



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS PENYEBAB KENAIKAN *GROSS TURBINE*
HEAT RATE (GTHR) DENGAN METODE
RCFA DAN FMEA**

SKRIPSI

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknik Pembangkit Tenaga Listrik,

Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

Machfud Priyo Utomo

NIM. 4217020013

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNIK PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

AGUSTUS, 2021



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

ANALISIS PENYEBAB KENAIKAN *GROSS TURBINE HEAT RATE* (GTHR) DENGAN METODE RCFA DAN FMEA

Oleh:

Machfud Priyo Utomo

NIM. 4217020013

Program Studi Sarjana Terapan Teknik Pembangkit Tenaga Listrik

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Drs. Jusafwar, S.T., M.T.
NIP. 195803141985031002

Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T.
NIP. 196605191990031002

Kepala Program Studi

Sarjana Terapan Teknik Pembangkit Tenaga Listrik

Widiyatmoko, S.Si, M.Eng.
NIP. 198502032018031001



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS PENYEBAB KENAIKAN *GROSS TURBINE HEAT RATE* (GTHR) DENGAN METODE RCFA DAN FMEA

Oleh:
Machfud Priyo Utomo
NIM. 4217020013
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Pembangkit Tenaga Listrik

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 4 September 2021 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Teknik Pembangkit Tenaga Listrik Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T. NIP. 196605191990031002	Ketua		9 September 2021
2.	Dr. Belyamin, M.Sc.Eng., B.Eng. (Hons) NIP. 196301161993031001	Anggota		10 September 2021
3.	Ir. Budi Santoso, M.T. NIP. 195911161990111001	Anggota		8 September 2021

Depok, 10 September 2021

Disahkan Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T.

NIP. 197707142008121005



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Machfud Priyo Utomo

NIM : 4217020013

Program Studi : Sarjana Terapan Teknik Pembangkit Tenaga Listrik

menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas akhir (atau skripsi) telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 31 Agustus 2021



Machfud Priyo Utomo

NIM. 4217020013



ANALISIS PENYEBAB KENAIKAN *GROSS TURBINE HEAT RATE* (GTHR) DENGAN METODE RCFA DAN FMEA

Machfud Priyo Utomo¹⁾, Jusafwar²⁾, Cecep Slamet Abadi²⁾

¹⁾ Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²⁾ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email : machfudpriyo@gmail.com

ABSTRAK

Sejak *commissioning* 1997 hingga April 2021 terjadi kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR). Untuk beban 92 MW, terjadi kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) dari *commissioning* 1997 hingga April 2020 sebesar 377,629 kkal/kWh dan terjadi penurunan efisiensi turbin sebesar 14,613 %. *Steam Rate* hingga April 2020 mengalami kenaikan sebesar 1,195 kg/kWh. Pada beban 75 MW, terjadi kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) dari *commissioning* 1997 hingga April 2021 sebesar 452,639 kkal/kWh dan terjadi penurunan efisiensi turbin sebesar 11,507 %. *Steam Rate* hingga April 2021 mengalami kenaikan sebesar 0,813 kg/kWh. Faktor yang memengaruhi kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) pada PLTU Ombilin Unit 2 yaitu deposit pada *blade* turbin, kebocoran *tube* pada *high pressure heater* #4, gangguan sistem pembersih *tube* kondensor, terdapat 1 unit *cooling tower* tidak beroperasi, *governor valve* #2 tidak bisa regulasi. Langkah penanganan terkait kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) pada PLTU Ombilin Unit 2 yaitu melakukan *re-blading* pada Row #9, #10, #11, *re-tubing* pada *high pressure heater* #4, perbaikan sistem pembersihan *tube* kondensor, dan penormalan *cooling tower*.

Kata kunci : turbin, *performance test*, *commissioning*, kenaikan GTHR, RCFA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



ANALYSIS OF THE CAUSES OF GROSS TURBINE HEAT RATE (GTHR) INCREASES WITH RCFA AND FMEA METHODS

Machfud Priyo Utomo¹⁾, Jusafwar²⁾, Cecep Slamet Abadi²⁾

¹⁾ Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²⁾ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email : machfudpriyo@gmail.com

ABSTRACT

From commissioning 1997 to April 2021 there was an increase in Gross Turbine Heat Rate (GTHR). For the 92 MW load, there was an increase in Gross Turbine Heat Rate (GTHR) from commissioning 1997 to April 2020 of 377,629 kcal / kWh and there was a decrease in turbine efficiency by 14,613%. Steam Rate until April 2020 increased by 1,195 kg / kWh. At a load of 75 MW, there was an increase in Gross Turbine Heat Rate (GTHR) from commissioning 1997 to April 2021 of 452,639 kcal/kWh and a decrease in turbine efficiency of 11,507%. Steam Rate until April 2021 increased by 0.813 kg / kWh. Factors that affect the increase in Gross Turbine Heat Rate (GTHR) in Ombilin Unit 2 Steam Power Plant are deposits on turbine blades, tube leaks in high pressure heaters #4, disruption of condenser tube cleaning system, there is 1 cooling tower unit is not operating, governor valve #2 cannot be regulated. Handling steps related to the increase in Gross Turbine Heat Rate (GTHR) in Ombilin Unit 2 Steam Power Plant are re-blading on Row #9, #10, #11, re-tubing on high pressure heater #4, improvement of condenser tube cleaning system, and normalization of cooling tower.

Keywords : turbine, performance test, commissioning, GTHR increase, RCFA

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas keberkahan Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan kasih sayang dan rahmat-Nya dalam penyusunan skripsi dengan judul “**Analisis Penyebab Kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) dengan Metode RCFA dan FMEA**”. Berikut disematkan pihak-pihak terkait sebagai bentuk apresiasi atas bantuan dan dukungan baik secara moril, materi, dan ilmu.

1. Bapak Drs. Wiryono, Ibu Dian Andayani S.Kom., Aminah Fitriani, S.Psi. dan Aisyah Rachmawati selaku keluarga yang telah memberikan kasih sayang, restu, dukungan materil dan moril.
2. Bapak Drs. Jusafwar, S.T., M.T. dan Bapak Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan dukungan dan bantuan.
3. PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan (UPK) Ombilin yang telah memberikan kesempatan melaksanakan Praktik Kerja Lapangan.
4. Bapak Mefrizon selaku Supervisor HAR (Pemeliharaan) Turbin PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan (UPK) Ombilin.
5. Bapak Kevin Agus Mantri dan Bapak Ismail Effendi yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama praktik kerja lapangan.
6. Bapak Nizar Riyadus S., Bapak Fx Adeodatus Alfa Febriant, Bapak Ryan Afriansyah selaku narasumber yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama penyusunan skripsi.
7. Bapak Deki Oktaviandra dan Bapak Hardianto selaku Staff HAR (Pemeliharaan) Turbin serta mentor tim selama PKL di PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan (UPK) Ombilin.
8. Bapak Agus, Bapak Doni, Bapak Endang, Bapak Hasan, Bapak Mukhlis, Bapak Riko, Bapak Lukman, Bapak Taufik selaku Teknisi HAR (Pemeliharaan) Turbin serta mentor selama PKL di PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan (UPK) Ombilin.
9. Bapak Dr. Eng Muslimin, S.T MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

