

ANALISIS MINOR INSPECTION PLTGU UNIT 1 PT. PLN NUSANTARA POWER UP BELAWAN TERHADAP PENINGKATAN NILAI EKONOMIS

Yan Bastian Lumbantobing¹, Pristisal Wibowo², Zuraidah Tharo³

^{1,2,3}Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Pembangunan Panca Budi

Corresponding Author: Yan Bastian Lumbantobing

ABSTRACT

This study aims to analyze the impact of minor inspection implementation on increasing the economic value of PLTGU Unit 1 PT. PLN Nusantara Power UP Belawan, in this case PLTGU Unit 1 is the name of the GT 1.1 generator, the limitations of this study are directed at the performance parameters of the generator such as, specific gas consumption (SGC), heat rate, thermal efficiency, and net power output, to determine the impact of minor inspection implementation on increasing economic value. The results of the study showed that after minor inspection, there was a decrease in the specific gas consumption (SGC) value from 0.0120 mmBTU/kWh to 0.0119 mmBTU/kWh, a decrease in the heat rate value from 3,043.85 kCal/kWh to 3,027.76 kCal/kWh, an increase in thermal efficiency from 28.25% to 28.40%, in terms of electrical energy production, there was an increase in net power output from the previous 94,310 kWh to 94,390 kWh, this indicates an increase in net power output which contributes to increasing the availability of electricity supply to the system. Thus, minor inspection has been proven to provide a real contribution to increasing the economic value of the power plant, and is recommended to be carried out routinely according to the maintenance schedule.

Keywords: PLTG, Minor Inspection, Specific Gas Consumption (SGC), Heat Rate, Thermal Efficiency, Net Power Output.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak pelaksanaan *minor inspection* terhadap peningkatan nilai ekonomis PLTGU Unit 1 PT. PLN Nusantara Power UP Belawan, dalam hal ini PLTGU Unit 1 merupakan penamaan terhadap pembangkit GT 1.1, batasan penelitian ini diarahkan pada parameter kinerja pembangkit seperti, *specific gas consumption* (SGC), *heat rate*, efisiensi termal, dan *net power output*, untuk mengetahui dampak pelaksanaan *minor inspection* terhadap peningkatan nilai ekonomis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah dilakukan *minor inspection* terjadi penurunan nilai *specific gas consumption* (SGC) dari 0,0120 mmBTU/kWh menjadi 0,0119 mmBTU/kWh, penurunan nilai *heat rate* dari 3.043,85 kCal/kWh menjadi 3.027,76 kCal/kWh, peningkatan efisiensi termal dari 28,25% menjadi 28,40%, dari sisi produksi energi listrik, terjadi peningkatan *net power output* dari yang sebelumnya 94.310 kWh menjadi 94.390 kWh, hal ini menunjukkan ada nya peningkatan *net power output* yang berkontribusi terhadap peningkatan ketersediaan pasokan listrik ke sistem. Dengan demikian, *minor inspection* terbukti memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan nilai ekonomis pembangkit, serta direkomendasikan untuk dilakukan secara rutin sesuai jadwal pemeliharaan.

Kata Kunci: PLTG, Minor Inspection, Specific Gas Consumption (SGC), Heat Rate, Efisiensi Termal, Net Power Output.

1. PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan energi listrik secara nasional maupun secara khusus di Sumatera Utara sejalan dengan perkembangan teknologi, industri dan jumlah penduduk sebagai konsumen. Dalam hal ini PT PLN (Persero) selaku penanggung jawab penyedia tenaga listrik perlu melakukan perencanaan pengembangan pembangkit listrik dimasa mendatang, maupun melakukan upaya efisiensi terkait pemanfaatan dan proses produksi energi listrik pada mesin



pembangkit yang sudah ada (Anisah et al., 2018). PT. PLN Nusantara Power UP Belawan merupakan salah satu unit pembangkit yang Kelola oleh PT.PLN Nusantara Power, terletak di Jl. Pulau Sicanang, Kel Belawan Sicanang, Kec Medan Belawan, Kota Medan, Prov Sumatera Utara. Mempunyai 6 Unit pembangkit dengan rincian 1 Unit PLTU berbahan bakar *Liquefied Natural Gas* (LNG), 1 Unit PLTG berbahan bakar *High Speed Diesel* (HSD), 4 Unit PLTG berbahan bakar *Liquefied Natural Gas* (LNG) dan *High Speed Diesel* (HSD), serta di kombinasikan dengan 2 Unit PLTGU.

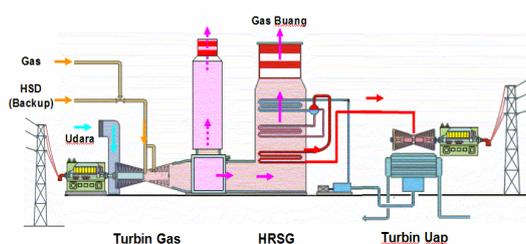
Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) merupakan gabungan dari Pembangkit Listrik Tenaga Gas Dan Uap, yang menggunakan turbin uap sebagai penggerak generatornya. Prinsip kerjanya yaitu energi uap yang dihasilkan dari proses pembakaran untuk memanaskan air kemudian diubah menjadi energi mekanis dan selanjutnya diubah menjadi energi listrik (Sugandi et al., 2023) Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) merupakan sebuah pembangkit energi listrik yang menggunakan mesin turbin gas sebagai penggerak generatornya. Prinsip kerjanya yaitu energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar diubah menjadi energi mekanis dan selanjutnya diubah menjadi energi listrik (Nabilah & Marpaung, 2022). Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) terdiri dari beberapa peralatan utama yaitu turbin gas, kompresor, ruang bakar dan generator. Pada proses pengoperasian pembangkit yang secara terus menerus berpotensi untuk menurunkan nilai ekonomis dari mesin pembangkit tersebut dan berdampak pada biaya pokok produksi yang lebih tinggi dibandingkan jumlah listrik yang dihasilkan (Anzip et al., 2021). Indikator yang menentukan suatu pembangkit sudah ekonomis yaitu dengan menganalisa *Specific Gas Consumption* (SGC), *Heat Rate* (HR) dan Efisiensi Termal, dan *Net Power Output* yang dihasilkan. Sehingga untuk mempertahankan ataupun menaikkan nilai ekonomis tersebut maka perlu dilakukan pemeliharaan secara periodik. Pemeliharaan periodik yang dilakukan tergantung dari jumlah jam operasi yang ditentukan dalam manual book PLTG. Dari latar belakang ini penulis selanjutnya melakukan analisis untuk mengetahui perubahan nilai ekonomis mesin pembangkit sebelum dan sesudah *minor inspection* PLTGU Unit 1 PT PLN Nusantara Power UP Belawan.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU)

Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) merupakan jenis pembangkit termal yang mengkombinasikan antara dari PLTG dan PLTU, dengan memanfaatkan sisa gas buang dari turbin gas untuk memanaskan air melalui HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*) sampai dengan menghasilkan uap dengan temperatur dan tekanan tertentu untuk memutar turbin uap yang juga di kopel langsung ke generator (Prabowo et al., 2024)

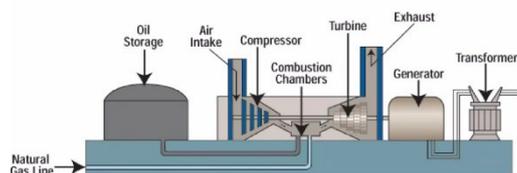
Gambar 1 dibawah ini merupakan siklus operasi pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTGU)



Gambar 1 Siklus Operasi PLTGU
Sumber: (Pambudyantho et al., 2018)

2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)

Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) merupakan pembangkit energi listrik yang menggunakan gas sebagai bahan bakarnya, energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar diubah menjadi energi mekanis yang menggerakkan turbin (Ummah, 2019).



Gambar 2 Gas Power Plant Diagram Sumber: <https://www.slideshare.net/zdadach>

Keterangan:

- Air intake filter*: Alat untuk menyaring udara sebelum masuk ke kompresor
- Compressor*: Alat untuk menaikkan tekanan udara dengan cara kompresi
- Combustion chamber*: Alat yang memproses terjadinya pencampuran udara kompresi dengan bahan bakar.
- Turbine*: Penggerak awal yang memanfaatkan gas yang bertekanan dari hasil pembakaran
- Exhaust*: Alat untuk membuang gas hasil pembakaran
- Generator*: Alat untuk membangkitkan daya listrik

2.3. Prinsip Kerja PLTG

Menurut (Fauziah, 2023) Secara umum proses yang terjadi pada turbin gas adalah sebagai berikut:

- Pemampatan (*compression*): Udara di tarik dan dimampatkan
- Pembakaran (*combustion*): udara yang di mampatkan dicampur dengan bahan bakar sehingga terjadi pembakaran
- Pemuaihan (*expansion*): gas hasil pembakaran yang memuai mengalir ke turbin melalui *nozzle*

Pembuangan gas (*Exhaust*): Gas sisa pembakaran di keluarkan melalui saluran udara buang. Tidak ada proses yang selalu ideal, apalagi pengoperasian pembangkit yang secara terus-menerus, menyebabkan timbulnya keausan pada peralatan yang dapat menurunkan performa dan nilai ekonomis pembangkit itu sendiri (Island, 2017). Keausan tersebut bisa terjadi pada komponen turbin gas. Penyebabnya antara lain:

- Gesekan fluida yang menyebabkan penurunan tekanan di ruang bakar.
- Kerja kompresi yang berlebihan menyebabkan bantalan turbin degan angin bergesekan
- Perubahan nilai kapasitasansi kalor fluida kerja karena perubahan suhu dan komposisi kimia
- Ada kehilangan sisi mekanis, dll.

Untuk mengurangi kerugian akibat keausan komponen ini, maka hal yang dapat dilakukan antara lain dengan perawatan secara periodik atau dengan mengoptimasi peralatan yang ada.

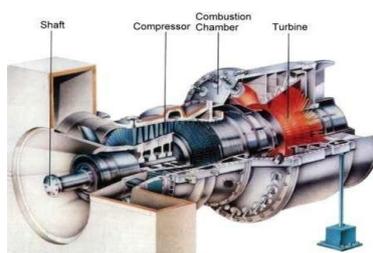
2.4. Komponen Utama PLTG

Berikut merupakan komponen utama PLTG yaitu:

- Kompresor
- Ruang Bakar (Combustion Chamber)
- Turbin Gas



d. Generator



Gambar 3 Komponen Utama Turbin Gas
Sumber: (Island, 2017)

2.4.1. Kompresor

Kompresor merupakan komponen utama PLTG yang berfungsi untuk menghasilkan udara bertekanan dengan cara mengkompresi udara untuk digunakan sebagai udara pembakaran dan juga sebagai pendinginan (Mahfuzah et al., 2024). Secara umum ada 2 jenis kompresor pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) kompresor sentrifugal dan kompresor aksial.

2.4.2. Ruang Bakar (*Combustion Chamber*)

Ruang bakar (*Combustion chamber*) merupakan tempat proses terjadinya pembakaran antara udara yang bertekanan dan bertemperatur tinggi dengan bahan bakar sehingga menghasilkan energi panas. Energi panas ini kemudian diubah menjadi energi kinetik untuk memutar turbin dengan cara mengarahkan energi panas tersebut melalui *transition pieces* berfungsi juga sebagai *nozzle* (Prasetyo et al., 2021).

