

Analisis Efisiensi Turbin Gas Tipe V94.2 Sebelum dan Sesudah Minor Inspection Pada Blok 4 Unit 3 Pltgu Muara Tawar

Rakha Syammary¹; Hendri²; Lukfianto³

^{1,2} Program Studi Sarjana Teknik Mesin Fakultas Teknologi dan Bisnis Energi
Institut Teknologi PLN

³ PT.PJB Unit Pembangkitan PLTGU Muara Tawar

¹ rakha1512105@itpln.ac.id

² hendri@itpln.ac.id

ABSTRACT

With the development of technological advances that are very rapid and affect the energy needs, especially electrical energy, as well as increasing demand for power plants such as PLTA, PLTU, PLTGU, PLTD, PLTD, PLTP and others must work extra for the convenience and needs of consumers. Therefore, lately it often happens that generators are experiencing problems and make the efficiency of these generators decrease, which can make consumers uncomfortable and the needs of consumers are not met to the maximum. In particular PLTG which consists of several main components, namely compressors, gas turbines, combustion chambers, and generators which in operation use equipment that has been integrated with one another. Therefore here the author tries to calculate and analyze the efficiency of the gas turbine used in the Muara Tawar PLTGU before and after the holding of the Minor Inspection with the Bryton cycle method and from that method will obtain thermal efficiency in the gas turbine. So that the Minor Inspection can actually improve the performance of the Gas Turbine by increasing the actual thermal efficiency. The results of calculations after Minor Inspection thermal efficiency has increased by 0.70%, compressor efficiency has increased 0.56%, combustion chamber efficiency has increased 0.27%, turbine efficiency has increased 1.35%.

Keywords: Efficiency, Gas Turbine, PLTGU Muara Tawar

ABSTRAK

Dengan berkembangnya kemajuan teknologi yang sangat pesat dan berpengaruh pada kebutuhan energi terutama energi listrik, serta permintaan yang semakin meningkat membuat pembangkit seperti PLTA, PLTU, PLTG, PLTGU, PLTD, PLTP dan lainnya harus kerja ekstra demi kenyamanan dan kebutuhan konsumen. Oleh karena itu belakangan ini sering terjadi pembangkit yang mengalami masalah dan membuat efisiensi dari pembangkit tersebut menurun, yang dapat membuat konsumen menjadi tidak nyaman dan kebutuhan konsumen tidak terpenuhi dengan maksimal. Khususnya PLTG yang terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu kompresor, turbin gas, ruang bakar, dan generator yang dalam operasinya menggunakan peralatan yang telah terintegrasi antara satu dengan yang lain. Oleh karena itu disini penulis mencoba menghitung dan menganalisa efisiensi turbin gas yang digunakan pada PLTGU Muara Tawar sebelum dan sesudah diadakannya Minor Inspection dengan metode siklus Bryton dan dari metode tersebut akan didapat efisiensi thermal pada turbin gas. Sehingga secara aktual Minor Inspection dapat meningkatkan performa Turbin Gas dengan meningkatnya efisiensi thermal aktual. Hasil perhitungan setelah dilakukan Minor Inspection efisiensi thermal mengalami peningkatan sebesar 0,70 %, efisiensi kompresor mengalami peningkatan 0,56 %, efisiensi ruang bakar mengalami peningkatan 0,27 %, efisiensi turbin mengalami peningkatan 1,35 %.

Kata kunci: Efisiensi, Turbin Gas, PLTGU Muara Tawar

1. PENDAHULUAN

Pada era globalisasi seperti saat ini kemajuan dalam hal teknologi sangatlah pesat. Hal tersebut berpengaruh pada melonjaknya kebutuhan energi terutama energi listrik. Oleh karena itu, upaya meningkatkan efisiensi peralatan pembangkit listrik sangat berguna agar ketersediaan energi di masa depan dapat tercapai.[1].

Salah satu pembangkit listrik yang masih menjadi pilihan adalah pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) yaitu sebuah pembangkit listrik yang menggunakan mesin turbin gas sebagai penggerak generasinya. Turbin gas dirancang dan dibuat dengan prinsip kerja yang sederhana dimana energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar diubah menjadi energi mekanis dan selanjutnya diubah menjadi energi listrik.[3]

