

perpustakaan.uns.ac.id

**PENGARUH COOLANT BERBAHAN DASAR AIR DENGAN
ETILEN GLIKOL TERHADAP UNJUK KERJA PERPINDAHAN
PANAS DAN PENURUNAN TEKANAN RADIATOR OTOMOTIF**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana teknik



Oleh :

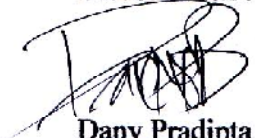
DANY PRADIPTA
NIM. I 1407020

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2013**

commit to user

PENGARUH COOLANT BERBAHAN DASAR AIR DAN ETILEN GLIKOL TERHADAP UNJUK KERJA PERPINDAHAN PANAS DAN PENURUNAN TEKANAN RADIATOR OTOMOTIF

Disusun oleh :



Dany Pradipta
NIM. 11407020

Dosen Pembimbing I



Wibawa Endra J., ST., MT.
NIP. 197009112000031001

Dosen Pembimbing II



Tri Istanto, ST., MT.
NIP. 19730820200121001

Telah dipertahankan di hadapan Tim Dosen Penguji pada hari tanggal 2013

1. Dr. Dwi Aries Himawanto, ST., MT.

NIP. 197403262000031001

2. Ubaidillah, S.T., M.Sc.

NIP. 198408252010121004



Mengetahui:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dick Doko Susilo ST., MT

NIP. 197203131997021001

Koordinator Tugas Akhir



Wahyu Purwo Raharjo, ST., MT.

NIP. 197202292000121001

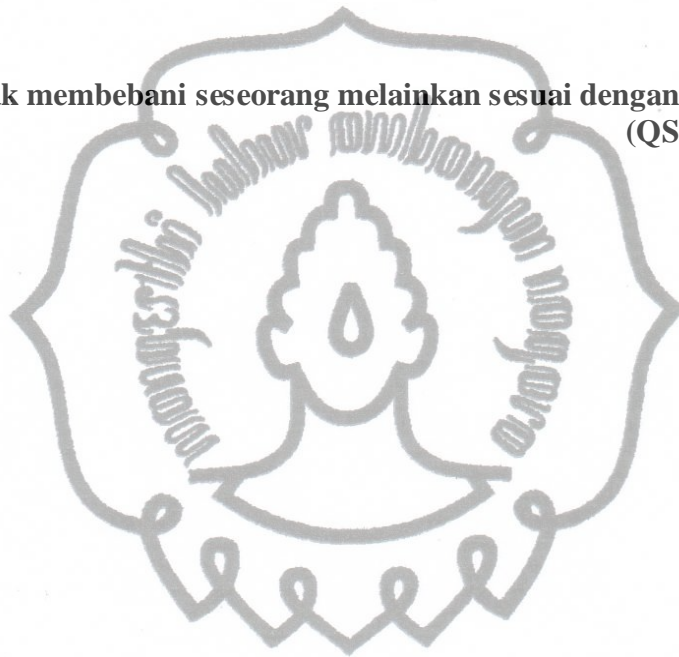
MOTTO

**“Selalu evaluasi hari ini dan kemarin dan susun strategi terbaik dalam menghadapi tantangan untuk mengejar hari esok yang lebih baik”
(Penulis)**

**“sebuah tali simpul yang rumit tidak bisa dikerjakan dengan emosi,
tapi butuh kepala dingin dan keuletan
untuk menyelesaikannya”
(Penulis)**

**“Sebaik-baiknya manusia adalah orang yang membaca Al-qur’an dan mengamalkannya”
(Al-Hadist)**

**“ Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kemampuannya”
(QS. Al Baqarah : 86)**



perpus
UNIK
PENGARUH KOMPOSISI AIR DAN ETILEN GLIKOL TERHADAP UNJUK
KERJA PERPINDAHAN PANAS DAN PENURUNAN TEKANAN
RADIATOR OTOMOTIF

