



© 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 EKSERGI TURBIN GAS SETELAH *OVERHAUL*
COMBUSTOR BLOK 4 DI PT. PLN INDONESIA POWER
PRIOK POMU**

SKRIPSI

Oleh:
Ahmad Althof Tjoteng
NIM. 1902421024

**PROGRAM STUDI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
AGUSTUS, 2023**



© 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



**ANALISIS EKSERGI TURBIN GAS SETELAH *OVERHAUL*
COMBUSTOR BLOK 4 DI PT. PLN INDONESIA POWER
PRIOK POMU**

SKRIPSI

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

Oleh:
Ahmad Althof Tjoteng
NIM. 1902421024

PROGRAM STUDI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

AGUSTUS, 2023

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI



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

HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI

ANALISIS EKSERGI TURBIN GAS SETELAH *OVERHAUL COMBUSTOR*
BLOK 4 DI PT. PLN INDONESIA POWER PRIOK POMU


Oleh :

Ahmad Althof Tjoteng


NIM. 1902421024

Program Studi D4 Pembangkit Tenaga Listrik

Laporan Skripsi telah disetujui oleh pembimbing
Pembimbing I Pembimbing II




Dr. Dianta Mustofa Kamal, S.T., M.T.
NIP. 197312282008121001



Dr. Belyamin, M.Sc.Eng, B.Eng.
NIP. 196301161993031001

Kepala Program Studi
Sarjana Terapan Pembangkit Tenaga Listrik



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



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

HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

ANALISIS EKSERGI TURBIN GAS SETELAH *OVERHAUL*
COMBUSTOR BLOK 4 DI PT. PLN INDONESIA POWER PRIOK POMU

Oleh :

Ahmad Althof Tjoteng

NIM. 1902421024

Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan dihadapan Dewan Penguji pada tanggal 11 Agustus 2023 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan Pembangkit Tenaga Listrik Jurusan Teknik Mesin

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dr. Dianta Mustofa Kamal, S.T., M.T. NIP. 197312282008121001	Ketua sidang		11/08/2023
2.	Ir. Emir Ridwan, M.T. NIP. 196002021990031001	Anggota		11/08/2023
3.	Candra Damis Widiawaty, S.Tp., M.T. NIP. 198201052014042001	Anggota		11/08/2023

Depok, 11 Agustus 2023

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T., IWE
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 : Ahmad Althof Tjoteng
NIM : 1902421024
Program Studi : Sarjana Terapan Pembangkit Tenaga Listrik

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan 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 Skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 11 Agustus 2023



Ahmad Althof Tjoteng
NIM.1902421024



ANALISIS EKSERGI TURBIN GAS SETELAH *OVERHAUL* *COMBUSTOR* BLOK 4 DI PT. PLN INDONESIA POWER PRIOK POMU

Ahmad Althof Tjoteng¹⁾, Dianta Mustofa Kamal²⁾, Belyamin³⁾

- 1) Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424
- 2) Program Studi Magister Terapan Teknologi Manufaktur, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424
- 3) Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: ahmadalthof0707@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu cara untuk meningkatkan kembali efisiensi dan kinerja sistem turbin gas pada pembangkit tenaga listrik adalah dengan melakukan pemeliharaan. Jenis pemeliharaan yang dilakukan ialah *combustor inspection* yang dimana dilakukan *overhaul* pada area *combustor*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *combustor inspection* terhadap eksergi dan performa turbin gas. Parameter yang digunakan untuk menganalisis pengaruh *combustor inspection* adalah *heat rate*, efisiensi termal, *specific fuel consumption*, efisiensi eksergi dan kehancuran eksergi tiap komponen. Oleh karena itu, penulis berusaha untuk menghitung serta menganalisis performa dan eksergi turbin gas pada aktivitas *combustor inspection*. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah data operasi turbin gas berdasarkan beban 170 MW selama bulan Febuari 2022 - Januari 2023. Hasil analisis *heat rate* mengalami penurunan terendah 2902,08 Kcal/kWh pada bulan Desember 2022, efisiensi termal terbesar pada bulan Desember 2022 sebesar 37,48%, konsumsi bahan bakar (*specific fuel consumption*) terendah pada bulan Desember 2022 sebesar 0,1804 kg/kWh, efisiensi eksergi terbesar pada bulan Desember 2022 sebesar 38,41%, kehancuran eksergi pada kompresor, *combustor* dan turbin mengalami penurunan terbesar pada bulan Desember 2022 sebesar 127857,67 KW, 232420,96 KW dan 134187,11 KW. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *combustor inspection* dapat mempengaruhi performa pada sistem turbin gas

Kata kunci: Eksergi, *combustor inspection*, *heat rate*, efisiensi termal, *specific fuel consumption*

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



ANALYSIS OF GAS TURBINE EXERGY AFTER OVERHAUL OF COMBUSTOR BLOCK 4 AT PT. PLN INDONESIA POWER PRIOK POMU

Ahmad Althof Tjoteng¹⁾, Dianta Mustofa Kamal²⁾, Belyamin³⁾

- 1) Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok 16424
- 2) Program Studi Magister Terapan Teknologi Manufaktur, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok 16424
- 3) Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: ahmadalthof0707@gmail.com

ABSTRACT

One way to improve the efficiency and performance of gas supply systems in power plants is to perform maintenance. The type of maintenance carried out is *combustor inspection* which is overhauled in the *combustor* area. This study aims to determine the effect of *combustor inspection* on the exergy and performance of gas turbines. The parameters used to analyze the effect of *combustor inspection* are *heat rate*, thermal efficiency, *specific fuel consumption*, exergical efficiency and exergical destruction of each component. Therefore, the author seeks to calculate and analyze the performance and exergy of gas turbines in *combustor inspection* activity. The secondary data used in this study is gas turbine operation data based on a load of 170 MW during February 2022 - Januari 2023. The results of the *heat rate* analysis experienced the lowest decrease of 2902.08 Kcal/kW h in December 2022, the largest thermal efficiency in December 2022 of 37.48%, the lowest *specific fuel consumption* in December 2022 of 0.1804 kg/kWh, the largest exergical efficiency in the month December 2022 amounted to 38.41%, the exergical destruction in kompresor, *combustor* and turbin experienced the largest decrease in December 2022 of 127857.67 KW, 232420.96 KW and 134187.11 KW. From this study, it can be concluded that *combustor inspection* can affect the performance of gas turbine systems

Keywords: *Exergy, combustor inspection, heat rate, thermal efficiency, specific fuel consumption*

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 :

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

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala atas segala rahmat dan karunia – Nya, karena atas izin – Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “**Analisis Eksergi Turbin Gasd Setelah *Overhaul Combustor* Blok 4 DI PT. PLN Indonesia Power Priok Pomu**” skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Sarjana Terapan Program Studi D4 - Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Penulis ingin menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah membantu penulisan skripsi ini, Penulis berterima kasih atas segala bantuan ikhlas yang telah diberikan tanpa batas oleh :

1. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T, M.T. IWE selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Dr. Dianta Mustofa Kamal, S.T., M,T. selaku Dosen Pembimbing I yang sudah memberikan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Dr. Belyamin, M.Sc.Eng, B.Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang sudah memberikan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Cecep Slamet Abadi, S.T, M.T selaku Kepala Program Studi D4 Pembangkit Tenaga Listrik.
5. Bapak Muhammad Hizbullah Abrori, selaku mentor di PT PLN Indonesia Power Priok POMU.
6. Bapak Sukma Kiat, selaku Operator Lokal regu C blok 4 PT PLN Indonesia Power Priok POMU yang sudah membantu penulis dalam menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini.
7. Pak Juwono, Pak Winston, Pak Deby, dan Pak Lukman selaku SP Operasi Blok 4 PT PLN Indonesia Power Priok POMU yang mengizinkan penulis untuk mengambil data operasi di CCR (Central Control Room).



© 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

8. Kepada Syifa Nisrina yang sudah memberikan semangat dan dukungan yang maksimal untuk membatu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
9. Kepada teman – teman Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik angkatan tahun 2019 yang memberikan semangat dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi.
10. Tak lupa penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang namanya tidak dapat disebutkan yang telah banyak membantu penulis dalam melaksanakan kerja praktik maupun dalam menyelesaikan laporan ini.