2.4.3. Turbin Gas

Turbin gas adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengubah energi kinetik menjadi energi mekanik yang digunakan sebagai penggerak kompresor dan komponen pendukung lainnya. Adapun bagian utama dari turbin yaitu stator dan rotor, rotor merupakan bagian dari turbin yang berputar terdiri dari poros/shaft yang dengan sudu-sudu yang terpasang di sekeliling shaft tersebut. sedangkan stator merupakan bagian dari turbin yang tidak berputar, berfungsi untuk mempercepat aliran gas pembakaran, menurunkan tekanan serta mengarahkan arah aliran gas sesuai dengan sudu masuk turbin (Fauziah, 2023).

2.4.4. Generator

Generator adalah jenis mesin yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, energi mekanis didapat dari putaran rotor yang di gerakkan oleh penggerak awal, sedangkan energi listrik diperoleh dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan stator dan stator dan rotornya (Noer, 2017).

2.5. *Specific Gas Consumption, Heat Rate, Efisiensi Termal*

2.5.1. *Specific Gas Consumption (SGC)*

Specific gas consumption (SGC) atau disebut laju konsumsi gas merupakan parameter untuk mengetahui perbandingan jumlah bahan bakar yang di konsumsi dengan daya yang di hasilkan dalam satuan waktu. Semakin rendah nilai SGC suatu mesin maka semakin baik pula kinerja dari suatu mesin karena dapat menghasilkan energi daya yang tinggi dengan konsumsi bahan bakar yang rendah.



Berdasarkan Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) No.80 Tahun 1989, persamaan yang digunakan untuk menghitung konsumsi bahan bakar gas adalah:

$$SGC = \frac{\text{mmBTU}}{\text{kWh}_{\text{Gross}}} \text{ mmBTU/kWh} \quad (1)$$

Dimana:

SGC: Konsumsi bahan bakar gas spesifik

mmBTU: Sejuta "British Thermal Unit"

kWh_{Gros}: Jumlah kWh yang dibangkitkan generator

2.5.2. Heat Rate Gas

Heat rate atau laju kalor merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur jumlah energi panas yang di dibutuhkan untuk menghasilkan energi listrik. *Heat rate* merupakan total kalor yang di gunakan pembangkit dibandingkan dengan energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik.

Berdasarkan Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) No.80 Tahun 1989, persamaan yang digunakan untuk menghitung laju kalor pembangkit adalah:

$$\text{Heat Rate}_{\text{Gas}} = \frac{Q_f \times \text{LHV}}{\text{kWh}_{\text{Gross}}} \text{ (Kcal/kWh)} \quad (2)$$

*Heat Rate*_{Gas} : Heat Rate (Kcal/KWh)

Q_f : Jumlah pemakaian bahan bakar

LHV : Nilai kalor bahan bakar yang digunakan (Kcal/Kg)

Gross Power : Jumlah energi listrik yang di hasilkan generator (kWh)

2.5.3. Efisiensi Termal

Efisiensi Termal merupakan parameter yang digunakan dalam mengetahui keefektifan dari mesin untuk mengubah energi panas menjadi energi listrik (Darmawan, 2024).

Berdasarkan Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) No.80 Tahun 1989, persamaan yang digunakan untuk menghitung efisiesi termal pembangkit adalah:

$$\eta_{\text{th}} = \frac{859,845}{\text{Heat Rate}} \times 100\% \quad (3)$$

2.5.4. Net Power Output

Net power output merupakan jumlah energi listrik yang di produksi oleh generator dikurangi oleh pemakaian sendiri untuk keperluan operasional nya, atau dengan kata lain jumlah energi listrik yang siap di salurkan ke sistem (Prabowo et al., 2024)

Berdasarkan Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) No.80 Tahun 1989, persamaan yang digunakan untuk menghitung laju kalor pembangkit adalah:

$$\text{kWh}_{\text{Net}} = \text{kWh}_{\text{Gross}} - \text{kWh}_{\text{Aux}} \quad (4)$$

Dimana:

kWh_{Net}: Total energi listrik yang dikeluarkan generator

kWh_{Aux}: Total energi listrik yang digunakan oleh peralatan pembangkit

2.6. Pemeliharaan PLTG

Pemeliharaan adalah usaha yang dilakukan terhadap peralatan agar tetap dapat beroperasi dengan aman, handal, efisien, dengan unjuk kerja yang baik, dan mencapai umur yang telah



Lisensi

Lisensi Internasional Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0.

ditentukan. Pemeliharaan dilakukan bertujuan untuk memastikan bahwa pembangkit yang dipelihara tersebut dapat beroperasi dengan keandalan yang tinggi, dengan mutu listrik yang baik, efisien, dan dengan biaya pemeliharaan yang optimal. Secara umum pemeliharaan PLTG di bagi menjadi beberapa bagian diantaranya adalah:

a. Pemeliharaan pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Pemeliharaan pencegahan merupakan kegiatan pemeliharaan yang rutin yang dilakukan sesuai dengan instruksi manual atau pengalaman pemilik peralatan. Misalnya, inspeksi, pembersihan, pelumasan, penggantian, dan perbaikan komponen yang dilakukan secara teratur termasuk penggantian oli setiap enam bulan atau penggantian oli setiap 8.000 jam kerja atau penggantian bucket gas turbine setiap 12.000 jam kerja. Kegiatan perawatan pencegahan termasuk penggantian atau perbaikan komponen secara teratur (Thommi Haposan, 2008).

b. Pemeliharaan prediktif (*Predictive Maintenance*)

