

SKRIPSI

**ANALISA PENGARUH VARIASI BEBAN
TERHADAP KINERJA TURBIN GAS
PLTG CNG JAKABARING**



FATA TAUFIQURRAHAMAN

03051381621091

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2020

SKRIPSI

**ANALISA PENGARUH VARIASI BEBAN
TERHADAP KINERJA TURBIN GAS
PLTG CNG JAKABARING**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Pada
Teknik Mesin Universitas Sriwijaya**



OLEH

FATA TAUFIQURRAHAMAN

03051381621091

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2020

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA PENGARUH VARIASI BEBAN TERHADAP
KINERJA TURBIN GAS PLTG CNG JAKABARING**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

FATA TAUFIQURRAHMAN

03051381621091

Palembang, Oktober 2020



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ysvadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D

NIP. 197112251997021001

Pembimbing Skripsi,

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized 'R' and 'S' followed by a horizontal line.

Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc,Ph.D

NIP. 19560604198602100

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No. :
Diterima Tanggal :
Paraf :

SKRIPSI

Nama : FATA TAUFIQURRAHMAN
NIM : 03051381621101
Jurusan : TEKNIK MESIN
Judul Skripsi : ANALISA PENGARUH VARIASI BEBAN
TERHADAP KINERJA TURBIN GAS PLTG CNG
JAKABARING
Dibuat Tanggal : November 2019
Selesai Tanggal : September 2020

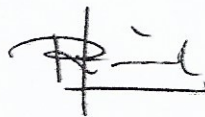
Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D
NIP. 197112251997021001

Palembang, Oktober 2020

Pembimbing Skripsi,



Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc, Ph.D
NIP. 19560604198602100

HALAMAN PERSETUJUAN

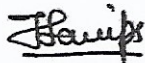
Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Analisa Pengaruh Variasi Beban Terhadap Kinerja Turbin Gas PLTG CNG Jakabaring”, telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 23 September 2020 .

Palembang, 23 September 2020

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua

1. Dr. Dewi Puspitasari, S.T, M.T.
NIP. 197001151994122001

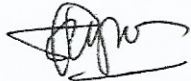
( 23/11/2020)

Anggota

2. Dr. Ir. Irwin Bizzy, M.T.
NIP. 196005291989031002

()

3. Ellyanie, S.T, M.T
NIP. 196905011994122001

()

4. Prof. Ir. Riman Sipahutar, Msc, Ph.D
NIP. 19560604198602100

()

Mengetahui,

 Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D

NIP. 197112251997021001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fata Taufiqurrahman

NIM : 03051381621091

Judul : Analisa Pengaruh Variasi Beban Terhadap Kinerja Turbin Gas PLTG
CNG Jakabaring.

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya saya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian, saya buat pernyataan ini dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, September 2020



Fata Taufiqurrahman

NIM. 03051381621091

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fata Taufiqurrahman

NIM : 03051381621091

Judul : Analisa Pengaruh Variasi Beban Terhadap Kinerja Turbin Gas PLTG CNG
Jakabaring

Laporan Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi*

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (Corresponding author)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, September 2020



Fata Taufiqurrahman

NIM.03051381621091

RINGKASAN

ANALISA PENGARUH VARIASI BEBAN TERHADAP KINERJA TURBIN GAS PLTG CNG JAKABARING

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, September 2020

Fata Taufiqurrahman ; Dibimbing oleh Prof.Ir.Riman Sipahutar,Msc,Ph.D.

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xxvii + 55 halaman, 6 tabel, 19 gambar, 11 lampiran