Pembangkit Listrik Tenaga Gas di Muara Tawar bekerja dalam temperatur yang tinggi dalam waktu pengoperasian. Dalam kondisi tersebut, maka seiring waktu performa turbin gas akan terus menerus turun. Hal itu disebabkan karena komponen dan alat bantu turbin gas memiliki batas jam operasi atau (equivalent operating hours) EOH. Apabila jam operasi turbin gas sudah mendekati EOH yang telah ditentukan oleh pabrikan, komponen turbin akan mengalami penurunan kinerjanya sehingga berdampak penurunan efisiensi unit turbin gas itu sendiri [5]. Untuk menjaga kehandalan, keamanan dan umur pemakaian peralatan turbin agar tetap pada performa yang maksimal maka perlu dilakukan perawatan preventive maintenance, predictive maintenance, minor inspection dan overhaul. Tiga faktor yang menjadi tuntutan kerja pembangkit listrik adalah keamanan, kehandalan, dan efisiensi. Nilai dari tiga hal tersebut dapat dihitung melalui tes unjuk kerja dan riwayat dari proses perawatan yang telah dan akan dikerjakan. Untuk menjaga nilai keamanan, kehandalan dan efisiensi pembangkit listrik, maka tes unjuk kerja dan perawatan harus dilakukan secara berkala atau preventif, prediktif, dan korektif lengkap agar mengetahui kondisi mesin yang sebenarnya. Secara umum proses produksi listrik PLTGU adalah penggabungan dua siklus yaitu brayton untuk PLTG dan siklus rankine untuk PLTU.[4]

Berdasarkan observasi ketika magang di Unit Jasa Pembangkitan PLTGU Muara Tawar, maka penulis mendapatkan bahasan topik dengan judul “Analisis Efisiensi Turbin Gas Tipe V94.2 Sebelum dan Setelah Minor Inspection Pada Blok 4 Unit 3 PLTGU Muara Tawar”. Alasan dipilihnya judul tersebut yaitu untuk mengetahui perbandingan efisiensi turbin gas pada PLTGU Muara Tawar sebelum dilaksanakan Minor Inspection dan setelah Minor Inspection.

2. METODE / PERANCANGAN PENELITIAN

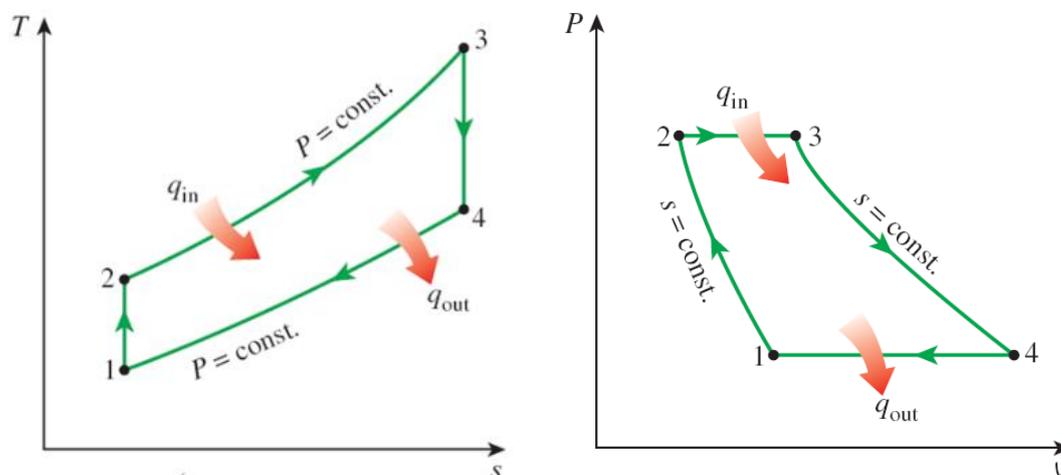
Penelitian ini dilakukan dengan metode kualitatif. Kemudian didasarkan pada studi kasus lapangan pada sistem PLTG Muara Tawar Blok 4 Unit 3 dan diperkuat dengan beberapa teori dan jurnal ilmiah. Data yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari beberapa pihak terkait yaitu CCR (Central Control Room) PLTG, Rencan MCR (Maintenance Control Room) dan Engineering Team. Selain itu data – data dan informasi diperoleh dari studi literature yang didapat dari manual book, jurnal ilmiah, maupun buku..

Dimana metode kualitatif menggunakan perhitungan dari data – data yang ada dan parameter pada PLTG Muara Tawar kemudian menggunakan rumus – rumus yang berhubungan dengan efisiensi turbin gas, karena dalam skripsi ini penulis memiliki judul “Analisis Efisiensi Turbin Gas Tipe V94.2 Sebelum dan Sesudah Minor Inspection Pada Blok 4 Unit 3 PLTGU Muara Tawar”.

