

**ANALISIS ENERGI DAN EXERGI *KALINA CYCLE*
SYSTEM (KCS) 34 DENGAN VARIASI FRAKSI MASSA
CAMPURAN AMMONIA-WATER DAYA 2 MW**

SKRIPSI

oleh:

MAULANA RIFALDI
04 03 02 0491



**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
Ganjil 2007/2008**

**ANALISIS ENERGI DAN EXERGI *KALINA CYCLE*
SYSTEM (KCS) 34 DENGAN VARIASI FRAKSI
MASSA CAMPURAN *AMMONIA-WATER* DAYA 2 MW**

SKRIPSI

oleh:

MAULANA RIFALDI

04 03 02 0491



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
Ganjil 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

**ANALISIS ENERGI DAN EXERGI KALINA CYCLE SYSTEM (KCS) 34
DENGAN VARIASI FRAKSI MASSA CAMPURAN AMMONIA-WATER
DAYA 2 MW**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan dilingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya. Skripsi ini dikerjakan oleh dua mahasiswa : Agus Noor Sidiq (KCS 11) dan Maulana Rifaldi (KCS 34)

Depok, 9 Januari 2008

Maulana Rifaldi

NPM. 04 03 02 0491

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

**ANALISIS ENERGI DAN EXERGI KALINA CYCLE SYSTEM (KCS) 34
DENGAN VARIASI FRAKSI MASSA CAMPURAN AMMONIA-WATER
DAYA 2 MW**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 3 Januari 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Dosen Pembimbing I

Depok, 9 Januari 2008

Dosen Pembimbing II

Dr.-Ing. Ir. Nasruddin, M.Eng

NIP 132 142 259

Ir. Rama Usvika, MSc.

PT. Rekayasa Industri

UCAPAN TERIMA KASIH

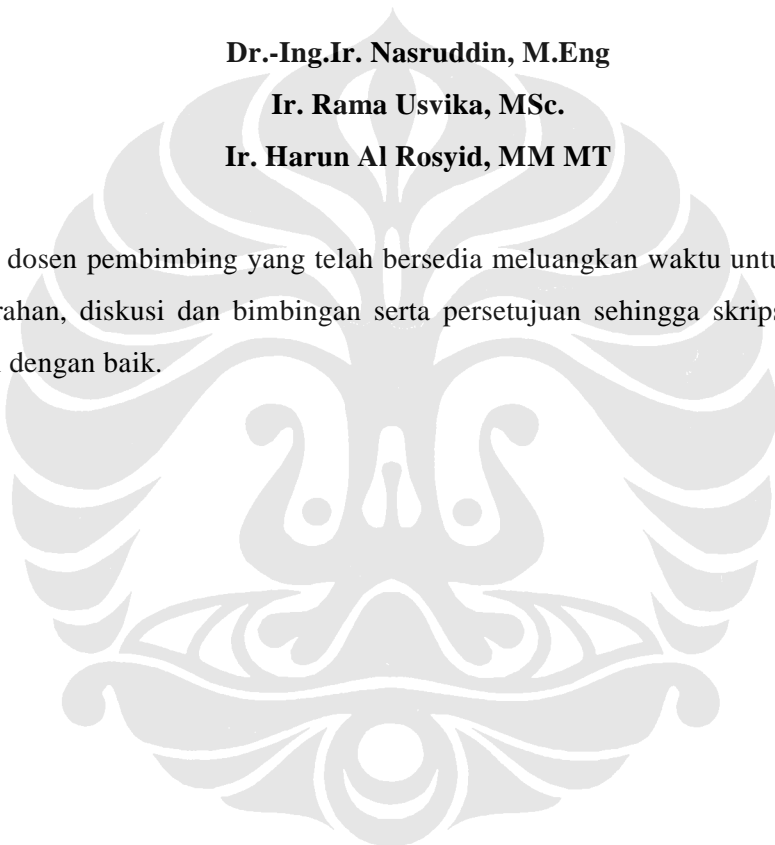
Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Dr.-Ing.Ir. Nasruddin, M.Eng

Ir. Rama Usvika, MSc.

Ir. Harun Al Rosyid, MM MT

selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.



DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
DAFTAR ISTILAH / SIMBOL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 LATAR BELAKANG	1
I.2 RUMUSAN PERMASALAHAN	2
I.3 TUJUAN PENELITIAN	2
1.1 I.4 BATASAN MASALAH	2
1.2 I.5 METODOLOGI PENELITIAN	3
1.3 I.6 SISTEMATIKA PENULISAN	3
1.4 BAB II DASAR TEORI	5
2.1 SIFAT-SIFAT TERMODINAMIKA <i>AMMONIA-WATER MIXTURE</i>	5
2.2 DESKRIPSI SIKLUS KALINA	7
2.2.1 Proses Penguapan	9
2.2.2 Proses Absorpsi – Kondensasi	10
2.2.3 Proses Termodinamika Siklus Kalina	11
2.3 KERJA DAN PRODUKSI ENTROPI	12

2.4	<i>AVAILABILITY (EXERGY)</i>	16
2.4.1	<i>Dead State</i>	16
2.4.2	Availability untuk Sistem Tertutup	17
2.4.3	Perindahan Availability Dikaitkan dengan Perpindahan Kalor	20
2.4.4	Keseimbangan Availability untuk Massa Kendali	22
2.5	<i>ANALISIS AVAILABILITY VOLUME-KENDALI</i>	24
2.5.1	Kerja- <i>Reversible</i> untuk Volume Kendali <i>Steady-State</i>	24
2.5.2	Fungsi <i>Availability</i> untuk Volume Kendali	26
2.5.3	Keseimbangan Availability untuk Volume Kendali <i>Steady State</i>	26
2.6	<i>EFISIENSI HUKUM-KEDUA ATAU EFEKTIVITAS</i>	28
2.6.1	Hukum-Kedua Effisiensi	28
2.6.2	Efektivitas untuk Proses <i>Steady-State</i>	29
2.7	<i>RANCANGAN OPTIMISASI</i>	31
2.7.1	Objective Function	31
2.7.2	Constraint	32
2.7.3	Operating Condition v.s. Hardware	33
2.7.4	Mathematical Formulation	34
2.8	<i>METODE OPTIMASI</i>	34
2.8.1	Metode Kalkulus	35
2.8.2	Metode Penelusuran	35
BAB III PEMODELAN SIKLUS KALINA DENGAN CYCLE		
	TEMPO 5.0	37
3.1	SIKLUS KALINA 2 MW	37
3.2	PEMODELAN APPARATUS SISTEM	38
3.3	PROSES PERHITUNGAN DENGAN CYCLE TEMPO 5.0	41
3.4	PROSES PERHITUNGAN EXERGI PADA CYCLE TEMPO 5.0	42
3.4.1	Kesetimbangan Energi pada Heat Exchanger dan Kondenser	42
3.4.2	Kesetimbangan Energi pada Kondenser	43
3.4.3	Kesetimbangan Energi pada Turbin	44