RINGKASAN

Unit pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) sering mengalami perubahan beban yang berubah sewaktu-waktu untuk memenuhi kebutuhan daya listrik. Beban Pembangkit listrik yang berbeda dan berubah-ubah akan berpengaruh terhadap kinerja dari tiap komponen-komponen, efisiensi dan juga *heat rate* dari pembangkit. Dengan mengetahui efisiensi, *heat rate*, dan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) pada setiap beban yang berbeda maka akan diketahui pengaruh variasi beban pada kinerja turbin dan juga berguna sebagai rekomendasi dalam memilih beban kerja yang efisien mempunyai *heat rate* dan konsumsi spesifik bahan bakar yang rendah, guna dapat mengurangi dan menghemat biaya produksi dari pembangkit listrik. Dari proses perhitungan performa pada empat variasi beban yang berbeda secara teoritis pada turbin gas TM2500 #2 PT. PLN (Persero) CNG Jakabaring, Pada beban awal 4,24 MW efisiensi siklus didapat sebesar 21,98 % dengan kalor masuk sebesar 19482,45 kJ/s dan menghasilkan daya 4282,82 KW, pada beban tersebut juga didapat konsumsi bahan bakar spesifik 0,439 kg dan *heat rate* sebesar 4280,65 kcal untuk membangkitkan daya per kWh nya, sedangkan pada beban puncak yaitu 17 MW efisiensi siklus yang didapat sebesar 45%, dengan kalor masuk sebesar 38032,95 kJ/s menghasilkan daya bersih sebesar 17212,21 KW, didapat konsumsi spesifik bahan bakar sebesar 0,176 kg dan *heat rate* sebesar 2112,39 kcal untuk membangkitkan daya per kWh nya. Dapat disimpulkan bahwa variasi beban berpengaruh terhadap kinerja dari turbin gas, konsumsi spesifik bahan bakar dan *heat rate* menurun seiring dengan meningkatnya beban yang berarti pembangkit semakin Efisien seiring meningkatnya beban. Pada beban kerja puncak 17 MW didapat konsumsi spesifik bahan bakar paling rendah per kWh nya sebesar 0,179 kg/kWh, *heat rate* yang juga paling rendah dibanding beban-beban lain yaitu 2112,39 kcal/kWh, dan efisiensi siklus paling tinggi sekitar 45%.

Kata Kunci: Turbin Gas, Variasi Beban, Kinerja

SUMMARY

ANALYSIS OF THE EFFECT OF LOAD VARIATION ON THE PERFORMANCE OF TURBINE GAS PLTG CNG JAKABARING

Gas power generating units (PLTG) frequently have load changes that change from time to time to meet the needs of electric power. The load changes will affect the performance of each power plant component, the efficiency also the heat rate of the generator. By knowing the efficiency, heat rate, and specific fuel consumption (SFC) at each different load, it can be figured the effect of load variations on turbine performance and is also useful as a recommendation in choosing an efficient workload that has a low heat rate and specific fuel consumption, in order to reduce and save production costs from electricity generation. From the process of calculating the performance at four different load variations theoretically on the TM2500 #2 gas turbine of PT. PLN (Persero) CNG Jakabaring. At the initial load of 4.24 MW, the cycle efficiency is 21.98 % with heat input of 19482,35 kJ / s its produces 4282.29 KW of power, at this load also obtained a specific fuel consumption of 0.439 kg and a heat rate of 4280.65 kcal to generate power each kWh, while at the peak load of 17 MW, the cycle efficiency is 46%, with heat input of 37456.33 kJ / s resulting in a net power of 17212.21 KW, the specific fuel consumption is 0.179 kg, and a heat rate of 2112.29 kcal to generate power each kWh. It can be concluded that the load variation affects the performance of the gas turbine, the specific fuel consumption and the heat rate decreases with increasing load, which means that the Gas Turbine becomes more efficient as the load increases. At the peak workload of 17 MW, the lowest specific fuel consumption per kWh is 0.176 kg / kWh, the heat rate is also the lowest compared to other loads 2112.29 / kWh, and the highest cycle efficiency is around 45%.

Key Words: Gas Turbine, Variation Load, Performance

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya Skripsi yang berjudul “Analisa Pengaruh Variasi Beban Terhadap Kinerja Turbin Gas PLTG CNG Jakabaring” dapat diselesaikan dengan baik. Penulisan tugas akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.

Tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik karena penulis mendapatkan bimbingan dan bantuan dari berbagai belah pihak, dalam kesempatan kali ini disampaikan terima kasih kepada:

- 1) Bapak Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya
- 2) Bapak Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
- 3) Ibu Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T., Selaku Dosen Pembimbing Akademik.
- 4) Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- 5) Ayah dan Ibu yang telah memberikan motivasi, saran, serta dukungan yang terbaik.
- 6) Teman-teman Khususnya Annisa Fadhila, Ramdani, Geejos dan teman seperjuangan Mesin 2016 Kos 315.

Akhir kata Penulis berharap dengan adanya tugas akhir ini dapat menambah wawasan dan pengetahuan atau sebagai panduan pembaca khususnya bagi mahasiswa yang akan melakukan tugas akhir mengenai Analisa performa turbin.

Palembang, September
2020

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	iii
RINGKASAN	v
SUMMARY	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Turbin Gas dan Komponen	4
2.1.1 Pengertian Turbin Gas	4
2.1.2 Klasifikasi Turbin Gas	5
2.1.2.1 Klasifikasi Sistem Turbin Gas Berdasarkan Siklusnya	5
2.1.2.2 Klasifikasi Sistem Turbin Gas Berdasarkan Konstruksi	6
2.1.3 Komponen Utama Turbin Gas	7
2.1.3.1 Kompresor	8
2.1.3.2 Ruang Bakar	9
2.1.3.3 Turbin	10
2.2. Siklus Pada Turbin Gas	11
2.2.1 Siklus Ericson	11
2.2.2 Sikllus Stirling	11
2.2.3 Siklus Brayton	11
2.3. <i>Air Fuel Ratio</i> , Daya bersih , <i>Spesific Fuel Consumption</i> ,Efisiensi..	15

2.3.1	<i>Air Fuel Ratio</i>	16
2.3.2	Daya Bersih	16
2.3.3	<i>Specific Fuel Consumption</i>	16
2.3.4	<i>Back Work Ratio</i>	16
2.3.5	<i>Heat Rate</i>	17
2.3.6	Efisiensi	17
2.4.	<i>Governor</i>	18

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1.	Studi Literatur	20
3.2.	Survei Lapangan	20
3.3.	Pengumpulan Data	20
3.4.	Pengolahan/Perhitungan Data	21
3.4.1.	Perhitungan Turbin Gas	21
3.4.1.1	Konversi dan Perhitungan <i>Properties</i>	21
3.4.2.	Perhitungan Performa Turbin Gas	21
3.5.	Analisis Data dan Hasil Perhitungan	22

BAB IV ANALISA DAN PERHITUNGAN

4.1.	Pengumpulan Data	21
4.2.	Perhitungan Performa Turbin Gas TM2500#2	21
4.2.1.	Perhitungan <i>Properties</i> Setiap State	24
4.2.2.	Perhitungan Performa Turbin Gas	26
4.2.3.	Perhitungan <i>Properties</i> dan Performa Turbin Gas dengan Variasi beban dalam bentuk Tabel	31
4.3.	Hasil Perhitungan Performa Turbin gas TM2500 #2 PLTG PT.PLN CNG Jakabaring,Palembang dengan Variasi Beban berbeda	32
4.3.1	Perbandingan Daya Kompresor, Daya Turbin dan Daya bersih pada tiap Beban	36
4.3.2	Perbandingan antara Efisiensi siklus dan <i>Specific Fuel Consumption (SFC)</i> pada Variasi Beban	37
4.3.3	Perbandingan Efisiensi Siklus, Efisiensi Turbin, dan Efisiensi Kompresor pada variasi beban	38
4.3.4	Perbandingan <i>Heat Rate</i> dan <i>Specific Fuel Consumption</i>	39

