

**LAPORAN PELAKSANAAN
PENELITIAN UNGGULAN PRODI**



JUDUL PENELITIAN:

**Pengukuran Koefisien Perpindahan Kalor Evaporasi refrigeran R-134a
di dalam Saluran Horizontal**

TIM PENYUSUN:

- 1. Muhammad Nadjib, S.T., M.Eng. NIDN: 0516066601**
- 2. Tito Hadji Agung Santoso, S.T., M.T. NIDN: 0522027202**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

Agustus, 2017

**HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN UNGGULAN PRODI**

Judul Penelitian : Pengukuran Koefisien Perpindahan Kalor Evaporasi Refrigeran R-134a di dalam Saluran Horizontal

Kode/ Nama Rumpun Ilmu : 431 Teknik Mesin (dan Ilmu Permesinan lain)

Ketua Peneliti

a. Nama Lengkap : Muhammad Nadjib, S.T., M.Eng.

b. NIDN : 0516066601

d. Program Studi : Teknik Mesin

e. No. HP : 087839334666

f. Email : nadjibar@umy.ac.id

Anggota Peneliti (1)

a. Nama Lengkap : R.Tito Hadji Agung Santosa, S.T., M.T.

b. NIDN : 0522027202

Biaya Penelitian : Rp. 25.000.000,-

Yogyakarta, 29 Agustus 2017



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Kaprodi Teknik Mesin

Ketua Peneliti,

Jazaur Ikhsan, S.T., M.T., Ph.D.
NIDN 0524057201

Novi Caroko, S.T., M.Eng.
NIDN 0013117901

Muhammad Nadjib, S.T., M.Eng.
NIDN 0516066601

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
DAFTAR ISI	iii
ABSTRAK	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	1
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Urgensi Penelitian	2
1.6. Luaran	3
1.7. Gambaran Produk	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Penelitian Rhee dan Young (1974)	4
2.2. Penelitian Wambsganss dkk (1993)	5
2.3. Penelitian Santosa (2003)	6
2.4. Penelitian Dalkilic (2016)	6
2.5. Penelitian Prasetya (2011)	7
BAB III METODE PENELITIAN	9
3.1. Bahan	9
3.2. Alat	9
3.3. Jalan Penelitian	28
3.4. Prosedur Penelitian	42
3.5. Parameter yang Digunakan Dalam Perhitungan	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1. Hasil Kalibrasi Termokopel	47
4.2. Data Hasil Penelitian	49
4.3. Pengolahan Data	51
4.4. Pembahasan	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1. Kesimpulan	67
5.2. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	70

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui koefisien perpindahan kalor evaporasi refrigeran R-134a di dalam saluran halus horisontal dengan variasi kualitas uap. Nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi adalah salah satu variabel penting untuk desain termal evaporator sistem pengkondisian udara. Refrigeran R-134a merupakan sebagian refrigeran yang ramah lingkungan karena tidak mengandung unsur *Chlor*.

Alat uji ini berupa rangkaian komponen sistem kompresi uap sederhana yang dimodifikasi. Perangkat *orifice*-manometer, pemanas listrik, dan seksi uji ditambahkan dalam alat uji. Perangkat *orifice*-manometer digunakan untuk mengukur laju aliran massa refrigeran, pemanas listrik digunakan untuk memvariasikan kualitas uap, dan seksi uji digunakan untuk mengukur koefisien perpindahan kalor evaporasi. Seksi uji berperan sebagai alat penukar kalor berupa pipa ganda dengan aliran berlawanan arah dengan fluida udara sebagai pemanas. Parameter yang divariasikan meliputi laju aliran massa, dan kualitas uap dengan beban pendinginan konstan. Laju aliran massa divariasikan dengan menggunakan *inverter* yang dikopel dengan motor listrik sebagai penggerak kompresor. Dengan mengatur frekuensi *inverter* pada frekuensi 14, 16, 18, 20, dan 22 Hz. *Voltase* divariasikan untuk mengubah kualitas satu ke kualitas yang lain. Dengan mengatur *voltase* pada setiap *voltage regulator*. Range yang digunakan antara 20 sampai 52 volt, untuk lima kali variasi *voltase* pada setiap memvariasikan frekuensi. Beban pendinginan pada evaporator konstan dengan debit air yang melewatinya 1,4 LPM.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan memvariasikan kualitas uap, nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi naik seiring naiknya kualitas uap pada laju aliran massa yang konstan. Semakin besar nilai kualitas uap maka semakin besar pula prosentase fasa campuran yang berubah menjadi fasa uap (evaporasi). Dari hasil penelitian didapatkan nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi dengan nilai tertinggi yaitu 2396,73 W/m².°C saat kualitas 0,72 dengan variasi frekuensi *inverter* 16 Hz.