Dany Pradipta

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik

Universitas Sebelas Maret, Surakarta

danydiepta@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh komposisi air dan etilen glikol pada *coolant* terhadap unjuk kerja perpindahan panas dan penurunan tekanan pada radiator tipe *corrugated louvered fin with rectangular channel*. Penelitian ini menggunakan variasi etilen glikol dan air sebagai *coolant* radiator dengan komposisi: 100 % air, 80 % air dan 20 % etilen glikol, 60 % air dan 40 % etilen glikol, serta 40 % air dan 60 % etilen glikol. Untuk debit *coolant* divariasikan antara 30 - 45 lpm. Pada penelitian ini temperatur *coolant* masuk radiator dan kecepatan udara masuk *duct* dijaga 80 °C dan 3m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan etilen glikol dan debit akan meningkatkan laju perpindahan panas dan koefisien perpindahan panas konveksi rata - rata di sisi *coolant*. Selanjutnya penambahan etilen glikol dan debit akan meningkatkan penurunan tekanan di sisi *coolant*.

Kata kunci: Unjuk kerja perpindahan panas, radiator, *coolant*.

perpus **INFLUENCE DIFFERENT COMPOTITION OF WATER AND ETHYLENE** id
GLYCOL AS COOLANT AGAINTS HEAT TRANSFER PERFORMANCE
AND PRESSURE DROP OF AUTOMOTIVE RADIATOR

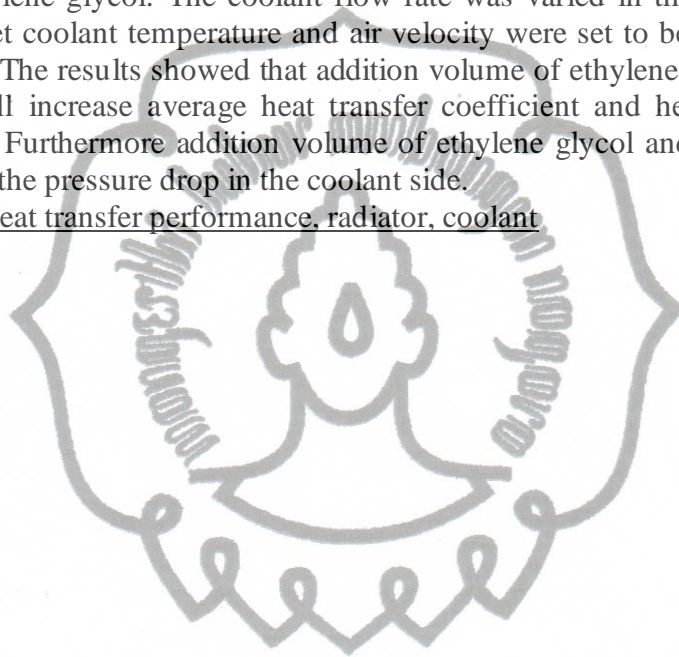
Dany Pradipta

Department of Mechanical Engineering, Engineering Faculty
Sebelas Maret University, Surakarta
danydiepta@gmail.com

ABSTRACT

The aims of the research are to determine influence of the composition of water and ethylene glycol againts heat transfer performance and pressure drop on radiator having type corrugated louvered fin with rectangular channel. The experiment varied ethylene glycol and water as coolant radiator with composition of 100 % water, 80 % water to 20 % ethylene glycol, 40 % water to 60 % ethylene glycol and 60 % water to 40 % ethylene glycol. The coolant flow rate was varied in the range of 30 - 45 lpm. The inlet coolant temperature and air velocity were set to be 80 °C and 3 m/s, respectively. The results showed that addition volume of ethylene glycol and coolant flow rate will increase average heat transfer coefficient and heat transfer rate of coolant side. Furthermore addition volume of ethylene glycol and coolant flow rate will increase the pressure drop in the coolant side.

