

**ANALISIS PEMAKAIAN BAHAN BAKAR
TERHADAP DAYA YANG AKAN DIBANGKITKAN
PADA UNIT GENERAL ELECTRIC 1 DI PLTG
TELLO**

TUGAS AKHIR

**Karya Tulis Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Dari
Universitas Fajar**

Oleh

Muh. Ikram Kamal



1820521052

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNNIVERSITAS FAJAR**

2023

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS PEMAKAIAN BAHAN BAKAR TERHADAP
PERUBAHAN BEBAN PADA UNIT GENERAL ELECTRIC 1 DI
PLTG TELLO**

Oleh :

MUH. IKRAM KAMAL

1820521052

Menyetujui,

Tim Pembimbing

Tanggal 25 / 07 / 2023

Pembimbing 1

Dr. Asmeati, ST., MT
NIDN : 0901077405

Pembimbing 2

Ir. Ahmad Thamrin, ST., MT., IPM
NIDN : 0919108103

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. Ir. Erniati ST., MT
NIDN : 0906107701

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Dr. Ir. Humayatul Ummah Syarif, ST., MT
NIDN : 0923076801

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir :

“Analisis Pemakaian Bahan Bakar Terhadap Perubahan Beban Pada Unit General Electric di PLTG Tello” adalah karya orisinal peneliti dan setiap serta seluruh sumber acuan telah di tulis sesuai dengan panduan penulisan Ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, 02 Maret 2023



Muh. Ikram Kamal

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas limpahan rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Pemakaian Bahan Bakar Terhadap Perubahan Beban Pada Unit General Electric di PLTG Tello” dapat terselesaikan.

Penulisan Tugas Akhir ini bertujuan untuk menjadi acuan penelitian tugas akhir sehingga tugas akhir tersebut dapat diselesaikan dengan baik. Dan penulis ucapkan banyak terimakasih kepada dosen pembimbing yang telah membimbing peneliti untuk menyelenggarakan tugas akhir ini, serta rekan-rekan yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Dalam penyusunan tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu pada kesempatan ini mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia yang diberikan
2. Orang tua yang senantiasa mendoakan kebaikan
3. Dr. Ir. Humayatul Ummah Syarif, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Fajar.
4. Dr. Asmeati, ST.,MT selaku Pembimbing I penulis sampai terselesainya proposal ini.
5. Bapak Ir Ahmad Thamrin Dahri ST.,MT.,IPM selaku pembimbing II penulis sampa terselesainya proposal ini
6. Seluruh karyawan PT. PLN (PERSERO) Unit Layanan Pembangkit Listrik Tenaga Gas Tello, semoga Allah membalas kebaikan mereka

Dan penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua

Makassar, 02 Maret 2023

Muh. Ikram Kamal

ABSTRAK

Analisis Pemakaian Bahan Bakar Terhadap Perubahan Beban Pada Unit General Electric 1 Di Pltg Tello, Muh. Ikram Kamal. Meningkatnya laju pembangunan membuat laju pemakaian listrik juga semakin meningkat. Hal inilah yang membuat PLTG Tello kembali aktif digunakan. Specific Fuel Consumption (SFC) adalah rasio perbandingan total konsumsi bahan bakar terhadap daya listrik yang dibangkitkan dalam sebuah industri pembangkit listrik, biasanya digunakan sebagai salah satu cara untuk mengetahui seberapa efisien sebuah pembakaran. Analisis nilai *Specific Fuel Consumption* (SFC) pada mesin pembangkit listrik merupakan salah satu penentu biaya produksi khususnya biaya bahan bakar yang diperlukan dalam pembangkit. Dengan mengetahui spesifik pemakaian bahan bakar dapat menjelaskan seberapa optimal kinerja mesin untuk meningkatkan daya pembangkitan dan meminimalisir pemborosan bahan bakar sehingga tercipta peluang penghematan biaya produksi. Pada dasarnya dapat kita ketahui bahwa fluktuasi besar terjadi pada sektor rumah tangga, karena pemakaian pada malam hari akan jauh lebih besar atau dominan dari pada pemakaian disiang hari, inilah yang disebut beban puncak dan beban normal. Jumlah pengguna sektor rumah tangga mungkin bisa terbilang banyak pemakianya karena per rumah, disitulah terjadinya fluktuasi. Menengok pada sektor yang lain seperti industri rata-rata pemakaian selalu kontinyu 24 jam, jadi fluktuasi yang terjadi kemungkinan lebih kecil dari pada sektor rumah tangga.

Kata Kunci : PLTG, Spesifik pemakaian bahan bakar, Beban Puncak, Beban Normal

ABSTRACT

Analysis Of Fuel Usage On Load Changes In The General Electric 1 Unit In Tello Pltg, Muh. Ikram Kamal. The increase in the rate of development causes the rate of electricity consumption to also increase. This is what makes the Tello PLTG active again. Specific Fuel Consumption (SFC) is the ratio of total fuel consumption to electricity generated in a power plant industry, usually used as a way to find out how efficient a combustion is. Analysis of the value of Specific Fuel Consumption (SFC) in power generator engines is one of the determinants of production costs, especially the cost of the fuel needed in the generator. Knowing the specifics of fuel usage can explain how optimal engine performance is to increase generation power and minimize fuel wastage so as to create production cost savings opportunities. Basically, we know that large fluctuations occur in the household sector, because usage at night will be much greater or dominant than usage during the day, this is what is called peak load and normal load. per house, that's where the fluctuation occurs. Looking at other sectors such as industry, the average usage is always continuous 24 hours, so the fluctuations that occur are likely to be smaller than in the household sector.

Keywords : PLTG, Spesific Fuel Consumption, Peak Load, Normal Load

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR PERSAMAAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah.....	3
I.3 Tujuan Penelitian	3
I.4 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Pengertian Beban Puncak	4
II.2 Pengertian Beban Normal.....	4
II.3 <i>High Speed Diesel</i>	5
II.4 Teori Pembakaran.....	8
II.5 Perhitungan Stoikiometri Kebutuhan Udara.....	8
II.6 <i>Specific Fuel Consumption</i>	8
II.7 Definisi PLTG.....	10

II.8	Prinsip Kerja PLTG.....	11
II.9	Siklus Brayton.....	12
II.10	Komponen Utama PLTG.....	15
II.11	Laju Panas Pembangkit.....	18
II.12	Penelitian Terdahulu	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		23
III.1	Waktu dan tempat penelitian.....	23
III.2	Metode Penelitian.....	24
III.3	Jenis dan Sumber Data.....	25
III.4	Teknik Analisis Data.....	25
III.5	Prosedur Penelitian.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		27
IV.1	Data Teknis PLTG Tello.....	27
IV.2	Menghitung Perbandingan Bahan Bakar Udara (AFR).....	28
IV.3	Data Aktual Perubahan Beban Terhadap Pemakaian Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Gas	29
IV.4	Analisa Data Spesifikasi Pada Beban Normal.....	31
IV.5	Analisa Data Spesifikasi Pada Beban Puncak	34
IV.6	Analisa Data Aktual Pada Beban Normal.....	36
IV.7	Analisa Data Aktual Pada Beban Puncak	38
IV.8	Analisa Perubahan Beban Terhadap Pemakaian Bahan Bakar Tiap Jam.....	40
IV.8	Analisa Beban Puncak Dan Beban Normal Selama 6 Bulan Belakang.....	42
IV.9	Tabel Hasil Perhitungan Data Spesifikasi Dan Data Aktual	43
IV.10	Grafik Perbandingan Beban Puncak Dan Beban Normal	45

BAB V PENUTUP	49
V.1 Kesimpulan.....	49
V.2 Saran.....	50
DAFTAR PUSTAKA	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 1 Proses Kerja PLTG.....	11
Gambar 2 1 Proses Kerja PLTG.....	11
Gambar 2 2 Gambar Siklus Turbin Gas.....	13
Gambar 2 2 Gambar Siklus Turbin Gas.....	13
Gambar 2 3 p-v dan T-s diagram Siklus Brayton ideal.....	14
Gambar 4.1 Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Beban Puncak Dan Beban Normal Berdasarkan Data Spesifikasi.....	46
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Beban Normal Dan Beban Puncak Tanggal 05 Desember 2022.....	47
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Beban Puncak Dan Beban Normal Tanggal 08 Desember 2022.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Data Teknis High Speed Diesel	7
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.....	23
Tabel 4.1 Data Teknis Pembangkit Listrik Tenaga Gas tello	27
Tabel 4.2 Data Spesifikasi Base Load Dan Peak Load Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Unit General Electric Tello.....	28
Tabel 4.3 Table 4. 3 Data Aktual Perubahan Beban Terhadap Pemakaian bahan Bakar .	30
Tabel 4.4 Data Aktual Perubahan Beban Terhadap Pemakaian bahan Bakar	30
Tabel 4.5 Nilai Specific Fuel Consumption (SFC)	40
Tabel 4.6 Nilai Specific Fuel Consumption (SFC)	41
Tabel 4.7 Produksi Listrik Periode Bulan Juli – Desember 2022.....	42
Tabel 4.8. Perbandingan Beban Normal Dan Beban Puncak Berdasarkan Data Spesifikasi	43
Tabel 4.9 Perbandingan Beban Normal Dan Beban Puncak Pada Tanggal 05 Desember 2022.....	45

DAFTAR NOTASI

P	: Daya listrik (kW/h)	4
$\cos \theta$: Faktor daya (W)	4
Q_f	: Pemakaian bahan bakar (liter/h)	16
h	: Perubahan entalpi (kJ/kg)	16
m_a	: Udara masuk (m/s)	16
η_c	: Efisiensi kompresor	16
W_c	: Kerja kompresor aktual	16
Q_{in}	: Bahan bakar masuk (kJ/kg)	16
W_{cs}	: Kerja kompresor ideal	17
η_T	: Efisiensi turbin	18
W_T	: Kerja turbin aktual	18
W_{TS}	: Kerja turbin ideal	18
HR	: Laju panas pembangkit (kJ/kWh)	20
m_f	: Jumlah bahan bakar (kg/h)	20
LHV	: Nilai kalor (kJ/kg)	20
m_x	: Laju campuran bahan bakar udara (kg/h)	29

DAFTAR PERSAMAAN

<i>Beban puncak (Pp) = S x cos θ</i>	4
<i>Beban rata – rata = $\frac{\text{Beban listrik dalam periode tertentu}}{\text{Waktu komsumsi penggunaan dalam periode tertentu}}$</i>	5
<i>SFC = $\frac{Qf}{P}$</i>	9
<i>$\eta_T = \frac{W_T}{W_{TS}}$</i>	16
<i>HR = $\frac{LHV \times mF}{P}$</i>	18
<i>$f = \frac{h_3 - h_2}{LHV - h_3}$</i>	28
<i>$m_a = \frac{m_f}{f}$</i>	29
<i>$m_x = m_f + m_a$</i>	29
<i>$\eta_{thermal} = \frac{P}{Q_{in}} \times 100 \%$</i>	33
<i>$Q_{in} = mf \times LHV$</i>	33
<i>$mf = Qf \times \rho$</i>	33
<i>HR = $\frac{LHV \times mf}{p}$</i>	34

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pembangkit listrik tenaga gas merupakan salah satu unit pembangkit yang digunakan oleh PLN wilayah VIII sektor Tello dengan unit asuhan Bontoala dan GI atau transmisi.

PLN wilayah VIII sektor Tello sendiri diresmikan dan mulai beroperasi pada tahun 1971 oleh presiden Republik Indonesia Bapak Soeharto untuk menunjang kelancaran pasokan listrik di daerah Makassar. PT. PLN (PERSERO) VIII sektor Tello sendiri memiliki 4 unit pembangkit listrik tenaga gas, yaitu 2 unit PLTG Alstom dengan beban (2 x 41.459 Mw) dan 2 unit PLTG GE dengan beban (2 x 33. 400 MW). PLTG Alstom sendiri dibangun pada tahun 1982, 15 tahun berlalu PT. PLN (PERSERO) VIII sektor Tello kembali membangun 2 unit PLTG GE untuk menambah supply listrik. Dalam pengoperasiannya baik PLTG Alstom dan PLTG GE memakai bahan bakar jenis minyak solar (HSD).

Analisis nilai *Specific Fuel Consumption* (SFC) pada mesin pembangkit listrik merupakan salah satu penentu biaya produksi khususnya biaya bahan bakar yang diperlukan dalam pembangkit. Dengan mengetahui konsumsi spesifik bahan bakar dapat menjelaskan seberapa optimal kinerja mesin untuk meningkatkan daya pembangkitan dan menimalisir pemborosan bahan bakar sehingga tercipta peluang penghematan biaya produksi

Specific Fuel Consumption (SFC) adalah rasio perbandingan total konsumsi bahan bakar terhadap daya listrik yang dibangkitkan dalam sebuah industri pembangkit listrik, biasanya digunakan sebagai salah satu cara untuk mengetahui seberapa efisien sebuah pembakaran.

