

## ANALISA PENGARUH TURBINE INSPECTION TERHADAP KINERJA TURBIN GAS MW 701D DI PLTGU-PT. PJB UP GRESIK

Arino Anzip, Mashuri, Saktiawan Okto Bertha Agustien, Mochamad Fahmi Choirudin, Heru Mirmanto

Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi ITS Surabaya

Email: [arinoanzip@gmail.com](mailto:arinoanzip@gmail.com), [mashuri@its.ac.id](mailto:mashuri@its.ac.id), [samir@me.its.ac.id](mailto:samir@me.its.ac.id)

**Abstrak** – PLTGU merupakan salah satu pembangkit listrik yang berbasis Uap dan Gas. PLTGU akan melakukan perubahan beban seiring dengan perubahan kebutuhan listrik konsumen. Perubahan beban dan Penggunaan komponen turbin gas secara terus menerus akan mempengaruhi kinerja dan umur pemakaian dari komponen turbin gas. Penurunan kinerja dari komponen tersebut akan berdampak terhadap efisiensi pembangkit. Untuk menjaga kinerja turbin gas pada kondisi optimal PT PJB UP melakukan inspeksi pada komponen-komponen turbin gas tersebut. Dari hasil pengamatan kami berdasarkan parameter kinerja turbin gas pada variasi beban baik itu setelah maupun sebelum overhaul turbine inspection kinerja turbin gas selalu mengalami kenaikan. Kenaikan kinerja paling baik akibat adanya turbine inspection berada pada operasi beban maksimum dengan besarnya efisiensi siklus 3,289 %, konsumsi bahan bakar spesifik 1,24 %, rasio kerja sebesar 0,63 %, dan daya netto sebesar 4,14 %.

**Kata Kunci** : Turbin Gas, Inspeksi Turbin, Kinerja

### PENDAHULUAN

Pada era modern saat ini, manusia tidak bisa dilepaskan dari kebutuhan energi, terutama energi listrik. Kebutuhan Energi listrik sendiri akan terus meningkat berbanding lurus dengan perkembangan teknologi. Akan tetapi, kebutuhan ini justru berbanding terbalik dengan daya konsumsi itu sendiri. Guna untuk memenuhi kebutuhan akan energi listrik ini, Indonesia harus terus melakukan pembangunan pembangkit listrik, baik PLTU maupun PLTGU. PLTGU dipilih karena bahan bakar natural gas memiliki banyak keuntungan. Selain natural gas yang di nilai lebih ekonomis dan ramah lingkungan, ketersediaan natural gas di Indonesia masih sangat melimpah dibandingkan dengan batu bara.

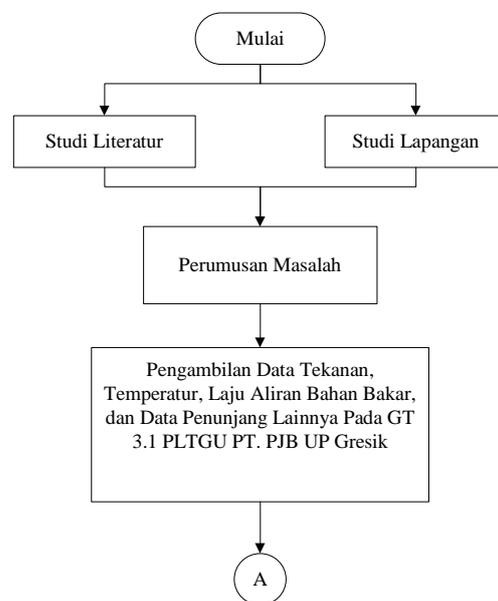
PLTGU sendiri merupakan gabungan antara turbin gas dan turbin uap, dimana komponen-komponen turbin gas meliputi kompresor, ruang bakar, turbin, dan generator. Pada proses produksinya, PLTGU akan melakukan perubahan beban seiring dengan permintaan konsumen, hal itu disebabkan karena kebutuhan listrik konsumen yang berubah.