Keywords: Heat transfer performance, radiator, coolant



Puji syukur kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat, dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Adapun tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Teknik di Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Penulis menyampaikan terima kasih yang sangat mendalam kepada semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penelitian dan penulisan skripsi ini, khususnya kepada :

1. Bapak Wibawa E.J, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I yang dengan ikhlas dan sabar memberikan banyak bantuan dalam penelitian dan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Tri Istanto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan banyak masukan dalam penelitian dan penulisan skripsi ini.
3. Kedua orang tua terutama ibu (Sri Suwarni) dan bapak (Suprpto) penulis yang selalu mendoakan dan mengajarkan tentang tanggung jawab, saudara-saudara tercinta Ryzky Apriandana dan seluruh keluarga terima kasih atas do'a, kasih sayang, dan semangat yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Kumala Sari yang telah memberikan motivasi, dukungan dan semangat yang besar hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Selalu sabar dan tidak pernah berhenti memberi teguran dan masukan. Terima kasih juga atas do'anya dan perhatiannya, terima kasih banyak.

Penulis menyadari bahwa dalam skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Adanya saran, koreksi dan kritik demi kesempurnaan skripsi ini, akan penulis terima dengan ikhlas dan dengan ucapan terima kasih.

Surakarta, Juli 2013

Penulis

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Surat Penugasan.....	ii
Halaman Pengesahan.....	iii
Halaman Motto	iv
Abstrak	v
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Tabel	x
Daftar Gambar	xi
Daftar Persamaan	xii
Daftar Notasi	xv
Daftar Lampiran	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Dan Manfaat	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1. Tinjauan Pustaka	5
2.2. Dasar Teori	7
2.2.1. Radiator.....	7
2.2.2. Media Pendingin (<i>coolant</i>).....	10
2.2.3. Teknologi <i>Coolant</i>	11
2.2.4. Perpindahan Panas	11
2.2.5. Parameter Tanpa Dimensi	12
2.3. Perhitungan Pada Radiator	14
2.3.1. Geometri Radiator	14
2.3.2. Perhitungan Luas Perpindahan Panas	15
2.3.3. Analisa Perpindahan Panas	16
2.3.4. Analisa Penurunan Tekanan	22
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1. Tempat Penelitian	27
3.2. Bahan Penelitian	27
3.3. Alat Penelitian	27
3.4. Prosedur Penelitian	34
3.4.1. Tahap Persiapan	34
3.4.2. Tahap Kalibrasi Alat	34
3.4.5. Tahap Pengujian.....	35
3.5. Metode Analisis Data	35
3.6. Diagram Alir Penelitian	36
BAB IV DATA DAN ANALISIS	
4.1. Uji Validitas Perpindahan Panas	37

perpustakaan.uns.ac.id | digilib.uns.ac.id

4.2. Pengaruh komposisi dan debit <i>coolant</i> terhadap laju perpindahan panas rata – rata (Q_{ave}).....	39
4.3. Pengaruh komposisi dan debit <i>coolant</i> terhadap koefisien perpindahan panas konveksi berdasarkan sisi permukaan pipa radiator (<i>tube</i>) / h_i	40
4.4. Pengaruh komposisi dan debit <i>coolant</i> terhadap koefisien perpindahan panas konveksi menyeluruh / UA	41
4.5. Pengaruh komposisi <i>coolant</i> terhadap hubungan antara Reynolds dengan ε	42
4.6. Pengaruh komposisi dan debit <i>coolant</i> terhadap penurunan tekanan / <i>pressure drop</i>	43
4.7. Pengaruh komposisi dan debit <i>coolant</i> terhadap <i>friction factor</i>	44
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan	45
5.2. Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	48



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Dimensi radiator.....	Halaman 30
----------------------------------	---------------