Pemeliharaan prediktif merupakan kegiatan pemeliharaan yang membutuhkan kemampuan dan teknologi untuk dibandingkan dengan data kinerja, data kerusakan peralatan, data operasi, dan data desain peralatan, sebagai dasar pertimbangan mengenai kegiatan pemeliharaan. Dalam pelaksanaan pemeliharaan prediktif dibutuhkan alat-alat presisi seperti vibrator, analisis minyak, analisis kecepatan motor, pelepasan parsial, dan ultrasonik. Tujuannya untuk mempercepat proses identifikasi gejala kerusakan peralatan berdasarkan hasil pengukuran, dan mempersiapkan shutdown dengan lebih terencana. (Thommi Haposan, 2008)

c. Pemeliharaan berkala (*Periodic Maintenance*)

Pemeliharaan berkala merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilaksanakan secara berkala yang ditentukan berdasarkan jam operasi mesin pembangkit, jumlah start serta pola pengoperasian mesin pembangkit tersebut dengan mengacu pada fabrikasi mesin tersebut (Siregar et al., 2022). Berikut merupakan pemeliharaan periodik pada PLTG yang direkomendasikan berdasarkan manual book:

- *Minor Inspection*

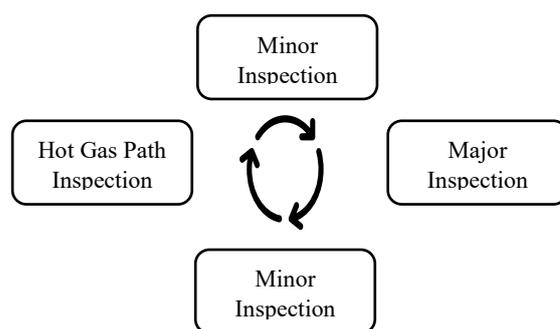
Minor inspection ini dilaksanakan apabila mesin telah beroperasi 8000 jam, pekerjaan difokuskan pada inspeksi ringan untuk memastikan kehandalan dan efisiensi pembangkit diantaranya adalah penggantian filter udara, inspeksi secara visual pada komponen utama seperti kompresor, turbin, dan sistem pembakaran.

- *Major Inspection*

Major inspection ini dilaksanakan apabila mesin telah beroperasi 25.000 jam, pekerjaan difokuskan pada pembongkaran dan pemeriksaan secara keseluruhan mesin, melakukan pemeriksaan dan perawatan komponen utama seperti kompresor, sistem pembakaran, dan bagian turbin. Dan jika diperlukan melakukan penggantian pada bagian-bagian komponen kritis yang sudah tidak layak digunakan.

- *Hot Gas Path Inspection*

Hot gas path inspection ini dilaksanakan apabila mesin telah beroperasi 50.000 jam, pekerjaan difokuskan pada pembongkaran dan pemeriksaan komponen di jalur gas panas pada turbin gas, bertujuan untuk memastikan kondisi komponen-komponen utama yang terkena suhu tinggi tetap dalam batas aman dan berfungsi dengan normal.



Gambar 1 Siklus pemeliharaan berkala Gas Turbine PLTGU
Sumber: Peneliti, 2025

d. Pemeliharaan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Pemeliharaan korektif merupakan pemeliharaan yang dilaksanakan akibat adanya kerusakan atau kegagalan fungsi pada peralatan tersebut sehingga peralatan bisa berfungsi pada kondisi semula.

Pemeliharaan ini bisa terjadi karena dibebakna oleh kualitas material yang tidak memenuhi syarat dan cara pengoperasain maupun pemeliharaan yang tidak sesuai dengan buku petunjuk (Siregar et al., 2022).

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dilaksanakan di PT. PLN Nusantara Power UP Belawan yang terletak di Jl. Pulau Sicanang, Kel Belawan Sicanang, Kec Medan Belawan, Kota Medan, Prov Sumatera Utara. Adapun untuk waktu pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 5 s.d 10 Mei 2025.



Gambar 5 Lokasi PT.PLN Nusantara Power UP Belawan
Sumber: Peneliti, 2025

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan untuk melakukan penelitian mengenai analisa hasil pelaksanaan pemeliharaan *minor inspection* PLTGU unit 1 PT. PLN Nusantara Power UP Belawan terhadap peningkatan nilai ekonomis pada pembangkit adalah sebagai berikut:



a. Gas Turbine

Peralatan yang di teliti adalah system turbin gas siklus terbuka dengan spesifikasi pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1 Spesifikasi Gas Turbin GT 11 PT.PLN Nusantara Power UP Belawan

b. Flow meter

Flow meter merupakan alat yang digunakan untuk mengukur fluida yang mengalir dalam suatu penampang (kg/s) dan volume (m³)

c. kWh Meter

kWh meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur jumlah energi listrik yang dikonsumsi oleh perangkat listrik dalam satuan kWh.

| Uraian | | Jenis |
|-----------------------|---|--------------------|
| Tipe | : | V94,2 |
| No Seri | : | 80011 |
| Pabrikan | : | Siemens KWU Jerman |
| Putaran (rpm) | : | 3000 |
| Bahan Bakar | : | Gas/Hsd |
| Daya Terpasang | : | 117,5 MW |
| Daya mampu netto 2022 | : | 90 MW |

3.3. Bahan Pengujian

Bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian mengenai analisa hasil pelaksanaan pemeliharaan *minor inspection* PLTGU unit 1 PT. PLN Nusantara Power UP Belawan terhadap peningkatan nilai ekonomis pada pembangkit adalah sebagai berikut:

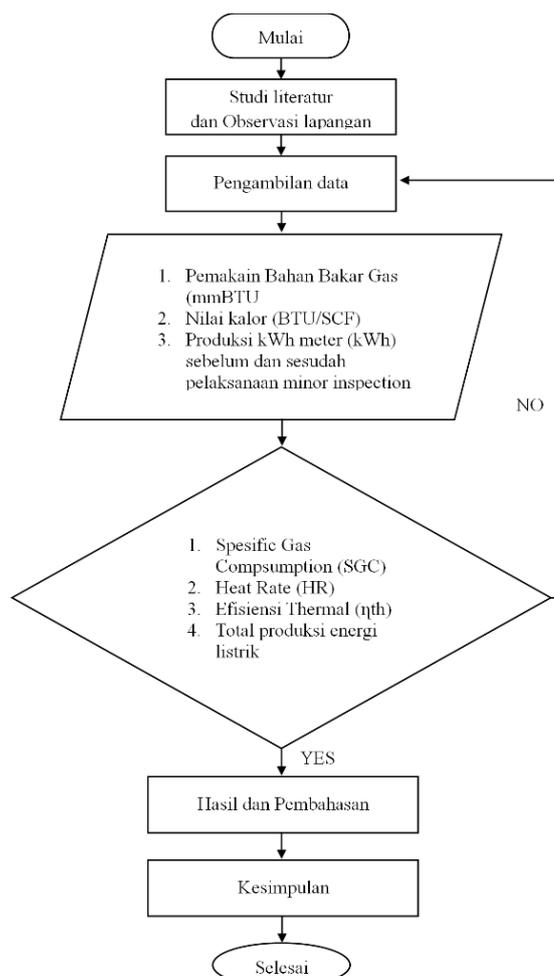
a. *Liquefied Natural Gas* (LNG)

Liquefied Natural Gas (LNG) merupakan bahan bakar yang digunakan pada saat penelitian ini.

3.4. Sistematika Penelitian

Metode penulisan pada tugas akhir Analisa Hasil Pelaksanaan Pemeliharaan *Minor Inspection* PLTGU Unit 1 PT. PLN Nusantara Power UP Belawan Terhadap Peningkatan Nilai Ekonomis Pada Pembangkit dilakukan dapat dilihat pada diagram alir yang terdapat pada Gambar 6 dibawah ini.





Gambar 6 Flowchart Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir
 Sumber: Peneliti, 2025

4. PERHITUNGAN DAN ANALISA

Pelaksanaan *minor inspection* PLTGU Unit 1 PT. PLN Nusantara Power UP Belawan dilakukan pada Tanggal 23 Desember 2024 sampai dengan 6 Januari 2025. dimana pada tanggal 20 Desember 2024 dilakukan *performance test* sebelum *minor inspection* dan pada tanggal 7 Januari 2025 dilakukan *performance test* sesudah *minor inspection*. Dari data-data *performance test* sebelum *minor inspection* dan setelah *minor inspection* maka dapat dihitung berapa besar peningkatan nilai ekonomis PLTGU Unit 1 sesudah dilakukan *minor inspection* berdasarkan perhitungan *specific gas consumption* (SGC), *heat rate* dan Efisiensi Termal dan *net power output* yang dihasilkan PLTGU Unit 1 sebelum dan setelah dilaksanakan pemeliharaan *minor inspection*.

4.1 Analisis perhitungan *specific gas consumption* (SGC), *heat rate* (HR) dan Efisiensi Termal sebelum *minor inspection* PLTGU Unit 1

Performance test sebelum *minor inspection* pada PLTGU Unit 1 dilakukan pada tanggal 20 Desember 2024, dilakukan selama 2 jam operasi mulai pukul 10.00-12:00 Wib dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Hasil *Performance Test* Sebelum *Minor Inspection*

| No. | Deskripsi | Satuan | Waktu |
|-----|-----------|--------|-------|
|-----|-----------|--------|-------|



| | | | |
|---|--------------------|-------|-------------|
| | | | 10:00-12:00 |
| 1 | Gross Power Output | kWh | 94.500 |
| 2 | ` | kWh | 190 |
| 3 | Net Power Output | kWh | 94.310 |
| 4 | Fuel Gas Flow rate | mmBTU | 1.138,67 |
| 5 | Low Heateing value | kCal | 252.614 |

Selanjutnya data *performance test* sebelum *minor inspection* di kumpulkan untuk kemudian dilakukan perhitungan dan analisa:

4.1.1. Analisa perhitungan *specific gas consumption* (SGC)

Untuk mengetahui *specific gas consumption* (SGC) dapat dilakukan dengan persamaan (1), yaitu.

$$SGC = \frac{\text{mmBTU}}{\text{kWh Gross}} \text{ mmBTU/kWh}$$

Sehingga nilai SGC yaitu:

$$SGC = \frac{1.1397,07}{94.500,00} \text{ mmBTU/kWh}$$

$$SGC = 0,0120 \text{ mmBTU/kWh}$$

4.1.2. Analisa perhitungan *heat rate* (HR)

Untuk mengetahui *heat rate* (HR) dapat dilakukan dengan persamaan (2), yaitu.

$$HR_{\text{Gas}} = \frac{Q_f \times \text{LHV}}{\text{kWh Gross}} \text{ (Kcal/kWh)}$$

Sehingga nilai *heat rate* yaitu :

$$HR_{\text{Gas}} = \frac{Q_f \times \text{LHV}}{\text{kWh Gross}} \text{ Kcal/kWh}$$

$$HR_{\text{Gas}} = \frac{1.138,67 \times 252.614}{94.500,00} \text{ Kcal/kWh}$$

$$HR_{\text{Gas}} = \frac{287.643.983,4}{94.500,00} \text{ Kcal/kWh}$$

$$HR_{\text{Gas}} = 3.043,85 \text{ Kcal/kWh}$$

4.1.3. Analisa perhitungan efisiensi thermal

Untuk mengetahui efisiensi thermal dapat dilakukan dengan persamaan (3), yaitu.