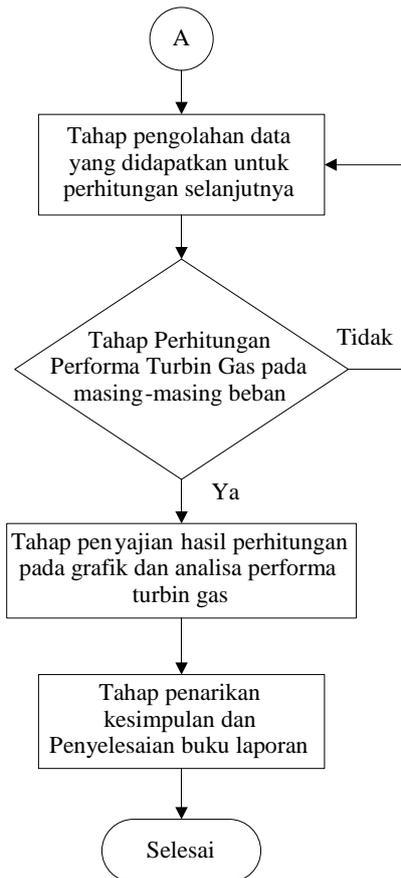
Penggunaan komponen turbin gas tersebut secara kontinu akan menyebabkan pengurangan umur dan performa dari komponen tersebut. Penurunan performa dari komponen tersebut akan berdampak terhadap efisiensi dari pembangkit tersebut. Jika efisiensi dari pembangkit tersebut rendah maka cost production akan lebih tinggi atau berbanding terbalik dengan jumlah produksi yang diinginkan. PLTG berada pada performa dengan efisiensi tertinggi PT PJB melakukan inspecton pada

komponen PLTG berupa, Turbin inspection, Combustion inspection, dan Mayor Inspection. Dengan melakukan inspection tersebut diharapkan performa dari PLTG berada pada efisiensi tertinggi. Pada paper ini penulis melakukan perhitungan kinerja turbin gas sebelum dan setelah turbine inspection kemudian melakukan analisa pengaruh turbine inspection terhadap kinerja turbin gas tersebut.

### METODOLOGI

Adapun metodologi dari tugas akhir ini itu dituliskan dalam bentuk diagram alir, seperti berikut :

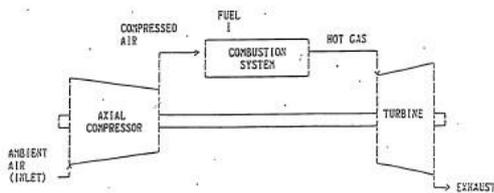




Gambar 1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Setelah dilakukannya pengamatan terhadap plant di blok 1.1 PT PJB UP Gresik didapatkan data dan skema turbin gas. Adapun skema turbin gas yang ada pada blok 1.1 PT PJB UP Gresik adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Skema Turbin Gas MW 701 D PT. PJB UP Gresik (Mitsubishi Heavy Industries)

Tabel 1. Data Turbin Gas Beban 100 MW Sebelum TI

Input	simbol	value	unit
daya	W	99000	KW
Laju aliran bahan bakar	Qfuel	8.1861	m <sup>3</sup> /s

Temperatur masuk kompresor	T01	302.7	K
Tekanan masuk kompresor	P01	101.306	kPa
Temperatur keluar kompresor	T02	680.67	K
Tekanan keluar kompresor	P02	1315.409	kPa
Temperatur keluar turbin	T04	782	K
Tekanan keluar turbin	P04	101.306	kPa

Berdasarkan data operasi dengan variasi beban pada sebelum dan sesudah overhaul turbin inspeksi maka kita dapat mengetahui pengaruh turbin inspeksi terhadap performa turbin gas. Dengan mengaplikasikan cara yang sama terhadap sub bab diatas maka performa turbin gas dapat di ketahui. Dari perhitungan performance turbin gas sebelum dan sesudah overhaul turbin inspeksi dapat disederhanakan sehingga menjadi bentuk tabel.

