

LAPORAN TUGAS AKHIR

DESAIN RANCANGAN KONDENSOR JENIS COMPACT

**Diajukan Guna Memenuhi Syarat Kelulusan Mata Kuliah Tugas Akhir
Pada Program Sarjana Strata Satu (S1)**



Nama : Dedik Romahadi

NIM : 41311010049

Program Studi : Teknik Mesin

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA

2015

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Dedik Romahadi

N.I.M : 41311010049

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : Desain Rancangan Kondensor Jenis *Compact*

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

MERCU BUANA

Jakarta, 09 Januari 2015

Penulis



(Dedik Romahadi)

LEMBAR PENGESAHAN

Desain Rancangan Kondensor Jenis *Compact*



Disusun Oleh :

Nama : Dedik Romahadi

NIM : 41311010049

Program Studi : Teknik Mesin

MERCU BUANA

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir

(Imam Hidayat, ST. MT.)

Pembimbing

(Nanang Ruhyat, ST. MT.)

Lembar Persetujuan Publikasi untuk Kepentingan Akademik

Sebagai sivitas akademika Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dedik Roamahadi
N.I.M : 41311010049
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Laporan Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (None-exclusive Royalty Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : “**Desain Rancangan Kondensor Jenis Compact**” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada Tanggal : 09 Januari 2015



Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Yang Maha Esa atas terselesaikannya Tugas Akhir yang berjudul Desain Rancangan Kondensor Jenis *Compact*. Adapun penulisan Tugas Akhir ini disertai dengan tujuan memenuhi persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana dari Fakultas Teknik jurusan Teknik Mesin Universitas Mercubuana.

Terwujudnya Tugas Akhir ini tentunya tak mungkin terlepas dari bantuan dan jasa dari berbagai pihak. Karenanya penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibunda dan Ayahanda tersayang, Astuti dan Suparman, terima kasih atas kasih sayangnya yang tak terkira.
2. Bapak Nanang Ruhyat ST. MT., sebagai dosen pembimbing yang juga mendidik dan menginspirasi penulis.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Chandrasa Soekardi, sebagai dosen favorit saya yang selalu memberi ilmu dan nasehat selama kuliah di Univeritas Mercu Buana.
4. Bapak Ir. Ariosuko, Dh, MT., sebagai dosen favorit saya yang selalu memberi ilmu dan nasehat selama kuliah di Univeritas Mercu Buana.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Darwin Sebayang, sebagai kepala program studi tugas akhir.
6. Bapak Imam Hidayat, ST. MT., sebagai koordinator Tugas Akhir.
7. Seluruh dosen-dosen mercu buana yang telah membagikan ilmunya.
8. Sang kekasih, Alina, yang telah memberikan dukungan, semangat, dan doa yang diberikan atas kelancaran tugas akhir ini.
9. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Mesin 2011 yang telah memberi dukungan, semangat, dan doa yang diberikan atas kelancaran tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa hasil studi dan perancangan yang penulis tuangkan dalam Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, atas nama ilmu pengetahuan dan demi perbaikan tulisan ilmiah penulis pada kesempatan mendatang, penulis mengharapkan saran dari berbagai pihak.

Jakarta, Oktober 2015

(Dedik Romahadi)



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
ABSTRAK	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Perancangan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Metode Pengumpulan Data	2
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1. Proses Perpindahan Kalor.....	5
2.1.1. Perpindahan Kalor Secara Konduksi	5
2.1.2. Perpindahan Kalor Secara Konveksi.....	9
2.2. Bilangan Reynold	12
2.3. Bilangan Nusselt.....	14

