



**ANALISIS PERUBAHAN ENERGI DAN EKSERGI TURBIN
UAP BLOK 3 PLTGU PT X PADA DATA COMMISSIONING
2011 DAN DATA OPERASIONAL 2023**

SKRIPSI

MUHAMMAD ALVIN JORDAN

1910311030

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1

2023



**ANALISIS PERUBAHAN ENERGI DAN EKSERGI TURBIN
UAP BLOK 3 PLTGU PT X PADA DATA COMMISSIONING
2011 DAN DATA OPERASIONAL 2023**

SKRIPSI

MUHAMMAD ALVIN JORDAN

1910311030

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1

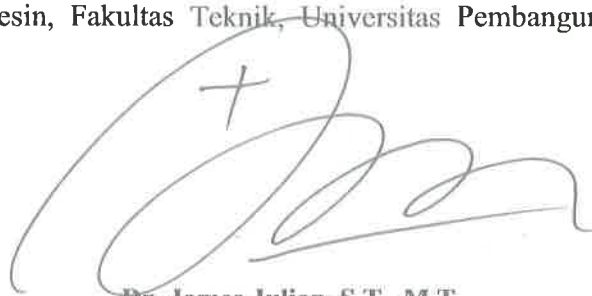
2023

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Muhammad Alvin Jordan
NIM : 1910311030
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisis Perubahan Energi dan Eksergi Turbin Uap Blok
3 PLTGU PT X pada Data Commissioning 2011 dan
Data Operasional 2023

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Dr. James Julian, S.T., M.T.
Penguji 1




Ir. Mohammad Galbi, M.T.
Penguji Lembaga



Fahrudin, S.T., M.T.
Penguji /Pembimbing 1



Dr. Henry Binsar Hamonangan Sitorus, S.T., M.T.
Dekan Fakultas Teknik



Fahrudin, S.T., M.T.
Kepala Program Studi

Disahkan di : Jakarta

Pada tanggal : 10 Juli 2023

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Muhammad Alvin Jordan
NIM : 1910311030
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : ANALISIS PERUBAHAN ENERGI DAN EKSERGI
TURBIN UAP BLOK 3 PLTGU PT X PADA DATA
COMMISSIONING 2011 DAN DATA
OPERASIONAL 2023

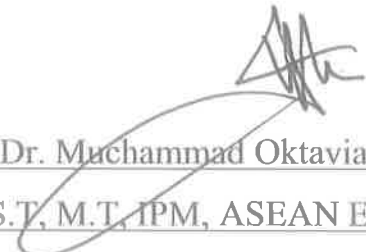
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui,

Pembimbing 1

Pembimbing 2


(Fahrudin, ST., MT.)


(Dr. Muchammad Oktaviandri,
S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng.)

Jakarta, 10 Juli 2023

Mengetahui,

Kepala Program Studi S-1 Teknik Mesin


(Fahrudin, ST., MT.)

PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muhammad Alvin Jordan

NIM : 1910311030

Program Studi : S-1 Teknik Mesin

Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 10 Juli 2023

Yang menyatakan,



(Muhammad Alvin Jordan)

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta,
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Alvin Jordan
NIM : 1910311030
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (Non-exclusive Royalty Free Rights) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“Analisis Perubahan Energi dan Eksergi Turbin Uap Blok 3 PLTGU PT X
pada Data Commissioning 2011 dan Data Operasional 2023”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mengaplikasikan skripsi 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 : 10 Juli 2023

Yang menyatakan,



(Muhammad Alvin Jordan)

ANALISIS PERUBAHAN ENERGI DAN EKSERGI TURBIN UAP BLOK 3 PLTU PT X PADA DATA COMMISSIONING 2011 DAN DATA OPERASIONAL 2023

Muhamad Alvin Jordan

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) merupakan pembangkit listrik termal yang sudah digunakan sejak tahun 1901, seiring perkembangan zaman energi dan eksergi dari PLTGU meningkat, salah satu penyebabnya yaitu penggantian bahan bakar. Penelitian ini bertujuan untuk dapat mengetahui perubahan nilai energi dan eksergi dari salah satu komponen PLTGU, yaitu turbin uap dengan data *Commissioning* pada tahun 2011 dan data operasional pada tahun 2023. Sebagai dasar teori untuk dapat melakukan analisis energi dan eksergi terhadap turbin uap PLTGU. Objek yang dianalisis yaitu: energi masuk sistem, efisiensi isentropik, kerja turbin, laju kerugian energi, efisiensi energi turbin, eksergi sistem, eksergi *fuel* dan produk, laju kehancuran eksergi, dan efisiensi eksergi. Dalam melakukan analisis, teori yang digunakan ialah hukum termodinamika 1 dan 2. Hasil dari analisis yang dilakukan sesuai sebagaimana teori yang dianut, efisiensi isentropik dari turbin uap berada di rentang 72% hingga 98%, eksergi sistem akan selalu lebih besar dibandingkan energi sistem, eksergi *fuel* lebih besar dari eksergi produk, dan efisiensi eksergi dari turbin uap berada di atas 90%. Dapat disimpulkan dari penelitian ini, bahwa turbin uap PT X masih dapat dioperasikan untuk beberapa tahun ke depan.

