

**PERANCANGAN *HEATER* SEBAGAI ELEMEN PEMANAS UNTUK
MENGUBAH KUALITAS UAP REFRIGERAN PADA ALAT UJI
PENGUKURAN KOEFISIEN PERPINDAHAN KALOR EVAPORASI
DENGAN REFRIGERAN R-134a SEBAGAI FLUIDA KERJA**

SKRIPSI

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



**Disusun Oleh:
ARIF BURHANUDIN LUTHFI
20130130202**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
2017**

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

Perancangan *Heater* Sebagai Eleman Pemanas Untuk Mengubah Kualitas Uap Refrigeran Pada Alat Uji Pengukuran Koefisien Perpindahan Kalor Evaporasi Dengan Refrigeran R-134a Sebagai Fluida Kerja

Design Of Electrical Heating Element To Change Vapor Quality Of Refrigerant On The Measurement Device Of Coefficient Evaporation With Refrigerant R-134a As Working Fluid

Dipersiapkan dan disusun oleh:

Arif Burhanudin Luthfi
20130130202

**telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 7 desember 2017**

Susunan Tim Penguji:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

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

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

Penguji

Wahyudi, S.T., M.T.
NIK. 19700823 199702 123032

**Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana**

Tanggal 26 Desember 2017

Mengetahui

Ketua Program Studi S-1 Teknik Mesin FT UMY

Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.
NIK. 19740302 200104 123049

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta maupun perguruan tinggi lainnya.

Semua informasi yang dimuat dalam tugas akhir ini, yang berasal dari karya orang lain, baik yang dipublikasikan atau tidak, telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar dan semua isi dari tugas akhir ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Yogyakarta, September 2017

Arif Burhanudin Luthfi

KATA PENGANTAR

Assalamuallaikum Wr, Wb

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahman dan rahim-Nya kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini. Selawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang kita tunggu syafaatnya di yaumul akhir nanti.

Penulisan tugas akhir ini merupakan syarat penyelesaian pendidikan strata satu Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Pada kesempatan ini penulis melakukan perancangan *heater* sebagai elemen pemanas untuk mengubah kualitas uap pada alat uji pengukuran koefisien perpindahan kalor evaporasi dengan refrigeran R-134a.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih atas bantuan perhatian selama melakukan penelitian ini. Rasa terima kasih penulis haturkan kepada:

1. Bapak. Tito Hadji Agung Santosa, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama tugas akhir yang telah memberikan bimbingan dan arahan yang sangat bermanfaat,
2. Bapak. Thoharudin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pendamping tugas akhir yang telah memberikan arahan teknis dan koreksi yang sangat bermanfaat,
3. Bapak. Wahyudi, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan arahan yang sangat bermanfaat,
4. Bapak. Mujiarto, Bapak. Mujiono, dan Bapak Joko selaku penanggung jawab laboratorium teknik mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, atas dipermudahkannya penggunaan laboratorium dan peminjaman alat laboratorium,
5. Bapak dan Ibu tercinta dan saudara penulis yang telah membantu baik dari segi moril, materiil, maupun spirituil yang selalu mendoakan penulis agar diberi kelancaran dalam penulisan tugas akhir ini,

6. Rekan satu *team* dan satu perjuangan dalam penelitian ini (Warsito Kabul S, Anis Kurniawan, Muh Akhid R, Moh. Nala C.P , Arya Yuda H, Sahlan, dan Erjati Pitaloka) yang selalu solid, *team work* dalam penelitian ini,
7. Rekan-rekan S-1 Teknik atas ide, pikiran dan bantuannya,
8. Dan semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung sehingga dapat terselesainya penelitian ini.

Semoga Allah memberikan rahmat dan hidayah kepada mereka semua.

Aamiin.

Akhirnya penulis menghaturkan karya yang sederhana ini, semoga karya ini dapat menjadi sumbangan pemikiran bagi perkembangan ilmu dan teknologi tentang perancangan suatu pemanas listrik dan bidang pendidikan pada umumnya.

Aamiin.