2.4.	Korelasi Dittus-Boelter (Konveksi Paksa)	15
2.5.	Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh.....	16
2.6.	Tekanan	20
2.6.1.	Penurunan Tekanan (<i>Pressure Drop</i>)	21
2.7.	Entalpi	24
2.8.	Temperatur	24
2.8.1.	Perbedaan Temperatur Rata-rata Logaritmik (LMTD).....	24
2.9.	Alat Penukar Kalor (<i>Heat Exchanger</i>)	25
2.9.1.	Klasifikasi Alat Penukar Kalor	27
2.9.2.	Klasifikasi Penukar Kalor Berdasarkan Susunan Aliran Fluida	29
2.10.	Alat Penukar Kalor Jenis <i>Compact</i>	34
2.11.	Pengertian Refrigerasi.....	38
2.11.1.	Siklus Refrigerasi Kompresi Uap.....	39
2.11.2.	Proses Operasi.....	41
2.11.3.	Panas Buang Kondensor	43
2.11.4.	Panas Buang Total Kondensor	43
2.12.	Refrigeran	44
2.12.1.	Syarat-syarat Refrigeran.....	44
2.12.2.	Pipa Refrigeran.....	46
2.13.	Kondensor	48
2.13.1.	Komponen – komponen Utama Pada Kondensor	49
BAB III METODE PERANCANGAN.....	51	
3.1.	Diagram Alir Perangan.....	51
3.2.	Proses Diagram Alir	54
3.2.1.	Perencanaan.....	54
3.2.2.	Pengumpulan Data	54

3.2.3.	Perhitungan	54
3.2.4.	Kriteria Perancangan.....	54
3.2.5.	Gambar Hasil Perancangan	54
BAB IV HASIL PERANCANGAN DAN PEMABAHASAN.....	55	
4.1.	Data Perancangan	55
4.2.	Penentuan Dimensi Perancangan	57
4.2.1.	Perancangan I.....	57
4.2.2.	Proses Perhitungan Perancangan I	58
4.2.2.1.	Penentuan Koefisien Perpindahan Panas (h)	58
4.2.2.2.	Efisiensi Sirip (η_f)	63
4.2.2.3.	Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (U)	65
4.2.2.4.	Faktor Koreksi (F)	65
4.2.2.5.	Selisih Temperatur Rata-rata Logaritmik (LMTD)	66
4.2.2.6.	Luas Perpindahan Panas	69
4.2.2.7.	Panjang Pipa (Tube).....	69
4.2.2.8.	<i>Pressure drop</i> (Penurunan Tekanan)	70
4.2.3.	Gambar Hasil Perancangan I.....	73
4.2.4.	Perancangan II.....	75
4.2.5.	Proses Perhitungan Perancangan II	76
4.2.6.	Gambar Hasil Perancangan II	79
4.2.7.	Perancangan III	81
4.2.8.	Hasil Perancangan III	82
4.2.9.	Hasil Gambar Perancangan III	84
4.3.	Data Hasil Keseluruhan Perhitungan.....	85
4.4.	Analisa Hasil Rancangan.....	87

4.4.1. Hubungan Antara Jenis <i>Surface</i> dengan Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh	87
4.4.2. Hubungan Antara Jenis <i>Surface</i> dengan Efisiensi Keseluruhan Sirip	88
4.4.3. Hubungan Antara Luas Perpindahan Panas dengan Variasi Jenis <i>Surface</i>	89
4.4.4. Hubungan Antara Luas Perpindahan Panas dengan Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh.....	89
4.4.5. Hubungan Antara Variasi Jenis <i>Surface</i> dengan Bilangan Reynolds	91
4.4.6. Hubungan Antara Variasi Jenis <i>Surface</i> dengan <i>Pressure Drop</i>	92
4.4.7. Hubungan Antara Bilangan Reynolds dengan <i>Pressure Drop</i>	93
BAB V PENUTUP	94
5.1. Kesimpulan	94
5.2. Saran.....	94
REFERENSI.....	96
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perpindahan panas konduksi.....	6
Gambar 2.2 Perpindahan panas konveksi	10
Gambar 2.3 Perpindahan panas konveksi	11
Gambar 2.4 Aliran laminar dan turbulen	13
Gambar 2.5 Koefisien perpindahan panas menyeluruh pada <i>Heat Exchanger</i>	17
Gambar 2.6 Grafik <i>heat transfer and friction factor for a circular tube continuous fin heat exchanger. Surface 8.0-3/8 T</i>	18
Gambar 2.7 Grafik <i>heat transfer and friction factor for flow across circular finned-tube matrix. Surface CF-8.72(c)</i>	19
Gambar 2.8 Grafik <i>heat transfer and friction factor for flow across inned-tube matrix. Surface CF-8.7-5/8 J</i>	19
Gambar 2.9 Perbedaan temperatur rata-rata logaritmik.....	25
Gambar 2.10 Aliran paralel dan profil temperature	30
Gambar 2.11 Aliran berlawanan arah dan profil temperatur ^[19]	31
Gambar 2.12 Aliran silang.....	33
Gambar 2.13 grafik LMTD <i>correction factor F for a crossflow heat exchanger with both fluids unmixed</i>	34
Gambar 2.14 Susunan plat-sirip	36
Gambar 2.15 Jenis-jenis pipa bersirip	38
Gambar 2.16 Sistem kompresi uap	40
Gambar 2.17 Diagram P-h	42
Gambar 2.18 Perpipaan pada sistem refrigerasi.....	47
Gambar 2.19 Kondensor	48
Gambar 3.1 Diagram alir proses perancangan	51
Gambar 4.1 Diagram T-h	56