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Susunan aliran <i>coolant</i> pada radiator.....	7
Gambar 2.2. Komponen radiator	8
Gambar 2.3. <i>Fin</i> dan <i>tube</i> radiator.....	8
Gambar 2.4. <i>Corrugated louver fin with rectangular channel</i>	9
Gambar 2.5. Tutup radiator	9
Gambar 2.6. Ilustrasi jenis-jenis perpindahan panas.....	12
Gambar 2.7. Dimensi dasar pada radiator	14
Gambar 2.8. Faktor koreksi LMTD.....	18
Gambar 2.9. Analogi listrik untuk perpindahan panas pada radiator	18
Gambar 2.10. Pengukuran <i>pressure drop</i> pada radiator di sisi <i>tube</i> dengan menggunakan manometer.....	23
Gambar 2.11. Pengukuran <i>pressure drop</i> pada radiator di sisi udara dengan menggunakan manometer.....	25
Gambar 4.1. Grafik hubungan <i>Re</i> dengan <i>Nu</i> untuk <i>coolant</i> air	38
Gambar 4.2. Grafik hubungan Reynolds dengan Nusselt untuk <i>coolant</i> 60% EG & 40% <i>water</i>	38
Gambar 4.3. Grafik hubungan debit <i>coolant</i> dengan laju perpindahan rata-rata (Q_{ave}).....	39
Gambar 4.4. Grafik hubungan antara debit <i>coolant</i> terhadap koefisien perpindahan panas berdasarkan sisi <i>tube</i>	40
Gambar 4.5. Grafik hubungan antara debit <i>coolant</i> dengan koefisien perpindahan panas <i>overall</i> / UA.....	41
Gambar 4.6. Grafik hubungan antara Reynolds <i>coolant</i> terhadap efektifitas (ϵ).....	42
Gambar 4.7. Grafik hubungan debit <i>coolant</i> dengan ΔP di sisi <i>coolant</i>	43
Gambar 4.8. Grafik hubungan antara Reynolds <i>coolant</i> dengan faktor gesekan / f	44

	Halaman
Persamaan (2.1) Rumus dasar perpindahan panas secara konduksi.....	11
Persamaan (2.2) Persamaan dasar perpindahan panas konveksi	12
Persamaan (2.3) Rumus perpindahan panas radiasi	12
Persamaan (2.4) Bilangan reynolds	13
Persamaan (2.5) Bilangan Prandtl	13
Persamaan (2.6) Bilangan Nusselt.....	13
Persamaan (2.7) Panjang sirip	15
Persamaan (2.8) Luas frontal inti radiator.....	15
Persamaan (2.9) Luas frontaltube radiator	15
Persamaan (2.10) Luas perpindahan panas frontal sirip	15
Persamaan (2.11) Luas perpindahan panas pada sirip	15
Persamaan (2.12) Luas perpindahan panas pada pipa coolant sisi dinding luar tanpa sirip	15
Persamaan (2.13) Luas perpindahan panas total pada sisi <i>coolant</i>	15
Persamaan (2.14) Luas penampang pipa <i>coolant</i> sisi dinding dalam.....	15
Persamaan (2.15) Luas perpindahan panas total pada sisi <i>coolant</i>	15
Persamaan (2.16) Keliling penampang pipa coolant sisi dinding dalam	15
Persamaan (2.17) Luas laluan udara total	15
Persamaan (2.18) Luas laluan <i>coolant</i> total.....	15
Persamaan (2.19) Laju perpindahan panas di sisi <i>coolant</i>	16
Persamaan (2.20) Laju perpindahan panas di sisi udara	16
Persamaan (2.21) Temperatur <i>bulk coolant</i>	16
Persamaan (2.22) Temperatur <i>bulk</i> udara	16
Persamaan (2.23) Laju perpindahan panas sisi coolant di pipa radiator .	16
Persamaan (2.24) Laju perpindahan panas sisi udara di pipa radiator ...	16
Persamaan (2.25) Perhitungan bilangan reynolds	16
Persamaan (2.26) Diameter hidrolis.....	16
Persamaan (2.27) Kecepatan <i>coolant</i> di dalam pipa <i>coolant</i> (V_c)	16
Persamaan (2.28) Bilangan Nusselt aktual rata-rata.....	17
Persamaan (2.29) Nusselt korelasi <i>sieder-tate</i>	17
Persamaan (2.30) Nusselt korelasi <i>Gnielinski</i>	17
Persamaan (2.31) Persamaan <i>Gnielinski</i>	17
Persamaan (2.32) Laju perpindahan panas <i>coolant</i>	17
Persamaan (2.33) Laju perpindahan panas udara	17
Persamaan (2.34) Faktor koreksi	17
Persamaan (2.35) Rumus Nilai ΔT_{LMTD}	18
Persamaan (2.36) Nilai ΔT_1	18
Persamaan (2.37) Nilai ΔT_2	18
Persamaan (2.38) Tahanan termal total radiator	19
Persamaan (2.39) Tahanan termal total radiator	19
Persamaan (2.40) Perhitungan koefisien perpindahan panas total (U)....	19
Persamaan (2.41) Perhitungan koefisien perpindahan panas total (U)....	19
Persamaan (2.42) Perhitungan koefisien perpindahan panas total (U)....	19

