap oleh refrigeran semakin besar dan menyebabkan laju perpindahan fasa yang terjadi (proses evaporasi) besar, dimana proses fasa yang terjadi yaitu dari fasa cair menjadi fasa uap terjadi secara cepat.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dari pengujian nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi dengan variasi kapasitas beban pendinginan dalam saluran halus horizontal dengan menggunakan Refrigeran R-134a yang merupakan hasil perhitungan dan pengaplikasian dalam bentuk grafik dengan menggunakan program MS. Excel maka dapat disimpulkan:

- Sehingga kapasitas beban pendinginan berpengaruh terhadap nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi, dimana semakin besar nilai beban pendinginan maka nilai koefisien perpindahan kalor evaporasinya pun semakin besar.
- Nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi (h_{evap}) tertinggi yaitu 4273,5310 $\text{W/m}^2\text{K}$ yaitu pada variasi frekuensi inverter 24 Hz. Sedangkan nilai kapasitas beban pendinginan (*cooling load*)

tertinggi yaitu 1043,86 Watt yaitu pada variasi frekuensi inverter 24 Hz.

- Sedangkan nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi (h_{evap}) terendah yaitu 940,834 $\text{W/m}^2\text{K}$ yaitu pada frekuensi 16 Hz, nilai kapasitas beban pendinginan (*cooling load*) terendah yaitu 410,622 Watt yaitu pada frekuensi 16 Hz.

6. Daftar Pustaka

- Anwar, Khairil. 2010. "Efek Beban Pendingin Terhadap Performa Sistem Mesin Pendingin". Palu: Universitas Tadulako.
- Dalcilik. 2016. "Empirical Correlations for The Determination of R-134a's Convective Heat Transfer Coefficient In Horizontal and Vertical Evaporators Having Smooth and Corrugated Tubes"
- Incropera, Frank P. and Dewitt, David P., 1990, "Fundamental and Mass Transfer" Third Edition, John Wiley, Sons, Inc, New York.
- Kang Myeong-Gie, 2013, "Variation of Local Pool Boiling Heat Transfer Coefficient on 3 Degree Inclined Tube Surface". Kyungbuk: Andong National University.
- Nadjib, Muhammad. 2005. "Buku Ajar Teknik Refrigerasi dan Kriogenik" Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Prasetya, Sambas. 2011. "Analisis Koefisien Perpindahan Kalor Eksperimen untuk Aliran Evaporasi Dua Fasa pada Kanal Mini Horizontal dengan Refrigeran R-22". Jakarta: Universitas Indonesia.
- Santosa, Tito Hadji. 2003. "Pengukuran Koefisien Perpindahan Kalor Evaporasi Refrigeran Petrozon Rossy 12 di Dalam Saluran Halus Horizontal". Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Stoecker, W.F and Jones, J.W. 1982. "Refrigerasi dan Pengkondisian Udara Edisi Kedua". Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Wang, Shan K. 2000. "Handbook of Air Conditioning and



Refrigeration". New York: McGraw-Hill.

Yasmin. 2011. "Beban Pendinginan dan Penghematannya".
Pelatihan Dasar audit Energi dan Komisioning
Gedung B2TE-BPPT