$$\eta_{\text{th}} = \frac{859,845}{\text{Heat Rate}} \times 100\%$$

sehingga nilai *heat rate* yaitu:

$$\eta_{\text{th}} = \frac{859,845}{\text{Heat Rate}} \times 100\%$$

$$\eta_{\text{th}} = \frac{859,845}{3.043,85} \times 100\%$$

$$\eta_{\text{th}} = 28,25 \%$$

4.1.4. Analisa perhitungan net power output

Untuk mengetahui *net power output* dapat dilakukan dengan persamaan (4), yaitu.

$$\text{kWh}_{\text{Net}} = \text{kWh}_{\text{Gross}} - \text{kWh}_{\text{Aux}}$$



Sehingga nilai kWh_{Net} nya adalah:

$$\text{kWh}_{\text{Net}} = \text{kWh}_{\text{Gross}} - \text{kWh}_{\text{Aux}}$$

$$\text{kWh}_{\text{Net}} = 94.500 - 190$$

$$\text{kWh}_{\text{Net}} = 94.310 \text{ kWh}$$

4.2. Analisis perhitungan *specific gas consumption* (SGC), *heat rate* (HR) dan *Efisiensi Termal* sesudah *minor inspection* PLTGU Unit 1

Performance test sesudah *minor inspection* pada PLTGU Unit 1 dilakukan pada tanggal 7 Januari 2025, dilakukan selama 2 jam operasi mulai pukul 18.30-20:30 Wib dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Hasil *Performance Test* Sesudah *Minor Inspection*

| No. | Deskripsi | Satuan | Waktu |
|-----|--------------------|--------|-------------|
| | | | 18:30-20:30 |
| 1 | Gross Power Output | kWh | 94.500 |
| 2 | Aux Power | kWh | 110 |
| 3 | Net Power Output | kWh | 94.390 |
| 4 | Fuel Gas Flow rate | mmBTU | 1.132,65 |
| 5 | Low Heating value | kCal | 252.614 |

Selanjutnya data performance test sebelum minor inspection di kumpulkan untuk kemudian dilakukan perhitungan dan analisa:

4.2.1. Analisa perhitungan *specific gas consumption* (SGC)

Untuk mengetahui *specific gas consumption* (SGC) dapat dilakukan dengan persamaan (1), yaitu.

$$\text{SGC} = \frac{\text{mmBTU}}{\text{kWh}_{\text{Gross}}} \text{ (mmBTU/kWh)}$$

Sehingga nilai SGC yaitu:

$$\text{SGC} = \frac{1.132,65}{94.500,00} \text{ (mmBTU/kWh)}$$

$$\text{SGC} = 0,01199 \text{ (mmBTU/kWh)}$$

4.2.2. Analisa perhitungan *heat rate* (HR)

Untuk mengetahui *heat rate* (HR) dapat dilakukan dengan persamaan 2), yaitu.

$$\text{HR}_{\text{Gas}} = \frac{Q_f \times \text{LHV}}{\text{kWh}_{\text{Gross}}} \text{ (Kcal/kWh)}$$

Sehingga nilai *heat rate* yaitu :

$$\text{HR}_{\text{Gas}} = \frac{Q_f \times \text{LHV}}{\text{kWh}_{\text{Gross}}} \text{ Kcal/kWh}$$

$$\text{HR}_{\text{Gas}} = \frac{1.132,65 \times 252.614}{94.500,00} \text{ Kcal/kWh}$$

$$\text{HR}_{\text{Gas}} = \frac{286.123.247,1}{94.500,00} \text{ Kcal/kWh}$$

$$\text{HR}_{\text{Gas}} = 3.027,76 \text{ Kcal/kWh}$$

4.2.3. Analisa perhitungan efisiesni thermal



Untuk mengetahui efisiensi termal dapat dilakukan dengan persamaan (3), yaitu.

$$\eta_{th} = \frac{859,845}{\text{Heat Rate}} \times 100\%$$

sehingga nilai heat rate yaitu:

$$\eta_{th} = \frac{859,845}{\text{Heat Rate}} \times 100\%$$

$$\eta_{th} = \frac{859,845}{3.027,76} \times 100\%$$

$$\eta_{th} = 28,40 \%$$

4.2.4. Analisa perhitungan *net power output*

Untuk mengetahui *net power output* dapat dilakukan dengan persamaan (4), yaitu.

$$kWh_{Net} = kWh_{Gross} - kWh_{Aux}$$

Sehingga nilai kWh_{Net} nya adalah:

$$kWh_{Net} = kWh_{Gross} - kWh_{Aux}$$

$$kWh_{Net} = 94.500 \text{ kWh} - 110 \text{ kWh}$$

$$kWh_{Net} = 94.390 \text{ kWh}$$

4.3. Analisis *minor inspection* PLTGU Unit 1 terhadap peningkatan nilai ekonomis

Untuk mengetahui peningkatan nilai ekonomis PLTGU Unit 1 dapat kita bandingkan dengan berdasarkan *specific gas consumption* (SGC), *heat rate* (HR), Efisiensi Termal dan *net power output* yang dihasilkan sebelum dan sesudah *minor inspection* PLTGU Unit 1, untuk mengetahui secara detail dapat di lihat pada Tabel 4 berikut.

| No. | Parameter | Satuan | Sebelum | Sesudah |
|-----|-------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | SGC | mmBTU/kWh | 0,0120 | 0,0119 |
| 2 | Heat Rate | Kcal/kWh | 3.043,85 | 3.027,76 |
| 3 | Efisiensi thermal | % | 28,25 | 28,40 |
| 4 | Net power output | kWh | 94.310 | 94.390 |