10. Bapak Widiyatmoko, S.Si, M.Eng. selaku Kepala Program Studi D4 – Pembangkit Tenaga Listrik Politeknik Negeri Jakarta.
 11. Bapak Dr. Gun Gun Ramdhan Gunadi, S.T., M.T. yang telah memberikan dukungan dan konsultasi selama masa studi.
 12. Jajaran dosen dan karyawan Politeknik Negeri Jakarta, khususnya Jurusan Teknik Mesin.
 13. Christian Alexandro Pasaribu, Irfan Afrinaldi Saputra, dan Tio Hilmi Assidiqy selaku rekan Praktik Kerja Lapangan selama 4 bulan di PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan (UPK) Ombilin.
 14. Teman-teman di Program Studi Sarjana Terapan Teknik Pembangkit Tenaga Listrik yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama studi.
 15. Gilang P. S., A. Reza Z., Bagus W., Fairus A. R., M. Haikal A., Abu H., Naufal I. I., M. Egy S., M. Ilham H., Wisnu P. S., Irham F., Rakha E. P., Thoha R., I. Fairuz yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam penyusunan skripsi.
 16. Wag's Family dan Ops Crew.
 17. Serta seluruh pihak yang membantu baik secara moril dan materil.
- Semoga skripsi ini berkah dan bermanfaat bagi pembaca. Mohon maaf atas kekurangan dalam skripsi ini dan semoga dapat disempurnakan.

Depok, 31 Agustus 2021

Machfud Priyo Utomo
NIM. 4217020013



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
DAFTAR ISTILAH	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian.....	2
1.3 Pertanyaan Penelitian.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Landasan Teori.....	6
2.1.1 Siklus Rankine Regeneratif.....	6
2.1.2 Turbin Uap	6
2.1.3 Komponen – Komponen pada Turbin Uap	7
2.1.4 Komponen yang Memengaruhi <i>Gross Turbine Heat Rate</i>	8
2.1.5 Performa Turbin Uap	9
2.1.6 <i>Root Cause Failure Analysis (RCFA)</i>	15
2.1.7 <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	15
2.2 Kerangka Pemikiran dan Pengembangan Hipotesis	16

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Jenis Penelitian.....	18
3.2 Objek Penelitian.....	18
3.3 Metode Pengambilan Sampel	21
3.4 Jenis dan Sumber Data Penelitian.....	21
3.5 Metode Pengumpulan Data Penelitian.....	22
3.5.1 Studi Literatur	22
3.5.2 Studi Lapangan.....	22
3.5.3 Pengumpulan Data Sekunder	22
3.5.4 Wawancara.....	24
3.5.5 Perhitungan Entalpi Menggunakan Interpolasi.....	24
3.5.6 Perhitungan Performa Turbin.....	25
3.5.7 Pemetaan Faktor Penyebab	27
3.5.8 Penilaian Metode <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	27
3.6 Metode Analisis Data.....	30
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Hasil Penelitian	32
4.1.1 Perhitungan Entalpi Menggunakan Interpolasi.....	32
4.1.2 Perhitungan Performa Turbin.....	42
4.2 Pembahasan.....	50
4.2.1 <i>Root Cause Failure Analysis</i> Kenaikan GTHR	56
4.2.2 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> Kenaikan GTHR	59
4.2.3 Ringkasan Pembahasan Penelitian.....	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	64
5.1 Kesimpulan	64
5.2 Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	xxviii



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Spesifikasi Turbin Uap di PLTU Ombilin	19
Tabel 3.2. Poin Kriteria <i>Severity</i> (S)	27
Tabel 3.3. Poin Kriteria <i>Occurence</i> (O)	28
Tabel 3.4. Poin Kriteria <i>Detection</i> (D)	29
Tabel 4.1. Data <i>Performance Test</i> PLTU Ombilin Unit 2 (92 MW)	36
Tabel 4.2. Data <i>Performance Test</i> PLTU Ombilin Unit 2 (75 MW)	39
Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Performa Turbin (92 MW)	48
Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Performa Turbin (75 MW)	49
Tabel 4.5. Hasil Wawancara.....	59
Tabel 4.6. RPN <i>Failure</i> 2019 sampai 2021	61
Tabel 4.7. FMEA untuk 3 RPN Tertinggi	62

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Aliran Uap pada Turbin Impuls (Balmer, 2011)	7
Gambar 2.2.	<i>Turbine House</i> PLTU Ombilin Unit 2.....	7
Gambar 2.3.	<i>Governor Valves</i> pada Turbin Uap PLTU Ombilin Unit 2.....	8
Gambar 2.4.	Pipa <i>Condenser Tubes Outlet</i>	9
Gambar 2.5.	<i>High Pressure Heater</i> (HPH) PLTU Ombilin.....	9
Gambar 2.6.	<i>Heat Balance</i> pada <i>High Pressure Heater</i>	12
Gambar 3.1.	Tampak Peta PLTU Ombilin dari <i>Google Earth</i>	19
Gambar 3.2.	Turbin PLTU Ombilin Unit 2.....	19
Gambar 3.3.	<i>Nameplate</i> Turbin PLTU Ombilin Unit 2.....	20
Gambar 3.4.	Diagram Batang Jadwal Penelitian.....	20
Gambar 3.5.	Diagram Alir Penelitian.....	31
Gambar 4.1.	Riwayat Pemeliharaan <i>High Pressure Heater #4</i>	50
Gambar 4.2.	Entalpi Air Umpan Masuk HPH#5 dan Konsumsi Panas (92MW) 51	
Gambar 4.3.	Hubungan Total Konsumsi Panas dengan GTHR (92 MW)	51
Gambar 4.4.	Hubungan GTHR dengan Efisiensi Turbin (92 MW)	52
Gambar 4.5.	Entalpi Air Umpan Masukan HPH #5 dengan SR (92 MW).....	53
Gambar 4.6.	Riwayat Pemeliharaan <i>Governor Valve #2</i>	53
Gambar 4.7.	Hubungan Total Konsumsi Panas dengan GTHR (75 MW)	54
Gambar 4.8.	Hubungan GTHR dengan Efisiensi Turbin (75 MW)	54
Gambar 4.9.	<i>Pitting Row #9</i>	55
Gambar 4.10.	<i>Pitting Row #10</i>	55
Gambar 4.11.	<i>Pitting Row #11</i>	55
Gambar 4.12.	Hubungan Tekanan Vakum Kondensor dengan GTHR	56
Gambar 4.13.	RCFA Kenaikan GTHR.....	57

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Permohonan Pengambilan Data	xvii
Lampiran 2. Surat Konfirmasi Permintaan Data	xviii
Lampiran 3. Diagram Alir Air dan Uap PLTU Ombilin.....	xix
Lampiran 4. Persetujuan Narasumber	xx
Lampiran 5. <i>Steam Tables and Mollier Diagram (S.I. Units)</i> (Rajput, 2007)..	xxiv
Lampiran 6. Tabel <i>Compressed Liquid Water</i> (Moran et al., 2003)	xxvii



DAFTAR ISTILAH

Detection (D) : seberapa mampu untuk mendeteksi *failure* sebelum terjadi.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) : suatu metode yang terusun secara sistematis sebagai identifikasi dan pencegahan masalah pada produk dan proses.

