

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

***MEASUREMENT OF EVAPORATION HEAT TRANSFER COEFFICIENT
OF REFRIGERANT R-134A IN A SMOOTH HORIZONTAL PIPE WITH
COOLING LOAD VARIATION***

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat
Strata-1 Pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



DISUSUN OLEH:

MOH. NALA CHOIRON PERMADANI

20130130224

**PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**

2017

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

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

DISUSUN OLEH:

MOH. NALA CHOIRON PERMADANI
20130130224

**Telah Dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada Tanggal 04 Agustus 2017
Susunan Tim Penguji**

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Tito Hadji Agung S., S.T., M.T
NIK. 19720222 200310 123054

Thoharudin, S.T., M.T
NIK. 19870410 201604 123097

Penguji

Novi Caroko, S.T., M.Eng.
NIP. 19791113 200501 1 001

**Tugas Akhir ini telah dinyatakan sah sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Teknik
Tanggal Agustus 2017**

**Mengesahkan
Ketua Jurusan Teknik Mesin**

Novi Caroko, S.T., M.Eng.
NIP. 19791113 200501 1 001

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Agustus 2017

Moh. Nala Choiron Permadani

PERSEMBAHAN

MAN JADDA WAJADA

Siapa bersungguh-sungguh pasti berhasil

MAN SHABARA ZHAFIRA

Siapa yang bersabar pasti beruntung

MAN SARA ALA DARBI WASHALA

Siapa menapaki jalan-Nya akan sampai ke tujuan

Tugas akhir ini kupersembahkan untuk:

*Sang Maha Pemberi Petunjuk “ALLAH SWT”
yang telah memberikan segala nikmat, hidayah dan inayah-Nya
jadikanlah hambamu ini
hamba yang selalu dekat dengan-Mu,
hamba yang selalu mendapat ridho-Mu,
hamba yang mendapatkan surga firdaus-Mu.*

*Sang Pengemban Misi Suci, “Rasulullah Muhammad SAW”
atas segala ajarannya, sehingga aku menjadi mengerti makna kehidupan yang
sesungguhnya, masukkanlah aku dalam golongan ummatmu dan berilah aku
syafa'atmu kelak di yaumul hisab*

*Ayahanda dan Ibunda tercinta
yang telah memberikan segala kasih sayang,
do'a, motivasi dan perhatiannya yang tanpa pamrih*

*Adikku tercinta yang telah memberikan cahaya terang sebagai motivasi
dalam hidupku dan dalam setiap langkahku*

Sahabat-sahabatku yang telah memberikan makna dalam hidupku

Almamaterku dan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

MOTTO

*“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan
maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan)
kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan yang lain)
dan kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap”
(Q.S. Al-Insyiroh :6-8)*

*“Bila kau tak tahan lelahnya belajar, maka kau harus tahan menanggung
kebodohan”
(Imam Syafi’i)*

*“Bekerjalah untuk duniamu seakan-akan akan hidup selamanya
dan
Bekerjalah untuk akhiratmu seakan-akan esok hari kau tiada”
(Rasulullah Muhammad SAW)*

*Orang yang tidak pernah melakukan kesalahan adalah orang yang tidak
mencoba sesuatu yang baru
(Anonim)*

*Sukses tidak datang dari apa yang diberikan oleh orang lain, tapi datang dari
keyakinan dan kerja keras kita sendiri
(Anonim)*

*Biarkan orang lain meremehkanmu tapi jangan biarkan dirimu meremehkan diri
sendiri
(Anonim)*

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

ABSTRACT

The research of the influence of cooling load on the measurement of R-134a refrigerant evaporation heat transfer coefficient in horizontal fine channel is very important to do because by knowing the cooling load contained in a room, such as the number of occupants, the number of electronic goods, as well as the time of day and night Affect the variation of cooling load on the cooling machine where the heat absorbed by the evaporator may change. The heat changes absorbed by this evaporator are thought to be influenced by changes in the evaporative heat transfer coefficient so that it needs to be investigated.