3.4.4	Keseimbangan Energi pada Separator atau Drain Tank	45
3.4.5	Keseimbangan Energi pada Pompa Cairan	45
3.4.6	Efisiensi Energi Sistem	46
3.5	PROSES PERHITUNGAN EXERGI PADA <i>CYCLE TEMPO</i>	46
3.5.1	Keseimbangan Exergi pada Heat Exchanger	47
3.5.2	Keseimbangan Exergi pada Kondenser	49
3.5.3	Keseimbangan Exergi pada Turbin	49
3.5.4	Keseimbangan Exergi pada Separator atau Drain Tank	50
3.5.5	Keseimbangan Exergi pada Pompa Cairan	51
3.6	PARAMETER INPUT PERHITUNGAN ENERGI DAN EXERGI APPARATUS PADA SIKLUS KALINA	51
3.6.1	Parameter Input Keseimbangan Energi dan Exergi pada Heat exchanger	52
3.6.2	Parameter Input Keseimbangan Energi dan Exergi pada Kondenser	53
3.6.3	Parameter Input Keseimbangan Energi dan Exergi Turbin	55
3.6.4	Parameter Input Keseimbangan Energi dan Exergi Drain Tank	57
3.6.5	Parameter Input Keseimbangan Energi dan Exergi Pompa	59
BAB IV	ANALISIS HASIL SIMULASI KCS 34	60
4.1	KCS 34 HUSAVIC, ISLANDIA	60
4.1.1	Validasi Skema Sistem KCS 34	69
4.1.2	Optimasi Sistem KCS 34 Husavic, Islandia	70
4.2	PENERAPAN KCS 34 DI INDONESIA	71
4.2.1	Optimasi KCS 34 untuk Indonesia	72
4.2.2	Data dan Analisis KCS 34 untuk Indonesia	76
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	85
5.1.	KESIMPULAN	85
5.2	SARAN	87
	DAFTAR ACUAN	88
	DAFTAR PUSTAKA	90
	LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. T-X diagram <i>ammonia-water mixture</i>	6
Gambar 2.2. Tipe Siklus Kalina	8
Gambar 2.3. T-Q diagram proses <i>boiling</i>	9
Gambar 2.4. T-x diagram pada proses absopsi-kondensasi	10
Gambar 2.5. Volume kendali	13
Gambar 2.6. Skematik untuk pengembangan kerja-bermanfaat <i>reversible</i>	15
Gambar 2.7. Sistem tertutup	17
Gambar 2.8. Skematik pengembangan kerja <i>reversible</i>	18
Gambar 2.9. Plot T-S menunjukkan area mewakili perpindahan <i>availability</i>	21
Gambar 2.10. Plot T-S menunjukkan area dari perpindahan <i>availability</i>	21
Gambar 2.11. Arah perpindahan kalor Q dan perpindahan <i>availability</i> Φ_Q	22
Gambar 2.12. <i>Steady-state</i> alat penukar kalor antara 2 fluida tanpa bercampur	30
Gambar 2.13. Distribusi <i>objective function</i> , menunjukkan nilai maksimum dan minimum	35
Gambar 3.1. Skema pembangkit daya siklus Kalina 2 MW	38
Gambar 3.2. Skema pemodelan KCS 34 dengan Cycle Tempo 5.0	40
Gambar 3.3. Diagram Proses Perhitungan <i>Cycle Tempo</i>	41
Gambar 3.4. (a) adalah skema Evaporator, (b) preview hasil perhitungan dengan <i>Cycle Tempo</i>	43
Gambar 3.5. Gambar skematik kondenser	43
Gambar 3.6. Gambar skematik turbin uap	44
Gambar 3.7. Proses ekspansi turbin uap	44
Gambar 3.8. Skematik separator atau drain tank	45
Gambar 3.9. Gambar skematik pompa	45

Gambar 3.10. Proses penaikan tekanan cairan pada pompa	45
Gambar 3.11. (a) adalah skema Evaporator, (b) preview hasil perhitungan exergi dengan <i>Cycle Tempo</i> , (c) kesetimbangan exergi pada heat exchanger	48
Gambar 3.12. kesetimbangan exergi pada kondenser	49
Gambar 3.13. Kesetimbangan exergi pada turbin	49
Gambar 3.14. Kesetimbangan exergi pada drain tank	50
Gambar 3.15. Kesetimbangan exergi pada pompa cairan	51
Gambar 3.16. General heat exchanger	52
Gambar 3.17. T-Q diagram heat exchanger	52
Gambar 3.18. Skema model kondenser	53
Gambar 3.19. Gambar skematik drum	58
Gambar 3.20. skematik model pompa	59
Gambar 4.1. Skema hasil simulasi KCS 34, husavic, Islandia.	64
Gambar 4.2. Diagram T – X campuran <i>ammonia water</i> tekanan 31bar	65
Gambar 4.3. Diagram Sankey aliran energi KCS 34 husavic, Islandia	67
Gambar 4.4. Diagram Grassman, aliran exergi pada model KCS 34	68
Gambar 4.5. Skematik turbin	73
Gambar 4.6 Grafik perbandingan power output	76
Gambar 4.7 Grafik optimasi pada LT Recuperator	79
Gambar 4.8. Grafik optimasi pada HT Recuperator	80
Gambar 4.9. Grafik hubungan <i>irreversibility</i> dengan tekanan optimasi pada turbin	81
Gambar 4.10. Optimasi daya sistem KCS 34	82
Gambar 4.11. Optimasi efisiensi exergi sistem	83
Gambar 5.1. Perbandingan efisiensi pada fraksi massa 78%	86

