

SKRIPSI
OPTIMASI *HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR*
(*HRSG*) PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
GAS UAP MUARA KARANG



FAISAL RAHMAN

03051181621001

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2020

SKRIPSI

OPTIMASI *HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR* (*HRSG*) PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS UAP MUARA KARANG

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana
Teknik**



Oleh :

FAISAL RAHMAN

03051181621001

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

OPTIMASI HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR (HRSG) PADA PEMBANGKIT LISTRIK GAS UAP

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik

Oleh:

FAISAL RAHMAN
03051181621001

Inderalaya, 02 Juni 2020
Pembimbing I,




Ir. Dyos Santoso, M.T
NIP. 196012231991021001

Pembimbing II,



Ir. Joni Yanto, M.T.
NIP. 195705221987031003

Mengetahui:
Ketua Jurusan Teknik Mesin,



Irsyadi Yani S.T., M.Eng., Ph.D

NIP. 197112251997021001

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :

SKRIPSI

NAMA : Faisal Rahman
NIM : 03051181621001
JUDUL : *Optimasi Heat Recovery Steam Generator (HRSG)*
Pada Pembangkit Listrik Gas Uap
DIBERIKAN : November 2019
SELESAI : Juni 2020

Mengetahui:
Ketua Jurusan Teknik Mesin,



Irsyadi Yani S.T., M.Eng., Ph.D
NIP. 197112251997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

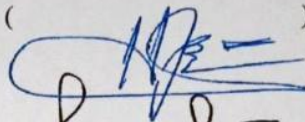
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul "*Optimasi heat recovery steam generator (HRSG) pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap Muara Karang*" telah dipertahankan di hadapan Tim Pembahas Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 2 Juni 2020

Indralaya, 2 juni 2020

Tim Pembahas Karya tulis ilmiah berupa Proposal Skripsi

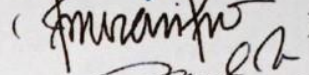
Ketua : Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri

1. (Prof. Dr. Ir. H. Hasan Basri)
NIP. 195802011984031002

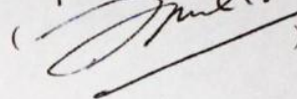
()

Anggota :


2. (Amir Arifin, S.T., M.Eng., Ph.D)
NIP. 1979092720031004

()

3. (H. Ismail Thamrin, S.T., M.T.)
NIP. 197209021997021001

()

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Mesin

()

Irsyadi Yani S.T, M.Eng, Ph.D
NIP. 19711225 199702 1 001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Faisal Rahman

NIM : 03051181621001

Judul : Optimasi *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG) pada
Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap Muara Karang

menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, 02 Juni 2020



Faisal Rahman

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis atas kehadiran Allah Swt. yang telah memberikan Rahmat, Nikmat, dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang disusun untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini, secara khusus penulis dengan setulus hati mengucapkan terima kasih, dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak atas doa, bimbingan, dukungan, motivasi, dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan Strata Satu (S1) ini, terutama kepada:

1. Orang tuaku tercinta, Papa Irwan Riefdiana, S.H. dan Mama Yenni Kurnia Dharmastuti, S.E. yang senantiasa dengan tulus menemani, memotivasi, mamberikan doa, dan kasih sayang serta nasihat dan dukungan hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
3. Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya
4. Ir. Dyos Santoso, M.T. Selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan waktu untuk membimbing, mengoreksi, memberikan masukan serta memotivasi penulis dalam menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi.
5. Ir. Joniyanto, M.T. Selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan waktu untuk membimbing, mengoreksi, memberikan masukan serta memotivasi penulis dalam menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi.
6. Ir. Helmy Alian, M.T. Selaku Dosen pembimbing akademik penulis selama proses perkuliahan di jurusan teknik mesin.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan karena keterbatasan ilmu dari penulis. Oleh karena itu, saran dan kritik untuk kelanjutan skripsi ini akan sangat membantu. Akhir kata penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang di kemudian hari.

Palembang, 08 Mei 2019

Penulis

RINGKASAN

OPTIMASI *HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR* (HRSG) PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS UAP

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Mei 2020

Faisal Rahman;

Dibimbing oleh Ir. Dyos Santoso, M.T. dan Ir. Joni Yanto, M.T.

HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR (HRSG) OPTIMIZATION IN STEAM GAS POWER PLANT

xxv + 63 halaman, 71 tabel, 19 gambar, ix lampiran

Dengan pesatnya kemajuan teknologi maka kebutuhan akan energi listrik manusia semakin meningkat. Oleh karena itu sistem pembangkitan listrik juga akan semakin bertambah. Akan tetapi sistem pembangkitan listrik konvensional sangat bergantung akan sumber bahan bakar berbasis fosil atau bias disebut *fossil based fuel*. Ketergantungan akan bahan bakar fosil ini akan berdampak pada lingkungan antara lain polusi udara dan kerusakan alam akibat pertambangan, sehingga penggunaan bahan bakar fosil harus dilakukan se efektif mungkin. Salah satu sistem pembangkitan listrik yang dianggap cukup baik dalam memanfaatkan bahan bakar fosil adalah sistem pembangkit listrik tenaga gas uap atau siklus gabungan yang terdiri dari siklus pembangkit listrik tenaga gas dan pembangkit listrik tenaga uap. Prosesnya adalah dengan memanfaatkan gas buang hasil dari pembangkit listrik tenaga gas yang masih memiliki temperatur yang tinggi untuk memproduksi uap pada siklus pembangkit listrik tenaga uap pada siklus kombinasi tersebut. Komponen yang menggabungkan kedua siklus tersebut adalah *Heat recovery steam generator* atau HRSG. HRSG adalah salah satu jenis boiler yang sumber panasnya memanfaatkan panas dari gas buang dari pembangkit listrik tenaga gas. Akan tetapi dalam penggunaan HRSG ini masih terdapat banyak kerugian. Sehingga penggunaan HRSG masih perlu dioptimalkan untuk menghasilkan kerugian yang lebih kecil dibandingkan kondisi sebelumnya sehingga dapat terjadi penghematan dalam produksi listrik. Maka dalam penelitian ini akan dilakukan optimasi pada sistem HRSG untuk mendapatkan kondisi optimalnya yaitu dengan cara

memvariasikan parameter operasinya. Dalam hal ini penulis memilih untuk memvariasikan nilai ΔT_{\min} untuk dapat memvariasikan nilai tersebut maka yang akan dilakukan adalah memvariasikan nilai temperatur saturasi sistem tekanan tinggi atau *High Pressure* (HP) dan memvariasikan nilai temperatur inlet gas buang dari sistem pembangkit listrik tenaga gas. Dalam penelitian ini penulis memilih analisis eksergi atau analisis hukum kedua termodinamika. Analisis eksergi dipilih karena analisis eksergi dapat mendeteksi kerugian akibat destruksi eksergi pada proses perpindahan kalor yang diakibatkan oleh kenaikan entropi dan juga kerugian eksergi dari gas buang yang dilepas ke lingkungan setelah keluar dari HRSG. Penelitian ini dilakukan di unit PLTGU pada PT. PLN PJB Muara Karang Jakarta. Sistem HRSG pada unit PLTGU pada PT. PLN PJB Muara Karang ini adalah menggunakan sistem *dual pressure*. Dari pengambilan data didapatkan kondisi operasi HRSG tersebut yaitu temperatur saturasi 280°C dengan temperatur inlet gas buang sebesar 589,2°C. kondisi operasi ini menghasilkan kerugian eksergi total sebesar 33067,912 kW diantaranya kerugian akibat destruksi sebesar 19862,242 kW dan kerugian eksergi dari gas buang yang dilepas ke lingkungan adalah sebesar 13205,669 kW. Kemudian dilakukan variasi parameter parameter yang telah disebutkan sehingga didapatkan nilai optimumnya yaitu pada temperatur saturasi sistem tekanan tinggi 354,9°C dan temperatur inlet gas buang 569,2°C dengan kerugian eksergi total sebesar 22567,398 kW diantaranya kerugian eksergi akibat destruksi eksergi sebesar 10425,808 kW dan kerugian dari gas buang yang dilepas ke lingkungan sebesar 12141,5905 kW. Dengan begitu selisih kerugian eksergi pada kondisi operasi adalah sebesar 10500,513 kW dengan selisih ini didapatkan penghematan biaya per tahunnya apabila biaya eksergi dianggap sebagai biaya listrik adalah sebesar Rp 67.953.545.532,-

Kata kunci : HRSG, Optimasi, Eksergi, ΔT_{\min} , *Value Diagram*

SUMMARY

HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR (HRSG) OPTIMIZATION IN STEAM GAS POWER PLANT

Scientific paper in the form of a thesis, May 2020

Faisal Rahman;

Supervised by Ir. Dyos Santoso, M.T. and Ir. Joni Yanto, M.T.

HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR (HRSG) OPTIMIZATION IN STEAM GAS POWER PLANT

xxv + 63 pages, 71 tables, 19 pictures, ix attachments

With the rapid advancement of technology, the human needs for electrical energy is increasing. Therefore the electricity generation system will also increase. However, conventional electricity generation systems are very dependent on fossil-based fuel sources. The dependence on fossil fuels will have an impact on the environment, including air pollution and natural damage due to mining, so the use of fossil fuels must be done as effectively as possible. One of the electricity generation systems that is considered to be good enough in utilizing fossil fuels is the combined cycle electricity generating system. Combined cycle consisting of a cycle of gas power plants and steam power plants. The process is to use exhaust gas produced from gas power plants that still have high temperatures to produce steam in the cycle of steam power plants in the combined cycle. The component that combines the two cycles is the Heat recovery steam generator or HRSG. HRSG is one type of boiler whose heat source utilizes heat from exhaust gases from gas power plants. However, in the use of HRSG there are still many disadvantages. So that the use of HRSG still needs to be optimized to produce less losses compared to the previous conditions so that there can be savings in electricity production. So in this research, an optimization will be performed on the HRSG system to get the optimal conditions by varying the operating parameters. In this case the writer chooses to vary the value of ΔT_{min} . To be able to vary the value, then what will be

done is to vary the value of the high pressure saturation system (HP) and vary the temperature value of the exhaust gas inlet from the gas power system. In this study author chose the exergy analysis or thermodynamic second law analysis. The exergy analysis was chosen because the exergy analysis can detect losses due to the destruction of the exergy in the heat transfer process caused by the increase in entropy and also the exergy losses from the exhaust gas released into the environment after leaving HRSG. This research was conducted at the PLTGU unit at PT. PLN PJB Muara Karang Jakarta. HRSG system in the PLTGU unit at PT. PLN PJB Muara Karang is using a dual pressure system. The data obtained from the HRSG operating conditions, shows that the saturation temperature of 280°C with exhaust gas inlet temperature of 589.2°C. This operating condition resulted in a total exergy loss of 33067,912 kW including losses due to destruction of 19862,242 kW and exergy losses from flue gas released into the environment amounted to 13205,669 kW. Then the parameter variations are made, so that the optimum value is obtained, showing the saturation temperature of the high pressure system of 354.9°C and the exhaust gas inlet temperature of 569.2°C with a total exergy loss of 22567,398 kW including the exergy loss due to the destruction of exergy by 10425,808 kW and loss from the exhaust gas released into the environment at 12141,5905 kW. That way the difference in exergy loss in operating conditions is 10500,513 kW with this difference obtained cost savings per year if exergy costs are considered as electricity costs is Rp 67.953.545.532, -

Keywords : HRSG, Optimization, Exergy, ΔT_{min} , *Value Diagram*

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxii
BAB 1.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Klasifikasi Energi.....	5
2.1.1 Ordered Energy.....	5
2.2 Disordered Energy.....	7
2.2 Konsep Eksergi.....	8
2.2.1 Karakteristik Eksergi.....	9
2.3 Keadaan Acuan/ Lingkungan.....	10
2.4 Konsep eksergi pada analisis volume kontrol.....	10
2.4.1 Eksergi yang berkaitan dengan perpindahan kerja.....	11
2.4.2 Eksergi yang berkaitan dengan perpindahan kalor.....	11
2.4.3 Eksergi berkaitan dengan perpindahan massa.....	12
2.5 Eksergi kinetik dan potensial.....	12
2.6 Eksergi fisika.....	13
2.7 Destruksi eksergi.....	14
2.8 Destruksi eksergi pada proses perpindahan kalor.....	14
2.8.1 Destruksi eksergi karena interaksi dengan lingkungan.....	14
2.8.2 Destruksi eksergi akibat perbedaan temperatur.....	14
2.9 Eksergoekonomi.....	14
2.10 HRSG.....	15
2.10.1 Ekonomiser.....	17