Meningkatnya laju pembangunan membuat laju pemakaian listrik juga semakin meningkat. Hal inilah yang membuat PLTG Tello kembali digunakan. Dengan hal inilah penulis ingin menghitung konsumsi bahan bakar ketika daerah Makassar dan sekitarnya mengalami beban puncak. Dengan perhitungan ini diharapkan dapat membantu perusahaan yang bergerak pada bidang energi untuk menentukan berapakah biaya produksinya.

Pada dasarnya dapat kita ketahui bahwa fluktuasi besar terjadi pada sektor rumah tangga, karena pemakaian pada malam hari akan jauh lebih besar atau dominan dari pada pemakaian disiang hari, dan disini jumlah pengguna sektor rumah tangga mungkin bisa terbilang banyak pemakianya karena per rumah, disitulah terjadinya fluktuasi. Menengok pada sektor yang lain seperti industri rata-rata pemakaian selalu kontinyu 24 jam, jadi fluktuasi yang terjadi kemungkinan lebih kecil dari pada sektor rumah tangga. Faktor yang penting didalam sistem distribusi yaitu karakteristik didalam bermacam golongan. Didalam karakteristik beban listrik di suatu jaringan sistem bergantung di macam beban yang dilayaninya. Karakteristik beban merupakan peran penting didalam menentukan kapasitas pembebanan. Faktor yang menentukan karakteristik beban yaitu faktor beban, faktor beban harian rata-rata dan faktor penilaian beban. Faktor beban adalah penjalbaran penting pada suatu data konsumsi energi listrik dan berpacu pada rasio konsumsi rata-rata terhadap konsumsi puncak (peak demand). Faktor beban selalu dihubungkan dengan faktor kapasitas, ini adalah rasio penggunaan rata-rata terhadap kapasitas.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka peneliti akan melakukan penelitian dengan judul “Analisis Pemakaian Bahan Bakar Terhadap Perubahan Beban Pada Unit General Electric di PLTG Tello”

I.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana menghitung spesifik pemakaian bahan bakar pada saat kondisi beban puncak selama 1 hari?
2. Bagaimana menghitung spesifik pemakaian bahan bakar pada saat kondisi beban normal selama 1 hari?
3. Bagaimana mengetahui beban puncak dan beban normal selama 6 bulan ke belakang?

I.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk menghitung spesifik pemakaian bahan bakar pada saat kondisi beban puncak selama 1 hari
2. Untuk menghitung spesifik pemakaian bahan bakar pada saat kondisi beban normal selama 1 hari
3. Untuk mengetahui beban puncak dan beban normal selama 6 bulan ke belakang

I.4 Batasan Masalah

1. Perhitungan yang dilakukan hanya untuk mengetahui spesifik pemakaian bahan bakar pada saat kondisi beban puncak
2. Perhitungan yang dilakukan hanya untuk mengetahui spesifik pemakaian bahan bakar pada saat kondisi beban normal
3. Perhitungan yang dilakukan hanya untuk beban puncak dan beban normal selama 6 bulan ke belakang
4. Penelitian yang dilakukan hanya pada unit *general electric* 1

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Pengertian Beban Puncak

Beban puncak yaitu waktu kenaikan beban dikarenakan kebutuhan pelanggan setiap hari terhadap listrik. Misal dalam sehari, setiap paginya kebutuhan akan listrik hanya mencapai 20 MW, maka pada malam hari pemakaian listrik bisa meningkat menjadi 75 MW. Periode beban puncak sendiri yaitu sekitar jam 18.00 – 20.00 WITA (Rifko, 2023).

Untuk menghitung beban puncak adalah sebagai berikut (Nugroho Dwi Cahyanto, 2019)

$$\text{Beban puncak } (P_p) = S \times \cos \theta \dots\dots\dots(1)$$

Dengan

P = Daya listrik

$\cos \theta$ = Faktor daya (0.8)

II.2 Pengertian Beban Normal

Beban normal adalah permintaan minimum yang harus dipenuhi oleh sistem kelistrikan untuk jangka waktu tertentu (misalnya seminggu atau sebulan). Beban ini dapat dipenuhi oleh satu jenis generator, pembangkit cadangan, atau energi terbarukan dalam jumlah kecil yang berbeda. Ini didasarkan pada pendekatan yang paling murah dan menawarkan tingkat keandalan dan ketersediaan tertinggi. Jika beban normal terlampaui, beban berikutnya dapat dihidupkan dan dimatikan dengan cepat dengan pembangkit listrik cadangan, stasiun pengisian rata-rata, stasiun pengisian maksimum, serta cadangan operasi. respons permintaan dan penyimpanan energi. Adapun cara

menghitung beban rata-rata adalah sebagai berikut (Nugroho Dwi Cahyanto, 2019)

$$\text{Beban rata - rata} = \frac{\text{Beban listrik dalam periode tertentu}}{\text{Waktu konsumsi penggunaan dalam periode tertentu}} \dots(2)$$

II.3 High Speed Diesel

High Speed Diesel (HSD) adalah salah satu jenis bahan bakar yang dihasilkan dari proses pengolahan minyak bumi. Minyak mentah dipisahkan fraksi – fraksinya pada proses destilasi sehingga dihasilkan fraksi solar dengan titik didih 250°C sampai 300°C. Jenis BBM ini umumnya digunakan untuk mesin transportasi mesin diesel yang umum dipakai dengan sistem injeksi pompa mekanik (injection pump). Kualitas HSD atau solar dinyatakan dengan bilangan cetane, yaitu bilangan yang menunjukkan kemampuan HSD mengalami pembakaran di dalam mesin serta kemampuan mengontrol detonasi (knocking). Semakin tinggi bilangan cetane maka kualitas HSD akan semakin bagus (Seftian, 2021)

a) Density, Specific Gravity dan API Gravity

Density didefinisikan sebagai perbandingan massa bahan bakar terhadap volume bahan bakar pada suhu acuan 15°C. Sedangkan *Specific Gravity (SG)* didefinisikan sebagai perbandingan berat dari sejumlah volume minyak bakar terhadap berat air untuk volume yang sama pada suhu tertentu densitas bahan bakar relatif terhadap air. *Specific Gravity* dinyatakan dalam persamaan (Tamam, 2016) :

$$SG_{\text{terhadap air}} = \frac{\text{densitas}_{\text{bahan bakar}}}{\text{densitas}_{\text{air}}} \dots\dots\dots(3)$$

Sementara hubungan nilai *Specific Gravity* dengan *API Gravity* adalah sebagai berikut :

$$API\ Gravity = \frac{141,5}{SG} - 131,5$$

.....(4)

b) *Viskositas*

Viskositas atau kekentalan dari suatu cairan adalah salah satu sifat cairan yang menentukan besarnya perlawanan terhadap gaya geser. *Viskositas* terjadi terutama karena adanya interaksi antara molekul-molekul cairan. *Viskositas* merupakan sifat penting dalam penyimpanan dan penggunaan bahan bakar. *Viskositas* mempengaruhi derajat pemanasan awal yang diperlukan untuk handling, penyimpanan dan atomisasi yang memuaskan dan jika *viskositas* terlalu tinggi maka akan menyulitkan dalam pemompaan dan sulit untuk diinjeksi sehingga atomisasi bahan bakar menjadi jelek (Tamam, 2016)

c) *Flash Point*

Flash point atau titik nyala suatu bahan bakar adalah suhu terendah dimana bahan bakar dapat dipanaskan sehingga uap mengeluarkan nyala sebentar bila dilewatkan suatu nyala api (Tamam, 2016)

d) *Pour Point*

Pour point atau titik tuang suatu bahan bakar adalah suhu terendah dimana bahan bakar masih dapat mengalir karena gaya gravitasi. Ini merupakan indikasi yang sangat kasar untuk suhu terendah dimana bahan bakar minyak siap untuk dipompa (Tamam, 2016)

e) *Sulphur Content*

Sulphur content atau kandungan belerang dalam bahan bakar diesel dari hasil penyulingan sangat tergantung pada asal minyak mentah yang akan diolah. Keberadaan belerang tidak diharapkan karena sifatnya merusak yaitu apabila oksida belerang bereaksi dengan air merupakan bahan yang korosif terhadap logam di ruang bakar. Selain itu menimbulkan polusi lingkungan akibat oksidasi belerang dengan oksigen selama proses pembakaran (Tamam, 2016)

f) *Dinstillation* atau Denstilasi

Karakteristik destilasi dari bahan bakar menunjukkan kemampuan bahan bakar berubah menjadi uap pada suhu tertentu (Tamam, 2016)

g) Cetane Number

Cetane number atau angka setana merupakan bilangan yang menyatakan perlambatan penyalaan (*ignition delay*) dibandingkan dengan campuran volumetris cetane ($C_{16}H_{34}$) dan a-methylnapthalene ($C_{10}H_7CH_3$) pada *CFR engine* pada kondisi yang sama (Tamam, 2016)

Tabel 2 1 Data Teknis High Speed Diesel (Ibadurrahman, 2019)

No	Properties	Limit	
		Min	Max
1	Sulphur content % wt	-	0.5
2	Specific Gravity at 60/60°F	0.82	0.87
3	Cetane Number	45	48
4	Viscosity Kinematic at cSt	1.6	5.8
5	Sulphur Content % wt	-	0.5
6	Lhv kj/kg	40324,6	-
7	Water content % vol	-	0.05
8	Density kg/m ³	0.845	-
9	Flash point P. M. c. c. °F	150	-

II.4 Teori Pembakaran

Pembakaran merupakan oksidasi cepat bahan bakar disertai dengan produksi panas dan cahaya. Bahan bakar akan terbakar sempurna hanya jika ada pasokan oksigen (O_2) yang cukup. Jumlah oksigen mencapai 20,9% dari udara, dan sebanyak hampir 79% merupakan nitrogen (N_2) dan sisanya adalah elemen lain (Tamam, 2016)

Nitrogen sendiri mempunyai fungsi sebagai pengencer yang menurunkan suhu yang harus ada untuk mencapai oksigen yang dibutuhkan dalam pembakaran. Nitrogen mengurangi efisiensi pembakaran dengan cara menyerap panas dari pembakaran bahan bakar dan mengencerkan gas buang. Nitrogen dapat bergabung dengan oksigen terutama pada suhu nyala yang tinggi (Tamam, 2016)

II.5 Perhitungan Stoikiometri Kebutuhan Udara

Jika ketersediaan oksigen untuk reaksi oksidasi mencukupi, maka bahan bakar hidrokarbon akan dioksidasi secara menyeluruh, yaitu karbon dioksidasi menjadi karbon dioksida (CO_2) dan hidrogen dioksidasi menjadi uap air (H_2O). Pembakaran yang demikian disebut sebagai pembakaran dan (Tamam, 2016)

II.6 *Specific Fuel Consumption*

Pengukuran SFC sebaiknya dilakukan pada beban yang tetap selama minimum dua jam, kemudian diukur seberapa banyak jumlah pemakaian bahan bakar selama periode dua jam tersebut. Jika periode waktu ini dirasa terlalu lama, maka dapat dipersingkat dengan pengambilan data minimum selama satu jam.

Pengukuran SFC dilakukan dengan menggunakan formula sebagai berikut :

$$SFC = \frac{Q_f}{P} \dots\dots\dots(5)$$

Dengan

Q_f = Pemakaian bahan bakar (Liter/h)

P = Daya Listrik yang dibangkitkan (kW)

Satuan pengukuran SFC terutama pada *Fuel Flow* berbeda-beda tergantung dari jenis bahan bakar yang digunakan pada sebuah pembangkit listrik, contohnya :

PLTU Minyak, SFC = Liter/kWh

PLTU Batubara, SFC = kg/kWh

PLTU Gas Alam, SFC = MSCF/kWh

Nilai pengukuran *SFC* bervariasi sesuai dengan beban unit yang dibangkitkan, sebagai contoh apabila beban yang dibangkitkan adalah sebesar 100%, 75% dan 50% dari daya maksimum (*MCR*) maka nilai *SFC* antara beban yang satu dengan yang lainnya akan tidak sama, demikian juga apabila bahan bakar yang digunakan memiliki nilai kalor yang tinggi, maka nilai *SFC* akan turun disebabkan oleh konsumsi bahan bakar yang tidak banyak.