Tabel 1. Spesifikasi Turbin Gas

Tipe : Siemens AG V94.2	
Bahan Bakar	MW 701 D , Axial Flow ,Reaction Type
Low Heat Value (LHV)	Natural Gas
Nominal Output Generator	3000 rpm
Temperatur Gas Buang	4
Konsumsi Bahan Bakar	Min 500°C
Inlate Guide Vanes	
Laju Aliran Gas Buang	Canular Type
Reference Conditions	18
Speed	
Ambient Temperature	Axial Flow Type
Baromatic Pressure	19
Relative Humidity	
Pressure Loss Compressor Inlet (ISO)	TLRI 10B / 36 Siemens
Pressure Loss Turbin Outlet (ISO)	153.75 MVA
Tipe: Siemens AG V94.2	8454-SI

2.1. Siklus Brayton (Turbin Gas)



Gambar 1. Diagram P-V Dan Diagram T-S (Siklus Ideal)[8]

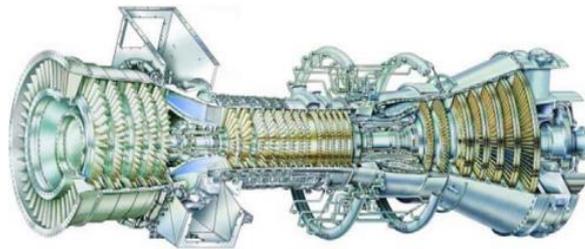
Proses proses yang terjadi dari diagram tersebut diatas adalah sebagai berikut:

- Proses 1-2: Proses kompresi isentropis pada kompresor.
- Proses 2-3: Proses pembakaran pada tekanan konstan (isobar) Didalamruangbakar,adanya pemasukan panas.
- Proses 3-4: Proses ekspansi isentropik pada turbin.
- Proses 4-1: Proses pelepasan kalor pada tekanan konstan.

2.2. Turbin Gas

Turbin berfungsi merubah gas panas hasil pembakaran dan ruang bakar menjadi putaran tenaga mekanis. Turbin terdiri dari deretan sudu-sudu yang berputar (rotor) dan sudu-sudu yang tidak berputar (stator).

Cara untuk memanfaatkan kecepatan aliran udara agar memutar turbin yaitu impuls dengan cara mendorong atau dengan reaksi-reaksi karena gaya reaksi aliran udara panas meniggalkan sudu-sudu rotor. Pada cara impuls kecepatan udara membentur sudu-sudu rotor dan rotor bergerak dan mulai berputar. Sedang udara kemudian berekspansi pada sudu-sudu rotor dan pada waktu meninggalkan sudu rotor menyebabkan terjadinya gaya reaksi yang menghasilkan tenaga yang menambah putaran rotor.[2]



Gambar 1. Turbin Gas^[6]

a. Kompresor

Kompresor Utama berfungsi untuk menaikkan tekanan dan temperatur udara sebelum masuk ruang bakar. Udara juga dimanfaatkan untuk : udara pembakaran, udara pengabut bahan bakar, udara pendingin sudu dan ruang bakar dan perapat pelumas bantalan.[7]

b. Ruang Bakar (*Combustion Chamber*)

Ruang Bakar (*Combustion Chamber*) adalah ruangan tempat proses terjadinya pembakaran. Energi kimia bahan bakar diubah menjadi energi thermal pada proses pembakaran tersebut. Ada Turbin Gas yang memiliki satu atau dua *Combustion Chamber* yang letaknya terpisah dari casing turbin, akan tetapi yang lebih banyak di jumpai adalah memiliki *Combustion Chamber* dengan beberapa buah *Combustor Basket*, mengelilingi sisi masuk (inlet) turbin.

c. Turbin

Turbin merupakan tempat terjadinya konversi energi kinetik menjadi energi mekanik yang digunakan sebagai penggerak kompresor aksial dan perlengkapan lainnya. Dari daya total yang dihasilkan kira-kira 60 % digunakan untuk memutar kompresornya sendiri dan sisanya digunakan untuk memutar poros generator. Banyak energi terbuang terbawa oleh gas sisa pembakaran dari turbin yang keluar melalui exhaust, karena gas panas yang keluar suhunya masih tinggi.

2.3. Pemeliharaan Turbin Gas^[5]

Pemeliharaan turbin gas dilakukan overhul dengan beberapa jenis inspeksi , yaitu:

1. Combustion Inspection

Bagian pekerjaan yang termasuk dalam *Combustor Section Inspection* adalah membongkar, memeriksa dan memperbaiki *Fuel Nozzle*, *Combustor Basket*, *Transition Pieces* dan komponen lain yang berada didalam *Combustor Chamber*. Bagian-bagian yang dibuka tersebut harus dibersihkan dengan teliti, diperiksa dan diperbaiki. Pada kesempatan

ini juga diperiksa sudu-sudu turbin tingkat pertama yang dapat diperiksa dari lubang tempat pemasangan *Transition Pieces*.