2.10.2	
Drum.....	17
2.10.3	Evaporator.....17
2.10.4	Superheater.....18
2.10.5	Deaerator.....18
2.11	Analisis Eksergi pada HRSG.....18
2.12	Optimasi eksergi pada HRSG.....20
BAB 3.....	21
DESKRIPSI SISTEM.....	21
3.1	Sejarah singkat PT pembangkitan Jawa Bali.....21
3.2	Profil PT pembangkitan Jawa Bali up Muara Karang.....22
3.3	Gambaran Umum Sistem.....23
3.4	Proses Heat Balance di HRSG.....24
BAB 4.....	27
METODOLOGI.....	27
4.1	Diagram Alir Penelitian.....27
4.2	prosedur penelitian.....28
4.3	Batasan dan Ruang lingkup Penelitian.....29
4.4	Sumber Data.....29
4.5	Asumsi asumsi.....30
4.6	Analisis dan Pengolahan data.....30
BAB 5.....	33
ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	33
BAB 6.....	71
KESIMPULAN DAN SARAN.....	71
DAFTAR PUSTAKA.....	73
LAMPIRAN.....	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 konversi ordered energy.....	6
Gambar 2.2 contoh konversi pada ordered energi.....	6
Gambar 2.3 konversi dari disordered energy.....	7
Gambar 2.4 perpindahan eksergi termal	12
Gambar 2.5 Eksergi fisika aliran.....	13
Gambar 2.6 Single Pressure HRSG (a), dual pressure HRSG (b).	16
Gambar 2.7 hubungan temperatur gas buang dengan air atau uap pada HRSG.....	16
Gambar 2.8 Diagram T_0/T vs Q pada HRSG.....	20
Gambar 2.9 Diagram T vs Q dan T_0/T vs Q dengan variasi tekanan.....	20
Gambar 3.1 diagram alir PLTGU.....	24
Gambar 3.2 aliran dan pola penyerapan flue gas pada tiap HRSG.....	25
Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 5.1 diagram alir HRSG PT PJB Muara Karang.....	33
Gambar 5.2 Diagram T-Q HRSG pada kondisi operasi.....	35
Gambar 5.3 Diagram T-Q HRSG untuk tiap variasi parameter.....	56
Gambar 5.4 grafik T sat HP vs kerugian eksergi.....	66
Gambar 5.5 grafik T sat HP vs Eksergi terbuang ke lingkungan.....	66
Gambar 5.6 grafik T sat HP vs total kerugian eksergi.....	67
Gambar 5.7 grafik $1-T_0/T$ vs Q	68

DAFTAR TABEL

Tabel 5.1 keadaan air dan uap pada HRSG.....	34
Tabel 5.2 keadaan gas HRSG.....	34
Tabel 5.3 Kebutuhan Kalor.....	34
Tabel 5.4 nilai temperature gas buang.....	36
Tabel 5.5 keadaan air dan uap HRSG pada Tsat HP evaporator = 280 oC.....	45
Tabel 5.6 Kebutuhan Kalor HRSG pada Tsat HP evaporator = 280 oC.....	45
Tabel 5.7 keadaan Gas pada Tgas-in = 579,2.....	45
Tabel 5.8 keadaan Gas pada Tgas-in = 569,2.....	46
Tabel 5.9 keadaan air dan uap HRSG pada Tsat HP evaporator = 317 oC.....	46
Tabel 5.10 Kebutuhan Kalor HRSG pada Tsat HP evaporator = 317 oC.....	46
Tabel 5.11 keadaan Gas pada Tgas-in = 589,2.....	47
Tabel 5.12 keadaan Gas pada Tgas-in = 579,2.....	47
Tabel 5.13 keadaan Gas pada Tgas-in = 569,2.....	47
Tabel 5.14 keadaan air dan uap HRSG pada Tsat HP evaporator = 354,9 oC.....	48
Tabel 5.15 Kebutuhan Kalor HRSG pada Tsat HP evaporator = 354,9 oC.....	48
Tabel 5.16 keadaan Gas pada Tgas-in = 589,2.....	48
Tabel 5.17 keadaan Gas pada Tgas-in = 579,2.....	49
Tabel 5.18 keadaan Gas pada Tgas-in = 569,2.....	49
Tabel 5.19 keadaan air dan uap HRSG pada Tsat HP evaporator = 359 oC.....	49
Tabel 5.20 Kebutuhan Kalor HRSG pada Tsat HP evaporator = 359 oC.....	50
Tabel 5.21 keadaan Gas pada Tgas-in = 589,2.....	50
Tabel 5.22 keadaan Gas pada Tgas-in = 579,2.....	50
Tabel 5.23 keadaan Gas pada Tgas-in = 569,2.....	51
Tabel 5.24 keadaan air dan uap HRSG pada Tsat HP evaporator = 240 oC.....	51
Tabel 5.25 Kebutuhan Kalor HRSG pada Tsat HP evaporator = 240 oC.....	51
Tabel 5.26 keadaan Gas pada Tgas-in = 589,2.....	52
Tabel 5.27 keadaan Gas pada Tgas-in = 579,2.....	52
Tabel 5.28 keadaan Gas pada Tgas-in = 569,2.....	52
Tabel 5.29 keadaan air dan uap HRSG pada Tsat HP evaporator = 220 oC.....	53
Tabel 5.30 Kebutuhan Kalor HRSG pada Tsat HP evaporator = 220 oC.....	53