Kata Kunci: Data *Commissioning*, Data Operasional, Energi, Eksergi, Turbin Uap, Pembangkit Listrik Tenaga Uap

**ANALYSIS OF CHANGES IN ENERGY AND EXERGY OF
STEAM TURBINE BLOCK 3 PLTGU PT X ON 2011
COMMISSIONING DATA AND 2023 OPERATIONAL DATA**

Muhammad Alvin Jordan

ABSTRACT

Gas and Steam Power Plant (PLTGU) is a thermal power plant that has been used since 1901, along with the times, the energy and exergy of PLTGU has increased, one of the reasons is the replacement of fuel. This study aims to determine changes in the energy and exergy values of one of the PLTGU components, namely the steam turbine with Commissioning data in 2011 and operational data in 2023. As a theoretical basis to be able to perform energy and exergy analysis of the PLTGU steam turbine. The objects analyzed are: system input energy, isentropic efficiency, turbine work, energy loss rate, turbine energy efficiency, system exergy, fuel and product exergy, exergy destruction rate, and exergy efficiency. In carrying out the analysis, the theory used is the laws of thermodynamics 1 and 2. The results of the analysis are carried out according to the adopted theory, the isentropic efficiency of the steam turbine is in the range of 72% to 98%, the exergy of the system will always be greater than the energy of the system, the exergy fuel is greater than the exergy of the product, and the exergy efficiency of the steam turbine is above 90%. It can be concluded from this study, that the PT X steam turbine can still be operated for the next few years.

Keywords: *Commissioning Data, Operational Data, Energy, Exergy, Steam Turbine, Steam Power Plant*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya, hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “ANALISIS PERUBAHAN ENERGI DAN EKSERGI TURBIN UAP BLOK 3 PLTU PT X PADA DATA COMMISSIONING 2011 DAN DATA OPERASIONAL 2023” dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Dalam penyelesaiannya, penulis menyadari bahwa skripsi ini tak lepas dari bantuan berupa materi, informasi, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, di kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada:

1. Allah SWT atas karunia dan petunjuk-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga berhasil menyelesaikan skripsi dengan baik dan tepat waktu.
2. Ayah dan Ibu, Yusuf Effendi dan Firda Rohilawati yang senantiasa memberikan do'a serta dukungan, baik moral maupun material, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Adik tercinta, Muhammad Kenzie Yusuf Elghani yang selalu membantu dengan kekompakan dan rasa persaudaraan yang kuat.
4. Nenek, Maesaroh atas kasih sayang dan doa yang senantiasa dipanjatkan setiap hari, untuk keberhasilan cucu-cucunya.
5. Bapak Fahrudin S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Jurusan Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta sekaligus sebagai dosen pembimbing I dalam penulisan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Muchamad Oktaviandri, S.T., M.T., IPM., ASEAN. Eng selaku pembimbing II dalam penulisan skripsi ini.
7. Seluruh jajaran dosen dan staf di Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta yang telah membantu semua proses perizinan serta administrasi.

8. PT X yang telah memberikan sarana, prasarana, dan data-data operasional sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dan mendapatkan pengalaman yang berharga.
9. Bapak Andrias Wahyu, selaku Humas PT X yang membantu mulai dari proses pengajuan permohonan pengambilan data skripsi serta mengarahkan praktikan di dalam perusahaan sampai penulisan skripsi selesai.
10. Bapak Raihan Muhammad, selaku *Senior Control Room (B)* Blok 3 PLTGU PT X yang membantu penulis dalam materi saat menyelesaikan skripsi.
11. Bapak Heri Luthfianto Satrio Wibowo, selaku koordinator *coding* tim PT X yang membantu penulis dalam program pengkodean untuk dapat menyelesaikan skripsi.
12. Seluruh karyawan PT X yang telah memberikan ilmu dan bimbingan yang bermanfaat kepada penulis selama proses pengambilan data berlangsung.
13. Andre Eka Rahayu, Farma Hilal Hamdi, dan Rika Diana selaku sahabat penulis yang telah membantu dan memberi dukungan penulis selama penulisan skripsi.
14. Dito Pratama selaku sahabat penulis yang telah membantu dengan memberikan dukungan kepada penulis selama penulisan skripsi.
15. Dinar Tsalsabila Febrianty selaku *partner* penulis yang telah membantu dengan memberikan dukungan kepada penulis selama penulisan skripsi.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk skripsi ini. Akhir kata penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jakarta, 10 Juli 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Penelitian Terdahulu.....	5
2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Uap.....	10
2.3. Turbin Uap	11
2.4. Siklus Rankine.....	12