The method used in this study is an experimental method by varying the water mass flow rate (cooling load) to the evaporator and also set the frequency of the inverter to adjust the variation of refrigerant flow rate. Where the evaporator is placed in a tub with a size of 25 cm x 15 cm x 20 cm which will be filled with water and the debit is measured using a water rotameter. The test is done by using a simple vapor compression test modified by adding heater, test section, and orifice. Where at the point that has been determined put pressure gauge and thermocouple to take data pressure and temperature. The refrigerant used is R-134a.

The results of this study indicate that the value of evaporative heat transfer coefficient increases with the increase of cooling load capacity given into the evaporator, with the added cooling load per one variation of the mass flow rate hence the highest h_{evap} evaporative coefficient value is 4273, 5310 W / m²K at a frequency variation of 24 Hz inverter. While the value of the highest cooling load (cooling load) is 1043,86 Watt is the variation of frequency inverter 24 Hz. While the value of evaporative heating coefficient (h_{evap}) is the lowest 940,834 W / m²K at 16 Hz frequency, the lowest cooling load capacity value is 410,622 Watt at 16 Hz frequency.

Keywords: Heat Transfer Coefficient, evaporation, cooling load, R-134a, Horizontal Smooth

KATA PENGANTAR



Assalamu 'alaikum Warahmatulloohi Wabarokatuhu

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “PENGUKURAN KOEFISIEN PERPINDAHAN KALOR EVAPORASI REFRIGERANT R-134a DI DALAM SALURAN HALUS HORIZONTAL DENGAN VARIASI KAPASITAS BEBAN PENDINGINAN”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Selama proses penyelesaian dan penulisan skripsi, banyak pihak yang memberikan bantuan baik secara moril maupun materil kepada penulis, sehingga dengan segala kerendahan hati penulis sampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Bapak Fauzi dan Ibu Uswatun Hasanah atas kesabaran dalam mendidik penulis serta doa dan dukungan yang telah diberikan demi keberhasilan dan kesuksesan penulis.
2. Novi Caroko, S.T., M.Eng., selaku ketua jurusan Teknik Mesin UMY.
3. Tito Hadji Agung S., S.T., M.T selaku dosen pembimbing skripsi I yang telah banyak memberi motivasi serta bimbingan, baik selama proses perkuliahan maupun penyelesaian skripsi.
4. Thoharudin, S.T., M.T selaku dosen pembimbing skripsi II yang telah memberi arahan, bantuan, dan saran atas penyelesaian skripsi.
5. Novi Caroko, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Ir. Sudarja, M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang sudah membantu dalam perencanaan mata kuliah.

7. Staff Pengajar, Laboratorium dan Tata Usaha Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
8. Grup refrigerasi, Arif, Anis, Akhid, Arya, Kabul, Erjati, Sahlan, yang telah mendukung dan membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
9. Teman-teman Teknik Mesin UMY khususnya angkatan 2013, yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, terimakasih atas dukungannya.
10. Pengurus HMM periode 2015-2016 khususnya pengurus harian, Abdi, Fabio, Intan, Riza, Wahid, Zefryanto, Hardanu dan Kurniady yang telah berjuang bersama dalam berorganisasi.
11. Teman-teman band MOL dan 7SOUL: Alvin, Imas Maya, Kiky Keenan, Invalindiant, Prassetyo, Juang, Aditya dan Lalu Parmadi yang sudah pernah berjuang bersama dan mengikuti proses bersama-sama, sedih dan senang kita lewati bersama.
12. Pihak-pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terimakasih atas dukungan dan semangatnya.

Dengan kerendahan hati penulis sadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, maka diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi khasanah ilmu pengetahuan khususnya bidang Teknik Mesin.