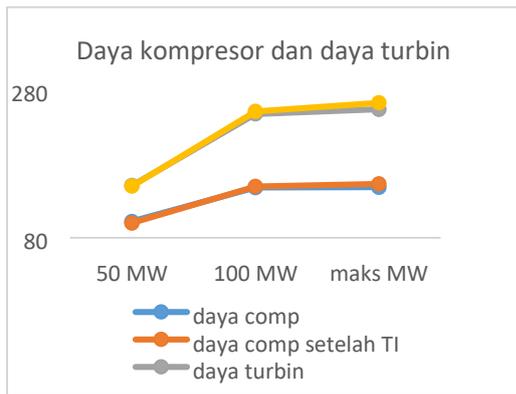
Tabel 2. Hasil Perhitungan Parameter Kinerja Turbin Gas

performance parameter	analisa pengaruh turbin inspeksi					
	sebelum			sesudah		
	50 MW	100 MW	maks MW	50 MW	100 MW	maks MW
daya compressor	102.292	147.921	148.291	100.025	149.473	152.880
daya turbin	150.755	247.441	253.546	149.908	250.796	262.403
daya netto	47.3633	98.419	104.155	48.783	100.222	108.423
specific fuel consumption	0.27229	0.2043	0.1998	0.2663	0.2023	0.1977
work ratio	0.31417	0.3977	0.4107	0.3254	0.3996	0.4131
efisiensi siklus	0.2288	0.3025	0.3080	0.2382	0.3109	0.3181

Dari perhitungan parameter kinerja turbin gas pada variasi beban dan dihubungkan dengan proses overhaul turbin inspection, maka dapat dianalisa pengaruh overhaul tersebut terhadap kinerja turbin gas. Sehingga dapat kita buat berbagai perbandingan sebelum dan sesudah inspeksi turbin dari, yakni :

**1. Perbandingan Daya Kompresor Dan Daya Turbin**

Dari tabel performa diatas maka dapat disajikan grafik perbandingan performa turbin gas setelah turbin inspeksi untuk mempermudah analisa.



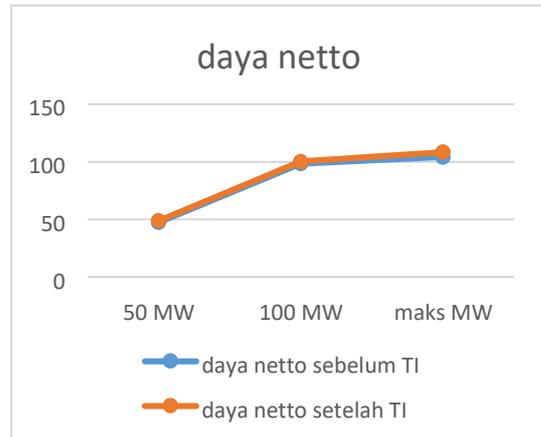
**Gambar 3.** Perbandingan Grafik Daya Kompresor Dengan Daya Turbin

Menurut hasil dari perbandingan grafik antara Daya Kompresor dengan Daya Turbin, bisa disimpulkan bahwa :

- Semakin besar naiknya beban maka Daya Kompresor pun akan semakin tinggi, dan Daya Kompresor paling besar berada pada 152.880 MW yakni Beban Maksimum.
- Semakin besar naiknya beban maka Daya Turbin pun juga akan semakin besar dan Beban terbesar berada pada 262.403 MW yakni Beban Maksimum
- Berdasarkan grafik tersebut setelah dilakukan overhaul turbin inspeksi daya kompresor mengalami penurunan sebesar 1,854 MW pada beban 50 MW dan mengalami kenaikan sebesar 1,53 MW dan 4,551 MW pada beban 100 dan maksimum. Berdasarkan grafik tersebut daya turbin selalu mengalami kenaikan setelah dilakukan penggantian blade row dan vane segment. Dengan melakukan penggantian tersebut kondisi permukaan blade row dan vane segment masih dalam kondisi baik dari segi kekasaran maupun geometry airfoilnya. Karena jika kekasaran terlalu tinggi dan geometry airfoilnya melebihi batas akibat fouling dan korosi menyebabkan kerugian tekanan semakin tinggi