Tabel 5.31 keadaan Gas pada Tgas-in = 589,2.....	53
Tabel 5.31 keadaan Gas pada Tgas-in = 579,2.....	54
Tabel 5.32 keadaan Gas pada Tgas-in = 569,2.....	54
Tabel 5.33 Nilai ΔT_{min} pada Tgas- in = 589,2.....	54
Tabel 5.34 Nilai ΔT_{min} pada Tgas- in = 579,2.....	55
Tabel 5.35 Nilai ΔT_{min} pada Tgas- in = 569,2.....	55
Tabel 5.36 laju destruksi eksergi HRSG pada Tsat HP = 280 oC, Tgas- in = 589,2.....	57
Tabel 5.37 Kerugian eksergi HRSG pada Tsat HP = 280 oC, Tgas- in = 589,2.....	57
Tabel 5.38 laju destruksi eksergi HRSG pada Tsat HP = 280 oC, Tgas- in = 579,2.....	57
Tabel 5.39 Kerugian eksergi HRSG pada Tsat HP = 280 oC, Tgas- in = 579,2.....	57
Tabel 5.40 laju destruksi eksergi HRSG pada Tsat HP = 280 oC, Tgas- in = 569,2.....	58
Tabel 5.41 Kerugian eksergi HRSG pada Tsat HP = 280 oC, Tgas- in = 569,2.....	58
Tabel 5.42 laju destruksi eksergi HRSG pada Tsat HP = 317 oC, Tgas- in = 589,2.....	58
Tabel 5.43 Kerugian eksergi HRSG pada Tsat HP = 317 oC, Tgas- in = 589,2.....	58
Tabel 5.44 laju destruksi eksergi HRSG pada Tsat HP = 317 oC, Tgas- in = 579,2.....	59
Tabel 5.45 Kerugian eksergi HRSG pada Tsat HP = 317 oC, Tgas- in = 579,2.....	59
Tabel 5.46 laju destruksi eksergi HRSG pada Tsat HP = 317 oC, Tgas- in = 569,2.....	59
Tabel 5.47 Kerugian eksergi HRSG pada Tsat HP = 317 oC, Tgas- in = 569,2.....	59
Tabel 5.48 laju destruksi eksergi HRSG pada Tsat HP = 354.9 oC, Tgas- in = 589,2.....	60
Tabel 5.49 Kerugian eksergi HRSG pada Tsat HP = 354,9 oC, Tgas- in = 589,2.....	60
Tabel 5.50 laju destruksi eksergi HRSG pada Tsat HP = 354.9 oC, Tgas- in = 579,2.....	60
Tabel 5.51 Kerugian eksergi HRSG pada Tsat HP = 354,9 oC, Tgas- in = 579,2.....	60
Tabel 5.52 laju destruksi eksergi HRSG pada Tsat HP = 354.9 oC, Tgas- in = 569,2.....	61
Tabel 5.53 Kerugian eksergi HRSG pada Tsat HP = 354,9 oC, Tgas- in = 569,2.....	61
Tabel 5.54 laju destruksi eksergi HRSG pada Tsat HP = 359 oC, Tgas- in = 589,2.....	61
Tabel 5.55 Kerugian eksergi HRSG pada Tsat HP = 359 oC, Tgas- in = 589,2.....	61
Tabel 5.56 laju destruksi eksergi HRSG pada Tsat HP = 359 oC, Tgas- in = 579,2.....	62
Tabel 5.57 Kerugian eksergi HRSG pada Tsat HP = 359 oC, Tgas- in = 579,2.....	62
Tabel 5.58 laju destruksi eksergi HRSG pada Tsat HP = 359 oC, Tgas- in = 569,2.....	62
Tabel 5.59 Kerugian eksergi HRSG pada Tsat HP = 359 oC, Tgas- in = 569,2.....	62
Tabel 5.60 laju destruksi eksergi HRSG pada Tsat HP = 240 oC, Tgas- in = 589,2.....	63