وَالشُّكْرُ لِلَّهِ وَالرَّحْمَةُ لِلَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Yogyakarta, Agustus 2017

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
INTISARI	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiv
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I.....	Error! Bookmark not defined.
1.1 Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
1.2 Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
1.3 Batasan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
1.4 Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.5 Manfaat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1.6 Sistematika Penulisan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB II.....	Error! Bookmark not defined.
2.1 Tinjauan Pustaka	Error! Bookmark not defined.
2.2 Dasar Teori	Error! Bookmark not defined.
2.2.1. Pengertian Perpindahan Kalor	Error! Bookmark not defined.
2.2.2. Perpindahan Kalor Konduksi (Stedi Satu Dimensi) ..	Error! Bookmark not defined.
2.2.3. Prinsip Dasar Alat Penukar Kalor.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.4. Tipe-Tipe Alat Penukar Kalor	Error! Bookmark not defined.
2.2.5. Analisis Perpindahan Kalor Pada <i>Heat Exchanger</i> ...	Error! Bookmark not defined.

2.2.6. Laju Perpindahan Kalor	Error! Bookmark not defined.
2.2.7. Beda Temperatur Rata-rata Logaritmik (LMTD)	Error! Bookmark not defined.
2.2.8. Metode <i>Effectiveness</i> (ϵ) – NTU.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.9 Koefisien Perpindahan Kalor Evaporasi	Error! Bookmark not defined.
2.2.10. Pola Aliran	Error! Bookmark not defined.
2.2.11. Beban Pendinginan	Error! Bookmark not defined.
2.2.12 Prinsip Kerja Sistem Pendingin	Error! Bookmark not defined.
2.2.13 Kompresor	Error! Bookmark not defined.
2.2.14 Kondensor.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.15 Evaporator.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.16 Katup Ekspansi Termostatik.....	Error! Bookmark not defined.
BAB III	Error! Bookmark not defined.
3.1 Bahan yang akan digunakan.....	Error! Bookmark not defined.
3.2 Skema Alat Uji	Error! Bookmark not defined.
3.3 Peralatan Pengujian	Error! Bookmark not defined.
3.4 Diagram Alir Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.5 Kalibrasi Termokopel.....	Error! Bookmark not defined.
3.6 Kalibrasi Orifice	Error! Bookmark not defined.
3.7 Tes Kebocoran.....	Error! Bookmark not defined.
3.8 Pengisian Refrigeran	Error! Bookmark not defined.
3.9 Prosedur Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.10 Rencana Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
BAB IV	Error! Bookmark not defined.
4.1 Hasil Penelitian	Error! Bookmark not defined.
4.2 Perhitungan.....	Error! Bookmark not defined.
4.3 Pembahasan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB V	Error! Bookmark not defined.
5.1 Kesimpulan.....	Error! Bookmark not defined.
5.2 Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Grafik $x-h_{TP, \text{eksp.}}$ untuk berbagai tekanan evaporasi (a) $P_{\text{eva}} = 75$ psi, (b) $P_{\text{eva}} = 65$ psi, (c) $P_{\text{eva}} = 55$ psi (Santosa, 2003).....	6
Gambar 2.2. Grafik hubungan beban pendinginan terhadap COP.....	7
Gambar 2.3. Grafik h_b dan derajat kemiringan tabung, (a) $q''=20$ kW/m ² , (b) $q''=60$ kW/m ² , (c) $q''=100$ kW/m ²	10
Gambar 2.4. Grafik $h-x_{\text{avg}}$, (a) Fluks massa 200 dan 300 kg/m ² s saluran halus vertikal dan (b) Fluks massa 300 dan 400 kg/m ² s saluran halus horisontal (Dalkilic, 2016).....	11
Gambar 2.5. Perpindahan kalor konduksi.....	12
Gambar 2.6. Perpindahan kalor konveksi.....	13
Gambar 2.7. Perpindahan kalor radiasi.....	14
Gambar 2.8. Perpindahan kalor pada dinding datar.....	15
Gambar 2.9. Perpindahan kalor pada silinder (pipa)	16
Gambar 2.10. Diagram penukar kalor sederhana.....	18
Gambar 2.11. Penukar kalor tipe plat datar yang melukiskan aliran lintang dengan kedua fluidanya tak bercampur.....	19
Gambar 2.12. Pemanas udara aliran lintang yang melukiskan aliran lintang dengan satu fluidanya bercampur dan fluida lainnya tak bercampur.....	20
Gambar 2.13. Penukar kalor <i>shell and tube</i> dengan sekat-sekat (<i>baffles</i>).....	20
Gambar 2.14. <i>Regenerative heat exchanger</i>	21
Gambar 2.15. <i>Cooling tower</i>	21
Gambar 2.16. Profil temperatur aliran berlawanan (<i>counter flow</i>)	25
Gambar 2.17. Profil temperatur aliran searah	26
Gambar 2.18. Grafik faktor koreksi (F) untuk 1 <i>shell pass</i> dan 2 atau kelipatan <i>tube pass</i>	27
Gambar 2.19. Seksi Uji.....	29
Gambar 2.20. Pola aliran horizontal.....	30
Gambar 2.21. Ilustrasi beban pendinginan dalam ruangan.....	30
Gambar 2.22 Siklus kompresi uap sederhana.....	32
Gambar 2.23 Kompresor.....	33