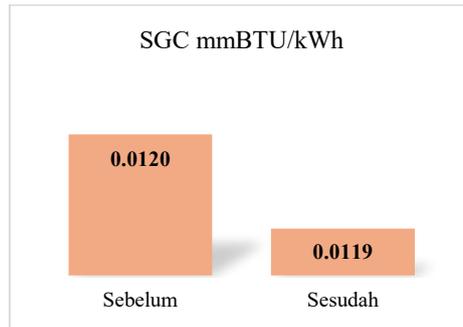
Tabel 4 Hasil Perhitungan Sebelum Dan Sesudah *Minor Inspection*

Dari tabel perhitungan sebelum dan sesudah pelaksanaan *minor inspection* pada PLTGU Unit 1 maka dapat dilihat perbandingan efisiensi thermal, SGC, Efisiensi Termal dan net power output. Untuk perbandingan parameter sebelum dan sesudah dilaksanakan pemeliharaan *minor inspection* dapat di jelaskan sebagai berikut :

4.3.1. Peningkatan nilai ekonomis dari *specific gas consumption* SGC

Dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat terjadi penurunan nilai SGC sebelum dilakukan *minor inspection* yaitu 0,0120 mmBTU/kWh sementara sesudah dilakukan *minor inspection* menjadi 0,0119 mmBTU/kWh, penurunan ini menunjukkan adanya peningkatan nilai ekonomis dari segi konsumsi bahan bakar terhadap produksi energi listrik per kWh yang dihasilkan. Berikut Gambar 7 dibawah ini merupakan grafik perbandingan nilai SGC sebelum dan sesudah pelaksanaan *minor inspection*.

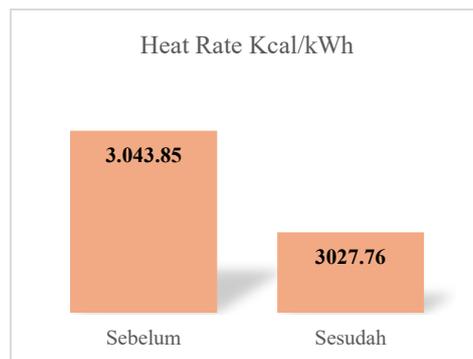




Gambar 7 Grafik Perbandingan SGC Sebelum Dan Sesudah *Minor Inspection*

4.3.2. Peningkatan nilai ekonomis dari *heat rate*

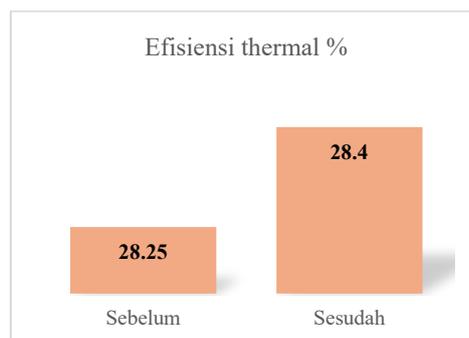
Dari hasil perhitungan diatas dapat dilihat terjadi penurunan *heat rate* sebelum dilakukan minor inspection yaitu 3.043,85 kCal/kWh sementara sesudah dilakukan *minor inspection* menjadi 3.027,76 kCal/kWh. Penurunan *heat rate* ini menunjukkan adanya penurunan konsumsi energi panas atau bahan bakar untuk untuk menghasilkan energi Listrik per kWh. Berikut Gambar 8 dibawah ini merupakan grafik perbandingan *heat rate* sebelum dan sesudah pelaksanaan minor inspection.



Gambar 8 Grafik Perbandingan *Heat Rate* Sebelum Dan Sesudah Pelaksanaan *Minor Inspection*

4.3.3. Peningkatan nilai ekonomis dari efisiensi thermal

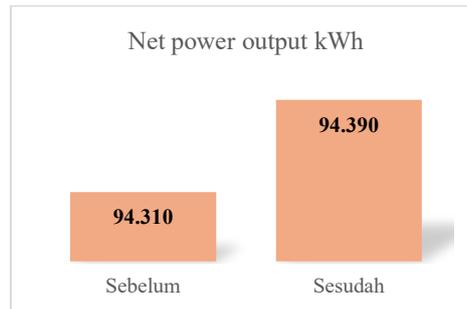
Dari hasil perhitungan diatas dapat ditunjukkan sebelum dilakukan minor inspection yaitu 28,25% sementara setelah dilakukan minor inspection yaitu 28,40% hal ini menunjukkan bahwa pelaksanaan minor inspection mempengaruhi efisiensi thermal, bersamaan dengan penurunan konsumsi bahan bakar dan peningkatan produksi energi Listrik. Berikut Gambar 9 dibawah ini merupakan grafik perbandingan *heat rate* sebelum dan sesudah pelaksanaan minor inspection.



Gambar 9 Grafik Perbandingan Efisiensi Termal Sebelum Dan Sesudah Pelaksanaan *Minor Inspection*

4.3.4. Peningkatan *Net Power Output*

Dari sisi *net power output* yang dihasilkan, dapat ditunjukkan bahwa adanya kenaikan *net power output* sesudah dilakukan *minor inspection*, Dimana *net power output* sebelum dilaksanakan *minor inspection* yaitu 94.310 kWh sementara sesudah dilakukan *minor inspection* yaitu 94.390 kWh hal ini menunjukkan pelaksanaan *minor inspection* mempengaruhi *net power output*. Berikut Gambar 10 dibawah ini merupakan grafik perbandingan *Net Power Output* sebelum dan sesudah pelaksanaan *minor inspection*.