Persamaan (2.43)	Koefisien perpindahan panas konveksi rata-rata di sisi <i>coolant</i>	19
Persamaan (2.44)	Penjabaran persamaan (2.43)	19
Persamaan (2.45)	Koefisien perpindahan panas <i>overall</i> di sisi <i>coolant</i> ..	19
Persamaan (2.46)	Koefisien perpindahan panas konveksi rata-rata di sisi <i>coolant</i>	19
Persamaan (2.47)	Efisiensi permukaan	20
Persamaan (2.48)	Luasan perpindahan panas total di sisi udara.....	20
Persamaan (2.49)	Efisiensi sirip	20
Persamaan (2.50)	Penjabaran rumus (2.49)	20
Persamaan (2.51)	Laju perpindahan panas udara	20
Persamaan (2.52)	Bilangan Nusselt rata-rata di sisi udara.....	20
Persamaan (2.53)	Diameter hidrolis yang terbentuk pada sirip	20
Persamaan (2.54)	Bilangan Reynolds pada sisi udara.....	20
Persamaan (2.55)	Laju kapasitas panas di sisi <i>coolant</i>	21
Persamaan (2.56)	Laju kapasitas panas di sisi udara.....	21
Persamaan (2.57)	Laju perpindahan panas di sisi <i>coolant</i>	21
Persamaan (2.58)	Laju perpindahan panas di sisi udara	21
Persamaan (2.59)	Efektivitas radiator (ϵ).....	21
Persamaan (2.60)	Beda temperatur maksimal penukar kalor	21
Persamaan (2.61)	Laju perpindahan panas maksimum yang mungkin ...	21
Persamaan (2.62)	Nilai laju kapasitas panas yang lebih kecil	21
Persamaan (2.63)	Nilai laju kapasitas panas yang lebih kecil	21
Persamaan (2.64)	Efektivitas radiator (ϵ).....	21
Persamaan (2.65)	Efektivitas radiator (ϵ).....	21
Persamaan (2.66)	Laju perpindahan panas rata-rata (Q_{ave}).....	22
Persamaan (2.67)	Nilai NTU	22
Persamaan (2.68)	Faktor gesekan Darcy	22
Persamaan (2.69)	Faktor gesekan aliran laminar	22
Persamaan (2.70)	Faktor gesekan aliran transisi	22
Persamaan (2.71)	Faktor gesekan turbulen	22
Persamaan (2.72)	f untuk aliran turbulen	23
Persamaan (2.73)	Faktor gesekan	23
Persamaan (2.74)	Penurunan tekanan terhadap jarak.....	23
Persamaan (2.75)	<i>Head loss</i>	23
Persamaan (2.76)	Persamaan energi untuk aliran tunak tak mampu mampat.....	21
Persamaan (2.77)	<i>Head loss</i>	21
Persamaan (2.78)	<i>Head loss</i>	21
Persamaan (2.79)	Faktor gesekan	21
Persamaan (2.80)	Faktor gesekan	21
Persamaan (2.81)	Penurunan tekanan / <i>pressure drop</i>	24
Persamaan (2.82)	Penurunan tekanan / <i>pressure drop</i>	24
Persamaan (2.83)	Penurunan tekanan / <i>pressure drop</i>	24
Persamaan (2.84)	Berat jenis fluida manometer	24
Persamaan (2.85)	Faktor gesekan	24
Persamaan (2.86)	Faktor gesekan	24