Kata kunci: koefisien perpindahan kalor, evaporasi, freon R-134a, kualitas uap, saluran halus horizontal

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Refrigeran merupakan fluida kerja mesin pendingin yang mempunyai sifat (*property*) yang unik. Berdasarkan unsur pembentuknya, refrigeran dapat digolongkan menjadi empat jenis yaitu : jenis CFC (*Chloro Fluoro Carbon*), HCFC (*Hydro Chloro Fluoro Carbon*), HFC (*Hydro Fluoro Carbon*), dan refrigeran jenis hidrokarbon.

Refrigeran jenis CFC, HCFC, dan HFC tidak ramah lingkungan. Unsur Chlor yang ada dalam refrigeran jenis CFC dan HCFC dapat menyebabkan kerusakan lapisan Ozon (O_3) yang ada di atmosfer. Dengan rusaknya lapisan ozon, sinar matahari yang antara lain terdiri dari sinar ultraviolet yang berbahaya akan dapat langsung menembus hingga permukaan bumi. Sinar ultraviolet dalam intensitas yang tinggi akan menyebabkan kanker kulit.

Refrigeran jenis HFC, misalnya Freon R-134a, tidak menyebabkan kerusakan lapisan Ozon (O_3). Refrigeran ini banyak dipakai pada peralatan pengkondisian udara seperti pada kulkas dan AC mobil.

Pengetahuan sifat-sifat fisik dan termodinamik refrigeran sangat diperlukan dalam perancangan sistem pendingin sehingga penulis berusaha melakukan penelitian untuk mengetahui salah satu sifat termodinamik, yaitu koefisien perpindahan kalor evaporasi. Refrigeran yang dipilih dalam penelitian ini adalah R-134a karena banyak digunakan. Dengan mengetahui nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi, permasalahan perancangan evaporator sebagai salah satu komponen mesin refrigerasi dapat dilakukan lebih optimal.

1.2. Perumusan Masalah

Nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi dipengaruhi oleh banyak sifat fisis dan termodinamik fluida yaitu viskositas, densitas, konduktivitas termal, panas jenis,

kualitas uap, dan laju aliran massa fluida. Penyelesaian secara analitik untuk menentukan nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi sulit untuk dilakukan. Oleh karena itu perlu metode lain untuk menyelesaikan persoalan ini yaitu secara eksperimental. Penyelesaian secara eksperimental dilaksanakan dengan membuat alat uji untuk mengukur koefisien perpindahan kalor evaporasi.

1.3. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

- a. menentukan nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi R-134a di dalam saluran halus horisontal;
- b. mendapatkan persamaan empirik nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi pada saluran halus horisontal.

1.4. Manfaat

Manfaat penelitian ini, antara lain adalah

- a. terbangunnya alat uji untuk menentukan nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi untuk refrigerant R-134a yang dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut;
- b. menyediakan informasi tentang nilai koefisien evaporasi yang dapat digunakan untuk perancangan evaporator mendatar dengan refrigeran R-134a;
- c. membantu pengembangan bidang sistem refrigerasi seperti untuk alat bantu pengajaran maupun sarana praktikum mahasiswa.

1.5. Urgensi Penelitian

Seiring dengan meningkatnya aktivitas / pekerjaan di dunia kerja dan di rumah tangga, aspek kenyamanan kondisi udara sangat diperlukan bagi penghuninya. Dengan kenyamanan udara yang baik, aktivitas / pekerjaan di industri dan di rumah tangga akan lebih efektif dan efisien.

Refrigeran R-134a sudah luas penggunaannya sebagai fluida kerja mesin pendingin atau pengkondisian udara (*air conditioning*, AC) seperti pada AC mobil,

AC rumah tangga, kulkas, dan freezer. Namun demikian beberapa sifat fisik dan sifat termal dari R-134a belum tersedia. Salah satu sifat yang penting bagi perancangan komponen mesin pendingin adalah nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi. Nilai ini akan diperlukan dalam perancangan evaporator yang merupakan komponen sistem mesin pendingin. Dengan tersedianya data sifat ini, perancangan evaporator akan dapat dilakukan dengan baik dan lebih tepat.

1.6. Luaran

Penelitian ini selain menghasilkan luaran berupa data sifat termal refrigeran (nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi) dari R-134a, juga dihasilkan unit peralatan uji untuk penelitian-penelitian yang berkaitan dengan bidang mesin pendingin. Hasil penelitian ini juga memberikan luaran yang lain yaitu terpublikasinya hasil penelitian dalam jurnal/pertemuan ilmiah dan terselenggaranya tugas akhir bagi para mahasiswa.

1.7. Gambaran Produk

Alat uji ini berupa sistem kompresi uap sederhana dengan modifikasi, yaitu dengan menambahkan seksi uji berupa saluran ganda, *heater* sebelum seksi uji untuk mengatur kualitas uap yang akan divariasikan, dan inverter untuk mengatur laju aliran massa refrigeran. Peralatan dilengkapi dengan termokopel, indikator tekanan, rotameter untuk mengetahui suhu, tekanan, dan laju aliran massa refrigeran yang akan diukur.