Penulis ingin menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya kepada orang tua yang selalu memberi dukungan dan doa yang tak henti-hentinya dengan harapan semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak khususnya dalam mengembangkan potensi energi baru terbarukan.

Depok, 11 Agustus 2023

POLITEK
NEGERI
JAKARTA

Ahmad Althof Tjoteng

NIM.1902421024



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 ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I.....	ii
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.5.1 Sistematika Penulisan	5
BAB II	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Sistem Energi PLTGU.....	7
2.2 Turbin Gas	8
2.3 Komponen Utama Turbin Gas	9
2.4 Prinsip Kerja <i>Combustor</i>	11
2.5 Siklus Turbin Gas	12
2.6 <i>Maintenance</i> Pada Turbin Gas	15
2.7 Hukum Termodinamika.....	16



2.8 Analisis Termodinamika.....	18
BAB III.....	27
METODE PENELITIAN.....	27
3.1 Jenis Penelitian.....	27
3.2 Objek Penelitian.....	29
3.3 Metode Pengambilan Sampel.....	29
3.4 Jenis dan Sumber Data Penelitian.....	30
3.5 Metode Pengumpulan Data Penelitian.....	30
3.6 Metode Analisis dan Pengolahan Data.....	31
BAB IV.....	34
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Data dan Perhitungan Operasi Turbin Gas.....	Error! Bookmark not defined.
4.4 Analisis dan Pembahasan.....	54
BAB V.....	64
KESIMPULAN DAN SARAN.....	64
5.1 Kesimpulan.....	64
5.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA.....	65
LAMPIRAN.....	68

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



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik <i>performance test</i> 2022	2
Gambar 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap.....	7
Gambar 2.2 Turbin Gas.....	9
Gambar 2.4 Combustor Turbin Gas	11
Gambar 2.5 Combustor Multi-can	12
Gambar 2. 7 Siklus Bryton	13
Gambar 2.8 Siklus Aktual Bryton	14
Gambar 2.9 Keseimbangan Energi pada Volume Atur	18
Gambar 2.10 Siklus PLTG.....	20
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.2 Siklus Bryton T-S dan P-V	32
Gambar 4.1 Grafik <i>Thermal Efficiency</i>	55
Gambar 4.2 Grafik Efisiensi Eksergi	56
Gambar 4.3 Grafik Kehancuran Eksergi.....	58
Gambar 4 4 Grafik Efisiensi Tiap Komponen.....	59
Gambar 4.5 Grafik <i>Heat Rate</i>	61
Gambar 4.6 Grafik <i>Specific Fuel Consumption</i>	62

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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi Turbin Gas PLTGU Priok POMU.....	29
Tabel 3.2 Data operasi turbin gas nilai T_3	32
Tabel 4.1 Data Operasi Turbin Gas 4.1 Bulan Agustus.....	34
Tabel 4.2 Interpolasi Entalpi h_1	35
Tabel 4.3 Interpolasi Entalpi h_2	36
Tabel 4.4 Interpolasi Entalpi h_1	36
Tabel 4.5 Interpolasi Entalpi h_1	38
Tabel 4.6 Interpolasi Entropi S_1	43
Tabel 4.7 Nilai Entropi tiap state.....	43
Tabel 4.8 Eksegi total tiap state.....	45
Tabel 4. 9 Hasil perhitungan nilai mf, Q_{in} dan mg	48
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Performa Turbin Gas.....	49
Tabel 4.11 Efisiensi dan Kehancuran Eksergi Pada Tiap Komponen.....	52
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Efisiensi Eksergi Siklus.....	54

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

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data operasi turbin gas selama 10 bulan	68
Lampiran 2 nilai Entalpi tiap bulan	75
Lampiran 3 Hasil nilai Entropi tiap bulan	77
Lampiran 4 Hasil Perhitungan Nilai Eksergi Fisik dan Eksergi Kimia Pada Setiap State	79
Lampiran 5 Eksergi Fuel dan Produk pada tiap komponen	81
Lampiran 6 Eksergi Kimia Molar Standar	83
Lampiran 7 Tabel ideal gas properties of air	84
Lampiran 8 Tabel A-1	86



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 I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangkit listrik thermal merupakan salah satu sumber energi listrik yang banyak dimanfaatkan di berbagai negara, termasuk Indonesia. Pembangkit listrik thermal memanfaatkan bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak bumi, dan gas alam untuk menggerakkan turbin gas yang menghasilkan listrik (Sunardi et al. 2021). Namun, pembangkit listrik thermal juga menghadapi tantangan dalam menjaga kualitas dan efisiensi turbin gas untuk menjaga keandalan, keamanan, dan umur dari turbin agar tetap pada kondisi maksimal, diperlukan perawatan *preventive maintenance*, *predictive maintenance*, dan *overhaul* (Sunarwo 2016).

Banyak indikator untuk mengetahui performa sistem turbin gas salah satu indikator yang sering digunakan yaitu efisiensi termal, untuk mengetahui performa kinerja turbin gas sesuai dengan standar ASME PTC-22. Indikator ini mengukur rasio antara daya keluaran turbin gas dan kalor masukan yang diperlukan untuk menghasilkan daya tersebut (ARIF 2018). Efisiensi termal tinggi dapat mengurangi pemborosan energi dan memaksimalkan pemanfaatan bahan bakar, sehingga mengurangi biaya operasional (Naryono et al. 2013).

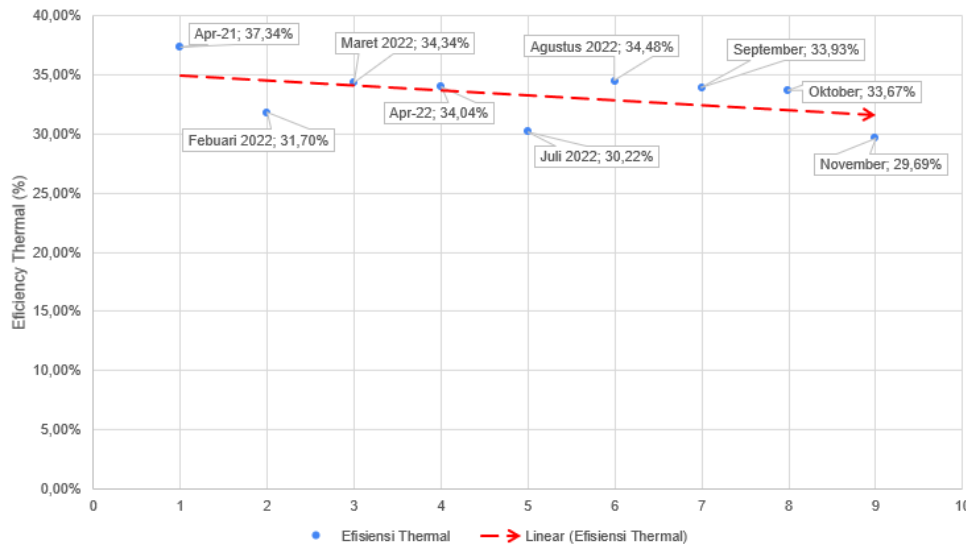
Pada kondisi lapangan ditemukan penurunan efisiensi termal pada sistem turbin gas yang signifikan, temuan ini didapatkan dari *performance test* pada tahun 2022, efisiensi termal yang rendah menunjukkan bahwa pembangkit membutuhkan banyak bahan bakar untuk menghasilkan listrik, sehingga meningkatkan biaya operasi dan emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu, semakin rendah presentase pembangkit efisiensi termal, maka semakin besar kerugian yang ditimbulkan dalam sistem operasi (ARIF 2018).



© 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 1.1 Grafik *performance test* 2022

Pada gambar 1.1 terdapat *performance test* pada tahun 2022 yang menunjukkan efisiensi termal pada sistem turbin gas di PT. PLN Indonesia Power secara tren mengalami penurunan yang signifikan, hingga pada bulan November turun sebesar 29,70% dibandingkan dengan tahun 2021 setelah *overhaul* terakhir kali dilakukan nilai efisiensi sebesar 37,34%. Berdasarkan Boyce tahun 2001 disebutkan idealnya nilai efisiensi termal pada sistem unit GTG (*Gas Turbine Generator*), berkisar antara 30%-46% dengan kapasitas beban yang dihasilkan unit GTG (*Gas Turbine Generator*) tersebut sebesar 3 MW sampai dengan 480 MW (Yogaswara, Supari, and Harmini 2020).