II.7 Definisi PLTG

PLTG adalah salah satu mesin turbin yang memanfaatkan gas hasil pembakaran untuk menekan sudut turbin sehingga menghasilkan gerak putar. Fluida kerja untuk memutar turbin gas adalah gas panas yang diperoleh dari proses pembakaran. Desain pertama turbin gas dibuat oleh John Wilkins seorang Inggris pada tahun 1791. Sistem tersebut bekerja dengan gas hasil pembakaran batu bara, kayu atau minyak, kompresornya digerakkan langsung oleh turbin dengan perantara rantai roda gigi.

Pada tahun 1872, Dr. F. Stolze merancang sistem turbin gas yang menggunakan kompresor aksial bertingkat ganda yang digerakkan langsung oleh turbin reaksi tingkat ganda. Tahun 1908, sesuai dengan konsep H. Holzworth, dibuat suatu sistem turbin gas yang mencoba menggunakan proses pembakaran pada volume konstan. Tetapi usaha tersebut karena terbentur pada masalah konstruksi ruang bakar dan tekanan gas pembakaran yang berubah sesuai beban. Tahun 1904, “ *sciette des turbomoteurs* “ di Paris membuat suatu turbin gas yang konstruksinya berdasarkan desain *Armengaud* dan *Lemate* yang menggunakan bahan bakar cair (Hidayat, 2016). Temperatur gas pembakaran yang masuk sekitar 450° C dengan tekanan 45 atm dan kompresornya langsung digerakkan oleh turbin. Selanjutnya pada tahun 1935 sistem turbin gas mengalami perkembangan dimana diperoleh efisiensi sebesar kurang dari 15%. Pesawat pancar gas yang pertama diselesaikan oleh “British Thomson Houston Co” pada tahun 1957 dengan konsepsi Frank Whittle tahun 1930 . Komponen utama dari PLTG :

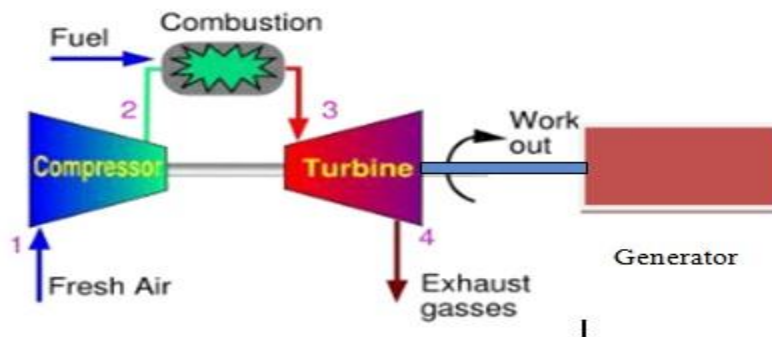
1. Kompresor
2. Ruang bakar
3. Turbin
4. Generator

Keuntungan menggunakan PLTG adalah waktu start nya relatif singkat, ringan, tidak memerlukan air pendingin, masa pembangunan yang pendek, murah dan dapat ditempatkan diberbagai lokasi.

Kelemahan dari PLTG yakni efisisensi nya rendah, umur pendek, daya mampunya dipengaruhi oleh kondisi udara atmosfer, biaya pemeliharaan dan mengakibatkan polusi udara. Komponen utama PLTG terdiri atas beberapa peralatan dimana satu dengan daya lainnya terintegrasi sehingga menjadi satu unit lengkap yang dapat dioperasikan sebagaimana mestinya .

II.8 Prinsip Kerja PLTG

Pembangkit listrik tenaga gas menggunakan turbin gas sebagai alat untuk menghasilkan listrik. Turbin gas menggunakan udara atmosfer sebagai fluida kerja yang kemudian dihubungkan dengan *load gear* untuk mengubah putaran lalu kemudian menuju ke generator dengan putaran 3000 RPM sehingga dihasilkan gaya gerak listrik (GGL) (Ibadurrahman, 2019).



Gambar 2 1 Proses Kerja PLTG

Sumber : <https://haloedukasi.com/pembangkit-listrik-tenaga-gas>

Pada saat *start* awal, dimana turbin belum mampu melakukan pembakaran sendiri, sebuah *starting diesel engine* digunakan untuk menggerakkan kompresor dan udara dihisap masuk kedalam kompresor melalui inlet udara, udara yang di kompres tersebut melewati sebuah diffuser

kemudian masuk ke dalam ruang bakar dan bercampur dengan bahan bakar. Dengan perantara percikan api ignitor pada saat start maka terjadilah pembakaran antara campuran bahan bakar dan udara yang mengakibatkan temperatur ruang bakar menjadi tinggi. Setelah proses pembakaran terjadi, percikan api ignitor dihentikan dan proses pembakaran berlanjut ke ruang bakar lainnya melalui *crossfire tube* (Ibadurrahman, 2019).

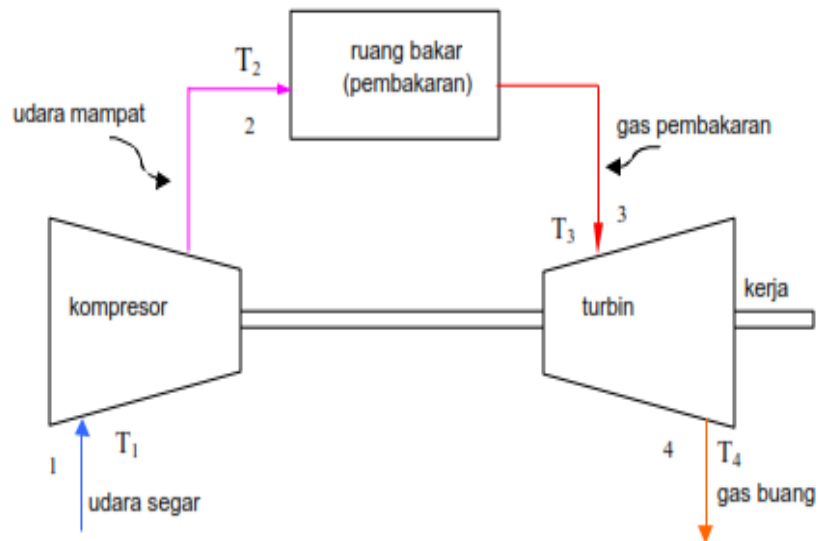
Udara dan gas bertemperatur tinggi ini diekspansikan ke dalam turbin gas melalui nozzle, kemudian gas hasil pembakaran tersebut menumbuk turbin dan energi kinetik dari gas diubah menjadi energi gerak rotasi, akibatnya turbin berputar. Sekitar 70% daya yang dihasilkan oleh turbin digunakan untuk memutar beban (kompresor dan pompa-pompa) sedangkan sisanya digunakan generator listrik mestinya (Ibadurrahman, 2019).

Udara dan gas bertemperatur tinggi ini diekspansikan ke dalam turbin gas melalui nozzle, kemudian gas hasil pembakaran tersebut menumbuk turbin dan energi kinetik dari gas diubah menjadi energi gerak rotasi, akibatnya turbin berputar. Sekitar 70% daya yang dihasilkan oleh turbin digunakan untuk memutar beban (kompresor dan pompa-pompa) sedangkan sisanya digunakan generator listrik mestinya.

II.9 Siklus Brayton

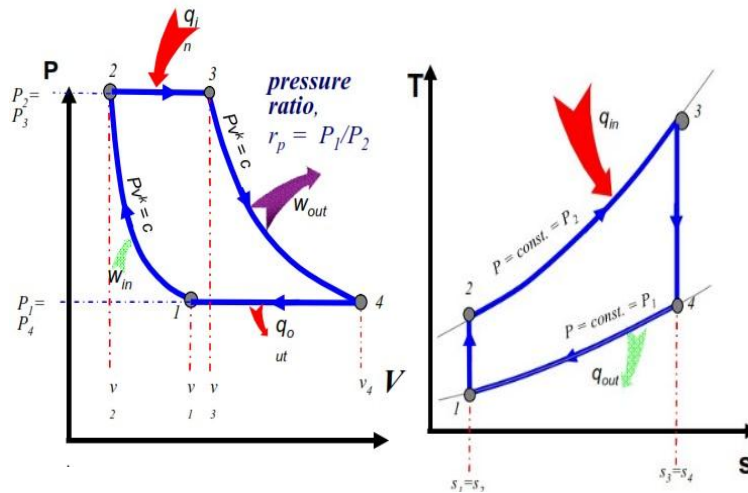
Turbin gas secara termodinamika bekerja dengan siklus Brayton (Brayton cycle). Siklus udara standart Brayton ditemukan oleh George Brayton pada tahun 1870. Siklus ini merupakan siklus ideal untuk sistem turbin gas sederhana dengan siklus terbuka. Siklus ini terdiri dari dua proses isobar (tekanan tetap) dan dua proses adiabatik mampu balik (isentropic). Siklus ideal adalah siklus dengan asumsi : 1. Proses kompresi dan ekspansi terjadi secara isentropik 2. Perubahan energi kinetik dari fluida kerja antara sisi masuk dan sisi keluar kompresor diabaikan 3. Tidak ada kerugian tekanan pada sisi masuk dan sisi keluar ruang bakar 4. Laju aliran massa gas dianggap

konstan. Turbin gas bekerja berdasarkan siklus bryton dimana terdapat hubungan antara P-V dan T-S skema instasi dan turbin gas tersebut dapat dilukiskan dengan siklus bryton ideal. Udara luar di hisap oleh kompresor dan dimanfaatkan hingga tekanan dan temperaturnya naik. Gas hasil pembakaran dieks Udara yang masuk ke dalam kompresor di mana yang berfungsi menghisap dan menarik tekanan udara. Sehingga temperaturnya akan naik. Kemudian udara yang bertekanan dan bertemperatur tinggi itu masuk ke dalam ruang bakar disemprotkan bahan bakar ke dalam arus udara tersebut, sehingga terjadi proses pembakaran.pensikan untuk memutar turbin kemudian dikeluarkan ke udara atau dimanfaatkan kembali untuk memanaskan ketel pada siklus kombinasi.



Gambar 2 3 Gambar Siklus Turbin Gas

Sumber : Boby (2010)



Gambar 2.5 p-v dan T-s diagram Siklus Brayton ideal

Sumber: Moran & Shapiro, Fundamentals of Engineering Thermodynamic 5th

Keterangan :

1. Proses 1 ke 2 (kompresi isentropik).

Proses kompresi adiabatik udara pada kompresor, tekanan udara naik

Kerja yang dibutuhkan oleh kompresor (Ibadurrahman, 2019)

$$W_c = m_{udara} (h_2 - h_1) \dots\dots\dots(9)$$

2. Proses 2 ke 3, Proses pembakaran campuran udara dan bahan-bakar pada tekanan konstan, dihasilkan panas pada ruang bakar. Pemasukan bahan bakar pada tekanan konstan. Jumlah kalor yang dihasilkan (Ibadurrahman, 2019)

$$Q_{in} = (m_{udara} + m_{bb}) (h_3 - h_2) \dots\dots\dots(10)$$

3. Proses 3 ke 4, (ekspansi isentropik didalam turbin). Proses ekspansi adiabatik gas pembakaran pada turbin dihasilkan kerja turbin berupa putaran poros dan gaya dorong, tekanan turun. Daya yang dibutuhkan turbin (Ibadurrahman, 2019)

$$Q_{in} = (m_{udara} + m_{bb}) (h_3 - h_4) \dots\dots\dots(11)$$

II.10 Komponen Utama PLTG

Adapun komponen utama PLTG adalah sebagai berikut :

1 Kompresor

Kompresor yang digunakan pada turbin gas GE MS 6001 terdiri dari 17 tingkat dengan arah aliran aksial. Yang dimaksud dengan aliran aksial adalah bahwa laju alirannya *parallel* atau memanjang searah dengan *shaft* dari rotor. Aliran ini semakin menyempit diameternya sepanjang kompresor untuk memungkinkan terjadinya kompresi (Ibadurrahman, 2019)

Perhitungan efisiensi terhadap kompresor dengan menggunakan persamaan (Ibadurrahman, 2019)

$$\eta_c = \frac{W_c}{W_{cs}} \dots\dots\dots(12)$$

Dimana

η_c = Efisiensi kompresor

W_c = Kerja kompresor aktual

W_{cs} = Kerja kompresor ideal

2 Ruang Bakar

25-28% dari aliran total yang masuk ke ruang bakar dan bercampur dengan bahan bakar dan ini disebut udara primer (*primary air*). Kemudian 72-75% udara yang berlebih mengalir diantara lapisan dalam dan lapisan luar dari tabung api masuk kedalam melalui lubang lubang yang ada dalam dinding lapisan dalam ruang bakar. Udara ini disebut udara sekunder/udara pendingin (*cooling air*). Fungsi lain dari udara sekunder ini yaitu untuk menyempurnakan pembakaran, dimana apabila masih ada bahan bakar yang tidak terbakar dengan udara

primer maka akan terbakar dengan udara sekunder ini (Ibadurrahman, 2019)

Proses pendinginan material turbin sangat diperlukan karena tingginya temperatur ruang bakar dan kemampuan sudu-sudu turbin dan ruang bakar untuk menerima panas sangat terbatas. Udara sekunder nantinya akan membentuk suatu lapisan tipis udara yang disebut lapisan film, sehingga panas tidak dapat merusak dinding tabung api, kemudian udara sekunder juga akan bercampur dengan gas hasil pembakaran bertemperatur tinggi sehingga temperatur gas keluar tidak akan merusak sudu-sudu turbin (Ibadurrahman, 2019)

Ruang pembakaran merupakan tempat bercampurnya bahan bakar dan udara untuk menghasilkan gas panas yang bertekanan tinggi untuk memutar turbin. Udara pembakaran yang sudah dimampatkan diberikan langsung dari kompresor ke ruang pembakaran. Bahan bakar dimasukkan ke masing-masing ruangan pembakaran (Ibadurrahman, 2019)

3 Turbin Gas

Turbin terdiri dari beberapa deret sudu-sudu dan sudu yang tidak berputar. Sudu-sudu yang berputar disebut rotor dan sudu yang tidak berputar disebut stator. Turbin gas GE MS 6001 mempunyai tiga tingkat turbin, tiap tingkat turbin terdiri dari rotor dan nozzle yang dalam hal ini disebut stator. Turbin berfungsi untuk memutar poros generator yang dikopel langsung antara poros turbin dengan generator (Sitayani, 2021).