Gross Turbine Heat Rate (GTHR) : panas yang disuplai untuk turbin per daya keluaran generator.

Occurrence (O) : frekuensi terjadinya *failure*.

Regenerative Rankine Cycle : siklus rankine yang bekerja dengan memanaskan air umpan yang berasal dari *Condenser Hotwell* dengan memanfaatkan uap ekstraksi dari turbin uap dan menyuplainya sebagai sumber panas pada *Heater* yang ada.

Risk Priority Number (RPN) : sistem yang matematis untuk menafsirkan peringkat prioritas dari suatu *failure* dengan berbagai pertimbangan seperti *occurrence*, *severity*, dan *detection*.

Root Cause Failure Analysis (RCFA) : urutan logika untuk menginvestigasi suatu keadaan atau *failure* secara bertahap dengan menelusuri faktor – faktor yang berkaitan.

Severity (S) : seberapa serius dampak yang terjadi akibat *failure*.

Steam Rate (SR) : konsumsi uap per jam per daya keluaran unit.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR NOTASI

Notasi	Keterangan	Satuan
\dot{m}_{aux}	Laju Aliran Massa Uap Bantu	kg/h
\dot{m}_{cwi}	Laju Aliran Massa Air Kondensat menuju <i>Feed Water Tank</i>	kg/h
\dot{m}_{ds}	Laju Aliran Massa <i>Desuperheater Spray</i>	kg/h
\dot{m}_{ffw}	Laju Aliran Massa Air Umpan Akhir	kg/h
\dot{m}_{ms}	Laju Aliran Massa Uap Utama	kg/h
\dot{m}_{muw}	<i>Make Up Water Flow</i>	kg/h
\dot{Q}_{in}	Panas Masuk Turbin	GJ/h
\dot{Q}_{out}	Panas Keluar Turbin	GJ/h
\dot{Q}_{total}	Total Konsumsi Panas	GJ/h
η_{turbin}	Efisiensi Turbin Uap	%
D	<i>Detection</i>	Tidak ada
GTHR	<i>Gross Turbine Heat Rate</i>	kJ/kWh
O	<i>Occurence</i>	Tidak ada
P_{go}	Daya <i>Gross</i> Keluaran Generator	kW
$Q_{per1kWh}$	3.600	kJ/kWh
RPN	<i>Risk Priority Number (RPN)</i>	Tidak ada
S	<i>Severity</i>	Tidak ada
SR	<i>Steam Rate</i>	kg/kWh
h_{cwi}	Entalpi Air Kondensat menuju <i>Feed Water Tank</i>	kJ/kg
h_{cwo}	Entalpi Air Kondensat dari <i>Feed Water Tank</i>	kJ/kg
h_{d4}	Entalpi <i>Drain</i> HPH #4	kJ/kg
h_{d5}	Entalpi <i>Drain</i> HPH #5	kJ/kg
h_{fwt}	Entalpi Uap Ekstraksi <i>Feed Water Tank</i>	kJ/kg
h_4	Entalpi Uap Ekstraksi HPH #4	kJ/kg
h_5	Entalpi Uap Ekstraksi HPH #5	kJ/kg
h_{ffw}	Entalpi Air Umpan Akhir	kJ/kg
h_{fi4}	Entalpi Air Umpan <i>Inlet</i> HPH #4	kJ/kg
h_{fo4}	Entalpi Air Umpan <i>Outlet</i> HPH #4	kJ/kg
h_{fi5}	Entalpi Air Umpan <i>Inlet</i> HPH #5	kJ/kg
h_{ms}	Entalpi Uap Utama	kJ/kg



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Turbin uap merupakan *turbomachinery prime movers* yang memanfaatkan uap bertekanan dan bertemperatur tinggi dari *boiler* yang masuk melalui *stator blades* untuk dipercepat dan dialirkan uapnya disekitar *rotor*, lalu *rotating blades* menerima gaya impuls dan reaksi sehingga menimbulkan adanya torsi pada rotor (Tanuma, 2017). Untuk melakukan pemantauan performa pada turbin dilakukan perhitungan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR). Definisi dari *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) yaitu panas yang disuplai untuk turbin per daya keluaran generator (American Society of Mechanical Engineers, 2001). Melalui perhitungan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR), maka efisiensi turbin uap dapat diketahui. Efisiensi turbin uap merupakan derajat keberhasilan turbin mendekati proses ideal yang dinyatakan dalam satuan persen (%) (Apriandi & Mursadin, 2016). Pemantauan performa merupakan usaha untuk meningkatkan efisiensi dengan mengurangi perbedaan *heat rate* yang disebabkan oleh *lifetime* dan faktor korektif pada turbin (Vasa et al., 2018). Semakin *turbine heat rate* rendah maka efisiensi semakin baik (Sunarwo & Supriyo, 2015).

Menurut laporan *performance test* PLTU Ombilin Unit 2, terjadi perbedaan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) dengan *baseline commissioning* 1997. *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) pada saat *commissioning* 1997 yaitu sebesar 1.314,180 kkal/kWh pada beban 103,29 MW dan 1.627,245 kkal/kWh pada beban 75,47 MW. *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) terbesar pada rentang beban 92,39 MW sampai 92,97 MW yaitu terjadi pada April 2020 dengan nilai 1.691,809 kkal/kWh. Sedangkan pada rentang beban 75,15 MW sampai 75,47 MW *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) terbesar terjadi pada April 2021 dengan nilai 2.079,884 kkal/kWh. Diketahui bahwa PLTU Ombilin Unit 2 belum melaksanakan *Serious Inspection*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(SE). Selain itu, terdapat laporan gangguan seperti kondisi turbin, *high pressure heater* #4 yang di-*bypass*, tekanan vakum kondensor tinggi, dan gangguan lainnya.

Pemantauan *heat rate* dapat dilakukan menggunakan metode *energy balance*. Faktor yang memengaruhi kinerja turbin yaitu *heater* dan kondensor (Apriandi & Mursadin, 2016). Massa dan entalpi uap berpengaruh terhadap kinerja turbin. Selain itu, kevakuman kondensor dan pemanasan pada *feedwater heater* memengaruhi kinerja turbin (Sunarwo & Supriyo, 2015). Pada tahun 2016, Zulfan Andriyanto menyatakan bahwa performa turbin dipengaruhi oleh ekstraksi uap, *heat drop*, dan kevakuman kondensor (Andriyanto, 2016). Efisiensi turbin mengalami kenaikan dan penurunan dikarenakan naik turunnya *turbine heat rate*, beban yang mengalami penurunan, faktor pemeliharaan, kesalahan pengoperasian, dan faktor lainnya (Jamaludin & Kurniawan, 2017).

Dengan naiknya *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) maka efisiensi turbin uap mengalami penurunan. Oleh karena itu, diperlukan langkah penanganan agar turbin uap tidak mengalami penurunan efisiensi yang berkelanjutan. Sebagai langkah penelusuran akar penyebab dan penanganan kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) maka dilakukan analisis menggunakan metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi evaluasi atau referensi terkait kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR).