Persamaan (2.87)	Persamaan gas ideal.....	25
Persamaan (2.88)	Perbedaan tinggi cairan manometer, udara masuk <i>duct</i>	25
Persamaan (2.89)	Perbedaan tinggi cairan manometer, udara keluar <i>duct</i>	26
Persamaan (2.90)	Perbedaan tinggi vertical cairan manometer, udara masuk <i>duct</i>	26
Persamaan (2.91)	perbedaan tinggi vertical cairan manometer, udara keluar <i>duct</i>	26
Persamaan (2.92)	Penurunan tekanan / <i>pressure drop</i>	26
Persamaan (2.93)	Penurunan tekanan / <i>pressure drop</i>	26
Persamaan (2.94)	Berat jenis fluida manometer	26
Persamaan (2.95)	Beda tekanan di sisi udara.....	26
Persamaan (2.96)	Tekanan udara masuk <i>duct</i>	26
Persamaan (2.97)	Tekanan udara keluar <i>duct</i>	26
Persamaan (2.98)	Beda tekanan di sisi udara	26



θ	= sudut kemiringan manometer = 15°
γ_w	= berat jenis <i>coolant</i> dalam radiator ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^2)$)
γ_m	= berat jenis fluida (mercury) dalam manometer ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^2)$)
η	= efisiensi sirip radiator
δ	= ketebalan pipa radiator (m)
ρ_a	= massa jenis udara (kg/m^3)
ρ_c	= densitas <i>coolant</i> (kg/m^3)
η_o	= efisiensi permukaan
$\Delta T_{LMTD,cf}$	= beda temperatur logaritmis ($^\circ\text{C}$)
V_w	= debit <i>coolant</i> masuk radiator (m^3/s)
	= laju aliran massa udara = $\rho_a \cdot V_a \cdot A_d$ (kg/s)
	= laju aliran massa <i>coolant</i> = $\rho_c \cdot$ (kg/s)
	= sudut sirip
	= massa jenis aliran <i>coolant</i> dalam radiator (kg/m^3)
	= massa jenis fluida (<i>mercury</i>) dalam manometer (kg/m^3)
Δh	= beda ketinggian fluida dalam manometer (m)
ΔH_1	= perbedaan tinggi vertical cairan manometer, udara masuk <i>duct</i> (m)
ΔH_2	= perbedaan tinggi vertikal cairan manometer, udara keluar <i>duct</i> (m)
ΔL_1	= perbedaan tinggi cairan manometer, udara masuk <i>duct</i> (m)
ΔL_2	= perbedaan tinggi cairan manometer, udara keluar <i>duct</i> (m)
ΔP	= penurunan tekanan udara pada radiator (kPa)
ΔT	= beda temperatur ($^\circ\text{C}$)
Δz	= perubahan elevasi (m)
μ_a	= densitas dinamik udara ($\text{kg}/\text{m} \cdot \text{s}$)
μ_c	= viskositas dinamik <i>coolant</i> ($\text{kg}/\text{m} \cdot \text{s}$)
α_f	= sudut sirip ($^\circ$)
ε	= emisivitas permukaan benda (0 s.d. 1)
μ	= viskositas <i>coolant</i> ($\text{kg}/\text{m} \cdot \text{s}$)
μ_s	= viskositas <i>coolant</i> berdasarkan suhu dinding <i>tube</i> ($\text{kg}/\text{m} \cdot \text{s}$)
ρ	= massa jenis udara (kg/m^3)
ρ_1	= massa jenis udara masuk <i>duct</i> (kg/m^3)
ρ_2	= massa jenis udara keluar <i>duct</i> (kg/m^3)
σ	= konstanta <i>Stefan Boltzmann</i> ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4$)
γ	= berat jenis udara ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}^2$)
A	= luas perpindahan panas (m^2)
A_b	= luas perpindahan panas pada pipa tanpa sirip (m^2)
A_c	= luas penampang melintang aliran (m^2)
A_d	= luas penampang saluran (<i>duct</i>) (m^2)
A_f	= luas permukaan sirip (m^2)
$A_{fr,f}$	= luas perpindahan panas frontal sirip (m^2)
$A_{fr,r}$	= luas frontal inti radiator (m^2)
$A_{fr,t}$	= luas frontal <i>tube</i> radiator (m^2)
A_i	= luas permukaan dalam pipa radiator (m^2)
A_o	= luas perpindahan panas total pada sisi udara (m^2)