Oleh karena itu perlu dilakukan untuk mengembalikan performa sistem turbin gas dengan melakukan *combustor inspection* karena sudah melewati 12.000 EOH (*Equivalent Operation Hours*) dengan melakukan *overhaul* pada *combustor* di sistem turbin gas. *Combustor inspection* adalah inspeksi yang dilakukan bagian ruang bakar (*combustor area*) untuk memeriksa komponen ruang bakar : *Fuel nozzels*, *Cross-flame tubes*, *Igniter*, *Transition pieces*, biasanya memerlukan *shutdown* jangka pendek yang dimana komponen-komponen ini memerlukan pemeriksaan secara berkala karena kerja turbin secara terus menerus (Prasetyo, Bismantolo, and Suandi 2021). Berbagai penelitian telah dilakukan melalui



© 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

beberapa pendekatan untuk mengetahui apakah *combustor inspection* mempengaruhi kerja dan efisiensi energi pada sistem turbin gas. Sholi Khudin Arif melakukan penelitian sesudah *overhaul combustion inspection*, dan didapatkan peningkatan *thermal efficiency* dan *power output* tertinggi sebesar 6,80%, 5,48% (ARIF 2018). Menggunakan pendekatan konvensional untuk mengetahui performa sistem termal dengan menggunakan hukum pertama termodinamika, hanya dapat menghitung kerugian energi secara keseluruhan tanpa membedakan sumber dan jenis kerugian. Namun dengan menggunakan konsep eksergi, kita dapat mengetahui penyebab dan lokasi kerugian energi secara lebih rinci (Bejan, Tsatsaronis, and Moran 1996). Riyan Phanama melakukan analisis eksergi pada PLTU didapatkan kehancuran eksergi terbesar terletak pada *boiler* sebesar 22686 kW dan pada turbin uap sebesar 21465 kW (Phanama, Simanjuntak, and Ivanto 2019). Kemudian, Windy Lusya Samosir melakukan analisis pada *combustion chamber* pada saat beroperasinya sistem turbin gas menggunakan metode eksergi didapatkan pemusnahan eksergi pada *combustion chamber* yaitu sebesar 36,46 MW dan nilai efisiensi eksergik yang terjadi pada *combustion chamber* adalah sebesar 63,29% (Samosir and Martin 2015). Dengan melewati *combustor inspection* menggunakan pendekatan eksergi yang lebih komprehensif yang efektif untuk memahami kinerja sistem termal lebih terperinci dan dapat mengidentifikasi sumber-sumber kerugian eksergi dan untuk meningkatkan efisiensi pada sistem turbin gas. Oleh karena itu, penelitian ini membahas “Analisis Eksergi dan Performa Turbin Gas Pada Aktivitas *Combustor Inspection* di PT. PLN Indonesia Power Priok Pomu” berperan penting untuk mengoptimalkan kinerja dan efisiensi turbin gas setelah dilakukan perbaikan pada *maintenance* di *combustor*, diharapkan *combustor inspection* dapat mengembalikan performa pada sistem turbin gas seperti hasil data *performance test* tahun 2021.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, dirumuskan masalah penelitian yang akan dibahas sebagai berikut :



© 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

1. Bagaimana pengaruh *overhaul combustor* terhadap efisiensi termal dan efisiensi eksergi?
2. Berapa jumlah kerugian energi dalam sistem turbin gas setelah melewati *overhaul combustor* ?
3. Penghematan bahan bakar yang didapat setelah *overhaul combustor*?
4. Bagaimana *overhaul combustor* mempengaruhi *heat rate* ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi pembahasan dan memfokuskan penelitian, beberapa batasan masalah telah ditetapkan dalam lingkup penelitian ini, antara lain :

1. Pembangkit yang di analisis adalah PLTGU UPJP PRIOK Blok 4 pada Turbin Gas 4.1 (GT 4.1).
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari ACS *Central Control Room* (CCR) Blok 4 PLTGU UPJP PRIOK.
3. Nilai P2 sama dengan nilai P3 dan P4 menjadikan tekanan yang *absolute* dimana $P4 + P_{atm}$.
4. Data perhitungan menggunakan data bulanan operasi turbin gas priode 10 bulan dengan pengambilan waktu permenit pada beban 170 MW.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah dari penulisan skripsi ini mempunyai tujuan sebagai berikut :

1. Menentukan pengaruh *overhaul combustor* terhadap efisiensi termal dan efisiensi eksergi.
2. Menentukan berapa kerugian energi dalam sistem turbin gas.
3. Menentukan pengaruh *overhaul combustor* terhadap *heat rate* turbin gas.
4. Menentukan pengaruh *overhaul combustor* terhadap konsumsi bahan bakar.



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 kritis 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

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini, yaitu :

1. Dapat mengetahui pengaruh *overhaul combustor* terhadap performa dan eksergi turbin gas pada PT PLN UPJP Priok.
2. Mendapatkan pengetahuan dan penerapan ilmu bagi penulis yang bermanfaat yang dapat diaplikasikan di dunia industri atau pada dunia kerja khususnya di bidang pembangkit listrik.
3. Sebagai media pembelajaran dan referensi tambahan bagi mahasiswa lain untuk mengetahui suatu performa dan nilai eksergi suatu pembangkit setelah dilakukan *overhaul combustor*.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan skripsi ini terdiri dari lima bab dengan pembahasan di masing-masing bab:

1. BAB I

Bab I: merupakan bab awal dengan diawali pendahuluan yang berisi latar belakang pembahasan penelitian, rumusan masalah, pernyataan penelitian, batasan penelitian, tujuan penelitian dan manfaat penelitian yang di analisis dan sistematika penulisan

2. BAB II

Bab II: merupakan bab yang menjelaskan tinjauan pustaka secara umum dan khusus dengan memaparkan dasar teori yang berhubungan dengan penelitian.

3. BAB III

Bab III: merupakan bab yang membahas mengenai sistematika penelitian yang akan dijalankan, mulai dari data penelitian skripsi yang diperoleh, dan bagaimana proses penelitian ini berlangsung.

4. BAB IV

Bab IV: bab yang berisi tentang hasil penelitian, perhitungan dan pembahasan. Dalam bab ini dijabarkan dalam mengolah data yang telah didapat.

5. BAB V

Bab V: merupakan bab terakhir penelitian skripsi, pada bab ini berisikan hasil analisis pada bab 4. Pada bab ini juga terdapat saran dan kesimpulan yang dibuat penulis terhadap penelitiannya yang di rekomendasikan



© 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 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 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

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. *Overhaul* pada *combustor* berhasil meningkatkan efisiensi eksergi dan efisiensi thermal pada turbin gas sebesar 7,09%, 7,79 %.
2. *Overhaul* pada *combustor* berhasil menurunkan heat rate pada turbin gas sebesar 87,07 Kcal/Kwh.
3. *Overhaul* pada *combustor* berhasil menurunkan kerugian energi terutama pada *combustor* sebesar 91.850,82 kj/s.
4. *Overhaul* pada *combustor* berhasil menurunkan konsumsi bahan bakar dengan menghemat sebesar 0,0408 kg/Kwh.