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang penelitian, permasalahan yang dibahas yaitu:

- a. Terjadi kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) pada PLTU Ombilin Unit 2 di tahun 2019 sampai 2021.
- b. Naiknya nilai *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) menyebabkan turunnya performa turbin uap.
- c. Diperlukan analisis penyebab kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) agar tidak berkelanjutan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Perhitungan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) berlandaskan ASME PTC 6A-2000 untuk *Non-Reheat Regenerative Cycle* dan beberapa referensi terkait.
- b. Data berdasarkan *baseline commissioning 1997, performance test* dan riwayat pemeliharaan pada PLTU Ombilin di tahun 2019 sampai 2021.
- c. Faktor penyebab kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) didasari oleh parameter perhitungan terkait *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR).
- d. Komponen yang ditinjau sebagai penyebab kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) yaitu turbin, *high pressure heater*, dan kondensor.
- e. Tidak membahas detail kegiatan pemeliharaan.
- f. Tidak membahas terkait pengaruh material.
- g. Tidak membahas perpindahan panas dan performa *high pressure heater* dan kondensor.

1.3 Pertanyaan Penelitian

Pada penelitian ini, terdapat berbagai permasalahan yang akan dibahas dan dirumuskan sebagai kumpulan pertanyaan sebagai berikut:

- a. Apa faktor yang memengaruhi kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) pada PLTU Ombilin Unit 2?
- b. Bagaimana langkah penanganan terkait kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) pada PLTU Ombilin Unit 2?

1.4 Tujuan Penelitian

Pada penelitian ini, terdapat tujuan yang ingin diperoleh diantaranya yaitu:

- a. Menentukan faktor yang memengaruhi kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) pada PLTU Ombilin Unit 2 dengan metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- b. Menentukan langkah penanganan terkait kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) pada PLTU Ombilin Unit 2 dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

1.5 Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat manfaat yang diharapkan diantaranya yaitu:

- a. Mahasiswa
 - 1) Meningkatkan kemampuan analisis mengenai *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR).
- b. Politeknik Negeri Jakarta
 - 1) Menjadi materi pembelajaran tambahan mengenai *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR).
- c. PLTU Ombilin
 - 1) Memberikan informasi tambahan mengenai analisis penyebab kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR).

1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

Dalam skripsi ini, terdapat sistematika penulisan sebagai acuan penyusunannya. Adapun sistematika penulisan pada skripsi ini yaitu

- a. HALAMAN SAMPUL
- b. HALAMAN JUDUL
- c. HALAMAN PERSETUJUAN
- d. HALAMAN PENGESAHAN
- e. LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS
- f. ABSTRAK (BAHASA INDONESIA DAN BAHASA INGGRIS)
- g. KATA PENGANTAR
- h. DAFTAR ISI
- i. DAFTAR GAMBAR
- j. DAFTAR TABEL
- k. DAFTAR ISTILAH
- l. DAFTAR NOTASI



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- m. **BAB I PENDAHULUAN**
BAB I membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, pertanyaan, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.
- n. **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**
BAB II membahas mengenai turbin uap, *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR), *Root Cause Failure Analysis* (RCFA), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), kajian literatur, dan kerangka pemikiran.
- o. **BAB III METODE PENELITIAN**
BAB III membahas mengenai jenis penelitian, objek penelitian, metode pengambilan sampel, jenis data, sumber data, metode pengumpulan data, dan metode analisis data.
- p. **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**
BAB IV mengenai hasil penelitian dan pembahasan. Pada hasil penelitian terdapat perhitungan entalpi untuk variabel perhitungan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR), perhitungan performa turbin, dan hasil wawancara. Untuk sub bab pembahasan, terdapat analisis penyebab kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) dengan metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA), dan pemetaan skala *failure* dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).
- q. **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**
BAB V merupakan penjabaran mengenai kesimpulan dari hasil dan pembahasan yang mengacu pada tujuan penelitian. Selain itu, terdapat saran untuk penelitian selanjutnya dengan topik yang terkait.
- r. **DAFTAR PUSTAKA**
- s. **LAMPIRAN**

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan pada penelitian ini sebagai berikut.

- a. Faktor yang memengaruhi kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) pada PLTU Ombilin Unit 2 berdasarkan penjabaran *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) yaitu deposit pada *blade* turbin, kebocoran *tube* pada *high pressure heater* #4, gangguan sistem pembersih *tube* kondensor, terdapat 1 unit *cooling tower* tidak beroperasi, *governor valve* #2 tidak bisa regulasi.
- b. Langkah penanganan terkait kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) pada PLTU Ombilin Unit 2 berdasarkan penjabaran *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yaitu melakukan *re-blading* pada *Row* #9, #10, #11, *re-tubing* pada *high pressure heater* #4, perbaikan sistem pembersihan *tube* kondensor, dan penormalan *cooling tower*.

5.2 Saran

Adapun saran yang didapatkan pada penelitian ini sebagai berikut.

- a. Melakukan pemeliharaan dan inspeksi sesuai penjadwalan.
- b. Perlunya alat ukur laju aliran massa ekstraksi, air umpan dan pendingin.
- c. Sebaiknya dilakukan peninjauan terkait sistem-sistem pendukung.
- d. Melakukan kajian lebih mendalam mengenai kebocoran *high pressure heater*, kondisi turbin, dan kondensor.



DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Mechanical Engineers. (2001). *Appendix A to PTC 6, The Test Code for Steam Turbines*. ASME.
- Andriyanto, Z. (2016). *Analisis Performa Turbin Uap Sebelum dan Sesudah Overhaul di PLTU Banten 3 Lontar*. Sekolah Tinggi Teknik PLN.
- Apriandi, R., & Mursadin, A. (2016). Analisis Kinerja Turbin Uap Berdasarkan Performance Test PLTU PT. Indocement P-12 Tarjun. *Sjme KINEMATIKA*, 1, 37–46.
- Balmer, R. T. (2011). *Modern Engineering Thermodynamics*. Elsevier.
- Caraka, E. S. A., & Friyatna, S. K. (2012). Analisa pengaruh high pressure heater no.3 out of service terhadap efisiensi turbin di unit 2 pt. indonesia power ujp pltu jabar 2 palabuhan ratu. *Seminar Nasional Teknik Mesin, ISSN 2085-2762*.
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2005). *Thermodynamics : An Engineering Approach* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Ford Motor Company. (2011). *FMEA Handbook Version 4.2*. Ford Motor Company.
- Gulo, W. (2002). *Metodologi Penelitian*. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Hartomo, K. D. (2006). IMPLEMENTASI METODE INTERPOLASI LINEAR UNTUK PEMBESARAN RESOLUSI CITRA. *TEKNOIN*, 11, 219–232.
- Jamaludin, & Kurniawan, I. (2017). *Analisis Perhitungan Daya Turbin yang Dihasilkan dan Efisiensi Turbin Uap Pada Unit 1 dan Unit 2 di PT. Indonesia Power UBOH UJP Banten 3 Lontar*.
- Latifianto, A., Prawatya, Y. E., & Ivanto, M. (2020). *ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN TEKANAN KONDENSOR (VAKUM) TERHADAP EFISIENSI HEAT RATE TURBIN UAP DI PT. PJB (PEMBANGKIT JAWA BALI) PLTU KETAPANG 10 MW*.
- McDermott, R. E., Mikulak, R. J., & Beauregard, M. R. (2009). *The Basics of FMEA* (2nd ed.). Taylor & Francis Group, LLC.
- Mobley, R. K. (1999). *Root Cause Failure Analysis*. Butterworth-Heinemann.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Moran, M. J., Shapiro, H. N., Munson, B. R., & DeWitt, D. P. (2003). *Introduction to Thermal Systems Engineering : Thermodynamics, Fluid Mechanics, and Heat Transfer*. John Wiley & Sons, Inc.
- Prastiko, A. (2015). *ANALISIS KEANDALAN PADA TURBIN GAS DI PT.PETROKIMIA GRESIK-JAWA TIMUR*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pratama, N. (2017). *Analisis Turbin Heat Rate Komisioning Dengan Aktual Operasi Pada Beban 50% dan 75% dari 112 MW di PLTU Teluk Sirih*. Sekolah Tinggi Teknik PLN.
- Rajput, R. K. (2007). *Engineering Thermodynamics*. Laxmi Publications.
- Ramadhani, M. (2021). *Analisis Perbedaan Mode Antara Extraction dan Full Condensing Terhadap Efisiensi Turbin Uap Kapasitas 22 MW*. UPN Veteran Jakarta.
- Sibarani, A. I. (2019). *Identifikasi Keandalan Turbin Uap Berdasarkan Analisa Peluang Kegagalan Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysys dan Distribution Weibull*. Universitas Sumatera Utara.
- Singh, Y. K. (2006). *Fundamental of RESEARCH METHODOLOGY and STATISTICS*. NEW AGE INTERNATIONAL LIMITED PUBLISHERS.
- Siyoto, S., & Sodik, A. (2015). *DASAR METODOLOGI PENELITIAN*. Literasi Media Publishing.
- Stamatis, D. H. (2003). *Failure Mode and Effect Analysis : FMEA from Theory to Execution*. ASQ Quality Press.
- Sunarwo, & Supriyo. (2015). Analisa Heat Rate Pada Turbin Uap Berdasarkan Performance Test PLTU Tanjung Jati B Unit 3. *Teknik Energi, 11*, 61–68.
- Tanuma, T. (2017). *Advances in Steam Turbines for Modern Power Plants*. Elsevier.
- Vasa, R., S, N. R. A., A, J. F., & P, K. (2018). Performance Analysis of Steam Turbine in Thermal Power Plant. *International Journal of Trendy Research in Engineering and Technology (IJTRET)*, 2.
- Wahyudi, B. (2019). *Analisis Efisiensi Turbin Uap Terhadap Kapasitas Listrik Pembangkit*. Universitas Medan Area.



- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Permohonan Pengambilan Data



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

Jl. Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425
Telepon (021) 7270036 Faksimile (021) 7270034
Laman: <http://www.pnj.ac.id> Surel : humas@pnj.ac.id

Nomor : B/538 /PL3.8/DA.04.10/2021

18 Juni 2021

Hal : Penelitian/Pencarian Data Tugas Akhir

Yth. General Manager

PT PLN (Pesero) Unit Pelaksana Pembangkitan (UPK) Ombilin
Jalan Prof. Dr. M. Yamin SH, Sijantang, Sijantang Koto, Talawi,
Sawahlunto, Sumatera Barat 27446

Dalam rangka penyusunan Tugas Akhir/ Skripsi bagi mahasiswa kami dari Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, yaitu :

No	Nama Mahasiswa	NIM	Program Studi
1.	Machfud Priyo Utomo	4217020013	Pembangkit Tenaga Listrik

Bahwasannya mahasiswa tersebut bermaksud mengajukan permohonan kepada Bapak/Ibu Pimpinan untuk dapat melakukan **Pengambilan Data Tugas Akhir/Skripsi** di PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Ombilin. Adapun data yang diperlukan guna menunjang penelitian ini diantaranya :

1. Penyebab Kenaikan Gross Turbine Heat Rate (GTHR)
2. Dara Performance Test Unit 1 dan 2
3. Data operasi dan riwayat pemeliharaan 2018-2021 PLTU Ombilin Unit 1 dan Unit 2
4. Data Overhaul Unit 1
5. Baseline Commissioning dan Manual Book

Segala ketentuan dan peraturan yang berlaku PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Ombilin ditaati dan dipenuhi oleh mahasiswa yang bersangkutan.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya, kami ucapkan terima kasih.



Hormat kami,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T.
NIP. 197707142008121005



Lampiran 2. Surat Konfirmasi Permintaan Data



UIK SUMATERA BAGIAN SELATAN
UPK OMBILIN

Nomor : 1166/STH.01.04/C22010000/2021
Lampiran : -
Sifat : Segera
Hal : Konfirmasi Permintaan Data

08 Juli 2021

Kepada

Yth. Ketua Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Jakarta, Jl.
Prof. Dr. G.A. Siwabessy,
Kampus UI, Depok 16425.

Menindaklanjuti surat dari Politeknik Negeri Jakarta Nomor : B/538/PL3.8/DA.04.10/2021 dan B/540/PL3.8/DA.04.10/2021 tanggal 18 Juni 2021 perihal Permintaan Data di PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Ombilin, bersama ini disampaikan bahwa kami menyetujui penelitian/permintaan data dari 2 (Dua) orang mahasiswa Teknik Mesin sesuai dengan nama dan rincian data yang sudah diajukan sebelumnya.

Selanjutnya dalam pelaksanaan penelitian/permintaan data tersebut, peserta harus mematuhi peraturan dan prosedur yang berlaku di PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Ombilin, termasuk prosedur kesehatan Covid-19.