2. Turbine Inspection

Inspection ini biasa disebut juga sebagai *Hot Gas Path Inspection*, yang meliputi *Combustor Section Inspection* ditambah dengan memeriksa / memperbaiki bagian dalam Turbin Gas dengan terlebih dahulu membuka *Combustor Chamber Cylinder*. Sudu-sudu turbin dilepaskan dari rotornya kemudian dibersihkan dan diperbaiki. *Diaphragma* dan *seal* labirin juga dilepas, dibersihkan dan diperbaiki. Dianjurkan juga agar bantalan aksial (*Thrust Bearing*) serta bantalan journal (*Journal Bearing*) dibuka, diperiksa dan diperbaiki.

3. Minor Inspection.

Minor Inspection adalah kegiatan pemeriksaan sederhana yang mencakupi daerah mesin turbin dan sebuah pemeriksaan visual yang besar mulai dari sisi masuk compressor sampai dengan keluar turbin.. Equivalent operation hour untuk kegiatan Minor inspection yaitu setiap 4000-8000 jam sekali.

2.4. Perhitungan Efisiensi Turbin Gas

Dengan siklus brayton udara bergerak melewati berbagai komponen dengan mengabaikan irreversibilitas ,tidak ada penurunan tekanan karena udara mengalir dengan tekanan konstan melalui alat penukar kalor. Jika perpindahan kalor ke lingkungan juga diabaikan,maka terjadi melalui turbin dan kompresor adalah isentropic yang dapat disesuaikan pada siklus brayton. Jika tabel udara digunakan dalam perhitungan dengan siklus brayton dapat digunakan pada proses 1-2 (kompresi isentropic) dan proses 3-4 (ekspansi isentropic). [10]

$$r_p = \frac{p_2}{p_1} = \frac{p_3}{p_4} \quad (1)$$

- Pada langkah 1-2 Perhitungan dari proses kompresi berlangsung dari udara atmosfer masuk ke dalam sistem turbin gas melalui sisi inlet kompresor.

$$\dot{W}_{\text{compressor}} = \dot{m}_{\text{udara}} (h_2 - h_1) \quad (2)$$

- Pada tahap 2-3 yaitu tahapan proses pembakaran di ruang bakar.

$$\dot{Q}_{in} = \dot{m}_{\text{bahan bakar}} \times \text{LHV} \quad (3)$$

- Pada tahap 3-4 yaitu Pada proses ekspansi berlangsung terjadi gesekan antara gas hasil pembakaran dengan sudu-sudu turbin.

$$\dot{W}_T = (\dot{m}_{\text{udara}} + \dot{m}_{\text{bb}}) \times (h_3 - h_4) \quad (4)$$

- Proses 4-1 Tahap selanjutnya adalah pembuangan udara kembali ke atmosfer.

$$\dot{Q}_{out} = (h_4 - h_1) \quad (5)$$

-Menghitung efisiensi compresor

$$\eta_{\text{Compressor}} = \frac{h_2' - h_1}{h_2 - h_1} \times 100 \% \quad (6)$$

-Menghitung efisiensi ruang bakar

$$\eta_{\text{ruang bakar}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2' - h_3} \times 100 \% \quad (7)$$

-Menghitung efisiensi turbin

$$\eta_{\text{Turbine}} = \frac{h_3 - h_4}{h_3 - h_4'} \times 100 \% \quad (8)$$

-Menghitung air fuel ratio aktual

$$W_{\text{nett}} = \dot{W}_t - \dot{W}_c = \frac{W_{\text{gen}}}{\eta_{\text{gen}}}$$

$$\frac{W_{gen}}{\eta_{gen}} = (\dot{m}_{bb} + \dot{m}_{udara})(h_3 - h_4) - \dot{m}_{udara}(h_2 - h_1)$$

$$\frac{W_{gen}}{\eta_{gen}} = \left[1 + \left(\frac{A}{F}\right)\right] \dot{m}_{bb}(h_3 - h_4) - \left(\frac{A}{F}\right) \dot{m}_{bb}(h_2 - h_1)$$

$$\left(\frac{A}{F}\right) = \frac{\frac{W_{gen}}{\eta_{gen}} - \dot{m}_{bb}(h_3 - h_4)}{\dot{m}_{bb}(h_3 - h_4) - \dot{m}_{bb}(h_2 - h_1)} \quad (9)$$

-Menghitung Back Work Ratio

$$bwr = \frac{W_{compressor}}{W_{turbin}} \quad (10)$$

-Menghitung heat rate

$$HR_{GT} = \frac{\dot{Q}_{in}}{W_{turbin} - W_{compressor}} \quad (11)$$

-Menghitung efisiensi thermal turbin gas

$$\eta_{Thermal} = \frac{W_{net}}{Q_{in'}} \times 100\% \quad (12)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan efisiensi turbin gas pada GT 3.1 sebelum dan sesudah *combustor inspection* dapat kita lihat pada sub bab sebelumnya. Di dalam sub bab tersebut dapat kita lihat perbedaan efisiensi, sfc, serta AFR antara sebelum (25 September 2018) dan sesudah (11 November 2018) *combustor inspection* dengan membandingkan beberapa kondisi, yang mana digunakan kondisi commissioning (31 Maret 1994) dan kondisi saat ini (30 April 2019). Jika perbedaan tersebut kita sajikan dalam bentuk tabel keseluruhan hasilnya akan sebagai berikut:

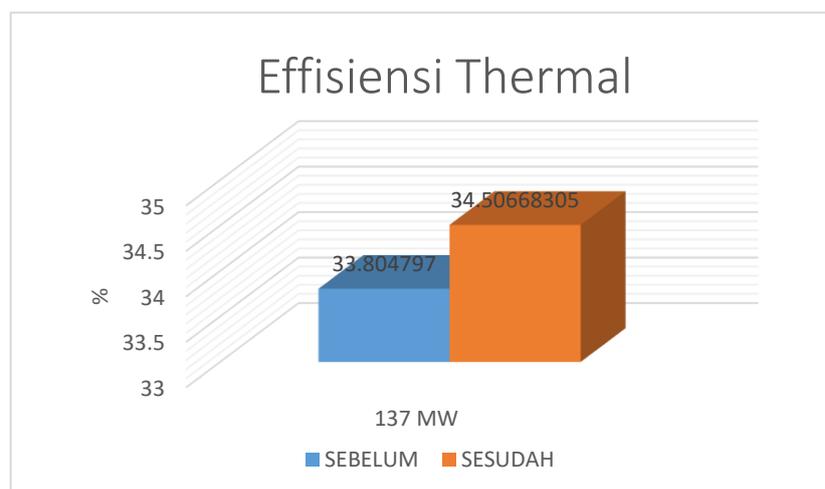
Tabel 2. Data Performance Test Sebelum Dan Sesudah Minor Inspection

No	Jenis Data Input	Simbol	Satuan	Sebelum M.I	Sesudah M.I
1	Temperatur udara masuk kompresor	T1	°C °K	31,63 304,78	31,52 304,67
2	Tekanan udara atmosfer	P1	Bar	1,01	1,01
3	Tekanan udara keluar kompresor	P2	Bar	10,90	10,94
4	Temperatur udara keluar kompresor	T2	°C °K	356,28 629,43	354,8 627,95
5	Temperatur gas buang	T4	°C °K	583,11 856,26	585,38 858,38
6	Daya Output Generator	W _g	MW	137,91	137,45
7	Laju kapasitas bahan bakar	V _{bb}	Knm ³ /h	38,64	35,81
8	Specific Gravity	SG	-	0,58	0,59
9	Panas spesifik udara	C _p udara	kJ/kg°K	1,01	1,01
10	Nilai kalor bahan bakar	LHV	kJ/kg	51054	51527
11	Massa jenis bahan bakar	ρ _{bb}	kg/m ³	0,75	0,78

Tabel 3. Perbandingan Efisiensi Turbin Gas Sebelum dan Sesudah Minor Inspection Blok 4 Unit 3

No.	Parameter	Satuan	137 MW		
			Sebelum	Sesudah	
1	Laju Aliran Bahan Bakar	\dot{m}_{bb}	kg/s	8,07	7,80
2	Kalor Masuk Turbin	Q_{in}	kJ/s	412080,65	402352,15
3	Laju Aliran Udara	\dot{m}_u	kg/s	285,58	267,72
4	Laju Aliran Gas Hasil Pembakaran	\dot{m}_g	kg/s	293,65	275,53
5	Kerja Aktual Kompresor	\dot{W}_c	kJ/s	95105,06	88769,17
6	Kerja Aktual Turbin	\dot{W}_t	kJ/s	234408,09	227607,56
7	Kalor Keluar Turbin	Q_{out}	kJ/s	170056,56	160287,10
8	Kerja Netto Aktual	\dot{W}_{nett}	kJ/s	139303,03	1388838,38
9	Back Work Ratio	bwr	-	40,57	39
10	Heat Rate	HR_{GT}	kJ /kwh	10649,37	10432,76
11	Efisiensi kompresor	η_c	%	91,08	91,64
12	Efisiensi Ruang Bakar	η_{comb}	%	96,99	97,26
13	Efisiensi Turbin	η_t	%	90,42	91,77
14	Efisiensi Thermal	η_{th}	%	33,80	34,50