5.2 Saran

Untuk meningkatkan dan melanjutkan penelitian ini, setelah dilakukan *combustor inspection* adanya penghematan bahan bakar, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk pengendalian bahan bakar yang digunakan pada sistem turbin gas



DAFTAR PUSTAKA

- Ansori, Nachnul, and M Imron Mustajib. 2013. "Sistem Perawatan Terpadu." *Yogyakarta: Graha Ilmu*: 24–32.
- Ariana, Riska. 2016. "濟無 Termodinamika (PLN University)." : 1–23.
- Aries. 2010. "Analisa Energi Dan Eksergi Pembangkit Listrik Tenaga Uap Banten 3 Lontar." *Seminar Nasional Cendekiawan 2016*: 1–9.
- Arif, Sholi Khudin. 2018. "Analisis Termodinamika Unjuk Kerja Turbin Gas Pltgu Gt 2 . 3 Di Pt Pjb Up Gresik Sebelum Dan Setelah Combustion Inspection Analisis Termodinamika Unjuk Kerja Turbin Gas Pltgu Gt 2 . 3 Di Pt Pjb Up Gresik Sebelum Dan Setelah Combustion Inspection."
- asnawi, suliyannah, rohmawati lydia. 2019. 1 Gastronomía ecuatoriana y turismo local. *Panduan Praktikum TERMODINAMIKA*.
- Aziz, Mohammad Zakariyah. 2018. "Pengukuran Kinerja Mesin Compressor Grasso Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness Studi Kasus Di Pt. Madsumaya Indo Seafood Gresik."
- Balevic, David. 2004. "Heavy-Duty Gas Turbine Operating and Maintenance Considerations."
- Bejan, Adrian, George Tsatsaronis, and Michael Moran. 1996. "Thermal Design and Optimization-John Wiley & Sons." : 1–542.
- Boyce, Meherwan P. 2006. *Gas Turbine Engineering Handbook Gas Turbine Engineering Handbook*.
- Budi, Budiman. 2016. "GAS_TURBIN_ENGINE_Gas." : hal 2. <https://www.studocu.com/id/document/universitas-muhammadiyah-metro/teknik-mesin/turbin-gas-1-materi/41998284>.
- Fahlevy, Muhammad Reza, Deby Mardiansah, and Dan P Jannus. 2019. "Analisa Performa PLTGU Kapasitas 740 MW Terhadap Pola Operasi Dan Pembebanan Menggunakan Heat Rate Gap Analysis." *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta (2019)*: 1199–1207. <http://semnas.mesin.pnj.ac.id>.

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 :

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

Fajar, Kurniawan. 2013. "Manajemen Perawatan Industri: Teknik Dan Aplikasi Implementasi Total Productive Maintenance (TPM), Preventive Maintenance Dan Reability Centered Maintenance (RCM)." *Yogyakarta: Graha Ilmu.*

Hitachi Power Systems Mitsubishi. "JAWA-2 Manual Book." In *Jawa-2 Combined Cycle Power Plant.*,

Industries, Mitsubishi Hitachi. "Mitsubishi Power." [https://power.mhi.com/products/gasturbines.](https://power.mhi.com/products/gasturbines)

Kamal, D M, and N Firbarini. 2021. "Ebt-55 Pengaruh Temperatur Inlet Kompresor Terhadap Kinerja Peralatan Pembangkit Listrik Tenaga Gas (Pltg)." *Prosiding Seminar Nasional ...* (November): 1–6. [https://akamigas.esdm.go.id/jurnal/index.php/sntm/article/view/645.](https://akamigas.esdm.go.id/jurnal/index.php/sntm/article/view/645)

Kemendikbud Ri. 2014. "Gas-Turbin-Engine-Xi-3."

Kependidikan, PENDIDIKAN TENAGA, and DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL. 2008. "Pendekatan, Jenis, Dan Metode Penelitian Pendidikan." *Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.*

Kotas, TJ. 2016. *The Exergy Method Analysis.*

Mitofsky, Andrea M. 2018. "Direct Energy Conversion." *AT Still University.*

Moran, M J, and H N SHAPIRO. 2006. "Fundamentals of Engineering Thermodynamics. [SI] John Wiley & Sons."

Moran, shapiro. 2014. *Calorimetry Fundamentals of Thermodynamics.*

Naryono, Ir et al. 2013. "292078-Analisis-Efisiensi-Turbin-Gas-Terhadap-B-A849Dfa9." 7(2): 78–94.

Phanama, Riyan, Yohannes M. Simanjuntak, and Muhammad Ivanto. 2019. "ANALISA EKSERGI SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU) DI PT. INDONESIA POWER UNIT JASA PEMBANGKIT SANGGAU." 44(12): 2–8.

Prasetyo, Rafi, Putra Bismantolo, and Agus Suandi. 2021. "MAINTENANCE PADA COMBUSTION SECTION TURBIN GAS UNIT 2 PLTGU Maintenance on the Combustion Section Gas Turbine of Unit 2 Gas & Steam Power Plant PLTGU." 5(2): 9–18.



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

- Putri Atika Fitri Rahma Sari, Suci, and M Husni Syahbani. 2022. "Analisis Pengaruh Temperatur Keluar Turbin Terhadap Efisiensi Gas Turbin Generator Di PLTGU Unit II Sektor Keramasan (Analysis of the Effect of Turbine Exit Temperature on Gas Turbine Generator Efficiency at PLTGU Unit II in the Shampooing Sector)." *Jurnal Infolek UTP* 01(01): 8–12.
- Salma. 2021. "Jenis Data Penelitian Yang Perlu Anda Ketahui." *Deepublish*.
- Samosir, Windy Lusua, and Awaludin Martin. 2015. "Analisis Exergy Pada Combustion Chamber Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Teluk Lembu 30 MW." *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau* 2(2): 1–7.
- Saravanamutto, HHH; Rogers, CGF; Cohen, H. 1996. Design & Operation - Training Course *Gas Turbine Theory 4TH Edition*. <https://down.ketabpedia.com/files/bkio/bkio21593.pdf>.
- Shanti, Ika, Gunawan Nugroho, and Sarwono. 2012. "Analisa Termoekonomi Pada Sistem Kombinasi Turbin Gas – Uap PLTGU PT PJB Unit Pembangkitan Gresik." *Jurnal Teknik Pomits* 1(1): 1–6.
- Shapiro, Howard N; Boettner, Daissie D; Bailey, Margaret; Moran, Michel J. 2001. 29 International Journal of Mechanical Engineering Education *Book Review: Fundamentals of Engineering Thermodynamics*.
- Sunardi, Sunardi Sunardi, Ahmad Hamim Su'udy, Anang Cundoko, and Dedik Tri Istiantara. 2021. "Optimalisasi Pemanfaatan Shm (Solar Home System) Sebagai Pembangkit Energi Listrik Ramah Lingkungan." *Eksergi* 17(2): 76.
- Sunarwo, Teguh Harijono M. 2016. "Analisa Efisiensi Turbin Gas Unit 1 Sebelum Dan Setelah Overhaul Combustor Inspection Di PT PLN (Persero) Sektor Pembangkitan PLTGU Cilegon." *Jurnal Teknik Energi* 12(2): 50–57.
- Syammery, Rakha, Hendri, and Lukfianto. 2020. "Analisis Efisiensi Turbin Gas Tipe V94.2 Sebelum Dan Sesudah Minor Inspection Pada Blok 4 Unit 3 PLTGU Muara Tawar." *Power Plant* 8(2): 11.
- Yogaswara, Indra, Supari, and Harmini. 2020. "Analisis Efisiensi Operasional Sistem Pltgu Unit Gtg 2.3 Di Pt Indonesia Power Semarang Power Generation Unit." *Teknik Mesin* Vol 890-93: 1–10.