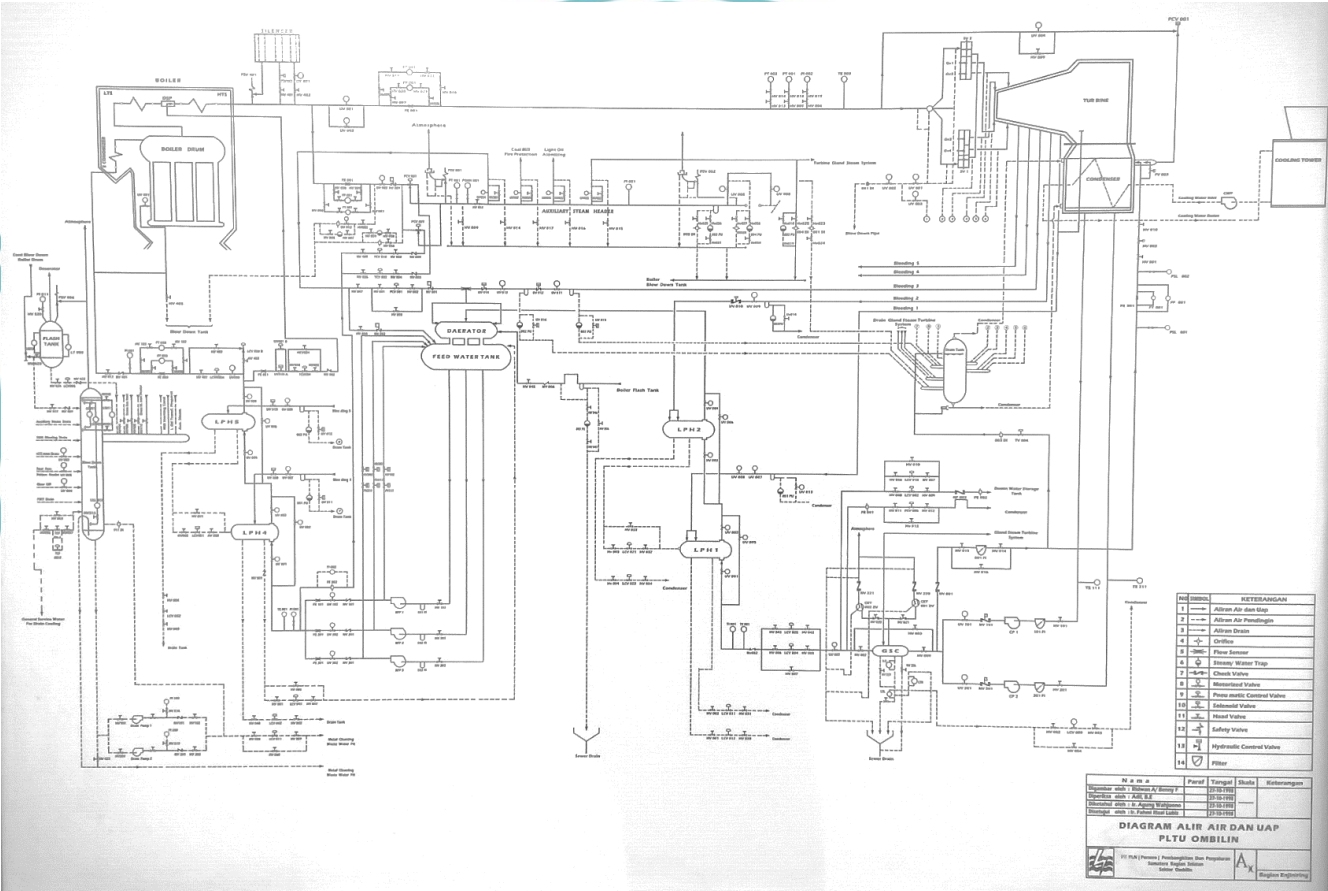
Demikian disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

MANAGER UNIT PELAKSANA
PEMBANGKITAN OMBILIN,


SHODIQIN

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3. Diagram Alir Air dan Uap PLTU Ombilin



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 4. Persetujuan Narasumber

Hak Cipta :


1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERSETUJUAN PARTISIPASI RESPONDEN

Dengan menandatangani lembar persetujuan ini, saya menyatakan partisipasi untuk menjadi responden dalam penelitian skripsi yang berjudul “Analisis Penyebab Kenaikan *Gross Turbine Heat Rate* (GTHR) dengan Metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) dan *Failure Mode & Effect Analysis* (FMEA)” secara sukarela dan memperkenankan kepada peneliti menggunakan informasi yang saya berikan berupa data dan hasil wawancara untuk kepentingan penelitian. Saya memahami bahwa informasi yang diberikan kepada peneliti merupakan informasi yang dapat dipertanggungjawabkan. Demikian lembar persetujuan ini disampaikan untuk digunakan sebagaimana mestinya. Atas perhatian responden, peneliti ucapkan terima kasih.

Sawahlunto, 23 Juni 2021

Peneliti,


Machfud Priyo Utomo

Responden,


NIZAR RIYADUS S



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERSETUJUAN PARTISIPASI RESPONDEN

Dengan menandatangani lembar persetujuan ini, saya menyatakan partisipasi untuk menjadi responden dalam penelitian skripsi yang berjudul “Analisis Penyebab Kenaikan *Gross Turbine Heat Rate (GTHR)* dengan Metode *Root Cause Failure Analysis (RCFA)* dan *Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)*” secara sukarela dan memperkenankan kepada peneliti menggunakan informasi yang saya berikan berupa data dan hasil wawancara untuk kepentingan penelitian. Saya memahami bahwa informasi yang diberikan kepada peneliti merupakan informasi yang dapat dipertanggungjawabkan. Demikian lembar persetujuan ini disampaikan untuk digunakan sebagaimana mestinya. Atas perhatian responden, peneliti ucapkan terima kasih.

Sawahlunto, 24 Juni 2021

Peneliti,


Machfad Priyo Utomo

Responden,


F. ADEONATUS ASEA R.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERSETUJUAN PARTISIPASI RESPONDEN


Dengan menandatangani lembar persetujuan ini, saya menyatakan partisipasi untuk menjadi responden dalam penelitian skripsi yang berjudul “Analisis Penyebab Kenaikan *Gross Turbine Heat Rate (GTHR)* dengan Metode *Root Cause Failure Analysis (RCFA)* dan *Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)*” secara sukarela dan memperkenankan kepada peneliti menggunakan informasi yang saya berikan berupa data dan hasil wawancara untuk kepentingan penelitian. Saya memahami bahwa informasi yang diberikan kepada peneliti merupakan informasi yang dapat dipertanggungjawabkan. Demikian lembar persetujuan ini disampaikan untuk digunakan sebagaimana mestinya. Atas perhatian responden, peneliti ucapkan terima kasih.

Sawahlunto, 24 Juni 2021

Peneliti,

Responden,


Machfud Priyo Utomo


Ryan Armasyati



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERSETUJUAN PARTISIPASI RESPONDEN

Dengan menandatangani lembar persetujuan ini, saya menyatakan partisipasi untuk menjadi responden dalam penelitian skripsi yang berjudul “Analisis Penyebab Kenaikan *Gross Turbine Heat Rate (GTHR)* dengan Metode *Root Cause Failure Analysis (RCFA)* dan *Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)*” secara sukarela dan memperkenankan kepada peneliti menggunakan informasi yang saya berikan berupa data dan hasil wawancara untuk kepentingan penelitian. Saya memahami bahwa informasi yang diberikan kepada peneliti merupakan informasi yang dapat dipertanggungjawabkan. Demikian lembar persetujuan ini disampaikan untuk digunakan sebagaimana mestinya. Atas perhatian responden, peneliti ucapkan terima kasih.

Peneliti,


Maehfud Priyo Utomo

Sawahlunto, 25 Juni 2021

Responden,


MEFRI ZON



Lampiran 5. *Steam Tables and Mollier Diagram (S.I. Units) (Rajput, 2007)*

(xiv)