Gambar 4.2 <i>Surface 8.0-3/8 T</i>	57
Gambar 4.3 Sirip	63
Gambar 4.4 Grafik efisiensi sirip	64
Gambar 4.5 Grafik LMTD <i>desuperheating</i>	67
Gambar 4.6 Grafik LMTD kondensasi	68
Gambar 4.7 Desain kondensor I	73
Gambar 4.8 Dimensi kondensor I	73
Gambar 4.9 <i>Bends</i> (tikungan) I	74
Gambar 4.10 Dimensi tikungan I	74
Gambar 4.11 Dimensi sirip	74
Gambar 4.12 <i>Surface CF-8.72(c)</i>	75
Gambar 4.13 Grafik efisiensi sirip II	77
Gambar 4.14 Desain kondensor II	79
Gambar 4.15 Dimensi kondensor II	79
Gambar 4.16 Dimensi tikungan II	80
Gambar 4.17 Dimensi sirip II	80
Gambar 4.18 <i>Surface CF-8.7-5/8 J (b)</i>	81
Gambar 4.19 Desain kondensor III	84
Gambar 4.20 Dimensi kondensor III	84
Gambar 4.21 Dimensi tikungan III	85
Gambar 4.22 Dimensi sirip II	85
Gambar 4.23 Grafik hubungan antara jenis <i>surface</i> dengan koefisien perpindahan panas menyeluruh	87
Gambar 4.24 Grafik hubungan antara nilai efisiensi keseluruhan sirip dengan variasi jenis <i>surface</i>	88
Gambar 4.25 Grafik hubungan antara luas perpindahan panas dengan variasi jenis <i>surface</i>	89

Gambar 4.26 Grafik hubungan antara luas perpindahan panas dengan koefisien perpindahan panas menyeluruh.....	90
Gambar 4.27 Grafik hubungan antara variasi jenis <i>surface</i> dengan bilangan reynolds..	91
Gambar 4.28 Grafik hubungan antara variasi jenis <i>surface</i> dengan <i>pressure drop</i>	92
Gambar 4.29 Grafik hubungan antara <i>pressure drop</i> dengan bilangan reynolds pada variasi jenis <i>surface</i>	93



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar konduktivitas termal berbagai bahan pada 0 °C	8
Tabel 2.2 <i>Fouling factors (coefficients) and Factor (resistance)</i>	20
Tabel 2.3 <i>Turbulen flow isothermal fanning friction factor correlations for smooth circular ducts</i>	22
Tabel 2.4 Panjang equivalen tikungan	23
Tabel 4.1 Hasil perhitungan II	76
Tabel 4.2 Dimensi perhitungan II	78
Tabel 4.3 Hasil perhitungan III	82
Tabel 4.4 Dimensi perhitungan III	83
Tabel 4.5 Hasil koefisien perpindahan panas	86
Tabel 4.6 Hasil dimensi perancangan	86
Tabel 4.7 Lanjutan hasil dimensi perancangan	86



DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
A	Luas	m^2
A_d	Luas perpindahan panas saat <i>desuperheating</i>	m^2
A_{dk}	Luas total perpindahan panas	m^2
A_f	Luas sirip	m^2
A_k	Luas perpindahan panas saat kondensasi	m^2
A_p	Luas sirip	m^2
b_f	Tebal sirip	m
Cp_d	Panas jenis refrigeran saat desuperheating	J/kg.K
Cp_k	Panas jenis refrigeran saat kondensasi	J/kg.K
Cp_u	Panas jenis udara	J/kg.K
D_h	Diameter hidraulik	m
f	Faktor gesekan	
F_d	Faktor koreksi saat <i>desuperheating</i>	
F_k	Faktor koreksi saat kondensasi	
$G_{ref(d)}$	Laju aliran massa refrigeran persatuan luas	$\text{kg/m}^2.\text{s}$
G_u	Laju aliran massa udara persatuan luas	$\text{kg/m}^2.\text{s}$
\hbar	Entalpi	J/kg
h_d	Koefisien perpindahan panas sisi dalam pipa saat <i>desuperheating</i>	$\text{W/m}^2.\text{K}$
h_k	Koefisien perpindahan panas sisi dalam pipa saat kondensasi	$\text{W/m}^2.\text{K}$
h_u	Koefisien perpindahan panas sisi udara	$\text{W/m}^2.\text{K}$
ID	Diameter dalam pipa	m
k_d	Konduktivitas termal refrigeran saat <i>desuperheating</i>	W/m.K
k_k	Konduktivitas termal refrigeran saat kondensasi	W/m.K
K_m	Konduktivitas termal material	W/m.K

k_u	Konduktivitas termal udara	W/m.K
L	Panjang pipa	m
L/ID	Panjang setara diameter untuk tikungan	
L_{1t}	Panjang satu tikungan	m
L_f	Tinggi sirip	m
L_s	Panjang total bagian pipa yang lurus	m
μ_d	Viskositas refrigeran saat <i>desuperheating</i>	N.s/m ²
μ_k	Viskositas refrigeran saat kondensasi	N.s/m ²
μ_u	Viskositas udara	N.s/m ²
\dot{m}_{R134a}	Laju aliran massa refrigeran	kg/s
\dot{m}_{udara}	Laju aliran massa udara	kg/s
n	Jumlah lintasan pipa	
n_b	Jumlah tikungan	
n_f	Efisiensi sirip	
η_o	Efisiensi keseluruhan sirip	
Nu	Bilangan Nusselt	
OD	Diameter luar pipa	m
ρ_d	Massa jenis refrigeran saat <i>desuperheating</i>	kg/m ³
P_f	Jarak antar sirip	m
ρ_k	Massa jenis refrigeran saat kondensasi	kg/m ³
Pr_d	Prandtl number refrigeran saat <i>desuperheating</i>	
Pr_k	Prandtl number refrigeran saat kondensasi	
Pr_u	Prandtl number rudara	
ρ_u	Massa jenis udara	kg/m ³
Q_d	Beban kondensor saat <i>desuperheating</i>	W
Q_k	Beban kondensor saat kondensasi	W
Re	Bilangan Reynold	
S_L	Jarak antar titik tengah pipa vertikal	m
S_T	Jarak antar titik tengah pipa horizontal	m

T_{rd}	Temperatur rata-rata refrigeran saat <i>desuperheating</i>	°C
T_{ru}	Temperatur rata-rata udara	°C
$T_{u(in)}$	Temperatur udara masuk kondensor	°C
$T_{u(out)}$	Temperatur udara keluar kondensor	°C
U_d	Koefisien perpindahan panas menyeluruh saat <i>desuperheating</i>	W/m ² .K
U_k	Koefisien perpindahan panas menyeluruh saat kondensasi	W/m ² .K
v_∞	Kecepatan aliran udara bebas	m/s
v_{ref}	Kecepatan aliran refrigeran	m/s
ΔP_b	<i>Pressure drop</i> akibat tikungan	Pa
ΔP_s	<i>Pressure drop</i> bagian pipa yang lurus	Pa
ΔP_u	<i>Pressure drop</i> pada sisi udara	Pa
$\Delta T_{lm,cf(d)}$	Perbedaan temperatur logaritmik saat <i>desuperheating</i>	°C
$\Delta T_{lm,cf(k)}$	Perbedaan temperatur logaritmik saat kondensasi	°C
ΔT_{md}	Perbedaan temperatur logaritmik saat <i>desuperheating</i> yang sebenarnya	°C
ΔT_{mk}	Perbedaan temperatur logaritmik saat kondensasi yang sebenarnya	°C

MERCU BUANA