4.3.4 Perbandingan Efisiensi Siklus dan <i>Heat Rate</i> pada tiap Beban .	40
--	----

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan.....	41
5.1. Saran	41

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Turbin Gas.....	4
Gambar 2.2. <i>Open Cycle Turbine</i>	5
Gambar 2.3. <i>Closed Cycle Turbine</i>	6
Gambar 2.4. Siemens SGT-200 <i>as single shaft turbine</i>	6
Gambar 2.5 Siemens SGT- 200 <i>as twin-shaft turbine</i>	7
Gambar 2.6 Komponen Turbin Gas	7
Gambar 2.7 <i>Combustion Chamber</i>	9
Gambar 2.8 Siklus Turbin Gas	11
Gambar 2.9 P-V Dan T-S diagram siklus ideal.....	12
Gambar 2.10 P-V Dan T-S diagram siklus non-ideal	15
Gambar 2.11 Diagram Sederhana Sistem Pembangkitan.....	15
Gambar 2.12 Respon isochronous <i>Governor</i>	15
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	20
Gambar 4.1. Perbandingan Daya Kompresor, Daya Turbin,dan Daya bersih..	33
Gambar 4.2 Perbandingan Efisiensi Siklus dan <i>Specific fuel Consumption</i>	34
Gambar 4.3 Grafik perbandingan efisiensi pada variasi beban.....	36
Gambar 4.4. Grafik perbandingan Heat Rate dan <i>Specific Fuel Consumption</i>	36
Gambar 4.5 Grafik perbandingan efisiensi dan heat rate.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data Komposisi, Presentase dan <i>Spesific Heat</i> Bahan Bakar Gas...	22
Tabel 4.2. Data Properties <i>Natural Gas</i> dan Udara.....	22
Tabel 4.3. Data operasi Turbin TM2500 #2 Beban 17.04.....	22
Tabel 4.4. Konversi Data Operasi	23
Tabel 4.5. Data Operasi dan Perhitungan Properties tiap Titik Variasi Beban..	31
Tabel 4.6. Perhitungan Performa pada Variasi Beban	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Konversi Satuan	43
Lampiran 2 Konversi Tabel 4.3	46
Lampiran 3 Tabel Properties Udara Ideal A-22	48
Lampiran 4 Data Operasi PLTG CNG Jakabaring	50
Lampiran 5 Data Properties Bahan Bakar Gas	54

ANALISA PENGARUH VARIASI BEBAN TERHADAP KINERJA TURBIN GAS PLTG CNG JAKABARING

Riman Sipahutar⁽¹⁾ dan Fata Taufiqurrahman⁽¹⁾

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya Indralaya,
Sumatera Selatan, Indonesia -30662
E-mail: Fatataufiq@gmail.com

Abstrak

Unit pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) sering mengalami perubahan beban yang berubah sewaktu-waktu untuk memenuhi kebutuhan daya listrik. Beban Pembangkit listrik yang berbeda dan berubah-ubah akan berpengaruh terhadap kinerja dari tiap komponen-komponen, efisiensi dan juga *heat rate* dari pembangkit. Dengan mengetahui efisiensi, *heat rate*, dan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) pada setiap beban yang berbeda maka akan diketahui pengaruh variasi beban pada kinerja turbin dan juga berguna sebagai rekomendasi dalam memilih beban kerja yang efisien mempunyai *heat rate* dan konsumsi spesifik bahan bakar yang rendah, guna dapat mengurangi dan menghemat biaya produksi dari pembangkit listrik.

Kata Kunci: Turbin Gas, Variasi Beban, Kinerja

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S/T, M.Eng, Ph.D
NIP. 197112251997021001

Pembimbing Skripsi,



Prof. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc.Ph.D
NIP. 19560604198602100

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk mengantisipasi kelangkaan energi di masa depan tidak hanya diperlukan upaya Pemerintah dalam mengembangkan energi terbarukan, namun terutama sektor industri juga harus menjalankan kebijakan konservasi energi (Imam Kholiq, 2015). Di perlukan adanya upaya peningkatan efisiensi dalam segala hal, termasuk efisiensi operasi pembangkit listrik. Banyak manfaat lain yang bisa diraih dari aksi ini yaitu efisiensi energi bagi industri dan lingkungan sekitar.

Efisiensi energi tidak hanya bermanfaat menghemat bahan bakar tapi juga mengurangi emisi gas rumah kaca penyebab perubahan iklim dan pemanasan global. Manfaat lain Efisiensi energi yaitu dapat meningkatkan kesehatan dan kualitas hidup masyarakat, meningkatkan produktivitas industri Dan juga mengurangi pengeluaran masyarakat.