## 2. Perbandingan Daya Netto Sebelum Dan Sesudah Turbin Inspeksi

Untuk memudahkan pembacaan dan analisa maka disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut :

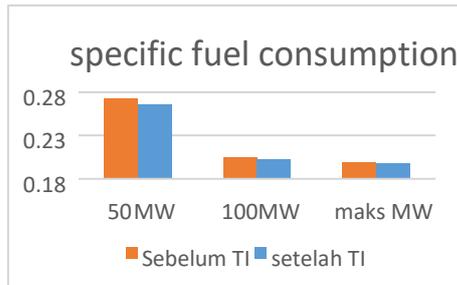


**Gambar 4.** Grafik Daya Netto

Berdasarkan Grafik Perbandingan antara Daya Netto sebelum TI dengan setelah TI, bisa diketahui bahwa :

- Semakin tinggi nilai beban, maka Daya Netto pun akan juga semakin besar dan Daya Netto tertinggi dicapai ketika beban mencapai titik maksimum. Setelah dilakukannya Turbin Inspeksi, terjadi kenaikan 2.997 % Daya Netto yang dihasilkan pada beban 50 MW sedangkan pada beban 100 MW terjadi kenaikan sebesar 11.831 % dan beban maksimum sebesar 4.097739%
- Daya netto semakin meningkat disebabkan oleh perbaikan pada inlet guide vane dan juga perbaikan pada turbine blade row. Pembersihan inlet guide vane berpengaruh terhadap kondisi kekasaran airfoil dan kondisi geometry airfoil inlet guide vanes, sehingga berpengaruh terhadap performa kompresor. Karena jika kekasaran terlalu tinggi maka aliran fluida akan menjadi lebih turbulen, akibatnya kerugian tekanan semakin besar dan temperatur udara meningkat sehingga kerja yang dibutuhkan untuk menggerakkan kompresor meningkat. Sedangkan penggantian turbine blade row tersebut berpengaruh terhadap kemampuan turbin merubah energi hasil pembakaran menjadi daya poros. Karena jika pada turbine blade row terdapat kotoran dan korosi akan mengakibatkan aliran menjadi lebih turbulen sehingga kerugian tekanan semakin tinggi dan menimbulkan

## 3. Perbandingan Specific Fuel Consumption Sebelum Dan Sesudah Turbin Inspeksi

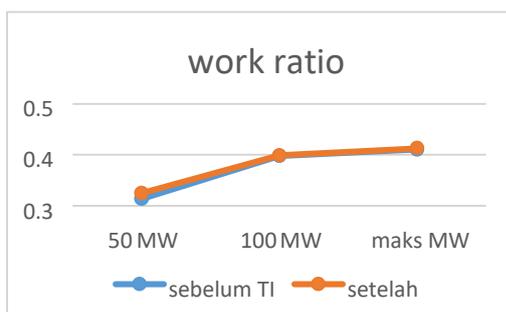


Gambar 5. Grafik Specific Fuel Consumption

Berdasarkan Perbandingan Grafik Specific Fuel Consumption sebelum dan sesudah Turbin Inspeksi menunjukkan bahwa :