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

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data operasi turbin gas selama 10 bulan

Data Operasi Turbin Gas 4.1 Bulan Febuari

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Temperatur masuk kompresor	T1	29,9	C
		302,9	K
Tekanan Lingkungan	P1	10051	Mbar
		100,51	Kpa
Temperatur keluar kompresor	T2	415,8	C
		688,8	K
Tekanan keluar kompresor	P2	12,348	Bar
		12348	Kpa
Temperatur keluar turbin	T4	599	C
		872	K
Tekanan keluar turbin	P4	19,0629	Mbar
		1,90629	Kpa
Tekanan Suplai Gas	P5	35,028	Bar
Lower Heating Value	LHV	1048,63	BTU/S CF
Laju Aliran Bahan Bakar	V fuel	55254,9	Nm ³ /h
Massa jenis bahan bakar	Rho fuel	0,73204	kg/m ³
Kapasitas panas gas pada tekanan konstan	Cp	1,148	kJ/kg K
Kapasitas panas udara pada tekanan konstan	Cp	1,005	kJ/kg K
Laju Aliran Udara (ma)	m_a	501,034	Kg/s

Data Operasi Turbin Gas 4.1 Bulan Maret

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Temperatur masuk kompresor	T1	29,7	C
		302,7	K
Tekanan Lingkungan	P1	10049	Mbar
		100,49	Kpa
Temperatur keluar kompresor	T2	412.2	C



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

		685,2	K
Tekanan keluar kompresor	P2	12.375	Bar
		1238	Kpa
Temperatur keluar turbin	T4	591,57	C
		864,57	K
Tekanan keluar turbin	P4	19,1094	Mbar
		1,91094	Kpa
Tekanan Suplai Gas	P5	34,88	Bar
<i>Lower Heating Value</i>	LHV	1081,92	BTU/S CF
Laju Aliran Bahan Bakar	V fuel	52373,6	Nm ³ /h
Massa jenis bahan bakar	Rho fuel	0,75842	kg/m ³
Kapasitas panas gas pada tekanan konstan	Cp	1,148	kJ/kg K
Kapasitas panas udara pada tekanan konstan	Cp	1,005	kJ/kg K
Laju Aliran Udara (ma)	m_a	501,034	Kg/s

Data Operasi Turbin Gas 4.1 Bulan April

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Temperatur masuk kompresor	T1	29,6	C
		302,6	K
Tekanan Lingkungan	P1	10.039	Mbar
		100,39	Kpa
Temperatur keluar kompresor	T2	413	C
		686	K
Tekanan keluar kompresor	P2	12,31	Bar
		1231	Kpa
Temperatur keluar turbin	T4	591,52	C
		864,52	K
Tekanan keluar turbin	P4	18,9011	Mbar
		1,89011	Kpa
Tekanan Suplai Gas	P5	35,062	Bar
<i>Lower Heating Value</i>	LHV	1046,83	BTU/S CF
Laju Aliran Bahan Bakar	V fuel	52752,3	Nm ³ /h



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

Massa jenis bahan bakar	Rho fuel	0,73368	kg/m ³
Kapasitas panas gas pada tekanan konstan	Cp	1,148	kJ/kg K
Kapasitas panas udara pada tekanan konstan	Cp	1,005	kJ/kg K
Laju Aliran Udara (ma)	m_a	501,034	Kg/s

Data Operasi Turbin Gas 4.1 Bulan Juli

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Temperatur masuk kompresor	T1	29,8	C
		302,8	K
Tekanan Lingkungan	P1	10,047	Mbar
		100,47	Kpa
Temperatur keluar kompresor	T2	418,1	C
			K
Tekanan keluar kompresor	P2	12,360	Bar
		1236	Kpa
Temperatur keluar turbin	T4	587,6	C
		860,6	K
Tekanan keluar turbin	P4	19,0573	Mbar
		1,90573	Kpa
Tekanan Suplai Gas	P5	35,3607	Bar
<i>Lower Heating Value</i>	LHV	1086,54	BTU/S CF
Laju Aliran Bahan Bakar	V fuel	56902,9	Nm ³ /h
Massa jenis bahan bakar	Rho fuel	0,74218	kg/m ³
Kapasitas panas gas pada tekanan konstan	Cp	1,148	kJ/kg K
Kapasitas panas udara pada tekanan konstan	Cp	1,005	kJ/kg K
Laju Aliran Udara (ma)	m_a	501,034	Kg/s

Data Operasi Turbin Gas 4.1 Bulan September

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Temperatur masuk kompresor	T1	29,4	C



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

		302,4	K
Tekanan Lingkungan	P1	1003,34	Mbar
		100,334	Kpa
Temperatur keluar kompresor	T2	418,9	C
		691,9	K
Tekanan keluar kompresor	P2	12,356	Bar
		1236	Kpa
Temperatur keluar turbin	T4	591,776	C
		864,776	K
Tekanan keluar turbin	P4	19,1035	Mbar
		1,91035	Kpa
Tekanan Suplai Gas	P5	34,975	Bar
Lower Heating Value	LHV	1053,21	BTU/S CF
Laju Aliran Bahan Bakar	V fuel	54367,9	Nm ³ /h
Massa jenis bahan bakar	Rho fuel	0,7343	kg/m ³
Kapasitas panas gas pada tekanan konstan	Cp	1,148	kJ/kg K
Kapasitas panas udara pada tekanan konstan	Cp	1,005	kJ/kg K
Laju Aliran Udara (ma)	m_a	501,034	Kg/s

Data Operasi Turbin Gas 4.1 Bulan Oktober

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Temperatur masuk kompresor	T1	29	C
		302	K
Tekanan Lingkungan	P1	10.039	Mbar
		100,39	Kpa
Temperatur keluar kompresor	T2	415,9	C
		688,9	K
Tekanan keluar kompresor	P2	12.387	Bar
		1239	Kpa
Temperatur keluar turbin	T4	591,72	C
		864,72	K
Tekanan keluar turbin	P4	19,045	Mbar
		1,9045	Kpa
Tekanan Suplai Gas	P5	35,445	Bar



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

Lower Heating Value	LHV	1080,74	BTU/S CF
Laju Aliran Bahan Bakar	V fuel	52448,3	Nm ³ /h
Massa jenis bahan bakar	Rho fuel	0,76162	kg/m ³
Kapasitas panas gas pada tekanan konstan	Cp	1,148	kJ/kg K
Kapasitas panas udara pada tekanan konstan	Cp	1,005	kJ/kg K
Laju Aliran Udara (ma)	m_a	501,034	Kg/s

Data Operasi Turbin Gas 4.1 Bulan November

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Temperatur masuk kompresor	T1	29,7	C
		302,7	K
Tekanan Lingkungan	P1	1005,4	Mbar
		100,54	Kpa
Temperatur keluar kompresor	T2	412,88	C
		685,88	K
Tekanan keluar kompresor	P2	12,340	Bar
		1234	Kpa
Temperatur keluar turbin	T4	594,5	C
		867,5	K
Tekanan keluar turbin	P4	19,0167	Mbar
		1,90167	Kpa
Tekanan Suplai Gas	P5	34,959	Bar
<i>Lower Heating Value</i>	LHV	1081,57	BTU/S CF
Laju Aliran Bahan Bakar	V fuel	58552,8	Nm ³ /h
Massa jenis bahan bakar	Rho fuel	0,7351	kg/m ³
Kapasitas panas gas pada tekanan konstan	Cp	1,148	kJ/kg K
Kapasitas panas udara pada tekanan konstan	Cp	1,005	kJ/kg K
Laju Aliran Udara (ma)	m_a	501,034	Kg/s

Data Operasi Turbin Gas 4.1 Bulan Desember



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

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Temperatur masuk kompresor	T1	28,1	C
		301,1	K
Tekanan Lingkungan	P1	1003,07	Mbar
		100,307	Kpa
Temperatur keluar kompresor	T2	410,18	C
		683,18	K
Tekanan keluar kompresor	P2	12,284	Bar
		12284	Kpa
Temperatur keluar turbin	T4	605,18	C
		878,18	K
Tekanan keluar turbin	P4	18,994	Mbar
		1,8994	Kpa
Tekanan Suplai Gas	P5	34,985	Bar
<i>Lower Heating Value</i>	LHV	1046,58	BTU/S CF
Laju Aliran Bahan Bakar	V fuel	51328	Nm3/h
Massa jenis bahan bakar	Rho fuel	0,73694	kg/m3
Kapasitas panas gas pada tekanan konstan	Cp	1,148	kJ/kg K
Kapasitas panas udara pada tekanan konstan	Cp	1,005	kJ/kg K
Laju Aliran Udara (ma)	m_a	501,034	Kg/s

Data Operasi Turbin Gas 4.1 Bulan Januari

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Temperatur masuk kompresor	T1	28,04	C
		301,04	K
Tekanan Lingkungan	P1	1002,72	Mbar
		100,272	Kpa
Temperatur keluar kompresor	T2	410	C
		683	K
Tekanan keluar kompresor	P2	12,228	Bar
		12238	Kpa
Temperatur keluar turbin	T4	605,4	C
		878,4	K