Yogyakarta, September 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
INTISARI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Perancangan	3
1.5 Manfaat Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2. Dasar Teori	8
2.2.1. Pemanas Listrik	8
2.2.2. Kawat Pemanas	16
2.2.3. Rangkaian Listrik	21
1) Daya Listrik.....	21
2) Arus Listrik.....	22
3) Tegangan Listrik.....	23
4) Tahanan Listrik.....	24
2.2.4. Siklus Refrigerasi	25

2.2.5. <i>Orifice</i>	27
2.2.6. Modus Perpindahan Kalor.....	30
1) Konduksi.....	31
2) Konveksi.....	33
3) Radiasi.....	34
4) Perpindahan Panas Pada Koordinat Silinder Berlubang.....	36
2.2.7. Koefisien Perpindahan Kalor Evaporasi.....	38
2.2.8. Kualitas Uap (x).....	39
BAB III MOTODE PERANCANGAN	41
3.1. Bahan Perancangan.....	41
3.2. Alat Perancangan.....	42
3.3. Skema Kerja Alat Uji dan Skema <i>Heater</i>	45
3.4. Prosedur Perancangan.....	51
3.4.1. Diagram Alir Perancangan.....	51
1) Diagram Alir Perancangan Metode Eksperimental.....	51
2) Diagram Alir Perancangan Metode Semi teoritis.....	55
3.5. Rencana Perhitungan Daya <i>Heater</i>	58
3.5.1. Perhitungan Laju Aliran Massa Refrigeran.....	58
3.5.2. Penentuan Nilai hfg dan Kualitas Uap.....	60
3.5.3. Perhitungan Kalor Yang diserap Refrigeran Metode Semi teoritis.....	60
3.5.4. Perhitungan Kalor Yang diserap Refrigeran Metode Eksperimental.....	61
3.5.5. Pembuatan <i>Heater</i> Awal Untuk Kalibrasi.....	61
3.5.6. Perhitungan Daya Total <i>Heater</i> Metode Eksperimental.....	61
3.5.7. Perhitungan Daya Total <i>Heater</i> Metode Semi teoritis.....	63
3.5.8. Perhitungan <i>Voltase Heater</i> dan Kebutuhan Kawat Pemanas.....	65
3.5.9. Perhitungan Kebutuhan Isolasi <i>Heater</i>	67