Tabel 5.61 Kerugian eksergi HRSG pada Tsat HP = 240 oC, Tgas- in = 589,2.....	63
Tabel 5.62 laju destruksi eksergi HRSG pada Tsat HP = 240 oC, Tgas- in = 579,2.....	63
Tabel 5.63 Kerugian eksergi HRSG pada Tsat HP = 240 oC, Tgas- in = 579,2.....	63
Tabel 5.64 laju destruksi eksergi HRSG pada Tsat HP = 240 oC, Tgas- in = 569,2.....	64
Tabel 5.65 Kerugian eksergi HRSG pada Tsat HP = 240 oC, Tgas- in = 569,2.....	64
Tabel 5.66 laju destruksi eksergi HRSG pada Tsat HP = 220 oC, Tgas- in = 589,2.....	64
Tabel 5.67 Kerugian eksergi HRSG pada Tsat HP = 220 oC, Tgas- in = 589,2.....	64
Tabel 5.69 Kerugian eksergi HRSG pada Tsat HP = 220 oC, Tgas- in = 579,2.....	65
Tabel 5.70 laju destruksi eksergi HRSG pada Tsat HP = 220 oC, Tgas- in = 569,2.....	65
Tabel 5.71 Kerugian eksergi HRSG pada Tsat HP = 220 oC, Tgas- in = 569,2.....	65

**OPTIMASI HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR (HRSG)
PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP MUARA
KARANG**

Dyos Santoso*, Joni Yanto, Faisal Rahman

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Email* : dyos_santoso@yahoo.com

Jl. Raya Palembang - Prabumulih Km 32, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, Indonesia

Abstrak

Heat recovery steam generator merupakan salah satu komponen utama pada siklus kombinasi. HRSG berfungsi untuk memanfaatkan panas dari gas buang turbin gas, untuk menghasilkan uap yang akan digunakan untuk mengoperasikan turbin uap. Akan tetapi pada pengoperasiannya masih terdapat kerugian- kerugian pada HRSG. Oleh karena itu pada studi ini akan dilakukan pengoptimasian untuk mendapatkan nilai kerugian terkecil. Pengoptimasian dilakukan dengan memvariasikan parameter operasi hrsg yaitu ΔT_{min} . Nilai ΔT_{min} akan divariasikan dengan mengubah temperatur saturasi pada evaporator dari sistem tekanan tinggi HRSG dan temperatur inlet gas buang. Variasi nilai ΔT_{min} ini akan mempengaruhi besarnya kerugian eksergi akibat destruksi saat proses perpindahan kalor dan kerugian dari eksergi yang terbuang ke lingkungan. Semakin kecil nilai ΔT_{min} destruksi eksergi pada proses perpindahan kalor akan mengecil akan tetapi eksergi yang terbuang ke lingkungan akan semakin besar. Maka dari beberapa variasi ΔT_{min} tersebut nilai optimumnya akan didapatkan yaitu nilai ΔT_{min} yang menunjukkan total kerugian terkecil. Hasil optimum ditunjukkan pada temperature saturasi 354,9°C dan temperature inlet gas buang 569,2 °C dengan total kerugian eksergi sebesar 22567,398 kW dibandingkan dengan kerugian pada kondisi operasinya yaitu pada temperature saturasi 280°C dan temperature inlet gas buang 589,2°C, sebesar 33067,912 kW. Maka penghematan eksergi adalah sebesar 10500,513 kW dengan biaya penghematan per tahun sebesar Rp 67.953.545.532,- apabila biaya eksergi diasumsikan sebagai biaya pokok penyediaan (BPP) tenaga listrik dengan jam operasi selama 6570 jam per tahun.

Kata Kunci : HRSG, Optimasi, Eksergi, ΔT_{min} , Value Diagram.

Inderalaya, 02 Juni 2020
Pembimbing I,



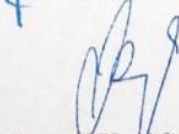
Ir. Dyos Santoso, M.T
NIP. 196012231991021001

Pembimbing II,



Ir. Joni Yanto, M.T.
NIP. 195705221987031003

Mengetahui:
Ketua Jurusan Teknik Mesin,



Irsyadi Yani S.T., M.Eng., Ph.D

NIP. 197112251997021001

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumber energi yang paling banyak digunakan di sektor industri dan produksi tenaga listrik di Indonesia masih berupa bahan bakar fosil yaitu minyak bumi, gas dan batu bara. Sumber energi tersebut adalah jenis sumber energi yang tak terbaharukan. Penggunaan akan sumber energi yang berasal dari bahan bakar fosil akan terus meningkat seiring dengan kebutuhan energi listrik yang meningkat juga akibat dari pertumbuhan pembangunan suatu negara dan semakin bertambahnya jumlah penduduk di negara tersebut. Indonesia adalah negara berkembang dengan pertumbuhan penduduk yang terus meningkat, dengan begitu kebutuhan akan energi juga semakin tinggi. Oleh karena itu, pemanfaatan energi harus seefisien mungkin agar dapat menjaga sumber daya alam dan memberikan manfaat dalam segi ekonomi.