Menghitung efisiensi turbin sendiri dapat berdasarkan metode siklus brayton adalah sebagai berikut (Ibadurrahman, 2019)

$$\eta_T = \frac{W_T}{W_{TS}} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana

η_T = Efisiensi turbin

W_T = Kerja turbin aktual

W_{TS} = Kerja turbin ideal

4 Generator

Generator pada prinsipnya merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator yang digunakan oleh PLTG Unit Pembangkitan I adalah generator sinkron. Kecepatan turbin berbeda dengan kecepatan rotor pada generator sehingga antara keduanya dikopel melalui *reductim,gear*, yang akan menurunkan kecepatan turbin dari 5100 Rpm menjadi 3000 Rpm pada rotor generator, karena frekuensi yang dibutuhkan adalah 50 Hz (Ibadurrahman, 2019)

5 Load Gear

Load gear berfungsi untuk memindahkan daya yang dihasilkan oleh turbin gas ke generator. *Load gear* ditempatkan diantara poros turbin dengan poros generator. Selain fungsinya memindahkan daya, *load gear* juga berfungsi untuk menyesuaikan (mereduksi) putaran turbin agar sesuai dengan putaran generator. Jaringan listrik di Indonesia memiliki frekuensi 50 Hz sehingga putaran tertinggi generator adalah 3000 rpm sedangkan putaran turbin yaitu 4800 bahkan lebih maka disinkronkan menggunakan *load gear* (Ibadurrahman, 2019)

Dalam penyambungan poros turbin dan poros *load gear* digunakan suatu kopleng (*load kopleng*) dan yang benar-benar diperhatikan dari *load kopleng* ini yaitu pada saat pemasangannya

harus dilakukan dulu *alignment* untuk memastikan bahwa poros turbin dan poros *load gear* berada dalam posisi selurus. Hal ini harus diperhatikan agar vibrasi pada unit tidak tinggi pada saat unit beroperasi sehingga tidak terjadi *miss alignment* (Ibadurrahman, 2019)

6 Accessory Gear

Adalah rangkaian gear yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan putaran poros yang dibutuhkan oleh turbin serta *diesel start*. *Accessory gear* terletak diujung compressor dari turbin gas, *accessory gear* digabungkan langsung melalui kopling fleksibel terhadap rotor turbin ke penggerak awalnya (*diesel start*) (Ibadurrahman, 2019)

Accessory gear juga digunakan untuk menggerakkan pompa minyak pelumas utama (*main lube pump*), pompa suplai utama hidrolik (*main hydrolic supply pump*), pompa bahan bakar cair (*liquid fuel pump*), dan pompa utama/*automizing* udara kompressor (*automizing air pump compressor*) serta mempunyai pelumasan pada bantalan turbin (Ibadurrahman, 2019)

II.11 Laju Panas Pembangkit

Secara umum, laju kalor suatu generator merepresentasikan jumlah masukan energi yang diperlukan untuk menghasilkan energi dari generator. Semakin tinggi nilai heat input maka efisiensi generator semakin rendah, dan sebaliknya semakin rendah nilai heat input maka efisiensi generator semakin baik. (Ibadurrahman, 2019)

Cara mencari nilai kalor (heat rate) adalah sebagai berikut
 Cara mencari nilai kalor (heat rate) adalah sebagai berikut (Ibadurrahman, 2019)

$$HR = \frac{LHV \times mF}{P} \dots\dots\dots(14)$$

Dimana

HR = Laju panas pembangkit (*Heat Rate*)

m_f = Jumlah bahan bakar (kg/h)

LHV = Nilai kalor (kJ/kg)

P = Daya output (kw)

II.12 Penelitian Terdahulu

Adapun penelitian terdahulu adalah sebagai berikut :

No	Variabel	Indikator	Item
1	<p>Pengaruh pembebanan pembangkit listrik tenaga gas terhadap efisiensi biaya listrik (studi kasus di PT. Indonesia Power UBP Bali unit Pesanggaran).</p> <p>Sumber : (Adikumoro, Novirani and Fitria, 2014)</p>	<ul style="list-style-type: none">• <i>Specific Fuel Consumption</i>• Efisiensi biaya pembangkitan listrik	<ul style="list-style-type: none">• Dari penelitian ini didapatkan bahwa SFC terendah ketika pukul 22.00-06.00 WIB dengan kebutuhan daya 17-20 MW beban 50% adalah 0.437 liter/KWH. Estimasi biaya penggunaan bahan bakar selama 1 bulan adalah Rp. 20.976.000.000• Estimasi efisiensi penghematan biaya

			<p>pembangkit beban 50% (20MW) pada bulan maret 2013 adalah sebesar Rp. 31.902.873.575</p>
2	<p>Analisis penggunaan bahan bakar <i>High Speed Diesel</i> (HSD) dan <i>Marine Fuel Oil</i> (MFO) pada pembangkit listrik tenaga diesel</p> <p>Sumber : (Seftian, 2021)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Proses penggunaan bahan bakar HSD-MFO pada PLTD • Unjuk kerja secara teknis dan ekonomis PLTD yang beroperasi dengan bahan bakar kmbinasi HSD-MFO 	<ul style="list-style-type: none"> • Dari penelitian ini dihasilkan komponen pada bahana bakar HSD dan MFO memiliki beberapa kesamaan diantaranya yaitu pada storage tank dan dayli tank. Namun pada MFO memiliki lebih banyak komponen yaitu berupa sludge tank, settlink tank, separator danbooster module. Ini karena MFO tidak dapat langsung digunakan. • Secara Teknik penggunaan bahan bakar HSD lebih efisien daripada kombinasi HSD-MFO, dikarenakan

			bahan bakar HSD dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar <i>starting</i> , utama, dan <i>closing</i> mesin diesel
3	<p>Analisis penggunaan bahan bakar High speed Diesel (HSD) dan Marine Fuel Oil (MFO) terhadap parameter titik utama siklus kerja dan performa mesin diesel Mitsubishi type man 18V52/55A</p> <p>Sumber : (Padilla, Subaer and Muris, 2019)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Perbandingan penggunaan bahan bakar HSD dan MFO terhadap parameter termodinamika pada titik titik utama siklus kerja mesin diesel • Perbandingan kinerja mesin diesel dengan penggunaan bahan bakar HSD dan MFO 	<ul style="list-style-type: none"> • Dari kajian parameter termodinamika ini didapatkan hasil bahwa setiap penurunan atau peningkatan suhu atau tekanan pada satu titik berpengaruh pada titik lainnya • Daya efektif mesin ketika menggunakan bahan bakar MFO lebih tinggi dibandingkan HSD
4	Analisis komsumsi	<ul style="list-style-type: none"> • Specific Fuel 	<ul style="list-style-type: none"> • Laju aliran bahan

	<p>bahan bakar pada pembangkit listrik tenaga uap (studi kasus di PT. Indonesia Power Semarang)</p> <p>Sumber : (Syukrillah, Khwee and Hiendro, 2019)</p>	<p>Consumption</p> <ul style="list-style-type: none"> • Efisiensi biaya bahan bakar 	<p>bakar saat beban 80 MW adalah sebesar 22.557,33 liter/jam. Sedangkan saat beban 140 MW sebesar 35.810,52 liter/jam</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konsumsi SFC semakin menurun seiring dengan penambahan beban/daya • Semakin besar daya yang dibangkitkan pembangkit, maka besarnya biaya penghematan dengan cara pergantian bahan bakar semakin besar
5	<p>Karakteristik unjuk kerja mesin diesel generator set sistem dual fuel solar dan syngas batubara</p> <p>Sumber : (Tamam, 2016)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Unjuk kerja system dual fuel solar dan syngas batubara 	<ul style="list-style-type: none"> • Nilai SFC system dual fuel mengalami penurunan hingga rata-rata 40.09 % dari rata-rata 0.275 kg/kW,h

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT.PLN (Persero) Unit Layanan PLTG Tello Di Unit General Electric

Waktu penelitian di rencanakan selama dua bulan yakni dari bulan Januari 2023 sampai dengan bulan Februari 2023. Adapun rincian proses tahapan penelitian dapat dilihat pada table berikut :

Tabel jadwal penelitian sebagai berikut :

Tabel 3 1 Jadwal Penelitian

No	Desskripsi	Waktu Pelaksanaan					
		Okt.	Nov.	Des.	Jan.	Feb.	Mar.
1	Kegiatan Studi Literatur						
2	Penyusunan Proposal Penelitian Dan Pembmbingan						
3	Seminar Proposal						
4	Perbaikan Seminar Proposal						
5	Pengumpulan Data Dan Informasi						
6	Penyusunan						

	Laporan Hasil Penelitian Dan Pembimbingan						
7	Pelaksanaan Ujian Hasil						
8	Perbaikan Laporan Hasil Penelitian						
9	Penyusunan Artikel Ilmiah / Jurnal Dan Publikasi Secara Elektronik						
10	Ujian Tutup						

III.2 Metode Penelitian

Adapun metode penelitian yang digunakan yaitu :

a) Penelitian lapangan

Dengan menggunakan metode observasi yaitu dengan melakukan pengamatan dan pengerjaan secara langsung terhadap objek yang diteliti dalam hal ini adalah mesin turbin gas.

b) Penelitian Perpustakaan

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengelola data yang telah diperoleh di lapangan, memperoleh pengetahuan dan landasan teori dari beberapa literature dan hasil penelitian orang lain yang mempunyai hubungan dengan masalah yang diteliti.

c) Penelitian Wawancara

Wawancara yang dilakukan adalah wawancara dengan para karyawan yang berhubungan langsung dengan quality control terutama pada bagian yang menangani mesin turbin gas.

III.3 Jenis dan Sumber Data

Sumber Penelitian ini meliputi pengumpulan, pengolahan data serta analisa dan perpecahan permasalahan berdasarkan sumber data yang kelak akan dipergunakan di dalam susunan, data yang dipergunakan ialah data yang didapatkan secara langsung melewati pemeriksaan dan penulisan yang dilakukan pada Mesin Turbin Gas di PT. PLN (PERSERO) Unit Layanan Pembangkit Listrik Tenaga Gas (ULPLTG)

1 Data primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari sumber asli (tidak melalui media perantara). Dilakukan oleh penulis berupa observasi langsung di Mesin Turbin Gas sebagai data primer, berupa opini subjek (orang) secara individual atau kelompok. Hasil observasi terhadap suatu benda fisik, kejadian atau kegiatan dan hasil pengujian merupakan data yang dikumpulkan.