Tekanan keluar turbin	P4	188,25	Mbar
		1,8825	Kpa
Tekanan Suplai Gas	P5	35,005	Bar
<i>Lower Heating Value</i>	LHV	1054,45	BTU/S CF
Laju Aliran Bahan Bakar	V fuel	51311	Nm ³ /h
Massa jenis bahan bakar	Rho fuel	0,73993	kg/m ³
Kapasitas panas gas pada tekanan konstan	Cp	1,148	kJ/kg K
Kapasitas panas udara pada tekanan konstan	Cp	1,005	kJ/kg K
Laju Aliran Udara (m_a)	m_a	501,034	Kg/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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 2 nilai Entalpi tiap bulan

BULAN	ENTALPI	NILAI	SATUAN
Februari	h_1	303,107	KJ/KG
	h_2	704,5625	
	h_3	1773,191	
	h_4	901,644	
	h_{2s}	625,588	
	h_{4s}	814,970	
Maret	h_1	303,052	KJ/KG
	h_2	699,384	
	h_3	1759,076	
	h_4	893,369	
	h_{2s}	628,402	
	h_{4s}	808,150	
April	h_1	302,946	KJ/KG
	h_2	698,240	
	h_3	1.757,84	
	h_4	893,308	
	h_{2s}	627,313	
	h_{4s}	808,954	
Juli	h_1	303,158	KJ/KG
	h_2	703,7025	
	h_3	1.749,94	
	h_4	888,9387	
	h_{2s}	628,353	
	h_{4s}	809,187	
Agustus	h_1	302,522	KJ/KG
	h_2	697,170	
	h_3	1761,508	
	h_4	894,846	
	h_{2s}	627,189	
	h_{4s}	809,426	
September	h_1	301,611	KJ/KG
	h_2	704,5625	
	h_3	1759,463	
	h_4	893,760	
	h_{2s}	625,588	
	h_{4s}	808,718	

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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Oktober	h_1	302,310	KJ/KG
	h_2	701,343	
	h_3	1760,192	
	h_4	893,530	
	h_{2s}	627,895	
	h_{4s}	808,428	
November	h_1	303,052	KJ/KG
	h_2	700,42	
	h_3	1.746,59	
	h_4	887,71525	
	h_{2s}	627,705316	
	h_{4s}	810,8413515	
Desember	h_1	302,705	KJ/KG
	h_2	695,223	
	h_3	1784,078	
	h_4	908,535	
	h_{2s}	626,792	
	h_{4s}	821,181	
Januari	h_1	303,007	KJ/KG
	h_2	695,030	
	h_3	1782,813	
	h_4	908,777	
	h_{2s}	626,748	
	h_{4s}	821,602	



Lampiran 3 Hasil nilai Entropi tiap bulan

BULAN	ENTROPI	NILAI	SATUAN
Februari	S_1	1,712	KJ/KG.K
	S_2	2,555	
	S_3	3,533	
	S_4	2,813	
Maret	S_1	1,711	KJ/KG.K
	S_2	2,550	
	S_3	3,525	
	S_4	2,804	
April	S_1	1,711	KJ/KG.K
	S_2	2,551	
	S_3	3,524	
	S_4	2,804	
Juli	S_1	1,711	KJ/KG.K
	S_2	2,559	
	S_3	3,519	
	S_4	2,799	
Agustus	S_1	1,709	KJ/KG.K
	S_2	2,550	
	S_3	3,526	
	S_4	2,805	
September	S_1	1,710	KJ/KG.K
	S_2	2,548	
	S_3	3,525	
	S_4	2,804	
Oktober	S_1	1,709	KJ/KG.K
	S_2	2,556	
	S_3	3,525	
	S_4	2,804	
November	S_1	1,711	KJ/KG.K
	S_2	2,554	

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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Desember	S_3	3,527	KJ/KG.K
	S_4	2,807	
	S_1	1,710	
	S_2	2,547	
	S_3	3,540	
Januari	S_4	2,821	KJ/KG.K
	S_1	1,711	
	S_2	2,546	
	S_3	3,539	
	S_4	2,821	

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Lampiran 4 Hasil Perhitungan Nilai Eksergi Fisik dan Eksergi Kimia Pada Setiap State

Eph4 : Eksergi Fisik
 Ech5 : Eksergi Kimia

BULAN	SATUAN	NILAI	SATUAN
Februari	Eph2	71.539,79	Kj/s
	Eph3	470.521,38	
	Eph4	135.774,08	
	Eph5	6.273,18	
	Ech4&3	1.594,25	
	Ech5	577.443,28	
Maret	Eph2	71330,56	Kj/s
	Eph3	464407,58	
	Eph4	132864,10	
	Eph5	6148,94	
	Ech4&3	1.614,33	
	Ech5	567.055,97	
April	Eph2	70638,20	Kj/s
	Eph3	463820,54	
	Eph4	132869,70	
	Eph5	5998,17	
	Ech4&3	1.623,71	
	Ech5	552.524,84	
Juli	Eph2	72033,71	Kj/s
	Eph3	461139,71	
	Eph4	131439,28	
	Eph5	6564,98	
	Ech4&3	1.606,13	
	Ech5	602.899,65	
Agustus	Eph2	70.394,17	Kj/s
	Eph3	465.631,26	
	Eph4	133.623,26	
	Eph5	5.964,40	
	Ech4&3	1.664,88	
	Ech5	550.491,24	
September	Eph2	74.924,92	Kj/s
	Eph3	465.518,40	
	Eph4	133.830,02	
	Eph5	6.178,68	

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Oktober	Ech4&3	1.645,54	Kj/s
	Ech5	548.962,16	
	Eph2	71767,61	
	Eph3	465756,65	
	Eph4	133425,23	
November	Eph5	6197,29	Kj/s
	Ech4&3	1.686,93	
	Ech5	570.260,75	
	Eph2	71.237,21	
	Eph3	458.531,89	
Desember	Eph4	129.738,26	Kj/s
	Eph5	6.669,42	
	Ech4&3	1.617,25	
	Ech5	614.663,47	
	Eph2	69903,90	
Januari	Eph3	473552,66	Kj/s
	Eph4	138079,81	
	Eph5	5856,59	
	Ech4&3	1.633,26	
	Ech5	539995,57	
Januari	Eph2	69724,26	Kj/s
	Eph3	472435,61	
	Eph4	137945,41	
	Eph5	5885,21	
	Ech4&3	1.602,39	
Januari	Ech5	542009,86	Kj/s



Lampiran 5 Eksergi Fuel dan Produk pada tiap komponen

Febuari	Kompresor	Eksergi Fuel	201.142,85 Kj/s
		Eksergi Produk	71.539,79 Kj/s
	Combustor	Eksergi Fuel	655.256,25 Kj/s
		Eksergi Produk	472.115,63 Kj/s
	Turbin	Eksergi Fuel	472.115,63 Kj/s
		Eksergi Produk	332.878,39 Kj/s
Maret	Kompresor	Eksergi Fuel	71330,56 Kj/s
		Eksergi Produk	127245,25 Kj/s
	Combustor	Eksergi Fuel	644535,47 Kj/s
		Eksergi Produk	466021,91 Kj/s
	Turbin	Eksergi Fuel	466021,91 Kj/s
		Eksergi Produk	335879,53 Kj/s
April	Kompresor	Eksergi Fuel	198.055,73 Kj/s
		Eksergi Produk	70.638,20 Kj/s
	Combustor	Eksergi Fuel	629.161,20 Kj/s
		Eksergi Produk	465.444,25 Kj/s
	Turbin	Eksergi Fuel	465.444,25 Kj/s
		Eksergi Produk	335.409,91 Kj/s
Juli	Kompresor	Eksergi Fuel	200.686,41 Kj/s
		Eksergi Produk	72.033,71 Kj/s
	Combustor	Eksergi Fuel	681.498,33 Kj/s
		Eksergi Produk	462745,84 Kj/s
	Turbin	Eksergi Fuel	462745,84 Kj/s
		Eksergi Produk	326.462,74 Kj/s
Agustus	Kompresor	Eksergi Fuel	197732,07 Kj/s
		Eksergi Produk	70394,17 Kj/s
	Combustor	Eksergi Fuel	626849,82 Kj/s
		Eksergi Produk	467296,14 Kj/s
	Turbin	Eksergi Fuel	467296,14 Kj/s
		Eksergi Produk	338445,67 Kj/s
September	Kompresor	Eksergi Fuel	201.892,55 Kj/s
		Eksergi Produk	74.924,92 Kj/s
	Combustor	Eksergi Fuel	630.065,76 Kj/s
		Eksergi Produk	467163,94 Kj/s
	Turbin	Eksergi Fuel	467163,94 Kj/s
		Eksergi Produk	327715,45 Kj/s
Oktober	Kompresor	Eksergi Fuel	199929,10 Kj/s
		Eksergi Produk	71767,61 Kj/s
	Combustor	Eksergi Fuel	648225,65 Kj/s
		Eksergi Produk	467443,58 Kj/s
	Turbin	Eksergi Fuel	467443,58 Kj/s
		Eksergi Produk	333925,40 Kj/s
November	Kompresor	Eksergi Fuel	199094,88 Kj/s
		Eksergi Produk	71237,21 Kj/s
	Combustor	Eksergi Fuel	692570,10 Kj/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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