BAB IV HASIL PERANCANGAN DAN PEMBAHASAN	70
4.1. Perhitungan Kebutuhan Daya <i>Heater</i>	70
4.1.1 Metode Eksperimental Kebutuhan Daya <i>Heater</i>	70
1) Menghitung Nilai Laju Aliras Massa Refrigeran (m_{R-134a})	70
2) Mengetahui Nilai hfg	73
3) Menghitung Kalor Yang Diserap Refrigeran	73
4) Pembuatan <i>Heater</i> Untuk Kalibrasi	74
a) Pemilihan Kawat Pemanas	74
b) Pemilihan Pipa <i>Heater</i> dan Isolasi <i>Heater</i>	77
c) Uji Putus Kawat Pemanas	84
5) Kalibrasi <i>Heater</i> Terhadap Air	86
6) Menghitung Daya Total <i>Heater</i> (Asumsi (Q_{R-134a}) = Q yg diserap oleh air	89
4.1.2. Metode Semi teoritis Kebutuhan Daya <i>Heater</i>	93
1) Menentukan Nilai Laju Aliras Massa Refrigeran (m_{R-134a})	93
2) Menentukan Kualitas Awal	93
3) Menghitung Nilai Q_{R-134a} Pada Setiap Kualitas Uap	94
4) Menghitung Daya Total <i>Heater</i> Untuk Setiap Kualitas (x) dan Menghitung Kemungkinan Q_{Loss} Yang Terjadi	95
5) Menghitung Kebutuhan Panjang Kawat Pemanas dan <i>Voltase</i>	101
4.2. Perhitungan Ketebalan Isolasi <i>Heater</i>	102
4.3. Hasil Unjuk Kerja <i>Heater</i> Hasil Eksperimental	110
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	 113
5.1. Kesimpulan	113
5.2. Saran	114
 DAFTAR PUSTAKA	 115
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hubungan kualitas uap terhadap koefisien evaporasi pada tekanan evaporasi 55 psi.....	7
	(Santoso, 2003)	
Gambar 2.2	Berbagai jenis <i>heater</i>	8
	(Suryana, 2012)	
Gambar 2.3	Elemen pemanas bentuk dasar.....	8
	(Anonim 1, 2015)	
Gambar 2.4	<i>Quartz Heater</i>	10
	(Suryana, 2012)	
Gambar 2.5	<i>Ceramic heater</i>	10
	(Suryana, 2012)	
Gambar 2.6	<i>Coil heater</i>	11
	(Arifudin, 2014)	
Gambar 2.7	Elemen pemanas bentuk lanjut.....	11
	(Anonim 2, 2015)	
Gambar 2.8	<i>Tubular Heater Spiral</i>	12
	(Anonim 3, tanpa tahun)	
Gambar 2.9	<i>Mica Strip Heater</i> dengan <i>Wire Conection</i>	13
	(Anonim 4, tanpa tahun)	
Gambar 2.10	<i>Catridge Heater</i>	13
	(Suryana, 2012)	
Gambar 2.11	<i>Band heater</i> dan <i>nozle heater</i>	14
	(Suryana, 2012)	
Gambar 2.12	<i>Finned heater</i>	15
	(Suryana,2012)	
Gambar 2.13	<i>Cast in Brass</i> dan <i>Cast in Alumunium Heater</i>	15
	(Anonim 5, tanpa tahun)	
Gambar 2.14	Kawat Khantal Grade A1 AWG 24.....	18
	(Setiyono, 2016)	
Gambar 2.15	Kawat Nicrome Ni80 AWG 24	19
	(Setiyono, 2016)	
Gambar 2.16	Kawat Nikelin.....	19
	(Setiyono, 2016)	
Gambar 2.17	Kawat pemanas titanium	20
	(Setiyono, 2016)	
Gambar 2.18	Kawat pemanas Stainless Steel	21
	(Setiyono, 2016))	
Gambar 2.19	Arus DC.....	23
Gambar 2.20	Arus AC.....	23
Gambar 2.21	Tegangan listrik.....	23
Gambar 2.22	Sistem refrigerasi siklus kompresi uap standar	25
	(Stoecker,1996)	
Gambar 2.23	(a) Diagram Skematik Sistem Refrigerasi Kompresi Uap	26
	(b) Diagram T-s	26

	(c) Diagram P-h	26
	(Dinçer & Kanoğlu, 2010)	
Gambar 2.24	Skema manometer U	27
Gambar 2.25	Skema <i>Orifice</i>	28
Gambar 2.26	Perpindahan Kalor	31
	(Cengel, 2003)	
Gambar 2.27	Perpindahan kalor konduksi	32
	(Incropera dan Dewitt, 2002)	
Gambar 2.28	Konduktifitas termal beberapa jenis material	32
	(Incropera dan Dewitt, 2002)	
Gambar 2.29	Perpindahan kalor konveksi	33
	(Incropera dan Dewitt, 2002)	
Gambar 2.30	(a) Konveksi paksa	34
	(b) Konveksi babas	34
	(Incropera dan Dewitt, 2002)	
Gambar 2.31	Perpindahan kalor Radiasi	35
	(Incropera dan Dewitt, 2002)	
Gambar 2.32	Perpindahan kalor pada silinder berlubang	36
	(Incropera dan Dewitt, 2002)	
Gambar 2.33	Perpindahan kalor pada silinder berlubang yang diisolasi	37
	(Incropera dan Dewitt, 2002)	
Gambar 2.34	Rejim aliran dididih secara konveksi paksa di dalam pipa	39
	(Incropera dan Dewitt, 2002)	
Gambar 3.1	Refrigeran R-134a	41
Gambar 3.2	Tampilan <i>software</i> inventor 2015	42
Gambar 3.3	<i>Voltage regulator</i>	43
Gambar 3.4	Multimeter	44
Gambar 3.5	Tang Ampere	44
Gambar 3.6	<i>Thermo Reader</i>	45
Gambar 3.7	Skema Alat Uji	47
Gambar 3.8	<i>Layout</i> Alat Uji	48
Gambar 3.9	Ukuran rancangan <i>heater</i>	49
Gambar 3.10	Rencana komponen <i>heater</i>	50
Gambar 3.11	Diagram alir perancangan metode eksperimental	51
Gambar 3.12	Diagram alir perancangan metode Semi teoritis	55
Gambar 3.13	Grafik hubungan beda tekanan <i>orifice</i> terhadap bilangan Reynolds	59
Gambar 3.14	Grafik hubungan bilangan Re terhadap koefisien curah (C)	59
Gambar 3.15	Diagram P-h efrigerasi	60
	(Yoshihiro, 2013)	
Gambar 3.16	Skema kalibrasi <i>heater</i>	62
Gambar 3.17	Hukum ohm	65
	(Jannah, tanpa tahun)	
Gambar 3.18	Perpindahan kalor pada material silinder terisolasi	67
	(Incropera dan Dewitt, 2002)	
Gambar 3.19	Skema perpindahan kalor konduksi dan konveksi pada silinder	