ENGINEERING THERMODYNAMICS

p (bar) (t_s)	t (°C) →	50	100	150	200	250	300	400	500
2.0 (120.2)	<i>v</i>			0.960	1.080	1.199	1.316	1.549	1.781
	<i>u</i>			2576.9	2654.4	2731.2	2808.6	2966.7	3130.8
	<i>h</i>			2768.8	2870.5	2971.0	3071.8	3276.6	3487.1
	<i>s</i>			7.279	7.507	7.709	7.893	8.292	8.513
2.5 (127.4)	<i>v</i>			0.764	0.862	0.957	1.052	1.238	1.434
	<i>u</i>			2574.7	2655.7	2734.9	2813.8	2973.9	3139.6
	<i>h</i>			2764.5	2868.0	2969.6	3070.9	3275.9	3486.5
	<i>s</i>			7.169	7.401	7.604	7.789	8.119	8.410
3.0 (133.5)	<i>v</i>			0.634	0.716	0.796	0.875	1.031	1.187
	<i>u</i>			2570.8	2650.7	2728.7	2806.7	2965.6	3130.0
	<i>h</i>			2761.0	2865.6	2967.6	3069.3	3275.0	3486.1
	<i>s</i>			7.078	7.311	7.517	7.702	8.033	8.325
4.0 (143.6)	<i>v</i>			0.471	0.534	0.595	0.655	0.773	0.889
	<i>u</i>			2564.5	2646.8	2726.1	2804.8	2964.4	3129.2
	<i>h</i>			2752.8	2860.5	2964.2	3066.8	3273.4	3484.9
	<i>s</i>			6.930	7.171	7.379	7.566	7.899	8.191

p (bar) (t_s)	t (°C) →	200	250	300	350	400	450	500	600
5.0 (151.8)	<i>v</i>	0.425	0.474	0.523	0.570	0.617	0.664	0.711	0.804
	<i>u</i>	2642.9	2723.5	2802.9	2882.6	2963.2	3045.3	3128.4	3299.6
	<i>h</i>	2855.4	2960.7	3064.2	3167.7	3271.9	3377.2	3483.9	3701.7
	<i>s</i>	7.059	7.271	7.460	7.633	7.794	7.945	8.087	8.353
6.0 (158.8)	<i>v</i>	0.352	0.394	0.434	0.474	0.514	0.553	0.592	0.670
	<i>u</i>	2638.9	2720.9	2801.0	2881.2	2962.1	3044.2	3127.6	3299.1
	<i>h</i>	2850.1	2957.2	3061.6	3165.7	3270.3	3376.0	3482.8	3700.9
	<i>s</i>	6.967	7.182	7.372	7.546	7.708	7.859	8.002	8.267
7.0 (165.0)	<i>v</i>	0.300	0.336	0.371	0.406	0.440	0.473	0.507	0.574
	<i>u</i>	2634.8	2718.2	2799.1	2879.7	2960.9	3043.2	3126.8	3298.5
	<i>h</i>	2844.8	2953.6	3059.1	3163.7	3268.7	3374.7	3481.7	3700.2
	<i>s</i>	6.886	7.105	7.298	7.473	7.635	7.787	7.930	8.196
8.0 (170.4)	<i>v</i>	0.261	0.293	0.324	0.354	0.384	0.414	0.443	0.502
	<i>u</i>	2630.6	2715.5	2797.2	2878.2	2959.7	3042.3	3126.0	3297.8
	<i>h</i>	2839.3	2950.1	3056.5	3161.7	3267.1	3373.4	3480.6	3699.4
	<i>s</i>	6.816	7.038	7.233	7.409	7.572	7.724	7.867	8.133

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



STEAM TABLES AND MOLLIER DIAGRAM

(xv)

$\downarrow p$ (bar) (t_s)	t ($^{\circ}\text{C}$) \rightarrow	200	250	300	350	400	450	500	600
9.0 (175.4)	<i>v</i>	0.230	0.260	0.287	0.314	0.341	0.367	0.394	0.446
	<i>u</i>	2626.3	2712.7	2795.2	2876.7	2958.5	3041.3	3125.2	3297.3
	<i>h</i>	2833.6	2946.3	3053.8	3159.7	3265.5	3372.1	3479.6	3698.6
	<i>s</i>	6.752	6.979	7.175	7.352	7.516	7.668	7.812	8.078
10.0 (179.9)	<i>v</i>	0.206	0.233	0.258	0.282	0.307	0.330	0.354	0.401
	<i>u</i>	2621.9	2709.9	2793.2	2875.2	2957.3	3040.3	3124.4	3296.8
	<i>h</i>	2827.9	2942.6	3051.2	3157.8	3263.9	3370.7	3478.5	3697.9
	<i>s</i>	6.694	6.925	7.123	7.301	7.465	7.618	7.762	8.029
15.0 (198.3)	<i>v</i>	0.132	0.152	0.169	0.187	0.203	0.219	0.235	0.267
	<i>u</i>	2598.8	2695.3	2783.1	2867.6	2951.3	3035.3	3120.3	3293.9
	<i>h</i>	2796.8	2923.3	3037.6	3147.5	3255.8	3364.2	3473.1	3694.0
	<i>s</i>	6.455	6.709	6.918	7.102	7.269	7.424	7.570	7.839
20.0 (212.4)	<i>v</i>		0.111	0.125	0.139	0.151	0.163	0.176	0.200
	<i>u</i>		2679.6	2772.6	2859.8	2945.2	3030.5	3116.2	3290.9
	<i>h</i>		2902.5	3023.5	3137.0	3247.6	3357.5	3467.6	3690.1
	<i>s</i>		6.545	6.766	6.956	7.127	7.285	7.432	7.702
25 (223.9)	<i>v</i>		0.0870	0.0989	0.109	0.120	0.130	0.140	0.159
	<i>u</i>		2662.6	2761.6	2851.9	2939.1	3025.5	3112.1	3288.0
	<i>h</i>		2880.1	3008.8	3126.3	3239.3	3350.8	3462.1	3686.3
	<i>s</i>		6.408	6.644	6.840	7.015	7.175	7.323	7.596
30 (233.8)	<i>v</i>		0.0706	0.0811	0.0905	0.0994	0.108	0.116	0.132
	<i>u</i>		2644.0	2750.1	2843.7	2932.8	3020.4	3108.0	3285.0
	<i>h</i>		2855.8	2993.5	3115.3	3230.9	3344.0	3456.5	3682.3
	<i>s</i>		6.287	6.539	6.743	6.921	7.083	7.234	7.509
40 (250.4)	<i>v</i>			0.0588	0.0664	0.0734	0.080	0.0864	0.0989
	<i>u</i>			2725.3	2826.7	2919.9	3010.2	3099.5	3279.1
	<i>h</i>			2960.7	3092.5	3213.6	3330.3	3445.3	3674.4
	<i>s</i>			6.362	6.582	6.769	6.936	7.090	7.369
50 (263.9)	<i>v</i>			0.0453	0.0519	0.0578	0.0633	0.0686	0.0787
	<i>u</i>			2698.0	2808.7	2906.6	2999.7	3091.0	3273.0
	<i>h</i>			2924.5	3068.4	3195.7	3316.2	3433.8	3666.5
	<i>s</i>			6.208	6.449	6.646	6.819	6.976	7.259

- Hak Cipta :**
- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 - Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(xvi)