2 Data sekunder

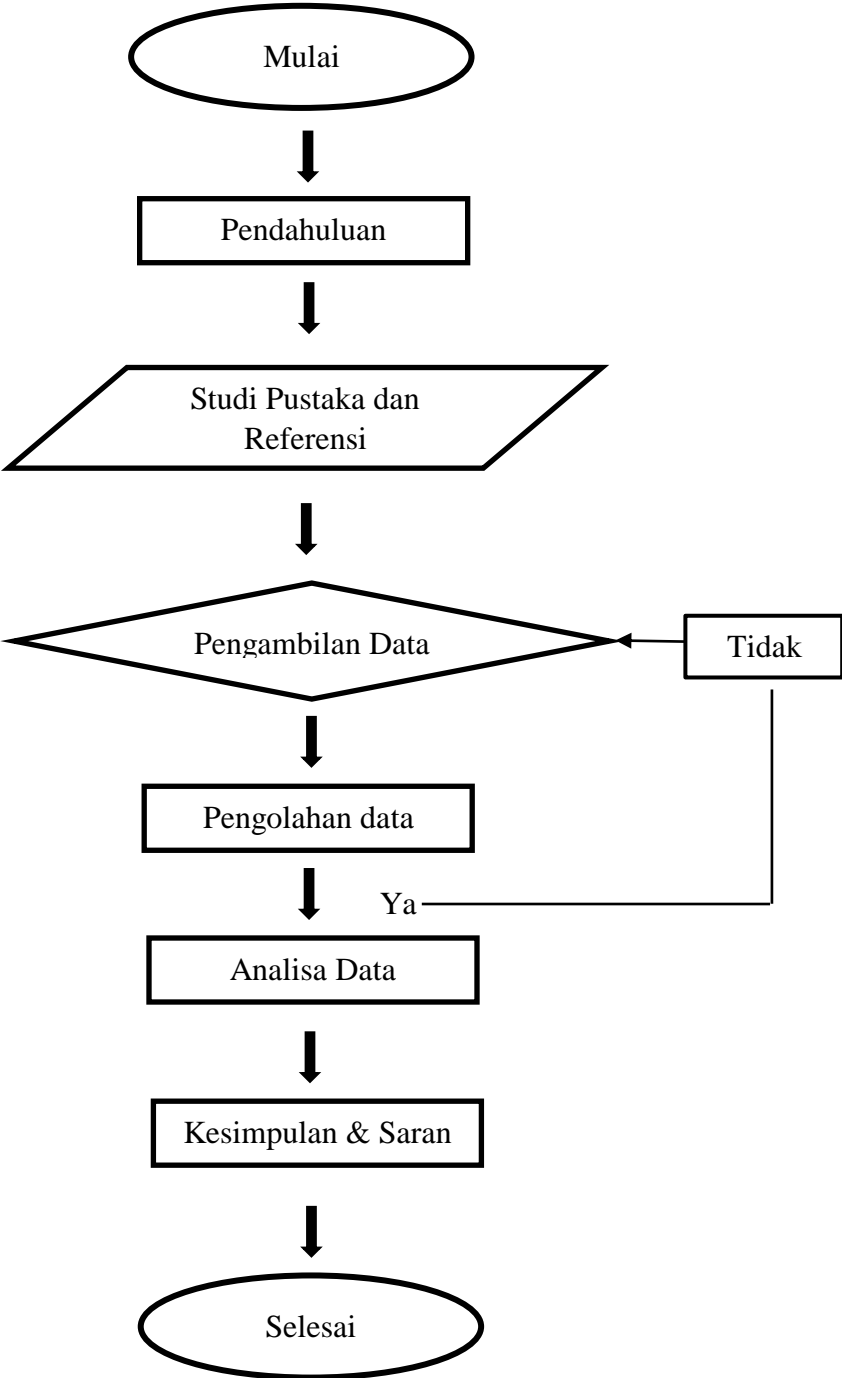
Data sekunder adalah data penelitian yang diperoleh secara tidak langsung yaitu melalui media perantara (diperoleh dan dicatat oleh pihak lain).

III.4 Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian dikumpulkan. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan di lantai produksi dengan menyaksikan data lapangan yang dimiliki oleh perusahaan dan dijadikan acuan atas pendataan yang diperoleh. Data yang telah dikumpulkan kemudian dengan perhitungan yang telah dijabarkan diatas.

III.5 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian dilihat pada gambar dibawah ini



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Data Teknis PLTG Tello

Data spesifikasi teknis ini sendiri dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4. 1 Data Teknis Pembangkit Listrk Tenaga Gas tello

Spesifikasi	Unit GE MS 6001
Pabrik Pembuat	General Electric
Type	MS 6001
Nomor Serial	296850
<i>Rated Power</i>	30 MW
<i>Turbin Stage</i>	3
<i>Compressor Stage</i>	171
Putaran	5100
Bahan Bakar	HSD
Tahun Operasi	1997
<i>Control</i>	SpeedtronicM.V

Data Spesifikasi Beban Normal dan Beban Puncak Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Data Spesifikasi Beban Normal Dan Beban Puncak Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Unit General Electric Tello

Spesifikasi	Beban Normal	Beban Puncak
Jenis Bahan Bakar	HSD (High Speed Diesel)	HSD (High Speed Diesel)
Nilai Kalor Bawah (kJ/kg)	40324,6	40324,6
Beban (MW)	26	30
Pemakaian Bahan Bakar (Liter/h)	9480	10380
Putaran (RPM)	3100	3100

IV.2 Menghitung Perbandingan Bahan Bakar Udara (AFR)

Berikut ini adalah perhitungan perbandingan bahan bakar dan udara berdasarkan daya 26 MW.

- Menghitung Perbandingan Bahan Bakar Udara

$$f = \frac{h_3 - h_2}{LHV - h_3}$$

f : Frekuensi

h_3 : Uap entalpi masuk turbin

h_2 : Uap entalpi sesudah kompresor

LHV : Nilai kalor bahan bakar

h_2 : 377,59 kJ/kg

h_3 : 444,33 kJ/kg

LHV : 40324,6 kJ / kg

$$f = \frac{444,33 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 377,59 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{40324,6 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 444,33 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 0,00015 \text{ kg bb/kg udara}$$

- Menghitung Laju Aliran Udara

$$m_a = \frac{m_f}{f}$$

m_a : Laju aliran udara

m_f : Laju aliran bahan bakar

$$m_a = \frac{8.010,6 \text{ kg/h}}{9.480 \text{ liter/h}} = 0,845 \text{ kg/h}$$

- Menghitung Laju Aliran Campuran Bahan Bakar – Udara

$$m_x = m_f + m_a$$

$$m_x = 8.010,6 \text{ kg/h} + 0,845 \text{ kg/h}$$

$$m_x = 8.011,445 \text{ kg/h}$$

IV.3 Data Aktual Perubahan Beban Terhadap Pemakaian Bahan Bakar Pembangkit Listrik Tenaga Gas

Berikut ini adalah data aktual perubahan beban terhadap pemakaian bahan bakar yang dapat dilihat pada tabel 4.3 dan tabel 4.4

Tabel 4. 3 Data Aktual Perubahan Beban Terhadap Pemakaian bahan Bakar
(05 Desember 2022)

No	Jam	Beban (MW)	Pemakaian Bahan Bakar (Liter/h)
1	09.00	8	4980
2	10.00	8	4980
3	11.00	8	4980
4	12.00	15	8720
5	13.00	15	8720
6	14.00	15	8720
7	15.00	15	8720
8	16.00	8	4980

Tabel 4. 4 Data Aktual Perubahan Beban Terhadap Pemakaian Bahan Bakar
(08 Desember 2022)

No	Jam	Beban (MW)	Pemakaian Bahan Bakar (Liter/h)
1	12.00	8	4980
2	13.00	8	4980
3	14.00	15	8720

4	15.00	15	8720
5	16.00	8	4980
6	17.00	8	4980
7	18.00	26	9480
8	18.30	26	9480
9	19.00	26	9480
10	19.30	26	9480
11	20.00	26	9480
12	20.30	26	9480
13	21.00	8	4980
14	21.30	8	4980
15	22.00	8	4980

IV.4 Analisa Data Spesifikasi Pada Beban Normal

Berikut ini perhitungan spesifik pemakaian bahan bakar (SFC), efisiensi thermal ($\eta_{thermal}$) dan laju panas pembangkit (HR) pada beban normal berdasarkan data spesifikasi pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) Unit General Electric.

- Spesifik Pemakaian Bahan Bakar (SFC)

$$\text{Daya (P)} = 26 \text{ MW} = 26.000 \text{ kW} \text{ (Data PLN)}$$

$$\text{Pemakaian bahan bakar (Qf)} = 9.480 \text{ liter/h} \text{ (Data PLN)}$$

$$\text{LHV (HSD)} = 40324,6 \text{ kJ / kg} \text{ (Data Spesifikasi)}$$

$$\text{Density HSD } (\rho) = 0,845 \text{ kg/liter} \text{ (Data Spesifikasi HSD)}$$

$$\begin{aligned} \text{SFC} &= \frac{Q_f}{P} \\ &= \frac{9.480 \text{ liter/h}}{26.000 \text{ kw}} \\ &= 0,36 \text{ liter/kWh} \end{aligned}$$

Dari perhitungan spesifik pemakaian bahan bakar (SFC) diatas diperoleh dari data spesifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Unit General electric. Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa untuk membangkitkan 1 kWh dibutuhkan 0,36 liter bahan bakar (SFC) pada saat beban normal.

- Efisiensi Thermal ($\eta_{thermal}$)

$$\eta_{thermal} = \frac{P}{Q_{in}} \times 100 \%$$

$$Q_{in} = mf \times \text{LHV}$$

$$\begin{aligned} mf &= Q_f \times \rho \\ &= 9.480 \text{ liter/h} \times 0.845 \text{ kg/liter} \\ &= 8.010,6 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{in} &= 8.010,6 \text{ kg/h} \times 40324,6 \text{ kJ/Kg} \\ &= 323.024.240,76 \text{ kJ/h} \\ &= 89.729 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{thermal} &= \frac{26.000 \text{ kw}}{89.729 \text{ kJ/s}} \times 100 \% \\ &= 29 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan efisiensi thermal ($\eta_{thermal}$) diatas diperoleh dari data spesifikasi dan dapat diketahui bahwa kerja suatu dari mesin kalor pada

saat beban normal adalah 29 %, yang berarti turbin menghasilkan sebesar
29 % efisiensi thermal ($\eta_{thermal}$)

- Laju Panas Pembangkit (HR)

$$\begin{aligned}
 \text{LHV} &= 40324,6 \text{ kJ / kg}^{\text{(Data spesifikasi HSD)}} \\
 \text{Jumlah Bahan Bakar (mf)} &= 8.010,6 \text{ kg/h}^{\text{(Hasil perkalian pemakaian bahan bakar dan massa jenis bahan bakar)}} \\
 \text{Daya (P)} &= 26.000 \text{ kw} \\
 \text{HR} &= \frac{\text{LHV} \times \text{mf}}{p} \\
 &= \frac{40324,6 \text{ kJ/kg} \times 8.010,6 \text{ kg/h}}{26.000 \text{ kw}} \\
 &= 12.424 \text{ kJ/kWh}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan laju panas pembangkit (HR) diatas dapat dilihat bahwa untuk membangkitkan daya listrik sebesar 1 kWh maka dibutuhkan energi *High Speed Diesel* (HSD) sebesar 12.424 kJ pada saat beban normal.

IV.5 Analisa Data Spesifikasi Pada Beban Puncak

Berikut ini perhitungan spesifik pemakaian bahan bakar (SFC), efisiensi thermal ($\eta_{thermal}$) dan laju panas pembangkit (HR) pada beban puncak berdasarkan data spesifikasi pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) Unit General Electric.

- Spesifik Pemakaian Bahan Bakar (SFC)

$$\begin{aligned}
 \text{Daya (P)} &= 30 \text{ MW} = 30.000 \text{ kW}^{\text{(Data PLN)}} \\
 \text{Pemakaian bahan bakar (Qf)} &= 10380 \text{ liter/h}^{\text{(Data PLN)}} \\
 \text{LHV} &= 40324,6 \text{ kJ / kg}^{\text{(Data Spesifikasi HSD)}} \\
 \text{Density HSD } (\rho) &= 0,845 \text{ kg/liter}^{\text{(Data Spesifikasi HSD)}} \\
 \text{SFC} &= \frac{Qf}{P} \\
 &= \frac{10380 \text{ liter/h}}{30.000 \text{ kw}} \\
 &= 0,346 \text{ liter/kWh}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan spesifik pemakaian bahan bakar (SFC) diatas diperoleh dari data spesifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Unit General electric. Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa untuk membangkitkan 1 kWh dibutuhkan 0,346 liter bahan bakar pada saat beban puncak.