	yang diisolasi	68
Gambar 3.20	Pengaruh jari-jari kritis terhadap tahanan termal (Incropera dan Dewitt, 2002)	69
Gambar 4.1	Kawat Nicrome Ni80 AWG 24	74
Gambar 4.2	Grafik resistivity vs temperature berbagai kawat pemanas (Anonim 8, 2012)	76
Gambar 4.3	Pipa Tembaga	77
Gambar 4.4	Material gysum berbentuk cincin	79
Gambar 4.5	Pita asbes	81
Gambar 4.6	<i>Glasswool</i>	81
Gambar 4.7	<i>Alumunium foil</i>	82
Gambar 4.8	Uji putus dan penentuan kebutuhan panjang kawat pemanas	84
Gambar 4.9	Grafik arus listrik terhadap tegangan	85
Gambar 4.10	Grafik arus listrik terhadap daya listrik	86
Gambar 4.11	Grafik daya listrik terhadap tahanan listrik	86
Gambar 4.12	Kalibrasi <i>heater</i> terhadap air	87
Gambar 4.13	Grafik hubungan kalor yang diserap air dengan <i>voltase</i>	88
Gambar 4.14	Grafik hubungan <i>voltase</i> terhadap arus	89
Gambar 4.15	Grafik hubungan kebutuhan daya <i>heater</i> untuk setiap variasi frekuensi <i>inverter</i>	91
Gambar 4.16	Grafik hubungan kualitas uap (x) dengan kebutuhan daya <i>heater</i> pada seksi uji posisi vertikal	99
Gambar 4.17	Grafik hubungan kualitas uap (x) dengan kebutuhan daya <i>heater</i> pada seksi uji posisi horisontal	99
Gambar 4.18	Grafik hubungan variasi frekuensi dengan tegangan yang dibutuhkan pada seksi uji posisi vertikal	102
Gambar 4.19	Grafik hubungan variasi frekuensi dengan tegangan yang dibutuhkan pada seksi uji posisi horisontal	102
Gambar 4.20	Skema isolasi <i>heater</i>	104
Gambar 4.21	Skema aliran kalor kelingkuangan	104
Gambar 4.22	Skema kalor yang diserap refrigeran	104
Gambar 4.23	Grafik hubungan nilai rcr dengan h konveksi bebas	107
Gambar 4.24	Grafik hubungan ketebalan isolasi heater terhadap R total pada berbagai variasi (h)	108
Gambar 4.25	Grafik hubungan x real dengan daya <i>heater</i> pada seksi uji posisi horisontal	110
Gambar 4.26	Grafik hubungan x rencana dengan x real pada seksi uji posisi horisontal	111
Gambar 4.27	Grafik hubungan x real dengan daya <i>heater</i> pada seksi uji posisi vertikal	111
Gambar 4.28	Grafik hubungan x rencana dengan x real pada seksi uji posisi vertikal	112