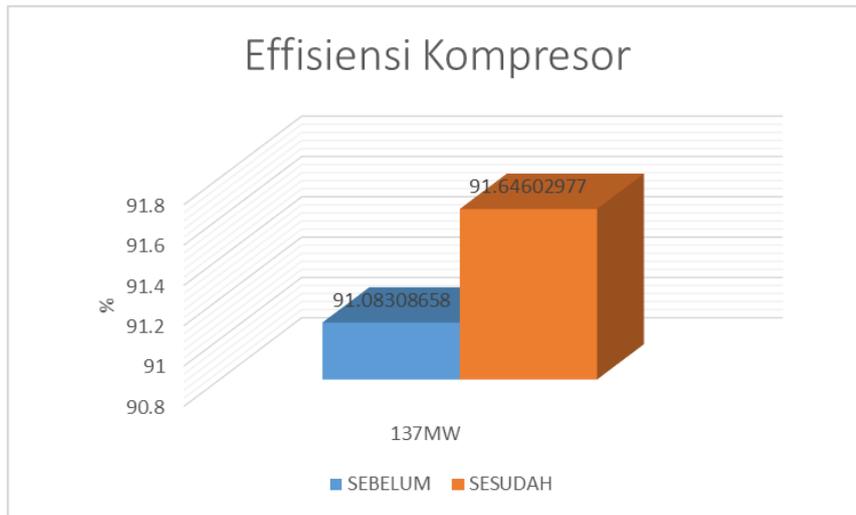
3.1. Perbandingan Efisiensi Thermal Sebelum dan Sesudah *Minor Inspection*



Gambar 3. Grafik Perbandingan Efisiensi Thermal turbin Gas

Hasil efisiensi thermal turbin gas sesudah *minor inspection* menunjukkan kenaikan terhadap efisiensi sebelum *minor inspection*. Kenaikan efisiensi pada GT 4.3, Pada beban 137 MW terjadi kenaikan efisiensi sebelum 33,80 % menjadi 34,50% setelah *minor inspection*, rata-rata naik sebesar 0,70 %.

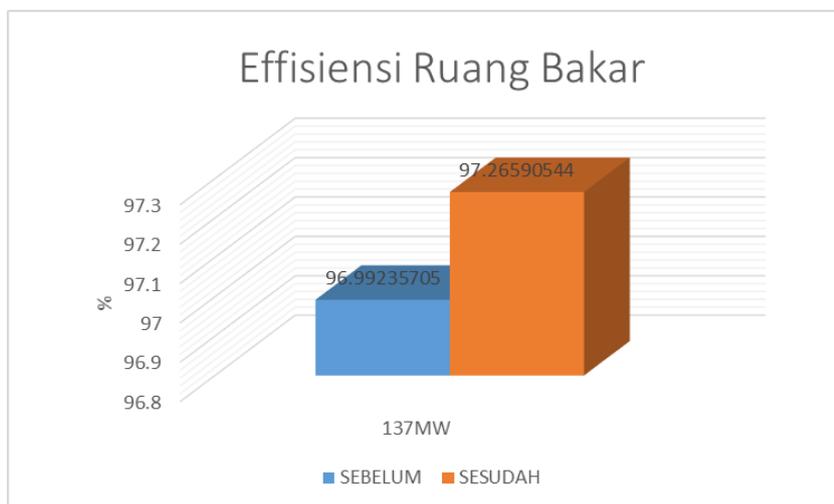
3.2. Perbandingan Efisiensi Kompresor Sebelum dan Sesudah Minor Inspectoin



Gambar 2. Grafik Perbandingan Efisiensi Kompresor pada Turbin Gas

Hasil efisensi kompresor sesudah diadakannya *minor inspection* menunjukkan kenaikan terhadap efisiensi sebelum minor inspection. Kenaikan efisiensi pada GT 4.3 pada beban 137 MW terjadi kenaikan efisiensi sebelum 91,08 % menjadi 91,64 % setelah minor inspection, rata-rata naik sebesar 0,56 %.

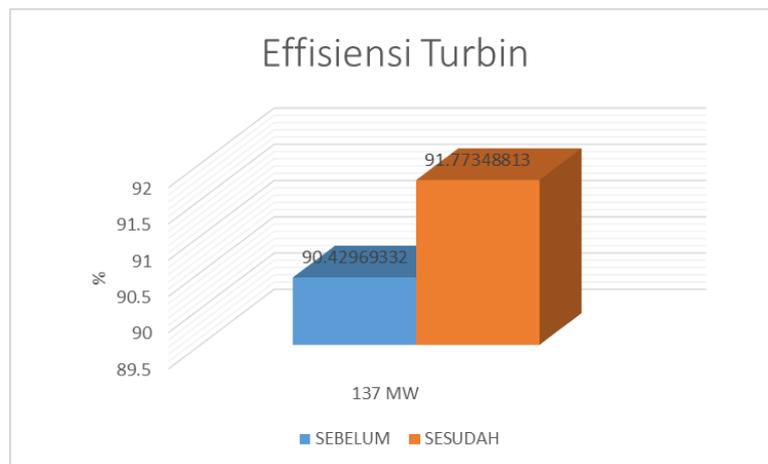
3.3. Perbandingan Efisiensi Ruang Bakar Sebelum dan Sesudah Minor Inspectoin.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Efisiensi Ruang Bakar pada Turbin Gas

Pada beban 137 MW terjadi kenaikan efisiensi sebelum 96,99 % menjadi 97,26 % setelah *minor inspection*, rata-rata naik sebesar 0,27%. Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat terjadi peningkatan efisiensi setelah dilakukan *minor inspection*.