		Eksergi Produk	460149,14 Kj/s
	Turbin	Eksergi Fuel	460149,14 Kj/s
		Eksergi Produk	325962,03 Kj/s
Desember	Kompresor	Eksergi Fuel	197340,76 Kj/s
		Eksergi Produk	69903,90 Kj/s
	Combustor	Eksergi Fuel	615756,06 Kj/s
		Eksergi Produk	475185,92 Kj/s
	Turbin	Eksergi Fuel	475185,92 Kj/s
		Eksergi Produk	349399,60 Kj/s
Januari	Kompresor	Eksergi Fuel	196416,95 Kj/s
		Eksergi Produk	69724,26 Kj/s
	Combustor	Eksergi Fuel	617619,33 Kj/s
		Eksergi Produk	474038,00 Kj/s
	Turbin	Eksergi Fuel	474038,00 Kj/s
		Eksergi Produk	348842,92 Kj/s

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



Lampiran 6 Eksergi Kimia Molar Standar

Substance	Formula	Model I ^a	Model II ^b
Nitrogen	N ₂ (g)	639	720
Oxygen	O ₂ (g)	3,951	3,970
Carbon dioxide	CO ₂ (g)	14,176	19,870
Water	H ₂ O(g)	8,636	9,500
Water	H ₂ O(l)	45	900
Carbon (graphite)	C(s)	404,589	410,260
Hydrogen	H ₂ (g)	235,249	236,100
Sulfur	S(s)	598,158	609,600
Carbon monoxide	CO(g)	269,412	275,100
Sulfur dioxide	SO ₂ (g)	301,939	313,400
Nitrogen monoxide	NO(g)	88,851	88,900
Nitrogen dioxide	NO ₂ (g)	55,565	55,600
Hydrogen peroxide	H ₂ O ₂ (g)	133,587	—
Hydrogen sulfide	H ₂ S	799,890	812,000
Ammonia	NH ₃ (g)	336,684	337,900
Oxygen	O(g)	231,968	233,700
Hydrogen	H(g)	320,822	331,300
Nitrogen	N(g)	453,821	—
Methane	CH ₄ (g)	824,348	831,650
Acetylene	C ₂ H ₂ (g)	—	1,265,800
Ethylene	C ₂ H ₄ (g)	—	1,361,100
Ethane	C ₂ H ₆ (g)	1,482,033	1,495,840
Propylene	C ₃ H ₆ (g)	—	2,003,900
Propane	C ₃ H ₈ (g)	—	2,154,000
n-Butane	C ₄ H ₁₀ (g)	—	2,805,800
n-Pentane	C ₅ H ₁₂ (g)	—	3,463,300
Benzene	C ₆ H ₆ (g)	—	3,303,600
Octane	C ₈ H ₁₈ (l)	—	5,413,100
Methanol	CH ₃ OH(g)	715,069	722,300
Methanol	CH ₃ OH(l)	710,747	718,000
Ethyl alcohol	C ₂ H ₅ OH(g)	1,348,328	1,363,900
Ethyl alcohol	C ₂ H ₅ OH(l)	1,342,086	1,375,700

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



Table A-22

Lampiran 7 Tabel ideal gas properties of air

756 Tables in SI Units

TABLE A-22 Ideal Gas Properties of Air

T(K), <i>h</i> and <i>u</i> (kJ/kg), <i>s</i> ^o (kJ/kg · K)											
<i>T</i>	<i>h</i>	<i>u</i>	<i>s</i> ^o	when $\Delta s = 0^1$		<i>T</i>	<i>h</i>	<i>u</i>	<i>s</i> ^o	when $\Delta s = 0$	
				<i>p_r</i>	<i>v_r</i>					<i>p_r</i>	<i>v_r</i>
200	199.97	142.56	1.29559	0.3363	1707.	450	451.80	322.62	2.11161	5.775	223.6
210	209.97	149.69	1.34444	0.3987	1512.	460	462.02	329.97	2.13407	6.245	211.4
220	219.97	156.82	1.39105	0.4690	1346.	470	472.24	337.32	2.15604	6.742	200.1
230	230.02	164.00	1.43557	0.5477	1205.	480	482.49	344.70	2.17760	7.268	189.5
240	240.02	171.13	1.47824	0.6355	1084.	490	492.74	352.08	2.19876	7.824	179.7
250	250.05	178.28	1.51917	0.7329	979.	500	503.02	359.49	2.21952	8.411	170.6
260	260.09	185.45	1.55848	0.8405	887.8	510	513.32	366.92	2.23993	9.031	162.1
270	270.11	192.60	1.59634	0.9590	808.0	520	523.63	374.36	2.25997	9.684	154.1
280	280.13	199.75	1.63279	1.0889	738.0	530	533.98	381.84	2.27967	10.37	146.7
285	285.14	203.33	1.65055	1.1584	706.1	540	544.35	389.34	2.29906	11.10	139.7
290	290.16	206.91	1.66802	1.2311	676.1	550	554.74	396.86	2.31809	11.86	133.1
295	295.17	210.49	1.68515	1.3068	647.9	560	565.17	404.42	2.33685	12.66	127.0
300	300.19	214.07	1.70203	1.3860	621.2	570	575.59	411.97	2.35531	13.50	121.2
305	305.22	217.67	1.71865	1.4686	596.0	580	586.04	419.55	2.37348	14.38	115.7
310	310.24	221.25	1.73498	1.5546	572.3	590	596.52	427.15	2.39140	15.31	110.6
315	315.27	224.85	1.75106	1.6442	549.8	600	607.02	434.78	2.40902	16.28	105.8
320	320.29	228.42	1.76690	1.7375	528.6	610	617.53	442.42	2.42644	17.30	101.2
325	325.31	232.02	1.78249	1.8345	508.4	620	628.07	450.09	2.44356	18.36	96.92
330	330.34	235.61	1.79783	1.9352	489.4	630	638.63	457.78	2.46048	19.44	92.84
340	340.42	242.82	1.82790	2.149	454.1	640	649.22	465.50	2.47716	20.64	88.99
350	350.49	250.02	1.85708	2.379	422.2	650	659.84	473.25	2.49364	21.86	85.34
360	360.58	257.24	1.88543	2.626	393.4	660	670.47	481.01	2.50985	23.13	81.89
370	370.67	264.46	1.91313	2.892	367.2	670	681.14	488.81	2.52589	24.46	78.61
380	380.77	271.69	1.94001	3.176	343.4	680	691.82	496.62	2.54175	25.85	75.50
390	390.88	278.93	1.96633	3.481	321.5	690	702.52	504.45	2.55731	27.29	72.56
400	400.98	286.16	1.99194	3.806	301.6	700	713.27	512.33	2.57277	28.80	69.76
410	411.12	293.43	2.01699	4.153	283.3	710	724.04	520.23	2.58810	30.38	67.07
420	421.26	300.69	2.04142	4.522	266.6	720	734.82	528.14	2.60319	32.02	64.53
430	431.43	307.99	2.06533	4.915	251.1	730	745.62	536.07	2.61803	33.72	62.13
440	441.61	315.30	2.08870	5.332	236.8	740	756.44	544.02	2.63280	35.50	59.82

1. *p_r* and *v_r* data for use with Eqs. 6.43 and 6.44, respectively.