- Efisiensi Thermal ($\eta_{thermal}$)

$$\eta_{thermal} = \frac{P}{Q_{in}} \times 100 \%$$

$$Q_{in} = mf \times LHV$$

$$\begin{aligned} mf &= Qf \times \rho \\ &= 10.380 \text{ liter/h} \times 0,845 \text{ kg/liter} \\ &= 8.771,1 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{in} &= 8.771,1 \text{ kg/h} \times 40324,6 \text{ kJ/Kg} \\ &= 353.691.099,06 \text{ kJ/h} \\ &= 98.248 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{thermal} &= \frac{30.000 \text{ kw}}{98.248 \text{ kJ/s}} \times 100 \% \\ &= 30 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan efisiensi thermal ($\eta_{thermal}$) diatas diperoleh dari data spesifikasi dan dapat diketahui bahwa kerja suatu dari mesin kalor pada saat beban puncak adalah 30 %, yang berarti turbin menghasilkan sebesar 30 % efisiensi thermal ($\eta_{thermal}$)

- Laju Panas Pembangkit (HR)

$$LHV = 40324,6 \text{ kJ / kg}^{(\text{Data spesifikasi HSD})}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Bahan Bakar (mf)} &= 8.771,1 \text{ kg/h}^{(\text{Hasil perkalian pemakaian bahan} \\ \text{bakar} &\hspace{15em} \text{dan massa jenis bahan bakar)} \end{aligned}$$

$$\text{Daya (P)} = 30.000 \text{ kW}^{(\text{Data PLN})}$$

$$\begin{aligned}
 \text{HR} &= \frac{LHV \times mf}{p} \\
 &= \frac{40324,6 \text{ kJ/Kg} \times 8.771.1 \text{ kg/h}}{30.000 \text{ kw}} \\
 &= 11.790 \text{ kJ/kWh}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan laju panas pembangkit (HR) diatas dapat dilihat bahwa untuk membangkitkan daya listrik sebesar 1 kWh maka dibutuhkan energi *High Speed Diesel* (HSD) sebesar 11.790 kJ pada saat beban puncak.

IV.6 Analisa Data Aktual Pada Beban Normal

Berikut ini perhitungan spesifik pemakaian bahan bakar (SFC), efisiensi thermal ($\eta_{thermal}$) dan laju panas pembangkit (HR) pada beban normal berdasarkan data aktual pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) Unit General Electric.

- Spesifik Pemakaian Bahan Bakar (SFC)

(Kamis, 08 Desember 2022, Jam 12.00 WITA)

$$\text{Daya (P)} = 8 \text{ MW} = 8.000 \text{ kW}^{(\text{Data PLN})}$$

$$\text{Pemakaian bahan bakar (Qf)} = 4.980 \text{ liter/h}^{(\text{Data PLN})}$$

$$\text{LHV} = 40324,6 \text{ kJ / kg}^{(\text{Data spesifikasi HSD})}$$

$$\text{Density HSD } (\rho) = 0,845 \text{ kg/liter}^{(\text{Data spesifikasi HSD})}$$

$$\begin{aligned}
 \text{SFC} &= \frac{Qf}{P} \\
 &= \frac{4.980 \text{ liter/h}}{8.000 \text{ kw}} \\
 &= 0,62 \text{ liter/kWh}
 \end{aligned}$$

Perhitungan spesifik pemakaian bahan bakar (SFC) diatas diperoleh dari data aktual Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Unit General Electric, yang peneliti ambil pada saat beban normal hari Kamis, 08 Desember 2022, pukul 12.00 WITA. Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa untuk membangkitkan 1 kWh dibutuhkan 0,62 liter bahan bakar pada saat beban normal.

- Efisiensi Thermal ($\eta_{thermal}$)

(Kamis, 08 Desember 2022, Jam 12.00 WITA)

$$\eta_{thermal} = \frac{P}{Q_{in}} \times 100 \%$$

$$Q_{in} = mf \times LHV$$

$$\begin{aligned} mf &= Qf \times \rho \\ &= 4.980 \text{ liter/h} \times 0.845 \text{ kg/liter} \\ &= 4.208,1 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{in} &= 4.208,1 \text{ kg/h} \times 40.324,6 \text{ kJ/Kg} \\ &= 169.689.949,26 \text{ kJ/h} \\ &= 47.136 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{thermal} &= \frac{8.000 \text{ kw}}{47.136 \text{ kJ/s}} \times 100 \% \\ &= 17 \% \end{aligned}$$

Dari perhitungan efisiensi thermal ($\eta_{thermal}$) diatas diperoleh dari data aktual Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Unit General Electric, yang peneliti ambil pada saat beban normal hari Kamis, 08 Desember 2022, pukul 12.00 WITA. Dapat diketahui bahwa kerja dari suatu mesin kalor pada saat beban normal adalah 17 %, yang berarti turbin tersebut menghasilkan sebesar 17 % efisiensi thermal ($\eta_{thermal}$)

- Laju Panas Pembangkit (HR)

(Kamis, 08 Desember 2022, Jam 12.00 WITA)

$$LHV = 40324,6 \text{ kJ / kg}^{(\text{Data Spesifikasi HSD})}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Bahan Bakar (mf)} &= 4.208,1 \text{ kg/h}^{(\text{Hasil perkalian pemakaian bahan} \\ \text{bahan} & \qquad \qquad \qquad \text{bakar dan massa jenis bahan bakar})} \end{aligned}$$

$$\text{Daya (P)} = 8.000 \text{ kW}^{(\text{Data PLN})}$$

$$HR = \frac{LHV \times mf}{p}$$

$$= \frac{40.324,6 \text{ kJ/Kg} \times 4.208,1 \text{ kg/h}}{8.000 \text{ kw}}$$

$$= 21.211 \text{ kJ/kWh}$$

Dari perhitungan laju panas pembangkit (HR) diatas dapat dilihat bahwa untuk membangkitkan daya listrik sebesar 1 kWh maka dibutuhkan energi High Speed Diesel (HSD) sebesar 21.211 kJ pada saat beban normal.

IV.7 Analisa Data Aktual Pada Beban Puncak

Berikut ini perhitungan spesifik pemakaian bahan bakar (SFC), efisiensi thermal ($\eta_{thermal}$) dan laju panas pembangkit (HR) pada beban puncak berdasarkan data aktual pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) Unit General Electric.

- *Specific Fuel Consumption (SFC)*

(Kamis, 08 Desember 2022, Jam 18.00 WITA)

$$\text{Daya (P)} = 26 \text{ MW} = 26.000 \text{ kW}^{(\text{Data PLN})}$$

$$\text{Pemakaian bahan bakar (Qf)} = 9.480 \text{ liter/h}^{(\text{Data PLN})}$$

$$\text{LHV HSD)} = 40.324,6 \text{ kJ / kg}^{(\text{Data Spesifikasi HSD})}$$

$$\text{Density HSD } (\rho) = 0,845 \text{ kg/liter}^{(\text{Data Spesifikasi HSD})}$$

$$\text{SFC} = \frac{Qf}{P}$$

$$= \frac{9.480 \text{ liter/h}}{26.000 \text{ kw}}$$

$$= 0,36 \text{ liter/kWh}$$

Perhitungan spesifik pemakaian bahan bakar (SFC) diatas diperoleh dari data aktual Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Unit General Electric, yang peneliti ambil pada saat beban puncak hari Kamis, 08 Desember 2022, pukul 18.00 WITA. Dari perhitungan diatas diketahui bahwa untuk membangkitkan 1 kWh dibutuhkan 0,36 liter bahan bakar pada saat beban puncak.

- Efisiensi Thermal

(Kamis, 08 Desember 2022, Jam 18.00 WITA)

$$\eta_{thermal} = \frac{P}{Q_{in}} \times 100 \%$$

$$Q_{in} = mf \times LHV$$

$$mf = Q_f \times \rho$$

$$= 9.480 \text{ liter/h} \times 0.845 \text{ kg/liter}$$

$$= 8.010,6 \text{ kg/h}$$

$$Q_{in} = 8.010,6 \text{ kg/h} \times 40.324,6 \text{ kJ/Kg}$$

$$= 323.024.240,76 \text{ kJ/h}$$

$$= 89.729 \text{ kJ/s}$$

$$\eta_{thermal} = \frac{26.000 \text{ kw}}{89.729 \text{ kJ/s}} \times 100 \%$$

$$= 29 \%$$

Dari perhitungan efisiensi thermal ($\eta_{thermal}$) diatas diperoleh dari data aktual Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Unit General Electric, yang peneliti ambil pada saat beban puncak hari Kamis, 08 Desember 2022, pukul 18.00 WITA. Diketahui bahwa kerja dari suatu mesin kalor pada saat beban puncak adalah 17 %, yang berarti turbin tersebut menghasilkan sebesar 17 % efisiensi thermal ($\eta_{thermal}$)

- Laju Panas Pembangkit (HR)

(Kamis, 08 Desember 2022, Jam 18.00 WITA)

$$LHV = 40324,6 \text{ kJ / kg}^{(\text{data spesifikasi HSD})}$$

$$\text{Jumlah Bahan Bakar (mf)} = 8.010,6 \text{ kg/h}^{(\text{Hasil perkalian pemakaian bahan bakar dan massa jenis bahan bakar})}$$

$$\text{Daya (P)} = 26.000 \text{ kW}^{(\text{Data PLN})}$$

$$\begin{aligned}
 \text{HR} &= \frac{LHV \times mf}{p} \\
 &= \frac{40.324,6 \text{ kJ/Kg} \times 8.010,6 \text{ kg/h}}{26.000 \text{ kw}} \\
 &= 12.424 \text{ kJ/kWh}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan laju panas pembangkit (HR) diatas dapat dilihat bahwa untuk membangkitkan daya listrik sebesar 1 kWh maka dibutuhkan energi *High Speed Diesel* (HSD) sebesar 12.424 kJ pada saat beban puncak.

IV.8 Analisa Perubahan Beban Terhadap Pemakaian Bahan Bakar Tiap Jam

Dengan perhitungan yang sama, maka akan memperoleh perhitungan spesifik pemakaian bahan bakar (SFC) pada posisi beban tiap jam-nya pada tanggal 05 Desember 2022, dan 08 Desember 2022, yang dapat dilihat pada tabel 4.5 dan tabel 4.6

Tabel 4.5 Nilai Spesifik Pemakaian Bahan Bakar (SFC)

(05 Desember 2022)

No	Jam	Beban (MW)	Pemakaian Bahan Bakar (Liter/h)	Spesifik Pemakaian Bahan Bakar (SFC) (Liter kW/h)	Efisiensi Thermal ($\eta_{thermal}$) (%)	Laju Panas Pembangkit (HR) (kJ/kWh)
1	09.00	8	4980	0,62	17	21.211
2	10.00	8	4980	0,62	17	21.211
3	11.00	8	4980	0,62	17	21.211
4	12.00	15	8720	0,58	18	19.809

5	13.00	15	8720	0,58	18	19.809
6	14.00	15	8720	0,58	18	19.809
7	15.00	15	8720	0,58	18	19.809
8	16.00	8	4980	0,62	17	21.211

Tabel 4.6 Nilai Spesifik Pemakaian Bahan Bakar (SFC)

(08 Desember 2022)

No	Jam	Beban (MW)	Pemakaian Bahan Bakar (Liter/h)	Spesifik Pemakaian Bahan Bakar (SFC) (Liter kW/h)	Efisiensi Thermal ($\eta_{thermal}$) (%)	Laju Panas Pembangkit (HR) (kJ/kWh)
1	12.00	8	4980	0,62	17	21.211
2	13.00	8	4980	0,62	17	21.211
3	14.00	15	8720	0,58	18	19.809
4	15.00	15	8720	0,58	18	19.809
5	16.00	8	4980	0,62	17	21.211
6	17.00	8	4980	0,62	17	21.211

7	18.00	26	9480	0,36	29	12.424
8	18.30	26	9480	0,36	29	12.424
9	19.00	26	9480	0,36	29	12.424
10	19.30	26	9480	0,36	29	12.424
11	20.00	26	9480	0,36	29	12.424
12	20.30	26	9480	0,36	29	12.424
13	21.30	8	4980	0,62	17	21.211
14	22.00	8	4980	0,62	17	21.211

IV.9 Analisa Beban Puncak Dan Beban Normal Selama 6 Bulan Belakang

Berikut ini produksi listrik yang dihasilkan pada PT. PLN (PERSERO)

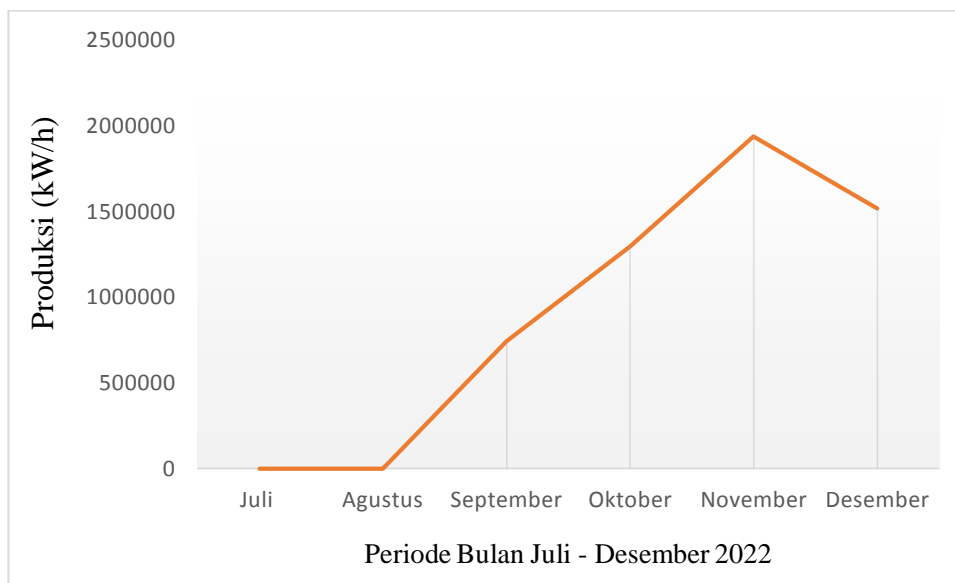
Unit Layanan Tello pada periode bulan Juli – Desember 2022 yang dapat dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4.7 Produksi Listrik Periode Bulan Juli – Desember 2022

No	Bulan	Produksi (kW/h)	Pemakaian Bahan Bakar (Liter/h)	Spesifik Pemakaian Bahan Bakar(SFC) (Liter/kWh)
1	Juli	-	-	0,0
2	Agustus	-	-	0,0
3	September	742000	313900	0,423
4	Oktober	1297313	523152	0,403
5	November	1937872	819849	0,423
6	Desember	1515638	691147	0,456

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa beban normal berada pada bulan September dengan produksi listrik sebanyak 742.000 kW/h, dan beban puncak berada pada bulan November dengan produksi listrik sebanyak 1.973.872 kW/h.