Efisiensi biaya pokok produksi merupakan salah satu program pemerintah yang dibebankan kepada PT.PLN (Persero) dalam rangka untuk menghemat biaya produksi listrik di Indonesia. *Heat rate* merupakan salah satu indeks kinerja dari sebuah pembangkit termal yang digunakan untuk memperkirakan seberapa efisien pembangkit tersebut. (Hendroyono, A, dkk, 2014). *Heat rate* menunjukkan jumlah kalori/panas yang dibutuhkan untuk menghasilkan per kWh listrik dari generator.

Sektor pembangkit listrik strategi peningkatan efisiensi pembangkit untuk menurunkan *heat rate* dilakukan dengan berbagai cara, menurunkan *heat rate* bisa dilakukan dengan mengurangi konsumsi bahan bakar spesifik atau *Spesific fuel consumption* pada pembangkit. Semakin kecil nilai *heat rate* maka semakin efisien pembangkit tersebut sebaliknya semakin besar *heat rate* maka semakin jelek efisiensi dari pembangkit listrik tersebut (Poullikkas, A. 2012).

Beban pembangkit yang berubah-ubah mengakibatkan perubahan konsumsi bahan bakar yang diperlukan oleh pembangkit listrik. Pembangkit

Listrik sering mengalami perubahan beban yang berubah sewaktu-waktu untuk memenuhi kebutuhan daya listrik, bergantung pada permintaan konsumennya. Beban pembangkit listrik yang berbeda dan berfluktuasi akan berpengaruh terhadap kinerja dari tiap komponen komponen pada pembangkit listrik.

Komponen pembangkit listrik tenaga gas yang berpengaruh oleh perubahan tingkat beban antara lain, kompresor dan turbin. Pada perubahan beban yang terjadi maka secara otomatis ada perubahan juga terhadap suplai bahan bakar dan juga udara pembakaran yang dibutuhkan untuk pembakaran yang terjadi pada ruang bakar pembangkit listrik tenaga gas.

Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) CNG Jakabaring dengan menghitung *heat rate*, *specific fuel consumption* dan efisiensi siklus pada variasi beban maka akan diketahui pengaruh variasi beban terhadap kinerja dari turbin gas. Hal tersebut bisa dijadikan rekomendasi beban operasi dengan *heat rate* yang terendah, konsumsi bahan bakar spesifik paling sedikit dan efisiensi siklus yang paling tinggi persentasenya.

1.2 Rumusan Masalah

Kebutuhan listrik yang berfluktuasi dari masa ke masa memberi pengaruh pada jumlah produksi listrik dari pembangkit. Dalam hal ini, upaya guna mengubah jumlah produksi, suplai udara dan bahan bakar yang dibutuhkan juga berubah dengan perubahan beban, mengakibatkan perubahan efisiensi dan *heat rate* dari pembangkit. Adapun yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana perbandingan Konsumsi spesifik bahan bakar dan *Heat Rate* akibat pengaruh perubahan beban?
2. Bagaimana Perbandingan Konsumsi spesifik bahan bakar dan Efisiensi siklus pada tiap beban?
3. Bagaimana Perbandingan Efisiensi pada kompresor, turbin dan efisiensi siklus pembangkit pada tiap beban?
4. Berapakah Daya yang pada kompresor, turbin dan juga daya bersih yang dihasilkan pada tiap beban?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Perhitungan hanya mencakup perhitungan analisis kinerja turbin gas secara teoritis, Perhitungan menggunakan siklus brayton dengan menggunakan beberapa asumsi.
2. Perhitungan yang dilaksanakan mempergunakan data Turbin TM2500 di #2 PT. PLN CNG Jakabaring (*open cycle*) dengan Beban 4,24 MW, 8,51 MW, 13,07 MW, dan 17,04 MW
3. Tidak membahas material yang digunakan pada turbin gas