- 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 7

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

TABLE A-22 (Continued)

T(K), h and u(kJ/kg), s° (kJ/kg · K)											
T	h	u	s°	when Δs = 0 ^l		T	h	u	s°	when Δs = 0	
				p _r	v _r					p _r	v _r
750	767.29	551.99	2.64737	37.35	57.63	1300	1395.97	1022.82	3.27345	330.9	11.275
760	778.18	560.01	2.66176	39.27	55.54	1320	1419.76	1040.88	3.29160	352.5	10.747
770	789.11	568.07	2.67595	41.31	53.39	1340	1443.60	1058.94	3.30959	375.3	10.247
780	800.03	576.12	2.69013	43.35	51.64	1360	1467.49	1077.10	3.32724	399.1	9.780
790	810.99	584.21	2.70400	45.55	49.86	1380	1491.44	1095.26	3.34474	424.2	9.337
800	821.95	592.30	2.71787	47.75	48.08	1400	1515.42	1113.52	3.36200	450.5	8.919
820	843.98	608.59	2.74504	52.59	44.84	1420	1539.44	1131.77	3.37901	478.0	8.526
840	866.08	624.95	2.77170	57.60	41.85	1440	1563.51	1150.13	3.39586	506.9	8.153
860	888.27	641.40	2.79783	63.09	39.12	1460	1587.63	1168.49	3.41247	537.1	7.801
880	910.56	657.95	2.82344	68.98	36.61	1480	1611.79	1186.95	3.42892	568.8	7.468
900	932.93	674.58	2.84856	75.29	34.31	1500	1635.97	1205.41	3.44516	601.9	7.152
920	955.38	691.28	2.87324	82.05	32.18	1520	1660.23	1223.87	3.46120	636.5	6.854
940	977.92	708.08	2.89748	89.28	30.22	1540	1684.51	1242.43	3.47712	672.8	6.569
960	1000.55	725.02	2.92128	97.00	28.40	1560	1708.82	1260.99	3.49276	710.5	6.301
980	1023.25	741.98	2.94468	105.2	26.73	1580	1733.17	1279.65	3.50829	750.0	6.046
1000	1046.04	758.94	2.96770	114.0	25.17	1600	1757.57	1298.30	3.52364	791.2	5.804
1020	1068.89	776.10	2.99034	123.4	23.72	1620	1782.00	1316.96	3.53879	834.1	5.574
1040	1091.85	793.36	3.01260	133.3	22.39	1640	1806.46	1335.72	3.55381	878.9	5.355
1060	1114.86	810.62	3.03449	143.9	21.14	1660	1830.96	1354.48	3.56867	925.6	5.147
1080	1137.89	827.88	3.05608	155.2	19.98	1680	1855.50	1373.24	3.58335	974.2	4.949
1100	1161.07	845.33	3.07732	167.1	18.896	1700	1880.1	1392.7	3.5979	1025	4.761
1120	1184.28	862.79	3.09825	179.7	17.886	1750	1941.6	1439.8	3.6336	1161	4.328
1140	1207.57	880.35	3.11883	193.1	16.946	1800	2003.3	1487.2	3.6684	1310	3.944
1160	1230.92	897.91	3.13916	207.2	16.064	1850	2065.3	1534.9	3.7023	1475	3.601
1180	1254.34	915.57	3.15916	222.2	15.241	1900	2127.4	1582.6	3.7354	1655	3.295
1200	1277.79	933.33	3.17888	238.0	14.470	1950	2189.7	1630.6	3.7677	1852	3.022
1220	1301.31	951.09	3.19834	254.7	13.747	2000	2252.1	1678.7	3.7994	2068	2.776
1240	1324.93	968.95	3.21751	272.3	13.069	2050	2314.6	1726.8	3.8303	2303	2.555
1260	1348.55	986.90	3.23638	290.8	12.435	2100	2377.4	1775.3	3.8605	2559	2.356
1280	1372.24	1004.76	3.25510	310.4	11.835	2150	2440.3	1823.8	3.8901	2837	2.175
						2200	2503.2	1872.4	3.9191	3138	2.012
						2250	2566.4	1921.3	3.9474	3464	1.864

Source: Tables A-22 are based on J. H. Keenan and J. Kaye, *Gas Tables*, Wiley, New York, 1945.

JAKARTA

Table A-22



Lampiran 8 Tabel A-1

TABLE A-1

Molar mass, gas constant, and critical-point properties

Substance	Formula	Molar mass, <i>M</i> kg/kmol	Gas constant, <i>R</i> kJ/kg·K*	Critical-point properties		
				Temperature, K	Pressure, MPa	Volume, m ³ /kmol
Air	—	28.97	0.2870	132.5	3.77	0.0883
Ammonia	NH ₃	17.03	0.4882	405.5	11.28	0.0724
Argon	Ar	39.948	0.2081	151	4.86	0.0749
Benzene	C ₆ H ₆	78.115	0.1064	562	4.92	0.2603
Bromine	Br ₂	159.808	0.0520	584	10.34	0.1355
<i>n</i> -Butane	C ₄ H ₁₀	58.124	0.1430	425.2	3.80	0.2547
Carbon dioxide	CO ₂	44.01	0.1889	304.2	7.39	0.0943
Carbon monoxide	CO	28.011	0.2968	133	3.50	0.0930
Carbon tetrachloride	CCl ₄	153.82	0.05405	556.4	4.56	0.2759
Chlorine	Cl ₂	70.906	0.1173	417	7.71	0.1242
Chloroform	CHCl ₃	119.38	0.06964	536.6	5.47	0.2403
Dichlorodifluoromethane (R-12)	CCl ₂ F ₂	120.91	0.06876	384.7	4.01	0.2179
Dichlorofluoromethane (R-21)	CHCl ₂ F	102.92	0.08078	451.7	5.17	0.1973
Ethane	C ₂ H ₆	30.070	0.2765	305.5	4.48	0.1480
Ethyl alcohol	C ₂ H ₅ OH	46.07	0.1805	516	6.38	0.1673
Ethylene	C ₂ H ₄	28.054	0.2964	282.4	5.12	0.1242
Helium	He	4.003	2.0769	5.3	0.23	0.0578
<i>n</i> -Hexane	C ₆ H ₁₄	86.179	0.09647	507.9	3.03	0.3677
Hydrogen (normal)	H ₂	2.016	4.1240	33.3	1.30	0.0649
Krypton	Kr	83.80	0.09921	209.4	5.50	0.0924
Methane	CH ₄	16.043	0.5182	191.1	4.64	0.0993
Methyl alcohol	CH ₃ OH	32.042	0.2595	513.2	7.95	0.1180
Methyl chloride	CH ₃ Cl	50.488	0.1647	416.3	6.68	0.1430
Neon	Ne	20.183	0.4119	44.5	2.73	0.0417
Nitrogen	N ₂	28.013	0.2968	126.2	3.39	0.0899
Nitrous oxide	N ₂ O	44.013	0.1889	309.7	7.27	0.0961
Oxygen	O ₂	31.999	0.2598	154.8	5.08	0.0780
Propane	C ₃ H ₈	44.097	0.1885	370	4.26	0.1998
Propylene	C ₃ H ₆	42.081	0.1976	365	4.62	0.1810
Sulfur dioxide	SO ₂	64.063	0.1298	430.7	7.88	0.1217
Tetrafluoroethane (R-134a)	CF ₃ CH ₂ F	102.03	0.08149	374.2	4.059	0.1993
Trichlorofluoromethane (R-11)	CCl ₃ F	137.37	0.06052	471.2	4.38	0.2478
Water	H ₂ O	18.015	0.4615	647.1	22.06	0.0560
Xenon	Xe	131.30	0.06332	289.8	5.88	0.1186

*The unit kJ/kg·K is equivalent to kPa·m³/kg·K. The gas constant is calculated from $R = R_u/M$, where $R_u = 8.31447$ kJ/kmol·K and M is the molar mass.

Source: K. A. Kobe and R. E. Lynn, Jr., *Chemical Review* 52 (1953), pp. 117–236; and ASHRAE, *Handbook of Fundamentals* (Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1993), pp. 16.4 and 36.1.

- 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