Berikut ini adalah grafik produksi listrik pada PT. PLN (Persero) Unit Layanan Tello pada periode bulan Juli – Desember 2022



IV.10 Tabel Hasil Perhitungan Data Spesifikasi Dan Data Aktual

Analisis terhadap data dilakukan dengan karakteristik dan data arus dengan menghitung spesifik pemakaian bahan bakar (SFC), efisiensi termal ($\eta_{thermal}$), dan laju panas pembangkit (HR), perbandingan waktu beban normal dan waktu beban puncak dapat dilihat pada tabel 4.8 tabel. 4.9, dan tabel 4.10

Tabel 4.8 Perbandingan Beban Normal Dan Beban Puncak Berdasarkan Data Spesifikasi

Uraian	Beban Normal			Beban Puncak		
	Persamaan	simbol	Hasil Pehitungan	Persamaan	simbol	Hasil Pehitungan
Spesifik Pemakaian Bahan Bakar (SFC) (Liter/kWh)	$SFC = \frac{Q_f}{P}$	SFC Qf P	$\frac{9.480 \text{ liter/h}}{26.000 \text{ kw}}$ = 0,36 liter/kWh	$SFC = \frac{Q_f}{P}$	SFC Qf P	$\frac{10380 \text{ liter/h}}{30.000 \text{ kw}}$ = 0,346 liter/kWh
Efisiensi Thermal (η_{th}) (%)	$\eta_{th} = \frac{P}{Q_{in}}$ x 100 %	η_{th} P Q _{in}	$\eta_{th} = \frac{26.000 \text{ kw}}{89.729 \text{ kJ/s}}$ x 100 % = 29 %	$\eta_{th} = \frac{P}{Q_{in}}$ x 100 %	η_{th} P Q _{in}	$\eta_{th} = \frac{30.000 \text{ kw}}{98.248 \text{ kJ/s}}$ x 100 % = 30 %
Laju Panas Pembangkit (HR) (kJ/kWh)	$HR = \frac{LHV \times mf}{p}$	HR LHV mf	$\frac{40324,6 \text{ kJ/Kg} \times 8.010,6 \text{ kg/h}}{26.000 \text{ kw}}$ = 12.424 kJ/kWh	$HR = \frac{LHV \times mf}{p}$	HR LHVmf	$\frac{40324,6 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}} \times 8.771,1 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{30.000 \text{ kw}}$ = 11.790 kJ/kWh

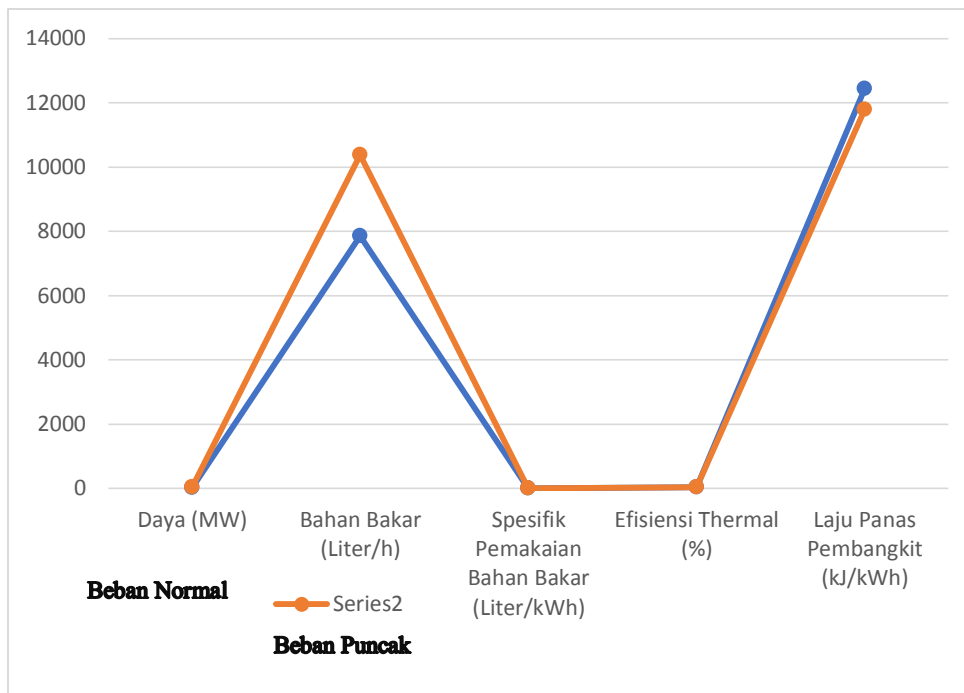
Tabel 4.9 Perbandingan Beban Normal Dan Beban Berdasarkan Data Aktual Tanggal 08 Desember 2022

Uraian	Beban Normal			Beban Puncak		
	Persamaan	simbol	Hasil Pehitungan	Persamaan	simbol	Hasil Pehitungan
Spesifik Pemakaian Bahan Bakar (SFC) (Liter/kWh)	$SFC = \frac{Q_f}{P}$	SFC Q_f P	= $\frac{4.980 \text{ liter/h}}{8.000 \text{ kw}}$ =0,62 liter/kWh	$SFC = \frac{Q_f}{P}$	SFC Q_f P	= $\frac{9.480 \text{ liter/h}}{26.000 \text{ kw}}$ =0,36 liter/kWh
Efisiensi Thermal (η_{th}) (%)	$\eta_{th} = \frac{P}{Q_{in}}$ x 100 %	η_{th} P Q_{in}	$\eta_{th} =$ $\frac{8.000 \text{ kw}}{47.136 \text{ kJ/s}}$ 100 % = 17 %	$\eta_{th} = \frac{P}{Q_{in}}$ x 100 %	η_{th} P Q_{in}	$\eta_{th} = \frac{26.000 \text{ kw}}{89.729 \text{ kJ/s}}$ x 100 % = 29 %
Laju Panas Pembangkit (HR) (kJ/kWh)	$HR = \frac{LHV \times mf}{p}$	HR LHV mf	$\frac{40.324,6 \text{ kJ/Kg} \times 4.208,1 \text{ kg/h}}{8.000 \text{ kw}}$ =21.211 kJ/kWh	$HR = \frac{LHV \times mf}{p}$	HR LHVmf	$\frac{40.324,6 \text{ kJ/Kg} \times 8.010,6 \text{ kg/h}}{26.000 \text{ kw}}$ =12.424 kJ/kWh

IV.11 Grafik Perbandingan Beban Puncak Dan Beban Normal

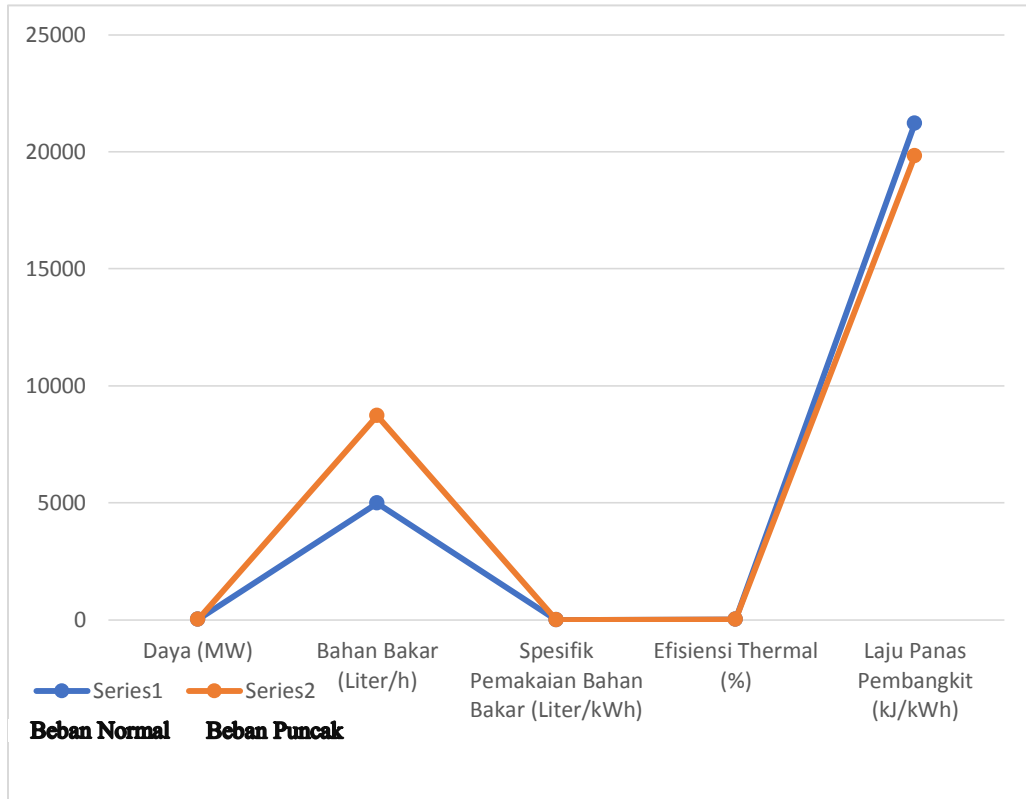
Berikut ini adalah grafik perbandingan beban puncak dan beban normal berdasarkan perhitungan Specific Fuel Consumption (SFC), Efisiensi Thermal, dan laju panas pembangkit (Heat Rate) terhadap beban pembangkit atau bisa juga disebut dengan Nominal Output (MW).

Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Beban Normal Dan Beban Puncak



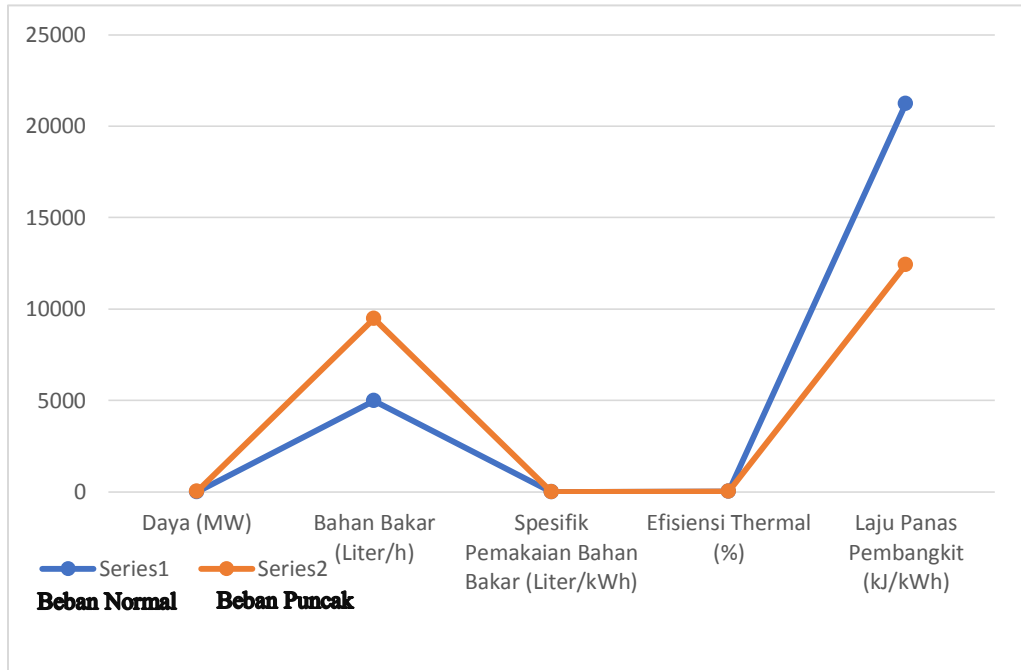
Berdasarkan Data Spesifikasi

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa untuk membangkitkan listrik 1 kWh pada beban normal dibutuhkan bahan bakar sebanyak 7850 Liter/h, dengan spesifik pemakaian bahan bakar 0,36 Liter/kWh, efisiensi thermal 29 % dan laju panas pembangkit sebanyak 12424 kJ/kWh. Sedangkan untuk beban puncak dibutuhkan bahan bakar sebanyak 10380 Liter/h, dengan spesifik pemakaian bahan bakar 0,346 Liter/kWh, efisiensi thermal 30 % dan laju panas pembangkit 11790 kJ/kWh. Faktor nilai dari spesifik pemakaian bahan bakar, efisiensi thermal dan laju panas pembangkit semuanya dipengaruhi oleh seberapa besar daya yang akan dibangkitkan dan pemakaian bahan bakarnya.