2.4.1.	Siklus Rankine Ideal	12
2.4.2.	Siklus Rankine dengan Pemanasan Ulang	13
2.4.3.	Siklus Rankine Regeneratif.....	15
2.5.	Dasar Termodinamika Pembangkit Listrik Tenaga Uap	16
2.5.1.	Entalpi (h)	16
2.5.2.	Entropi (s)	17
2.5.3.	Analisis Energi	17
2.5.4.	Analisis Eksergi.....	20
2.6.	Bahasa Pemrograman Python.....	21
BAB 3 METODE PENELITIAN.....		22
3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	22
3.2.	Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.3.	Teknik Pengumpulan Data	23
3.4.	Teknik Pengolahan Data	24
3.4.1.	Pengolahan Data dengan Siklus Rankine.....	24
3.4.2.	Pengolahan Data dengan Program Python.....	26
3.5.	Teknik Analisis Data	27
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		28
4.1.	Data Operasional	28
4.2.	Kalkulasi Energi dan Eksergi	28
4.3.	Analisis dan Pembahasan	36
4.4.	Penggunaan Python dalam Mengolah Data.....	44
4.5.	Analisis Perbedaan Hasil Perhitungan.....	46
BAB 5 PENUTUP.....		48
5.1.	Kesimpulan.....	48
5.2.	Saran	48

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2.1 PLTGU PT X	11
Gambar 2.2.2 Turbin Uap PT X.....	12
Gambar 2.4.1.1 Diagram T-s Siklus Rankine Ideal	12
Gambar 2.4.2.1 Diagram T-s Siklus Rankine dengan Pemanasan Ulang.....	14
Gambar 2.4.3.1 Diagram T-s Siklus Rankine Regeneratif dengan Satu Open FWH	15
Gambar 2.4.3. 2 Diagram T-s Siklus Rankine Regeneratif dengan Satu Closed FWH	16
Gambar 3.1.1 Diagram Alir	22
Gambar 3.4.1.1 Skema Pengolahan Data dengan Siklus Rankine.....	25
Gambar 3.4.2.1 Skema Pengolahan Data dengan python	27
Gambar 4.3.1 Energi dan Eksergi	36
Gambar 4.3.2 Efisiensi Isentropik.....	37
Gambar 4.3.3 Kerja.....	39
Gambar 4.3.4 Eksergi Fuel dan Produk	40
Gambar 4.3.5 Laju Kerugian Energi & Laju Kehancuran Eksergi	42
Gambar 4.3.6 Efisiensi Energi dan Eksergi	43

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1.1 Data Operasional.....	28
Tabel 4.2.1 Perhitungan Entalpi dan Entropi	31
Tabel 4.2.3.1 Energi turbin dengan perhitungan manual	31
Tabel 4.2.3.2 Efisiensi isentropik dengan perhitungan manual	32
Tabel 4.2.3.3 Kerja turbin dengan perhitungan manual.....	32
Tabel 4.2.3.4 Laju kerugian energi dengan perhitungan manual	32
Tabel 4.2.3.5 Efisiensi energi dengan perhitungan manual	33
Tabel 4.2.4.1 Eksergi in dengan perhitungan manual.....	33
Tabel 4.2.4.2 Eksergi out dengan perhitungan manual.....	34
Tabel 4.2.4.3 Eksergi fuel dan produk dengan perhitungan manual.....	34
Tabel 4.2.4.4 Laju kehancuran eksergi dengan perhitungan manual.....	35
Tabel 4.2.4.5 Efisiensi eksergi dengan perhitungan manual.....	35
Tabel 4.4.1.1 Energi dengan python	45
Tabel 4.4.1.2 Efisiensi isentropik dengan python	45
Tabel 4.4.1.3 Kerja dengan python	45
Tabel 4.4.1.4 Laju kerugian energi dengan python.....	45
Tabel 4.4.1.5 Efisiensi energi dengan python	45
Tabel 4.4.2.1 Eksergi in dengan python.....	46
Tabel 4.4.2.2 Eksergi out dengan python.....	46
Tabel 4.4.2.3 Eksergi <i>fuel</i> dan produk dengan python.....	46
Tabel 4.4.2.4 Laju kehancuran eksergi dengan python.....	46
Tabel 4.4.2.5 Efisiensi eksergi dengan python	46