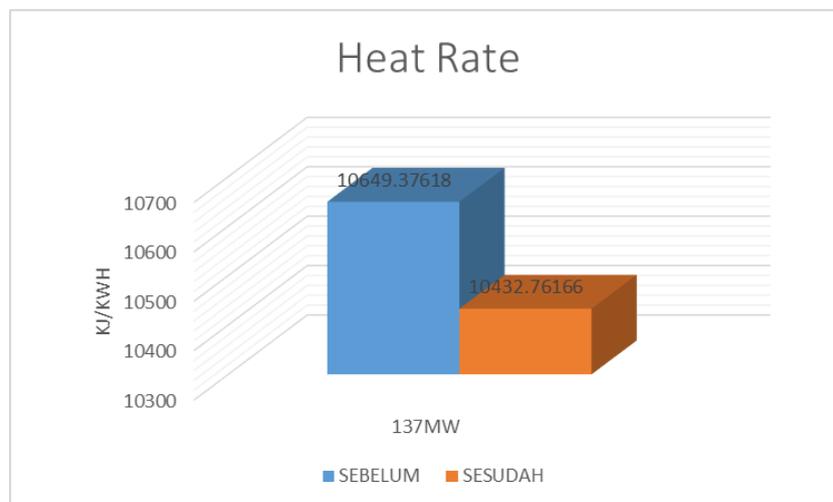
3.4. Perbandingan Efisiensi Turbin Sebelum dan Sesudah *Minor Inspection*



Gambar 4. Grafik Perbandingan Efisiensi Turbin pada Turbin Gas

Hasil efisiensi turbin sesudah *minor inspection* menunjukkan kenaikan terhadap efisiensi sebelum *minor inspection*, Pada beban 137 MW terjadi kenaikan efisiensi sebelum 90,42 % menjadi 91,77 % setelah *minor inspection*, rata-rata naik sebesar 1,35%.

3.5. Perbandingan Heat Rate Sebelum dan Sesudah *Minor Inspection*.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Heat Rate pada Turbin Gas

Hasil Heat Rate turbin gas sesudah *minor inspection* menunjukkan penurunan pada Heat Rate daripada sebelum *minor inspection*. Penurunan heat rate pada GT 4.3 nilai heat rate pada kondisi sebelum dan sesudah *minor inspection* pada beban 137 MW adalah 10649,37 kJ/kwh dan 10432,76 kJ/kwh, rata-rata menunjukkan penurunan heat rate sebesar 216,61 kJ/kWh.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil perhitungan dan analisis efisiensi turbin gas sebelum dan sesudah *minor inspection* blok 4 unit 3 pada bab IV dapat diambil kesimpulan yang berkaitan dengan pengaruh *minor*

inspection terhadap efisiensi turbin gas blok 4 unit 3 pada PT.PJB UP Muara Tawar. Analisa dan pembahasan yang didapat di bab IV dapat disimpulkan adalah efisiensi thermal dengan siklus brayton setelah dilakukan minor inspection mengalami kenaikan peningkatan efisiensi dibandingkan sebelum Minor Inspection pada beban 137 MW naik 0,70%. Efisiensi kompresor dengan siklus bryton setelah dilakukan Minor Inspection mengalami kenaikan efisiensi dibandingkan sebelum Minor Inspection pada beban 137 MW naik 0,56 %. Efisiensi ruang bakar dengan siklus bryton setelah dilakukan Minor Inspection mengalami kenaikan efisiensi dibandingkan sebelum Minor Inspection pada beban 137 MW naik 0,27 %. Efisiensi turbin dengan siklus bryton setelah dilakukan Minor Inspection mengalami kenaikan efisiensi dibandingkan sebelum Minor Inspection pada beban 137 MW naik 1,35 %. Efisiensi heat rate dengan siklus bryton setelah dilakukan Minor Inspection meningkat, karena mengalami penurunan nilai Heat Rate dibandingkan sebelum Minor Inspection pada beban 137 MW sebesar 216,61kj/kwh.

Hal-hal yang dapat mempengaruhi meningkatnya efisiensi thermal pada turbin gas adalah efisiensi perkomponen yaitu kompresor, ruang bakar dan turbin serta pengaruh dari efisiensi heat rate. Dengan adanya kegiatan pemeliharaan seperti minor inspection seperti kegiatan inspeksi dan pergantian pada beberapa komponen turbin gas.