- Semakin besar beban yang ada di turbin gas, maka Specific Fuel Consumption semakin turun
- Specific fuel consumption terjadi penurunan akibat overhaul turbin inspeksi pada beban 50 MW sebesar 2 % pada beban 100 sebesar 0,97 % dan pada beban maksimum sebesar 1,05 %
- Penurunan specific fuel consumption ini di pengaruhi oleh penggantian combuster basket dan fuel nozzle. Penggantian tersebut berpengaruh terhadap proses pembakaran bahan bakar yang berdampak terhadap temperatur masuk turbin.
- Penurunan specific fuel consumption juga dipengaruhi oleh penggantian turbin blade row dan vane segment karena penggantian tersebut berdampak pada daya netto yang dihasilkan turbin akan semakin meningkat dan specific fuel consumption akan semakin turun. Karena specific fuel merupakan perbandingan daya netto dibanding kalor masuk.

#### 4. Perbandingan Work Ratio Sebelum Dan Sesudah Turbin Inspeksi

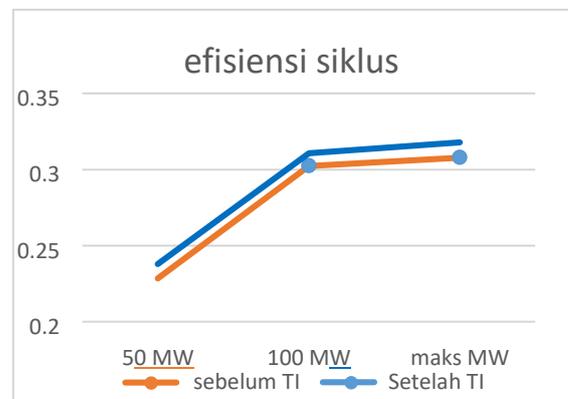


Gambar 6. Grafik Perbandingan Work Ratio Pada Variasi Beban

Pada Grafik perbandingan Work Ratio sebelum dan sesudah Turbin Inspeksi, menunjukkan bahwa :

- Besarnya work ratio dari turbin gas akan mengalami kenaikan dengan bertambahnya beban
- Besarnya Work Ratio akan mengalami peningkatan dikarenakan overhaul turbin inspeksi sebesar 3.574 % pada beban 50 MW sedangkan mengalami kenaikan 0.477 % pada beban 100 MW dan 0.58 % pada beban maksimum.
- Kenaikan nilai work ratio ini disebabkan oleh perbaikan pada IGV dan blade row sehingga daya netto yang dihasilkan akan semakin naik maka work ratio semakin meningkat karena work ratio merupakan perbandingan antara daya netto dan daya turbin

#### 5. Perbandingan Efisiensi Siklus Sebelum Dan Sesudah Turbin Inspeksi



Gambar 7. Grafik Perbandingan Efisiensi Siklus Pada Variasi Beban

Berdasarkan pada grafik perbandingan efisiensi siklus pada variasi beban, bisa di simpulkan bahwa :

- Besarnya efisiensi siklus dari turbin gas akan mengalami kenaikan dengan bertambahnya beban
- Besarnya efisiensi akan mengalami peningkatan akibat overhaul turbin inspeksi, dimana semakin tinggi beban maka kenaikan efisiensi juga akan semakin tinggi. Kenaikan efisiensi ini mencapai 4.10 % pada beban 50 MW, sedangkan pada beban 100 MW kenaikannya mencapai 2.77 % dan 3.27 % pada beban maksimum