Gambar 2.24 Kondensor.....	34
Gambar 2.25 Evaporator.....	35
Gambar 2.26. Katup Ekspansi.....	35
Gambar 2.27 Mekanisme kerja katup ekspansi.....	36
Gambar 3.1 Skema Alat Uji.....	39
Gambar 3.2 Skema seksi uji.....	40
Gambar 3.3 Foto Alat Uji.....	41
Gambar 3.4 Kompresor NIPPONDENSO 10P15C.....	44
Gambar 3.5 Kondensor.....	45
Gambar 3.6 Evaporator.....	45
Gambar 3.7 Katup ekspansi.....	46
Gambar 3.8 Motor Listrik.....	46
Gambar 3.9 Inverter 3 phase merk CHINT	47
Gambar 3.10 (a) Pressure gauge <i>high pressure</i> dan (b) pressure gauge <i>low pressure</i>	48
Gambar 3.11 <i>Filter Dryer</i>	49
Gambar 3.12 Pompa Air.....	50
Gambar 3.13 MCB (<i>Mini Circuit Breaker</i>).....	50
Gambar 3.14 Katup (<i>valve</i>).....	51
Gambar 3.15 Manometer Air Raksa.....	51
Gambar 3.16 Rotameter Air.....	52
Gambar 3.17 <i>Manifold</i>	52
Gambar 3.18 <i>Sight Glass</i>	53
Gambar 3.19 <i>Thermoreader</i>	53
Gambar 3.20 Anemometer.....	54
Gambar 3.21 <i>Voltage Regulator</i>	55
Gambar 3.22 Multimeter.....	56
Gambar 3.23 Tang Ampere.....	57
Gambar 3.24 Pipa Kapiler.....	57
Gambar 3.25 Pipa Paralon (PVC).....	58
Gambar 3.26 <i>Heater</i> dan seksi uji.....	60

Gambar 3.27 <i>Orifice</i>	60
Gambar 3.28 Skema <i>orifice</i>	61
Gambar 3.29 <i>Blower</i>	62
Gambar 3.30 Diagram Alir Penelitian.....	62
Gambar 3.31 Skema Manometer.....	65
Gambar 3.32 Grafik hubungan beda tekanan ΔP rata-rata orifice dengan bilangan Re	68
Gambar 3.33 Grafik hubungan bilangan Re dengan koefisien curah (C).....	69
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara koefisien perpindahan kalor evaporasi dengan kapasitas beban pendinginan.....	83
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Beban Pendinginan (<i>Cooling Load</i>) dengan T_{sat}	84
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara kapasitas beban pendinginan (<i>cooling load</i>) dengan T_{wi}	85
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara kapasitas beban pendinginan (<i>cooling load</i>) dengan P_{sat}	86
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara kapasitas beban pendinginan (<i>cooling load</i>) dengan $T_{wis}-T_{sat}$	87

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Sifat-sifat dari Refrigeran R-134a.....	37
Tabel 4.1 Hasil Pengamatan untuk mencari nilai <i>Cooling Load</i>	78
Tabel 4.2 Hasil Pengamatan untuk mencari nilai h_{evap}	79