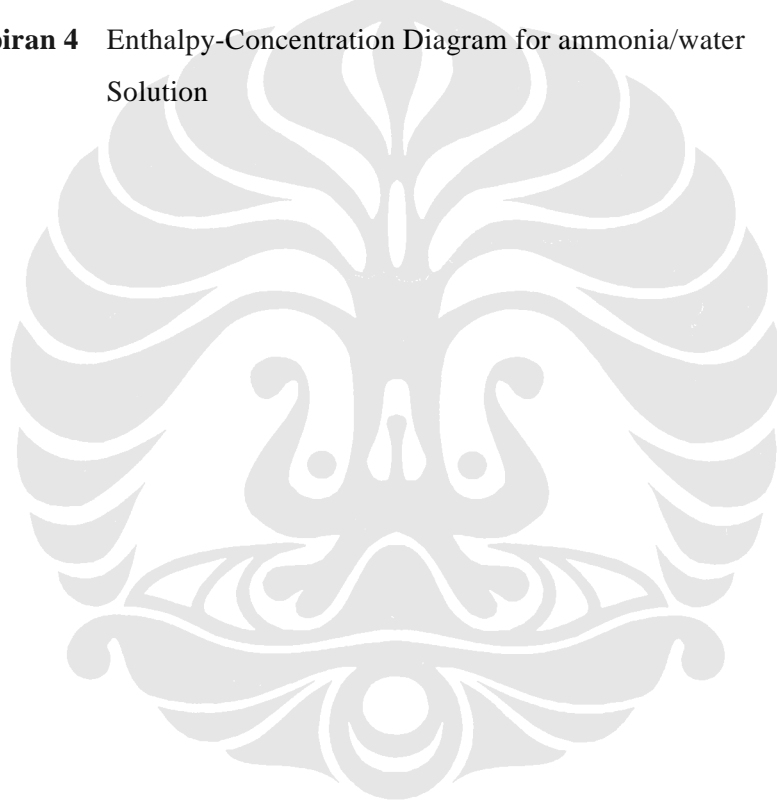
DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel III.1. Variabel-variabel pada Kondenser untuk EEQCOD = 1	54
Tabel III.2. Variabel-variabel pada Kondenser untuk EEQCOD = 2	55
Tabel III.3. Tipe-tipe turbin yang tersedia pada pemodelan <i>Cyle Tempo</i>	57
Tabel IV.1. Efisiensi sistem siklus Kalina, husavic, Islandia	65
Tabel IV.2. Data tiap pipa KCS 34, husavic, Islandia	66
Tabel IV.3. perbandingan parameter termodinamika	69
Tabel IV.4. Fraksi massa dan tekanan optimasi	74
Tabel IV.5. Optimasi pada fraksi massa 78%	76
Tabel IV.6. Optimasi pada fraksi massa 81%	77
Tabel IV.7. optimasi pada fraksi massa 84%	77
Tabel IV.8. optimasi pada fraksi massa 85.5%	77
Tabel IV.9. Exergi delivered pada alat HT Rec. dan LT Rec.	78

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

- Lampiran 1** Skema Hasil Simulasi
- Lampiran 2** Tabel Energi dan exergi pada pipa KCS 34
- Lampiran 3** Tabel Effisiensi sistem KCS 34
- Lampiran 4** Enthalpy-Concentration Diagram for ammonia/water Solution



DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Keterangan	Dimensi
NH ₃	<i>Ammonia</i>	
KCS	<i>Kalina Cycle System</i>	
AAR	<i>Ammonia Absorption Refrigeration</i>	
APK	<i>Alat Penukar Kalor</i>	
bar-a	<i>bar – absolute (tekanan absolut)</i>	
HT Rec.	<i>High Temperature Recuperator</i>	
LT Rec.	<i>Low Temperature Recuperator</i>	
LMTD	<i>Log Mean Temperature Difference</i>	°C
LP	<i>Low Pressure</i>	Bar

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
z	ketinggian	m
V	kecepatan	m/s
g	percepatan gravitasi	m/s ²
Φ	<i>availability</i>	kJ
ϕ	<i>specific availability</i>	kJ/kg
E	energi	kJ
E_x	Exergi	kJ
Ψ	<i>stream availability</i>	kJ/kg
h	entalpi spesifik	kJ/kg
H	Entalpi	kJ
I	<i>Irreversibility</i>	kJ
m	massa	kg
P	Daya	kW
p	tekanan	bar
PH	<i>Power Heat</i>	kW
Q	Kalor	kJ
q	<i>heat transfer per unit mass</i>	kJ/kg
\dot{Q}	laju perpindahan kalor	kW
s	entropi spesifik	kJ/kg
S	Entropi	kJ/°C
T	Temperatur	°C
U	Energi dalam	kJ
W	Kerja	kJ
η	efisiensi	