Menurut data statistik ketenagalistrikan tahun 2017 dari kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, jenis pembangkit listrik di Indonesia di dominasi oleh pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) dengan jumlah kapasitas terpasang sebesar 30.208,23 MW yang diikuti oleh pembangkit listrik tenaga gas uap (PLTGU) dengan kapasitas terpasang 10,146.11 MW. PLTGU merupakan suatu sistem pembangkit yang dapat dikatakan menarik dalam pembangkitan listrik karena efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan PLTU sendiri atau PLTG. Tantangan utama dalam PLTGU atau pembangkit listrik dengan siklus kombinasi adalah pemanfaatan dari gas buang yang tepat dalam pembangkitan uap untuk memperoleh hasil output siklus uap yang optimal. Dari segi biaya investasi pembangkit siklus kombinasi juga sangat dipertimbangkan karena modal untuk pembangkit listrik Tenaga uap, lebih mahal hingga mencapai angka 50% -nya dibandingkan dengan modal penambahan generator uap pada pembangkit listrik tenaga gas (PLTG), yang memanfaatkan kembail gas buang turbin bersuhu tinggi untuk membangkitkan uap panas bertekanan dengan *Heat Recovery Steam*

Generator (HRSG). Ini berarti HRSG adalah komponen yang sangat penting dalam augmentasi output dan efisiensi dari siklus kombinasi dikarenakan performansi dari siklus uap sangat bergantung terhadap kualitas dan kuantitas uap yang dibangkitkan dalam HRSG. Pembangkitan uap pada HRSG selalu diasosiasikan dengan kerugian atau *losses* dikarenakan adanya irreversibilitas. Dalam melakukan perancangan dari HRSG, harus memperhatikan dan mengevaluasi parameter operasi berdasarkan kasus per kasus dalam mengurangi kerugian kerugian atau *losses* tersebut.

Untuk memperoleh performa terbaik dalam menggunakan HRSG, maka kajian mengenai optimasi sangat perlu dilakukan. Optimasi adalah proses untuk mendapatkan kondisi-kondisi, yakni nilai-nilai dari variable-variabel, yang memberikan nilai minimum atau maksimum dari fungsi objektif. Atau dalam kata lain, Optimasi adalah usaha untuk memperoleh suatu hasil terbaik (solusi terbaik) diantara banyak solusi yang ada dengan melihat persyaratan yang diberikan. Penelitian terkini mengenai optimasi HRSG mengarah pada pemetaan sumber dari *inefficiency* pada HRSG menggunakan hukum kedua termodinamika. Penelitian terkini juga menunjukkan implikasi dari variasi pada parameter fisik seperti ketebalan fin, ketinggian fin, dan kondisi pembangkitan uap dalam memperoleh lokasi dari *inefficiency* pada HRSG yang berujung pada diperolehnya kondisi optimal HRSG.

Dalam hal ini kondisi optimal yang diharapkan adalah kondisi operasi yang menunjukkan kerugian eksergi yang minimum pada HRSG. Kerugian eksergi minimum yang dimaksud adalah nilai terkecil dari total eksergi yang dimusnahkan sepanjang proses pemindahan kalor dan eksergi gas buang yg dilepas ke lingkungan pada tiap tekanan sebagai variable yang diberikan perubahan pada pengoptimasian.

Analisis eksergi dianggap penting karena dapat mendeteksi kerugian kerugian akibat destruksi eksergi dan kerugian dari gas buang yang dilepas ke lingkungan. Beberapa penelitian terdahulu dalam analisis eksergi antara lain pernah dilakukan (*Bejan, 1982*) yaitu mendeskripsikan teknik dasar dari analisis eksergi dan juga membahas metode evaluasi dalam mengestimasi ireversibilitas, pembangkitan entropi atau destruksi eksergi. (*London, Shah 1983*) menyajikan metodologi untuk menghubungkan biaya ekonomi dengan pembangkitan entropi.