$A_{p,a}$	= luas laluan udara total (m ²)
$A_{p,c}$	= luas laluan <i>coolant</i> total (m ²)
A_t	= luas permukaan rata-rata dinding pipa (m ²)
B_H	= tinggi inti (<i>Core height</i>)
B_T	= ketebalan inti (m)
B_W	= lebar inti (<i>Core width</i>)
c_p	= panas jenis udara (J/kg.°C)
c_p	= panas jenis <i>coolant</i> (J/kg.°C)
D	= diameter dalam pipa (m)
D_h	= diameter hidrolis pipa (m)
$D_{h,a}$	= diameter hidrolis yang terbentuk pada sirip (m)
$D_{h,i}$	= diameter hidrolis pipa radiator (m)
e	= kekasaran absolut (m)
e/D	= kekasaran relatif
f	= faktor gesekan aliran
F	= Faktor koreksi
F_l	= panjang sirip (m)
F_d	= <i>fin depth</i> (m)
F_h	= tinggi sirip (m)
F_l	= panjang sirip (m)
F_p	= <i>pitch</i> sirip
F_t	= ketebalan sirip (m)
g	= percepatan gravitasi = 9,8 (m/s ²)
h	= koefisien perpindahan panas konveksi (W/m ² .°C)
H_0	= ketinggian cairan manometer sebelum dialiri udara (m)
H_1	= ketinggian cairan manometer setelah dialiri udara (katup A buka) (m)
H_2	= ketinggian cairan manometer setelah dialiri udara (katup B buka) (m)
h_c	= koefisien perpindahan panas konveksi di sisi <i>coolant</i> (W/m ² .°C)
Σ	= <i>head loss</i> berdasarkan faktor gesekan (m)
h_i	= koefisien perpindahan panas konveksi rata-rata di sisi <i>coolant</i> (W/m ² .°C)
h_o	= koefisien perpindahan panas konveksi rata-rata di sisi udara (W/m ² .°C)
k	= konduktivitas panas (W/m.°C)
k_a	= konduktivitas termal udara (W/m.°C)
k_f	= konduktivitas termal material sirip (W/m.°C)
k_t	= konduktivitas termal dinding pipa (W/m.°C)
k_w	= konduktivitas termal <i>coolant</i> di pipa radiator (W/m.°C)
l	= panjang pengukuran <i>pressure drop</i> (m)
l	= panjang sirip (m)
L	= panjang <i>tube</i> (m)
L_l	= panjang <i>louvred</i>
L_p	= <i>louvre pitch</i>
N_{ct}	= jumlah pipa <i>coolant</i> dalam satu baris
N_f	= jumlah sirip per meter
$N_{f(permeter)}$	= jumlah sirip per meter
N_p	= jumlah profil