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

\dot{q}_x	= Fluks kalor (laju perpindahan kalor konduksi) (W/m ²)
K	= Konduktivitas termal material (W/m.°C)
A	= Luas penampang dialiri oleh kalor secara konduksi diukur tegak lurus arah aliran (m ²)
$\frac{dT}{dx}$	= Gradien temperatur di arah x (°C/m)
\dot{q}	= Laju perpindahan kalor konveksi (W/m ²)
h atau \bar{h}	= Koefisien perpindahan kalor konveksi (W/m ² .K)
ΔT	= Beda temperatur antara T [∞] (fluida, °C) dengan T _s (permukaan, °C)
T	= Temperatur
Gr	= <i>Grashof number</i>
Ra	= <i>Rayleigh number</i>
Nu	= <i>Bilangan Nusselt</i>
L	= Panjang geometri, m
g	= Kecepatan gravitasi bumi, kg/s
β	= Kekuatan daya apung, K ⁻¹
Pr	= <i>Bilangan Prandtl</i>
ν	= Viskositas kinematik fluida, m ² /s
α	= <i>Thermal diffusivity</i> , m ² /s
q _{konv}	= Perpindahan kalor konveksi (Watt)
q _{rad}	= Perpindahan kalor radiasi (Watt)
A _s	= Luas Permukaan Geometri (m ²)
T _s	= Temperatur permukaan (°C)
T _{sur}	= Temperatur lingkungan (°C)
h ₄	= <i>Enthalpy</i> fluida jenuh terkompresi (kJ/kg)
h _f	= <i>Enthalpy</i> pada sturasi liquid (kJ/kg)
h _g	= <i>Enthalpy</i> pada saturasi uap (kJ/kg)
h _x	= <i>Enthalpy</i> tiap kenaikan kualitas
x	= Kualitas Uap
h _{TP} atau h _{evap}	= Koefisien perpindahan kalor evaporasi (W/m ² .°C)

- \dot{q} = Fluks kalor (W/m^2)
 $T_{w,i}$ = Temperatur dinding dalam saluran ($^{\circ}\text{C}$)
 T_{sat} = Temperatur jenuh fluida di tengah saluran ($^{\circ}\text{C}$)
 \dot{m}_{wtr} = Laju aliran massa air (kg/s)
 $\rho_{\text{wtr}.1}$ = Massa jenis air pada aliran pipa tembaga (kg/m^3)
 $\rho_{\text{wtr}.2}$ = Massa jenis air pada aliran orifice (kg/m^3)
 A_2 = Luas penampang orifice (m^2)
 A_1 = Luas penampang pipa tembaga (m^2)
 v_1 = Kecepatan alir fluida pada pipa tembaga (m/s)
 v_2 = Kecepatan alir fluida pada orifice (m/s)
 $P_1 - P_2$ = Beda tekanan pada sisi masuk dan keluar *orifice* (Pa)
 ρ_{wtr} = Massa jenis air (kg/m^3)
 C = Koefisien curah
 \dot{V}_{ideal} = Laju aliran volume ideal
 \dot{V}_{aktual} = Laju aliran volume aktual
 Re = Bilangan *Reynolds*
 D = Diameter geometri, m
 ρ_{Hg} = Massa Jenis air raksa (13.600 kg/m^3)
 g = Percepatan gravitasi bumi ($9,81 \text{ m/s}^2$)
 $h_1 - h_2$ = Beda level fluida pada sisi masuk dan keluar (m)
 $Q_{\text{evap},\text{SU}}$ = Perpindahan kalor yang diberikan udara, Seksi Uji
 T_{wo} = Temperatur dinding luar seksi uji ($^{\circ}\text{C}$)
 r_2 = Diameter luar seksi uji (m)
 r_1 = Diameter dalam seksi uji (m)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Diagram P-h Refrigeran R-134a.....	90
Lampiran 2 Persamaan Regresi Termokopel dan Kalibrasi Termokopel	91
Lampiran 3 Kalibrasi Orifice.....	94
Lampiran 4 Laju Aliran Massa Refrigeran.....	95
Lampiran 5 Data Kualitas Uap Refrigeran Setelah Keluar Katup Ekspansi.....	97