ENGINEERING THERMODYNAMICS

p_1 (bar) (t_1)	t (°C) →	200	250	300	350	400	450	500	600
60 (275.5)	v			0.0362	0.0422	0.0474	0.0521	0.0567	0.0653
	u			2667.2	2789.6	2892.9	2988.9	3082.2	3266.9
	h			2884.2	3043.0	3177.2	3301.8	3422.2	3658.4
	s			6.067	6.333	6.541	6.719	6.880	7.168
70 (285.8)	v			0.0295	0.0352	0.0399	0.0442	0.0481	0.0557
	u			2632.2	2769.4	2878.6	2978.0	3073.4	3260.7
	h			2838.4	3016.0	3158.1	3287.1	3410.3	3650.3
	s			5.931	6.228	6.448	6.633	6.798	7.089

p_1 (bar) (t_1)	t (°C) →	350	375	400	450	500	550	600	700
80 (294.9)	v	0.02995	0.03222	0.03432	0.03817	0.04175	0.04516	0.04845	0.05481
	h	2987.3	3066.1	3138.3	3272.0	3398.3	3521.0	3642.0	3882.4
	s	6.130	6.254	6.363	6.555	6.724	6.878	7.021	7.281
90 (303.3)	v	0.0258	0.02796	0.02993	0.03350	0.03677	0.03987	0.04285	0.04857
	h	2956.6	3041.3	3117.8	3256.6	3386.1	3511.0	3633.7	3876.5
	s	6.036	6.169	6.285	6.484	6.658	6.814	6.959	7.222
100 (311.0)	v	0.02242	0.02453	0.02641	0.02975	0.03279	0.03564	0.03837	0.04358
	h	2923.4	3015.4	3096.5	3240.9	3373.7	3500.9	3625.3	3870.5
	s	5.944	6.089	6.212	6.419	6.597	6.756	6.903	7.169
110 (318.0)	v	0.01961	0.02169	0.02351	0.02668	0.02952	0.03217	0.03470	0.03950
	h	2887.3	2988.2	3074.3	3224.7	3361.0	3490.7	3616.9	3864.5
	s	5.853	6.011	6.142	6.358	6.540	6.703	6.851	7.120
120 (324.6)	v	0.01721	0.01931	0.02108	0.02412	0.02680	0.02929	0.03164	0.03610
	h	2847.7	2958.9	3051.3	3208.2	3348.2	3480.4	3608.3	3858.4
	s	5.760	5.935	6.075	6.300	6.487	6.653	6.804	7.075
130 (330.8)	v	0.01511	0.01725	0.01900	0.02194	0.0245	0.02684	0.02905	0.03322
	h	2803.3	2927.9	3027.2	3191.3	3335.2	3469.9	3599.7	3852.3
	s	5.663	5.859	6.009	6.245	6.437	6.606	6.759	7.033
140 (336.6)	v	0.01322	0.01546	0.01722	0.02007	0.02252	0.02474	0.02683	0.03075
	h	2752.6	2884.5	3001.9	3174.0	3322.0	3459.3	3591.1	3846.2
	s	5.559	5.782	5.945	6.192	6.390	6.562	6.712	6.994
150 (342.1)	v	0.01145	0.01388	0.01565	0.01845	0.02080	0.02293	0.02491	0.02961
	h	2692.4	2858.4	2975.5	3156.2	3308.6	3448.6	3582.3	3840.1
	s	5.442	5.703	5.881	6.140	6.344	6.520	6.679	6.957

Lampiran 6. Tabel *Compressed Liquid Water* (Moran et al., 2003)

Table T-5 Properties of Compressed Liquid Water

T °C	$v \times 10^3$ m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	$v \times 10^3$ m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
$p = 25 \text{ bar} = 2.5 \text{ MPa}$ ($T_{sat} = 223.99^\circ\text{C}$)								
20	1.0006	83.80	86.30	.2961	.9995	83.65	88.65	.2956
40	1.0067	167.25	169.77	.5715	1.0056	166.95	171.97	.5705
80	1.0280	334.29	336.86	1.0737	1.0268	333.72	338.85	1.0720
100	1.0423	418.24	420.85	1.3050	1.0410	417.52	422.72	1.3030
140	1.0784	587.82	590.52	1.7369	1.0768	586.76	592.15	1.7343
180	1.1261	761.16	763.97	2.1375	1.1240	759.63	765.25	2.1341
200	1.1555	849.9	852.8	2.3294	1.1530	848.1	853.9	2.3255
220	1.1898	940.7	943.7	2.5174	1.1866	938.4	944.4	2.5128
Sat.	1.1973	959.1	962.1	2.5546	1.2859	1147.8	1154.2	2.9202
$p = 75 \text{ bar} = 7.5 \text{ MPa}$ ($T_{sat} = 290.59^\circ\text{C}$)								
20	.9984	83.50	90.99	.2950	.9972	83.36	93.33	.2945
40	1.0045	166.64	174.18	.5696	1.0034	166.35	176.38	.5686
80	1.0256	333.15	340.84	1.0704	1.0245	332.59	342.83	1.0688
100	1.0397	416.81	424.62	1.3011	1.0385	416.12	426.50	1.2992
140	1.0752	585.72	593.78	1.7317	1.0737	584.68	595.42	1.7292
180	1.1219	758.13	766.55	2.1308	1.1199	756.65	767.84	2.1275
220	1.1835	936.2	945.1	2.5083	1.1805	934.1	945.9	2.5039
260	1.2696	1124.4	1134.0	2.8763	1.2645	1121.1	1133.7	2.8699
Sat.	1.3677	1282.0	1292.2	3.1649	1.4524	1393.0	1407.6	3.3596
$p = 150 \text{ bar} = 15.0 \text{ MPa}$ ($T_{sat} = 342.24^\circ\text{C}$)								
20	.9950	83.06	97.99	.2934	.9928	82.77	102.62	.2923
40	1.0013	165.76	180.78	.5666	.9992	165.17	185.16	.5646
80	1.0222	331.48	346.81	1.0656	1.0199	330.40	350.80	1.0624
100	1.0361	414.74	430.28	1.2955	1.0337	413.39	434.06	1.2917
140	1.0707	582.66	598.72	1.7242	1.0678	580.69	602.04	1.7193
180	1.1159	753.76	770.50	2.1210	1.1120	750.95	773.20	2.1147
220	1.1748	929.9	947.5	2.4953	1.1693	925.9	949.3	2.4870
260	1.2550	1114.6	1133.4	2.8576	1.2462	1108.6	1133.5	2.8459
300	1.3770	1316.6	1337.3	3.2260	1.3596	1306.1	1333.3	3.2071
Sat.	1.6581	1585.6	1610.5	3.6848	2.036	1785.6	1826.3	4.0139
$p = 250 \text{ bar} = 25 \text{ MPa}$								
20	.9907	82.47	107.24	.2911	.9886	82.17	111.84	.2899
40	.9971	164.60	189.52	.5626	.9951	164.04	193.89	.5607
100	1.0313	412.08	437.85	1.2881	1.0290	410.78	441.66	1.2844
200	1.1344	834.5	862.8	2.2961	1.1302	831.4	865.3	2.2893
300	1.3442	1296.6	1330.2	3.1900	1.3304	1287.9	1327.8	3.1741
$p = 300 \text{ bar} = 30.0 \text{ MPa}$								

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Nama Lengkap : Machfud Priyo Utomo
2. NIM : 4217020013
3. Tempat, Tanggal Lahir : Jakarta, 10 September 1999
4. Jenis Kelamin : Laki-laki
5. Alamat : Perumahan Bukit Rivaria
Blok H4/14 RT. 04 RW.
13, Bedahan, Sawangan,
Depok, Jawa Barat.
6. Email : machfudpriyo@gmail.com
7. Pendidikan
 - a. SD (Lulus pada 2011) : SD Negeri 01 Sawangan
 - b. SMP (2011 – 2014) : SMP Negeri 10 Depok
 - c. SMA (2014 – 2017) : SMA Negeri 6 Depok
8. Program Studi : Sarjana Terapan Pembangkit
Tenaga Listrik
9. Bidang Peminatan : Energi, *Power Generation*,
Turbin Uap



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