(Reddy et al 2007) membahas tentang analisis hukum kedua termodinamika pada HRSG. Dengan menggunakan parameter operasi non-dimensional yang tepat, persamaan untuk pembangkitan entropi dapat diturunkan dan pengaruh dari pembangkitan entropi dapat diinvestigasi. Kemudian (Nag dan De 1996) mendeskripsikan desain dan optimasi dari HRSG dengan irreversibilitas minimum untuk pembangkitan uap pada pembangkit listrik siklus gabungan. Penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi optimal suhu jenuh berada pada nilai irreversible. Dari banyaknya penelitian terdahulu yang menggunakan metode analisis eksergi maka penulis menganggap bahwa analisis eksergi merupakan metoda yang tepat dalam menganalisa kerugian dari HRSG yang bertujuan untuk mengoptimasikan kondisi operasi dari HRSG tersebut

1.2 Rumusan Masalah

Pengoptimasian sistem yang sudah ada dapat dilakukan dengan membuat variasi pada parameter kondisi operasi. Dalam penelitian ini parameter yang akan divariasikan dalam pengoptimasian HRSG adalah ΔT_{\min} . Dengan begitu, dalam penelitian ini fokus masalah nya adalah mendapatkan besar ΔT_{\min} yang akan menghasilkan kerugian eksergi minimum akibat destruksi eksergi dan eksergi yang dilepas ke lingkungan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari pembahasan adalah :

1. Mengetahui dampak dari variasi besar ΔT_{\min} terhadap nilai pemusnahan eksergi dalam HRSG dan eksergi yang dilepaskan ke lingkungan pada kondisi operasi.
2. Memperoleh titik operasi yang optimal pada kondisi operasi HRSG dengan ditunjukkan dari kerugian eksergi minimum.
3. Mendapatkan informasi dari besarnya penghematan kerugian eksergi HRSG pada kondisi optimal

1.4 Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini manfaat yang diharapkan adalah dapat ikut serta dalam memberikan informasi kepada pembangkit listrik yang menggunakan siklus kombinasi mengenai pengaruh ΔT_{\min} terhadap kerugian eksergi pada HRSG sehingga keadaan optimal dari kondisi operasi HRSG yang menunjukkan kerugian eksergi minimum dapat diketahui.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, P., & Dincer, I. (2011). Thermodynamic analysis and thermoeconomic optimization of a dual pressure combined cycle power plant with a supplementary firing unit. *Energi Conversion and Management*, 52(5), 2296–2308.
- Ahmed, A., Esmail, K. K., Irfan, M. A., & Al-Mufadi, F. A. (2018). Design methodology of heat recovery steam generator in electric utility for waste heat recovery. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 13(4), 369–
- Bruce, 2011. (2013). 済無No Title No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Elaoud, M., McAuley, A., Kim, G., & Chennikara, J. (2005). Cross-layer optimized unicast and multicast routing on overlay networks. In *Proceedings - IEEE Military Communications Conference MILCOM* (Vol. 2005).
- In, S. J. (2009). “Solid oxide fuel cell (SOFC) technical challenges and solutions from nano-aspects.” *International Journal of Energi Research*, 31(August 2007), 135–147.
- Kotas, T. . (2012). *The Exergy Method of Thermal Plant Analysis*. (reprint POD ed). London: Krieger Publishing Company.
- Nadir, M., Ghenaiet, A., & Carcasci, C. (2016). Thermo-economic optimization of heat recovery steam generator for a range of gas turbine exhaust temperatures. *Applied Thermal Engineering*, 106, 811–826.
- Nag, P. K., & De, S. (1997). Design and operation of a heat recovery steam generator with minimum irreversibility. *Applied Thermal Engineering*, 17(4), 385–391.
- Sanaye, S., Hamidkhani, O., Shabaniyan, M., Espanani, R., & Hoshyar, A. (2007). Thermoeconomic optimization of heat recovery steam generators. *Proceedings of the ASME Turbo Expo*, 3(17), 803–810.
- Sharma, M., & Singh, O. (2017). Exergy analysis of the dual pressure HRSG for varying physical parameters. *Applied Thermal Engineering*, 114, 993–1001.
- Tajik Mansouri, M., Ahmadi, P., Ganjeh Kaviri, A., & Jaafar, M. N. M. (2012). Exergetic and economic evaluation of the effect of HRSG configurations on the performance of combined cycle power plants. *Energi Conversion and Management*, 58, 47–58.
- Tsega, T. T. (2018). Research Article Exergy Concept And Exergetic Analysis : REVIEW * Tsegaye Tadesse Tsega. *INTERNATIONAL JOURNAL OF CURRENT RESEARCH*, 10.
- Vosough, A., Noghrehabadi, A., Ghalambaz, M., & Vosough, S. (2011). Exergy concept and its characteristic. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*, 2(4), 47–52.