N_f	= jumlah baris dari pipa dalam dimensi kedalaman inti
Nu	= bilangan Nusselt
Nu_i	= bilangan Nusselt rata-rata di pipa radiator
Nu_o	= bilangan Nusselt rata-rata di sisi udara
p	= keliling terbasahi (<i>wetted perimeter</i>) (m)
P_1	= tekanan udara masuk <i>duct</i> (kPa)
P_2	= tekanan absolut udara keluar <i>duct</i> (kPa)
P_{atm}	= tekanan atmosfer = 101325 (kPa)
Pr	= bilangan Prandtl
Q	= debit <i>coolant</i> di pipa radiator (m^3/s)
Q_a	= laju perpindahan panas di sisi udara (kW)
Q_{ave}	= laju perpindahan panas rata-rata (kW)
Q_c	= laju perpindahan panas di sisi pipa radiator (kW)
Re	= bilangan Reynolds
Re_a	= bilangan Reynolds aliran udara
Re_c	= bilangan Reynolds aliran <i>coolant</i> di pipa radiator
R_f	= radius ujung sirip
r_c	= faktor pengotoran (<i>fouling faktor</i>) di sisi <i>coolant</i>
r_o	= faktor pengotoran (<i>fouling faktor</i>) di sisi udara
r_p	= radius ujung pipa <i>coolant</i> (m)
SG	= <i>specific gravity</i> mercury di dalam manometer = 13.56
T_∞	= temperatur fluida ($^{\circ}C$)
T_1	= temperatur absolut udara masuk <i>duct</i> (K)
T_2	= temperatur absolut keluar masuk <i>duct</i> (K)
T_{a1}	= temperatur udara masuk saluran ($^{\circ}C$)
T_{a2}	= temperatur udara keluar saluran ($^{\circ}C$)
$T_{a,bulk}$	= temperatur <i>bulk</i> udara ($^{\circ}C$)
$T_{c,bulk}$	= temperatur <i>bulk coolant</i> ($^{\circ}C$)
$T_{c,in}$	= temperatur <i>coolant</i> masuk pipa radiator ($^{\circ}C$)
$T_{c,out}$	= temperatur <i>coolant</i> keluar pipa radiator ($^{\circ}C$)
T_w	= temperatur rata-rata dinding luar pipa radiator = $\frac{\Sigma}{n}$ ($^{\circ}C$)
T_w	= temperatur permukaan benda ($^{\circ}C$)
$T_{w,out}$	= temperatur dinding luar pipa radiator = $\frac{\Sigma}{n}$ ($^{\circ}C$)
U_i	= koefisien perpindahan panas menyeluruh di sisi <i>coolant</i> ($W/m^2.C$)
U_o	= koefisien perpindahan panas menyeluruh di sisi udara ($W/m^2.C$)
V	= kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/s)
V_a	= kecepatan rata-rata udara yang masuk ke radiator (m/s)
V_c	= kecepatan <i>coolant</i> di pipa <i>coolant</i> (m/s)
x	= ketebalan bahan (m)
l	= panjang penampang pipa <i>coolant</i> (m)
Y_{ct}	= panjang penampang <i>tube</i> (m)
w	= lebar penampang pipa <i>coolant</i> (m)
l	= panjang pipa <i>coolant</i> (m)
Y_p	= <i>pitch</i> pipa <i>coolant</i>
	= ketebalan pipa <i>coolant</i> (m)

LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data hasil penelitian	49
Lampiran 2. Data seksi uji	51
Lampiran 3. Contoh perhitungan pada variasi 20% etilen glikol dan 80% air pada debit <i>coolant</i> 30 lpm	55
Lampiran 4. Data hasil perhitungan	61
Lampiran 5. Tabel <i>properties</i> larutan air dengan etilen glikol	65
Lampiran 6. Tabel <i>properties</i> udara	67