- Naiknya efisiensi siklus ini dipengaruhi oleh berbagai perbaikan pada turbin gas seperti pembersihan pada inlet guide vane sehingga tidak ada kotoran dan korosi pada inlet guide vanes, karena jika terdapat fouling dan korosi akan berpengaruh terhadap peningkatan kerugian tekanan dan perubahan bentuk geometry airfoil inlet guide vanes sehingga berpengaruh terhadap efisiensi kompresor. Sedangkan untuk penggantian fuel nozzle dan combustor basket berdampak terhadap proses pembakaran sehingga meningkatnya temperatur inlet turbin, dan perbaikan pada sisi turbin dengan penggantian blade row dan vane segment sehingga efisiensi turbin semakin meningkat. peningkatan efisiensi kompresor dan efisiensi turbin inilah yang berpengaruh besar terhadap meningkatnya efisiensi siklus turbin gas.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan pembahasan pengaruh overhaul turbin inspection terhadap kinerja turbin gas dengan variasi beban pada bab IV maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Daya netto yang dihasilkan turbin gas mengalami kenaikan sebesar 2.997 % ketika dikenai beban 50 MW sedangkan mengalami kenaikan sebesar 11.831 % pada beban 100 MW dan pada beban maksimum sebesar 4.097 %
2. Specific fuel consumption mengalami penurunan setelah dilakukan turbin inspection sebesar 2 % pada beban 50 MW, sedangkan ketika dikenai beban 100 MW mengalami penurunan sebesar 0.97 % dan pada beban maksimum turun sebesar 1.05 %
3. Work ratio turbin gas mengalami kenaikan setelah dilakukan turbin inspection sebesar 3.574 % pada beban 50 MW, sedangkan ketika dikenakan beban 100 MW, turbin mengalami kenaikan sebesar 0.477 % dan 0.58 % pada beban maksimum
4. Efisiensi siklus mengalami kenaikan setelah dilakukan turbin inspection sebesar 4.10 % pada beban 50 MW sedangkan ketika di kenai beban 100 MW mengalami kenaikan

sebesar 2.77 % dan 3,27 % ketika beban maksimum

5. Daya netto Turbin Gas akan mengalami peningkatan efisiensi tertinggi ketika pada beban Maksimum yang dimana SFC juga yang paling rendah
6. Overhaul turbin inspection sangat berpengaruh terhadap kenaikan kinerja turbin gas.

### Saran

Berdasarkan Analisa, Perhitungan, dan Kesimpulan, ada beberapa saran yang dimana di tujukan kepada PT. PJB Unit Pembangkitan Gresik untuk kebutuhan penelitian selanjutnya sehingga dapat meningkatkan efisiensi Turbin Gas.

- perlu dilakukan pengkajian ulang untuk pemasangan alat ukur pada komponen turbin gas agar memudahkan dalam pemantauan kinerja turbin gas lebih spesifik.
- Perlu dikaji ulang untuk melakukan inspeksi lebih mendalam mengenai material yang digunakan pada komponen yang bergerak pada turbin gas seperti kekasaran dan geometry airfoil agar didapatkan kinerja turbin gas paling optimal.
- Untuk penelitian lebih lanjut, diperlukannya penghitungan Kembali dari performa turbin gas yang di dukung oleh data operasional yang cukup lengkap dan sesuai dengan kondisi aktualnya. Dan juga perlu dilakukan Analisa Kembali yang mendalam terkait pengaruh Turbin inspection terhadap kinerja turbin gas.

### DAFTAR PUSTAKA

- Borgnakke, C., & Sonntag, R. E. (2012). *Fundamentals of Thermodynamics*. John Wiley & Sons.
- Keating, E. L. (2007). *Applied Combustion*. London: Taylor & Francis Group, LLC.
- Kurz, R., & Burn, K. (2007). Gas Turbine Tutorial Maintenance and Operating Practices Effects on Degradation and Life. *Proceedings of The Thirty-Sixth Turbomachinery Symposium*, (hal. 173-186).
- Saravanamuttoo, H., Cohen, H., & Rogers, G. (1988). *Gas Turbine theory 5th Edition*. Pearson Education, Ltd.
- Song, T. W., Sohn, J. L., & Ro, S. T. (2005). Predictions of The Performance Degradation of Industrial Gas Turbines Due to Compressor Fouling. *International Symposium on Transport Phenomena*, 1-4.

Moran, M. J., & Shapiro, H. N. (2006). *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. England: John Wiley & Sons Ltd,.