1.4 Tujuan Penelitian

1. Memahami Pengaruh setiap variasi beban terhadap performansi siklus turbin gas.
2. Memahami beban kerja pembangkit yang mempunyai efisiensi tertinggi.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat menjadi referensi penelitian selanjutnya khususnya yang membahas mengenai turbin efisiensi turbin gas pada beban kerja tertentu.
2. Hasil penelitian ini dapat dijadikan masukan bagi perusahaan dalam penentuan beban untuk mencari pada beban berapa turbin gas paling efisien dan mempunyai *heat rate* paling rendah sehingga dapat mengurangi biaya produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adefarati, T., & Bansal, R. C. (2019). Energizing renewable energy systems and distribution generation. In *Pathways to a smarter power system* (pp. 29-65). Academic Press.
- Burlian, F. Dan Ghafara, Aden. 2013. Perancangan ulang *Heat Recovery Steam Generator* Dengan Sistem *Dual Pressure* Melalui Pemanfaatan Gas Buang Sebuah Turbin Gas Berdaya 160 MW. *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol. 13 No. 1 Maret 2013.
- Cengel, Y., and Michael, A. 2006. *Thermodynamics an Engineering Approach*. 3rd Edition. New York: McGraw-Hill Company.
- Eriksen, L. Vernon. 2017. *Heat Recovery Steam Generator Technology*. Wood head Publishing.
- Geitner, F. K., & Bloch, H. P. (2006). *Maximizing machinery uptime* (Vol. 5). Gulf Professional Publishing.
- Hafidz, A. (2011). Pemodelan Siklus Termodinamik Turbin Gas Rgtt Kogenerasi. *Sigma Epsilon-Buletin Ilmiah Teknologi Keselamatan Reaktor Nuklir*, 15(2).
- Hendroyono, A., dan Hendrawati, D. (2016). Analisa *Heat Rate* Dengan Variasi Beban Pada Pltu Paiton Baru (Unit 9). *Eksergi*, 10(1).
- Incropera, F., and David, P. 1981. *Fundamental of Heat and Mass Transfer*, 2nd edition. New York: Jhon Wiley and Sons.
- Jansohn, P. (Ed.). (2013). *Modern gas turbine systems: High efficiency, low emission, fuel flexible power generation*. Elsevier.
- Kehlhofer, Rolf DKK. 2009. *Combined-Cycle Gas&Steam Turbine Power Plants*, third edition. PennWell Corporation.
- Kholiq, I. (2015). Analisis Pemanfaatan Sumber Daya Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan untuk Mendukung Substitusi BBM. *Jurnal Iptek*, 19(2), 75-91.
- Maherwan P. Boyce. 2002. *Gas Turbine Engineering Handbook* (2nd ed). Texas: Gulf Publishing Company
- Moran, M. J., Shapiro, H. N., Boettner, D. D., & Bailey, M. B. (2010). *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. John Wiley & Sons.

- Mulud, T. H. (2016). Analisa Efisiensi Turbin Gas Unit 1 Sebelum Dan Setelah Overhaul Combustor Inspection Di PT PLN (Persero) Sektor Pembangkitan PLTGU Cilegon. *Eksergi*, 12(2).
- Nag, P. 2002. *Power Plant Engineering, 2nd edition*. Mc Graw Hill Company.
- Poullikkas, A. (2012). *Heat Rate Curve Approximation For Power Plants Without Data Measuring Devices*. Journal homepage: www.ijee.iefoundation.org, 3(5), 651-658.
- Raja, A. DKK. 2006. *Power Plant Engineering*. New Age International (P) Ltd., Publishers.
- Saadat, H.1999. *Power System Control*. London : Imperial Press.
- Sugiharto, R.2009. *Perancangan Heat Recovery Steam Generator (HRSG) Dengan Sistem Tekanan Uap Dua Tingkat Kapasitas Daya Pembangkitan 77 MW*. Skripsi.Teknik Mesin. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Wijaya,Aditya Ristanu.2015. Analisis Perbandingan Performan Turbin Gas Sesudah dan Sebelum *Turbine Inspection* Dengan Variasi Beban Di PLTGU BLOK GT 3.2 DAN GT 3.3 PT.PJB UP Gresik. Skripsi. Teknologi Industri. Teknik Mesin. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.Surabaya.