DAFTAR NOTASI

h_x = Entalpi zat yang dicari	(kJ/kg)
h_1 = Entalpi di bawah zat yang dicari	(kJ/kg)
h_2 = Entalpi di atas zat yang dicari	(kJ/kg)
P_x = Tekanan zat yang dicari	(bar)
P_1 = Tekanan di bawah zat yang dicari	(bar)
P_2 = Tekanan di atas zat yang dicari	(bar)
T_x = Temperatur zat yang dicari	(°C)
T_1 = Temperatur di bawah zat yang dicari	(°C)
T_2 = Temperatur di atas zat yang dicari	(°C)
x_s = Fraksi entropi yang dicari	(kJ/kg . K)
s_s = Entropi uap	(kJ/kg . K)
s_f = Entropi cair jenuh	(kJ/kg . K)
s_{fg} = Entropi penguapan	(kJ/kg . K)
s_s = Entropi spesifik	(kJ/kg . K)
h_s = Entalpi isentropik	(kJ/kg)
h_0 = Entalpi ambient	(kJ/kg)
h_f = Entalpi cair jenuh	(kJ/kg)
h_{fg} = Entalpi penguapan	(kJ/kg)
\dot{m}_{HPT} = Laju alir massa uap turbin uap HP	(t/h)
\dot{m}_{IPT} = Laju alir massa uap turbin uap IP	(t/h)
\dot{m}_{LPT} = Laju alir massa uap turbin uap LP	(t/h)
$h_{i,HPT}$ = Entalpi masuk turbin uap HP	(kJ/kg)

$h_{i.IPT}$ = Entalpi masuk turbin uap IP	(kJ/kg)
$h_{i.LPT}$ = Entalpi masuk turbin uap LP	(kJ/kg)
$h_{o.HPT}$ = Entalpi keluar turbin uap HP	(kJ/kg)
$h_{o.IPT}$ = Entalpi keluar turbin uap IP	(kJ/kg)
$h_{o.LPT}$ = Entalpi keluar turbin uap LP	(kJ/kg)
E_{HPT} = Energi pada turbin uap HP	(MW)
E_{IPT} = Energi pada turbin uap IP	(MW)
E_{LPT} = Energi pada turbin uap LP	(MW)
η_{HPT} = Efisiensi isentropik turbin uap HP	(%)
η_{IPT} = Efisiensi isentropik turbin uap IP	(%)
η_{LPT} = Efisiensi isentropik turbin uap LP	(%)
$h_{s.o.HPT}$ = Entalpi isentropik keluar turbin uap HP	(kJ/kg)
$h_{s.o.IPT}$ = Entalpi isentropik keluar turbin uap IP	(kJ/kg)
$h_{s.o.LPT}$ = Entalpi isentropik keluar turbin uap LP	(kJ/kg)
W_{total} = Kerja total turbin uap	(MW)
W_{HPT} = Kerja turbin uap HP	(MW)
W_{IPT} = Kerja turbin uap IP	(MW)
W_{LPT} = Kerja turbin uap LP	(MW)
$Q_{loss.HPT}$ = Laju krerugian energi turbin uap HP	(MW)
$Q_{loss.IPT}$ = Laju krerugian energi turbin uap IP	(MW)
$Q_{loss.LPT}$ = Laju krerugian energi turbin uap LP	(MW)
$Q_{loss.total}$ = Total laju kerugian energi	(MW)
η_{total} = Efisiensi energi total turbin uap	(%)

E^{tot} = Eksergi total	(MW)
E^{PH} = Eksergi fisik	(MW)
E_{fuel} = Eksergi fuel	(MW)
E_{inHPT}^{tot} = Eksergi total turbin HP	(MW)
E_{inIPT}^{tot} = Eksergi total turbin IP	(MW)
E_{inLPT}^{tot} = Eksergi total turbin LP	(MW)
E_{produk} = Eksergi produk	(MW)
E_{dest} = Laju kehancuran eksergi	(MW)
$\eta_{eksergi}$ = Efisiensi eksergi	(%)