Prinsip kesetimbangan energi pada seksi uji yang berupa saluran ganda digunakan untuk menentukan nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi. Refrigeran mengalir dalam saluran sebelah dalam dan air / udara mengalir dalam annulus. Seksi uji diberi isolasi pada permukaan saluran terluar, sehingga energi yang diserap refrigeran sama dengan energi yang diberikan oleh air. Dengan memasang alat ukur suhu (termokopel), tekanan, dan laju aliran massa fluida, nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi dapat dihitung dengan prinsip kesetimbangan energi pada seksi uji.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tentang pengukuran koefisien perpindahan kalor evaporasi refrigeran R-134a dengan variasi kualitas uap di dalam saluran halus horisontal dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi refrigeran R-134a terhadap nilai kualitas uap adalah sebanding, artinya semakin besar variasi kualitas uap refrigeran maka semakin besar pula nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi.
2. Pada penelitian ini nilai koefisien perpindahan kalor tertinggi dicapai pada saat variasi kualitas 0,72 dengan nilai $2396,74 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ pada frekuensi *inverter* 16 Hz.

5.2. Saran

Saran yang diberikan selama melakukan penelitian ini adalah

- a. dalam mengembangkan penelitian yang terkait untuk mendapatkan nilai temperatur yang lebih akurat dengan jumlah data yang banyak, penggunaan *thermocouple digital* sebaiknya diganti dengan menggunakan *data logger*;
- b. sebaiknya dalam pemilihan *pressure gauge* yang digunakan memiliki *range* nilai yang paling kecil karena akan lebih presisi dalam pembacaannya;
- c. dalam hal suplai air sebagai media pendingin kondesor dan evaporator lebih baik bila dibuatkan jalur masing-masing dengan pompa air masing-masing pula, sehingga diharapkan kerja kondesor dan evaporator lebih efisien;
- d. untuk menjamin keseragaman *fluks* kalor pada *heater* yang disuplai oleh *voltage regulator* sebaiknya menggunakan satu *voltage regulator* saja dengan kapasitas daya yang besar. Selain meminimalisir rugi-rugi jika dibanding menggunakan 3 *voltage regulator*, pemakaian satu alat akan lebih praktis dan lebih efisien;
- e. untuk mengembangkan penelitian yang terkait sebaiknya pola aliran yang terjadi tidak diabaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W, dan Saito, H., 2002. *Penyegaran Udara*. Cetakan ke-6. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Cengel, Yunus A. 1998. *Heat Transfer. 2nd ed.* University of Nevada: McGraw-Hill.
- Coiler, J. G. 1981. *Convective Boiling and Condensation*. 3rd ed. New York. McGraw-Hill Int. Book CO.
- Dalkilic. 2016. *Empirical Corelation for The Determination of R-134a's Convective Heat Transfer Coeficient In Horizontal and Vertical Evaporators Having Smooth and Corrugated Tube. Jurnal Heat and Mass Transfer.*
- Fitriandi, Agus. 2017. "Karakteristik Bahan dan Aspek Lingkungan Refrigeran Hidrokarbon Menuju Indonesia Bebas ODS". <https://indonesiasejahtera.wordpress.com/2007/11/01/karakteristik-bahan-dan-aspek-lingkungan-refrigeran-hidrokarbon-2/> diakses pada 17 Juni 2017 pukul 09.38 WIB
- Hara, Suratman, W.F. Stoecker, J.W. Jones. 1996. *Refrigrasi dan PengkondisianUdara*. Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- Harahap, Filino dan Pantur Silaban. 1996. *Termodinamika Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Incropera, Frank P. et al. 2002. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 7th ed.* United States of America: John Wiley & Son.
- Kanoğlu, mehmet dan Ibrahim, Dinçer. 2010.*Refrigeration Sstems and Aplication. 2nd ed.* Chichester: John Wiley & Son.
- Kurniawan, Bayu B. 2007. Analisis Termal Unjuk Kerja Heat Exchanger 11-E-7 Di Kilang Fuel Oil Complex 1 PT PERTAMINA UP IV CILACAP. Skripsi. Program Studi Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Rhee, B. W., dan Young, E. H. 1974. *Heat Transfer to Boiling Refrigerants Flowing Inside A Plan Copper Tube.AIChE Symposium Series, No.138 Vol 70*. New York.
- Sugadiyanto. 2006. "Studi Eksperimental Performa Mesin Pengkondisian Udara (AC) MC QUAY Dengn Refrigeran R-22 pada Laboratorium Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang". Tugas Akhir. Program Studi Teknik Mesin. Universitas Negeri Semarang.
- Santosa, Tito H.A. 2003. "Pengukuran Koefisien Perpindahan Kalor Evaporasi Refrigeran Petrozon Rossy 12 di Dalam Saluran Halus Horisontal". Tesis. Program Pasca Sarjana. Universitas Gajah Mada.

Wahyuadi, Tri. 2012. “Pengaruh Tekanan Refrigeran Pada Heat Pipe R134a dan R22 Terhadap pengkondisian udara”. Skripsi. Program Studi Teknik Mesin. Universitas Indonesia.