Gambar 10 Grafik Perbandingan *Net Power Output* Sebelum Dan Sesudah Pelaksanaan *Minor Inspection*

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa *minor inspection* PLTGU Unit 1 PT. PLN Nusantara Power UP Belawan yang telah di hitung pada bab IV, maka dapat di simpulkan bahwa pelaksanaan *minor inspection* terbukti meningkatkan ekonomis pembangkit:

- Penurunan nilai *specific gas consumption* (SGC) yang menunjukkan efisiensi penggunaan bahan bakar gas per unit listrik yang dihasilkan. Adapun besar penurunan nilai *specific gas consumption* (SGC) dari 0,0120 mmBTU/kWh menjadi 0,0119 mmBTU/kWh
- Penurunan nilai *heat rate* (HR) yang menunjukkan efisiensi penggunaan energi panas (kalor) yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu unit energi listrik, Adapun besar penurunan nilai *heat rate* (HR) dari 3.043,85 kCal/kWh menjadi 3.027,76 kCal/kWh
- Peningkatan Efisiensi Termal dari 28,25% menjadi 28,40%, hal ini menunjukkan konversi energi bahan bakar menjadi energi listrik menjadi lebih optimal.
- Dari sisi *net power output* yang dihasilkan, terjadi peningkatan *net power output* dari yang sebelumnya 94.310 kWh menjadi 94.390 kWh, hal ini menunjukkan ada nya peningkatan *net power output* yang berkontribusi terhadap peningkatan ketersediaan pasokan listrik ke sistem.

5.2 Saran

Berdasarkan data hasil perhitungan, analisa, dan kesimpulan yang dilakukan, berikut beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya.

- Parameter kinerja seperti *heat rate*, efisiensi termal, dan konsumsi bahan bakar gas perlu dimonitoring secara berkala dan sistematis agar potensi penurunan performa dapat terdeteksi lebih awal
- Untuk meningkatkan keandalan jangka panjang dan memperpanjang usia ekonomis pembangkit, disarankan agar hasil inspeksi dicatat dengan baik dan dikaitkan dengan keputusan pemeliharaan preventif.



- c. Untuk menjaga performa unit dan mencegah degradasi efisiensi yang berkelanjutan, inspeksi minor sebaiknya dijadwalkan secara rutin dan terencana sesuai dengan rekomendasi manual book.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisah, S., Bachtiar, R., & Tharo, Z. (2018). Kajian Dampak Limbah-Limbah Listrik (Lampu Penerangan) Terhadap Lingkungan. *Teknik Program Studi Elektro*, 74–81.
- Anzip, A., -, M., Bertha Agustien, S. O., Choirudin, M. F., & Mirwanto, H. (2021). Analisa Pengaruh Turbine Inspection terhadap Kinerja Turbin Gas MW 701D di PLTGU-PT.PJB UP Gresik. *Jurnal Nasional Aplikasi Mekatronika, Otomasi Dan Robot Industri (AMORI)*, 2(1), 1–6.
- Darmawan, S., Rahmaniar, & Wibowo, P. (2024). *Analisis Perbandingan Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan*. 8(2), 161–174.
- Fauziah, S. (2023). Analisis Penyebab Trip Gas Turbine Generator Menggunakan Metode Fta Di Pt. Pertamina Ep Doggi Matindok. *Jambura Industrial Review (JIREV)*, 3(2), 26–35.
- Island, nadhifah H. (2017). *Kaji Performa Turbin Gas Sebelum Dan Setelah Overhaul Combustion Inspection Di Gtg Utilitas I Pabrik Pt . Petrokimia Gresik Kaji Performa Turbin Gas Sebelum Dan Setelah Overhaul Combustion Inspection Di Gtg Utilitas I Pabrik Pt . Petrokimia Gresik*. 1–67.
- Mahfuzah, N., Tara Difpa, S., & Ibrahim, H. (2024). Perawatan Turbin Sebelum Dan Sesudah Combustion Inspection Di Pembangkit Tenaga Listrik Gas. *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(1), 21–30.
- Nabilah, V., & Marpaung, R. S. (2022). Analisis Pengaruh Pemeliharaan Komponen Pltg Terhadap Unjuk Kerja Turbin Gas Pt Pln Updk Belawan. *Konferensi Nasional Sosial Dan Engineering Politeknik Negeri Medan*, 1047–1055.
- Noer, M. (2017). Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Generator Di Pltg Borang Dengan Menggunakan Software Matlab. *Jurnal Ampere*, 2(2), 103.
- Pambudyantho, G., Pembimbing, D., Teknologi, D. M., Keahlian, B., Proyek, M., Bisnis, F., & Manajemen, D. A. N. (2018). *listrik tenaga gas siklus gabungan dengan clean development mechanism*.
- Prabowo, A., Lubis, Z., & Tharo, Z. (2024). *Studi Analisis Pemanfaatan Tenaga Listrik Di Pabrik Kelapa Sawit*. IX(4), 10444–10450.
- Prasetyo, R., Bismantolo, P., Suandi, A., Studi, P., Mesin, T., Bengkulu, U., Supratman, J. W. R., & Limun, K. (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.
- Siregar, C. T. N., Kindangen, P., & Palandeng, I. D. (2022). Evaluasi Pemeliharaan Mesin dan Peralatan Produksi PT. Multi Nabati Sulawesi (MNS) Kota Bitung. *Jurnal EMBA : Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi*, 10(3), 428.
- Sugandi, B., Atabiq, F., & Asti R. A. (2023). Pengaruh Beban Gas Turbine Generator terhadap Efisiensi Heat Recovery Steam Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU). *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 11(3), 639.
- Thommi Haposan. (2008). *Perbaikan Faktor Tingkat Kesiapan Pembangkit Pada Pt. X Dengan Metode Benchmarking Tesis*.
- Ummah, M. S. (2019). Studi Perubahan Beban Listrik Terhadap Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) PT. PLN (Persero) Wilayah Sulawesi selatan. *Sustainability (Switzerland)*, 11(1), 1–14.