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Beban Normal Dan Beban Puncak Tanggal 05 Desember 2022

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa untuk membangkitkan listrik



1 kWh pada beban normal dibutuhkan bahan bakar sebanyak 4980 Liter/h, dengan spesifik pemakaian bahan bakar 0,62 Liter/kWh, efisiensi thermal 17 % dan laju panas pembangkit sebanyak 21211 kJ/kWh. Sedangkan untuk beban puncak dibutuhkan bahan bakar sebanyak 8720 Liter/h, dengan spesifik pemakaian bahan bakar 0,58 Liter/kWh, efisiensi thermal 18 % dan laju panas pembangkit 19809 kJ/kWh. Faktor nilai dari spesifik pemakaian bahan bakar, efisiensi thermal dan laju panas pembangkit semuanya dipengaruhi oleh seberapa besar daya yang akan dibangkitkan dan pemakaian bahan bakarnya.

Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Beban Puncak Dan Beban Normal
Tanggal 08 Desember 2022

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa untuk membangkitkan listrik 1 kWh pada beban normal dibutuhkan bahan bakar sebanyak 4980 Liter/h, dengan spesifik pemakaian bahan bakar 0,62 Liter/kWh, efisiensi thermal 17

% dan laju panas pembangkit sebanyak 21211 kJ/kWh. Sedangkan untuk beban puncak dibutuhkan bahan bakar sebanyak 9480 Liter/h, dengan spesifik pemakaian bahan bakar 0,36 Liter/kWh, efisiensi thermal 29 % dan laju panas pembangkit 12424 kJ/kWh. Faktor nilai dari spesifik pemakaian bahan bakar, efisiensi thermal dan laju panas pembangkit semuanya dipengaruhi oleh seberapa besar daya yang akan dibangkitkan dan pemakaian bahan bakarnya.

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Setelah menyelesaikan analisis pemakaian bahan bakar terhadap perubahan beban pada unit general electric di PLTG Tello, maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan spesifik pemakaian bahan bakar tanggal 08 Desember 2022 jam 18.00 WITA, setiap jam diketahui bahwa untuk membangkitkan 1 kWh dibutuhkan 0,36 liter bahan bakar HSD pada saat beban puncak.
2. Hasil perhitungan spesifik pemakaian bahan bakar pada saat beban normal tanggal 08 Desember 2022 jam 12.00 WITA, dibutuhkan 0,62 liter bahan bakar HSD untuk membangkitkan 1 kWh. Maka dari hasil perhitungan dapat diketahui bahwa semakin tinggi pemakaian bahan bakar, maka semakin kecil pula spesifikasi pemakaian bahan bakar.

3. Periode bulan Juli – Desember 2022 dapat diketahui bahwa beban puncak berada pada bulan November dengan produksi listrik 1.937.872 kWh. Sedangkan untuk beban normal berada pada bulan September dengan produksi listrik 742.000 kWh.

V.2 Saran

1. Seharusnya Perusahaan Listrik Negara (PLN) mengganti penggunaan bahan bakar solar berkecepatan tinggi (HSD) dengan bahan bakar gas karena lebih hemat secara finansial dan ramah lingkungan.
2. Perusahaan Listrik Negara (PLN) harus melakukan perawatan rutin pada setiap alat, misalnya mencuci kompresor guna meningkatkan efisiensi udara yang masuk ke ruang bakar.

DAFTAR PUSTAKA

- Adikumoro, B., Novirani, D. and Fitria, L. (2014) ‘Pengaruh Pembebanan Pembangkit Listrik Tenaga Gas Terhadap Efisiensi Biaya Pembangkit Listrik (Studi Kasus Di PT . Indonesia Power UBP Bali’, *Online Institut Teknologi Nasional*, 02(02), Pp. 333–341.
- Ibadurrahman, M.F. (2019) ‘Analisis Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pembangkitan (Studi Kasus Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Sicanang)’, P. 57.
- Moran & Shapiro (1996) 'Fundamentals of Engineering Thermodynamic 5th'
- NUGROHO DWI CAHYANTO (1981) ‘Evaluasi Perhitungan Faktor Beban Tenaga Listrik Pada Sektor Rumah Tangga Di Wilayah Sukoharjo’, *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), pp. 1689–1699.
- Padilla, N., Subaer, S. and Muris, M. (2019) ‘Analisis Penggunaan Bahan Bakar High Speed Diesel (Hsd) Dan Marine Fuel Oil (Mfo) Terhadap Parameter Titik Utama Siklus Kerja Dan Performa Mesin Diesel Mitsubishi Man Type 18V52/55a’, *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*, 15(1), pp. 8–15. s
- Rifko (2023), anonymous
- SEFTIAN, H.A. (2021) ‘Analisis Penggunaan Bahan Bakar High Speed Diesel (Hsd) Dan Marine Fuel Oil (Mfo) Pada Pembangkit Lisrik Tenaga Diesel’. Available at: <http://eprints.unram.ac.id/id/eprint/20701>.
- Syukrillah, M., Khwee, K.H. and Hiendro, A. (2019) ‘Analisis Perhitungan Efisiensi

Energi Di Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (Pltbn) Pt. Harjohn Timber



Kubu Raya’,
*Jurnal Teknik
Elektro Untan*,
5(1), pp. 1–11.

Tamam, Z.
(2016)

‘Karakterisasi
Unjuk Kerja
Mesin Diesel
Generator Set
Sistem Dual
Fuel Solar Dan
Syngas

Batubara’, *Tesis*, 4(1), pp. 1–23.

LAMPIRAN

1. Wawancara Bersama Supervisor Operasi

2. Wawancara Bersama Divisi Operasi



3. Monitoring Di Ruang Operasi



4. Foto Kegiatan



KONSUMSI BAHAN BAKAR PLTG GE PERIANG	
BEBAN (MW)	PEMAKAIAN BBM JAM/LITER
8	4980
9	5280
10	5502
11	5700
12	5982
13	6120
14	6480
15	6720
16	6960
17	7200
18	7500
19	7740
20	7860
21	8100
22	8460
23	8640
24	8840
25	9120
26	9480
27	9780
28	9960
29	10140
0	10380

7. Pemakaian Bahan Bakar Setiap Perubahan Bebannya

8. Data Produksi Listrik Selama 1 Tahun Belakang

Sheet1

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S				
																			REKAPDATA OPERASI			
1	PT. PLN (persero)																					
2	Unit Induk Pembangunan dan Penyaluran Sulawesi																					
3	Unit Pelaksanaan Pengendalian Pembangunan Tello																					
4	Unit Layanan Pusat Listrik Tenaga Gas Tello																					
5	PLN																					
6																						
7																						
8	9	10	KWh Produksi		Pemakaian BBM		SFC		Pemakaian Sendiri		Rekap. Jam Operasi						GE#2					
			GE#1	GE#2	GE#1	GE#2	GE#1	GE#2	GE#1	GE#2	SH	RSH	MOH	POH	FOH	SH	RSH	MOH	POH	FOH		
11	JANUARI	11074	4424	5900	3423	0.533	0.774	30,119	30,401	1	743	0	0	0	0	0.7	743.3	0	0	0		
12	FEBRUARI	0	22020	0	13992	0.000	0.635		26,744	0	696	0	0	0	0	1.9	694.1	0	0	0		
13	MARET	282000	411000	129100	145459	0.458	0.354		36,861	19.2	723.8	1	0	0	0	26.2	716.3	1.5	0	0		
14	APRIL	0	11754	0	8403	0.000	0.715	26,112		0	720	0	0	0	0	1.7	718.3	0	0	0		
15	MEI	0	0	0	0	0.000	0.000	26,517	29,186	0	744	0	0	0	0	0	744	0	0	0		
16	JUNI	4000	3000	3500	2478	0.875	0.826	28,557	30,033	0.8	712.7	0	6.5	0	0.6	713.4	0	6	0	0		
17	JULI	0	1965	1500	2705	0.000	1.363	29,168	30,064	0.5	743.5	0	0	0	0.7	743.3	0	0	0	0		
18	AGUSTUS	0	0	0	0	0.000	0.000	28,204		0	744	0	0	0	0	744	0	0	0	0		
19	SEPTEMBER	742000	940000	313900	390073	0.423	0.415	34,565	51,057	41.7	523.05	53.55	0	101.7	47.8	671.2	1	0	0	0		
20	OKTOBER	1297313	3456381	523152	1470163	0.403	0.425	12,610	82,097	65.3	78.7	0	0	600	158.4	562.45	0	0	3.15	0		
21	NOVEMBER	1937872	3927479	819849	1603086	0.423	0.408		67,896	105.7	380.1333	0	0	257.68667	185.6	598.4	0	0	0	0		
22	DESEMBER	1515638	58320	691147	38081	0.456	0.653		40,560	86.8	655.63	0	0	1.57	6.6	443.28333	294.11667	0	0	0		
23																						

9. Data Teknis Pembangkit Listrik Tenaga Gas Tello

Data Teknis Pembangkit Listrik Tenaga Gas Tello

Spesifikasi	Unit GE MS 6001
Pabrik Pembuat	General Electric
Type	MS 6001
Serial Number	296850
Rated Power	30 MW
Turbin Stage	3
Compressor Stage	171
Putaran	5100
Bahan Bakar	HSD
Tahun Operasi	1997
Control	SpeedtronicM.V

Makassar, 2 Maret 2023

Mengetahui
Spv. Pemeliharaan



PT. LAMPUNG PUSAT LISTRIK PEMBANGKIT TENAGA GAS INDONESIA
Zaqqi Destian

10. Data Spesifikasi Beban Normal Dan Beban Puncak Pltg Tello

Data Spesifikasi Beban Normal Dan Beban Puncak PLTG Tello

Spesifikasi	Beban Normal	Beban Puncak
Jenis Bahan Bakar	HSD (High Speed Diesel)	HSD (High Speed Diesel)
Nilai Kalor Bawah (kJ/kg)	40324,6	40324,6
Beban (MW)	26	30
Pemakaian Bahan Bakar (Liter/h)	9480	10380
Putaran (RPM)	3100	3100

Makassar, 2 Maret 2023

Mengetahui

Spv. Pereliharaan


Zaqqi Destian

11. Surat Pemberitahuan

Surat Pemberitahuan

Bahwa PT. PLN (PERSERO) Unit Layanan Pembangkit Listrik Tenaga Gas Tello Kembali Aktif Digunakan.

Makassar, 2 Maret 2023

Mengetahui

Spv. Penungharaan



Zaqki Destian

12. Surat Balasan Penelitian



UIKL SULAWESI
UPDK TELLO
ULPLTGU TELLO

Nomor : 0001/KIT.03.01/560502/2023
Sifat : -
Lampiran : -
Perihal : Surat Penerimaan Penelitian Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Fajar
Kepada : Pimpinan Universitas Fajar
31 Januari 2023

u.p. Yth. Pimpinan

Menjawab surat saudara tanggal 30 Januari 2023 Nomor : **099/B/DFT/TM-UNIFA/I/2023** perihal permohonan izin penelitian di PLN Unit Layanan PLTG Tello atas nama saudara Muh Iqram Kamal (1820521052) dan Ichsanuddin Iskandar (1820521009), maka kami sampaikan agar mahasiswa yang bersangkutan untuk segera mempersiapkan segala sesuatunya untuk bisa segera melaksanakan program di kantor unit kami.

Demikian surat penerimaan ini kami sampaikan, atas bantuan dan perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Makassar, 31 Januari 2023
Manager ULPLTG Tello

ACHMAD FADHIL
(901121172)