Dari hasil analisis dan pembahasan serta kesimpulan dapat diambil beberapa saran yang ditunjukkan kepada PT.PJB UP PLTGU Muara Tawar, yaitu karena kondisi setiap komponen turbin gas berpengaruh terhadap efisiensi thermal, maka kegiatan pemeliharaan rutin minor inspection harus tetap dilaksanakan pada setiap komponen turbin gas sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan karena dapat mempengaruhi kinerja setiap komponen serta dapat menjaga efisiensi turbin gas sesuai yang diharapkan. Salah satu yang mempengaruhi efisiensi thermal adalah kondisi temperature ambient sekitar pembangkit, semakin rendah temperature ambient maka semakin tinggi efisiensi thermal yang dihasilkan dan juga kerja kompresor akan semakin ringan dan memiliki efisiensi yang semakin baik juga. Oleh sebab itu disarankan untuk membuat air conditioning disekitar sisi air inlet section agar membuat kondisi udara semakin rendah temperaturnya dan kelembapannya. Selain itu bisa juga digunakan water spray cooling fan disekitar sisi air inlet section sebagai cara untuk menyejukkan udara sebelum dihisap masuk kedalam kompresor. Dilaksanakannya penghijauan pada area-area kosong disekitar unit pembangkit dengan ditanami pohon-pohon untuk menyegarkan area unit pembangkit dan sebagai filter terhadap polusi udara yang dapat mempercepat pengotoran inlet filter compressor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan YME, serta ucapan terima kasih khususnya penulis ucapkan kepada pihak-pihak telah mendukung terlaksana penelitian ini, yaitu;

- Prof. Dr. Iwa Garniwa Mulyana K, MT selaku Rektor Institut Teknologi PLN yang telah membantu dan memfasilitasi kegiatan penelitian ini.
- Drs. Prayudi, MM. MT selaku Dekan Fakultas Teknologi dan Bisnis Energi yang telah membantu dan memfasilitasi kegiatan penelitian ini.
- Seluruh pihak PT.PJB Unit Pembangkitan PLTGU Muara Tawar sebagai tempat studi kasus sekaligus mengizinkan penulis untuk melakukan pengambilan data demi terselesaikannya penulisan artikel ini dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. R. F. R. Komarudin¹, “Analisis Kerugian Energi Sistem Turbin Gas di PLTGU vol. 13, pp. 171–178, 2017.
- [2] N. Gusnita and K. S. Said, “Analisa Efisiensi dan Pemanfaatan Gas Buang Turbin Gas Alsthom Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Kapasitas 20 Mw,” *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 14, no. 2, pp. 209–218, 2017.
- [3] dan A. D. S. 2 Hendri¹, “Analisis Efisiensi Turbin Gas Tipe MS9001E Sebelum dan Sesudah Overhaul Pada Unit 2 Blok 1 PLTGU Muara Karang.”
- [4] Sunarwo and T. Harijono M, “Analisa Efisiensi Turbin Gas Unit 1 Sebelum Dan Setelah Overhaul Combustor Inspection Di Pt Pln (Persero) Sektor Pembangkitan Pltgu Cilegon,” *J. Tek. Energi*, vol. 12, no. 2, pp. 50–57, 2016.
- [5] R. A. R. Fadhilah, “Efisiensi Turbin Gas Unit 2 Sebelum dan Setelah Overhaul Turbine Inspection Dengan Pembebanan Operasi 126 MW, 196 MW, Dan 232 MW.”
- [6] M. P. Boyce, *Gas Turbine Engineering Handbook*, Fourth Edition, 4th ed. Kidlington, 2012.
- [7] PT. PLN (persero) Jasa Diklat Unit Pendidikan & Pelatihan Suralaya, “Pemeliharaan Turbin Gas,” 2014.
- [8] Y. A. Cengel and M. A. Boles, *Thermodynamics an engineering approach*, eight edition, Eight. new york, 2015.
- [9] P. P. (persero) J. D. U. P. & P. Suralaya, “Pemeliharaan turbin gas lkgg/m.hmt.201 (1) a. 5. pemeliharaan turbin gas 1.,” vol. 201, no. 1, pp. 1–10.
- [10] H. N. S. Moran, Michael J, *Fundamentals of Engineering Thermodynamics* 5th Edition. 2006.
- [11] Meherwan P. Boyce, *Gas Turbine Engineering Handbook* 2nd Edition, 2nd ed. Boston Oxford Auckland Johannesburg Melbourne New Delhi, 2001.
- [12] Tulus Ruseno, *Turbin Gas Indonesia Power.pdf*. 2013.