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Hasil pengolahan data analisa fluks kalor kritis terhadap berbagai variasi temperatur dan laju aliran air (Kusuma, 2013).....	6
Tabel 2.2	Hubungan nilai AWG dan diameter kawat pemanas (Royen, 2014).....	16
Tabel 2.3	Nilai (ε) dan (α) beberapa jenis material (Cengel, 1998) dan (Incropera dan Dewit, 2002).....	35
Tabel 3.1	Tabel sifat udara (Incropera dan Dewit, 2002)	63
Tabel 4.1	Hubungan nilai AWG, diameter, dan tahanan kawat Nicrome Ni80 (Anonim 6, tanpa tahun).....	75
Tabel 4.2	Spesifikasi kawat Nicrome Ni 80 AWG 24 (Anonim 7, 2001)	75
Tabel 4.3	Konduktifitas beberapa jenis material (Holman, 2002).....	78
Tabel 4.4	Konduktifitas material non logam (Incropera dan Dewit, 2002).....	80
Tabel 4.5	Sifat termal beberapa jenis material (Incropera dan Dewit, 2002).....	83

Tabel 4.6	Kebutuhan daya <i>heater</i> untuk seksi uji posisi vertikal berdasarkan metode eksperimental.....	92
Tabel 4.7	Kebutuhan daya <i>heater</i> untuk seksi uji posisi horisontal berdasarkan metode eksperimental.....	92
Tabel 4.8	Kebutuhan daya <i>heater</i> untuk seksi uji posisi vertikal berdasarkan metode Semi teoritis.....	99
Tabel 4.9	Kebutuhan daya <i>heater</i> untuk seksi uji posisi horisontal berdasarkan metode Semi teoritis.....	99

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1.	Diagram p-h R-134a (Cengel, 2003).....	119
LAMPIRAN 2.	Tabel <i>thermal</i> dan <i>mechanical properties</i> (khantal, 2012)	120
LAMPIRAN 3.	Kalibrasi <i>thermocople</i>	121
LAMPIRAN 4.	Kalibrasi <i>orifice</i>	122
LAMPIRAN 5.	Data awal seksi uji posisi vertikal.....	123
LAMPIRAN 6.	Data awal seksi uji posisi horisontal	124
LAMPIRAN 7.	Data perhitungan $Q_{refrigeran}$ seksi uji posisi vertikal.....	125
LAMPIRAN 8.	Data perhitungan $Q_{refrigeran}$ seksi uji posisi horisontal	126
LAMPIRAN 9.	Data perhitungan Q_{loss}	127
LAMPIRAN 10.	Tabel uji utus kawat pemanas	128
LAMPIRAN 11.	Data kalibrasi <i>heater</i>	130
LAMPIRAN 12.	Data perhitungan nilai rcr	130
LAMPIRAN 13.	Tabel unjuk kerja <i>heater</i> seksi uji posisi horisontal.....	131
LAMPIRAN 14.	Tabel unjuk kerja <i>heater</i> seksi uji posisi horisontal.....	133
LAMPIRAN 15.	Tabel perhitungan tahanan listrik seksi uji posisi vertikal	135
LAMPIRAN 16.	Tabel perhitungan tahanan listrik seksi uji posisi horisontal.....	136
LAMPIRAN 17.	Tabel perhitungan <i>voltase</i> seksi uji posisi vertikal	137
LAMPIRAN 18.	Tabel perhitungan <i>voltase</i> seksi uji posisi horisontal.....	138
LAMPIRAN 19.	Tabel perhitungan isolasi <i>heater</i> dengan material <i>glasswool</i> ($h=1,9 \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}$)	139

LAMPIRAN 20.	Tabel perhitungan isolasi <i>heater</i> dengan material <i>glasswool</i> ($h=2,7 \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}$)	140
LAMPIRAN 21.	Tabel perhitungan isolasi <i>heater</i> dengan material <i>glasswool</i> ($h=3,2 \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}$)	141
LAMPIRAN 22.	Tabel perhitungan isolasi <i>heater</i> dengan material <i>glasswool</i> ($h=3,6 \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}$)	142
LAMPIRAN 23.	Komponen-komponen <i>heater</i>	143
LAMPIRAN 24.	Gambar pembuatan <i>heater</i>	147