

SKRIPSI

ANALISA EFISIENSI TERMAL TURBIN GAS DI  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS CNG  
JAKABARING



REY HASTER  
03091065098

UNIVERSITAS BENGKALU  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN

S

R: 27097/27660

621.4307

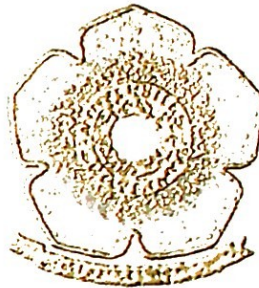
Rey

a

2014

**SKRIPSI**

**ANALISA EFISIENSI TERMAL TURBIN GAS DI  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS CNG  
JAKABARING**



**REY HASTER**

**03091005008**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2014**

**SKRIPSI**

**ANALISA EFISIENSI TERMAL TURBIN GAS DI  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS CNG  
JAKABARING**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Mesin



**REY HASTER  
03091005008**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2014**

## HALAMAN PENGESAHAN

# ANALISA EFISIENSI TERMAL TURBIN GAS DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS CNG JAKABARING

## SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Teknik Mesin

Oleh :

**REY HASTER**  
**03091005008**

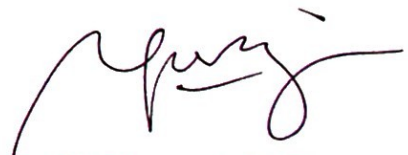
Indralaya, 03 Nopember 2014

Mengetahui :  
Ketua Jurusan Teknik Mesin,



**Qomarul Hadi, S.T, M.T**  
**NIP. 19690213 199503 1 001**

Diperiksa dan Disetujui Oleh :  
Dosen Pembimbing,



**Ir. Hj.Marwani, M.T.**  
**NIP. 19650322 199102 2 001**

UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN

AGENDA NO.  
DITERIMA TANGGAL  
PARAF

: 003/TA/IA/2014  
: 10/11-2014  
:

---

**HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI**

**NAMA** : REY HASTER  
**NIM** : 03091005008  
**BIDANG STUDI** : KONVERSI ENERGI  
**JUDUL** : ANALISA EFISIENSI TERMAL TURBIN GAS DI  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS CNG  
JAKABARING  
**DIBERIKAN** : MARET 2014  
**SELESAI** : NOPEMBER 2014

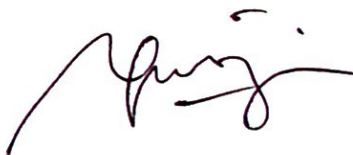
Indralaya, Nopember 2014

**Mengetahui :**  
**Ketua Jurusan Teknik Mesin,**



**Omarul Hadi, S.T, M.T**  
**NIP. 19690213 199503 1 001**

**Diperiksa dan Disetujui Oleh :**  
**Dosen Pembimbing,**



**Ir. Hj. Marwani, MT**  
**NIP. 19650322 199102 2 001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Analisa Efisiensi Termal Turbin Gas di Pembangkit Listrik Tenaga Gas CNG Jakabaring” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 3 Nopember 2014.

Indralaya, 3 Nopember 2014

Tim Penguji Skripsi

Ketua :

1. Ir. Dyos Santoso, M.T.  
NIP. 19601223 199102 1 001



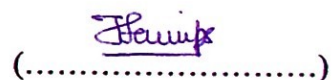
(.....)

Anggota :

2. Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T.  
NIP. 19630719 199003 2 001
3. Dr. Dewi Puspitasari, S.T., M.T.  
NIP. 19700115 199412 2 001



(.....)



(.....)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Qomarul Hadi, S.T., M.T.

NIP. 19690213 199503 1 001



Dosen Pembimbing

Ir. Hj. Marwani, M.T.

NIP. 19650322 199102 2 001



## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rey Haster

NIM : 03091005008

Judul : Analisa Efisiensi Termal Turbin Gas di Pembangkit Listrik Tenaga Gas  
CNG Jakabaring

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

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



Indralaya, 03 Nopember 2014



**REY HASTER**  
**NIM. 03091005008**

## **HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

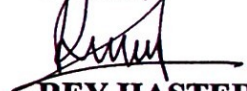
Nama : Rey Haster  
NIM : 03091005008  
Judul : Analisa Efisiensi Termal Turbin Gas di Pembangkit Listrik  
Tenaga Gas CNG Jakabaring

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.

Indralaya, 03 Nopember 2014

Penulis,



**REY HASTER**

**NIM. 03091005008**



## **MOTO DAN PERSEMBAHAN**

- *Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. (Q.S Al-Insyirah :6)*
- *Ilmu itu hanya akan didapatkan dengan merendahkan diri dan memperhatikan. (Al-Imam Ghozali)*
- *Apa yang anda dapatkan, sebesar yang anda yakini. (Aforisme The 7 Awareness)*
- *Kita hidup untuk saat ini, kita bermimpi untuk masa depan, dan kita belajar untuk kebenaran abadi. (Chiang Kai Shek)*

### ***Karya kecil ini kupersembahkan untuk :***

- *ALLAH SWT ,segala puji hanya bagi-Mu ,Tuhan semesta alam.*
- *Kedua Orangtuaku, Bapak Zoro Ister dan Ibu Miki Wijaya.*
- *Keluarga besar Teknik Mesin Unsri.*
- *Almamaterku (Universitas Sriwijaya)*

## RINGKASAN

**JURUSAN TEKNIK MESIN, FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, 03 Nopember 2014

Rey Haster, dibimbing oleh Marwani

**Analisa Efisiensi Termal Turbin Gas di Pembangkit Listrik Tenaga Gas CNG Jakabaring**

xviii + 61 halaman + 16 lampiran

Pembangkit listrik tenaga gas adalah salah satu jenis pembangkit listrik yang banyak digunakan di Indonesia. Bagian-bagian utama pada sistem pembangkit listrik tenaga gas adalah kompresor, ruang bakar, dan turbin gas. Pada pembangkit listrik ini turbin gas yang digunakan merupakan teknologi terbaru tipe TM-2500 dimana turbin jenis ini dipasang di dalam 4 trailer yang beroda yang menggunakan jenis turbin LM2500, dimana turbin gas ini sangat dikenal sebagai turbin gas yang memiliki efisiensi yang baik, karena kinerja dari pembangkit listrik dapat dilihat dari nilai efisiensi termalnya, maka dilakukan penelitian tentang analisa efisiensi termal turbin gas.

Penelitian ini dilaksanakan di Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) CNG Jakabaring, data yang digunakan merupakan data yang diambil dari operasional turbin gas yang ada dilapangan kemudian dianalisa menggunakan persamaan yang didapat dari literatur. Data kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Dari hasil penelitian tanggal 13-14 Januari 2014, didapat nilai rata-rata efisiensi termal terhadap pemakaian bahan bakar spesifik di unit TM01 sebesar 39,35 % dan 39,13 %, di unit TM02 sebesar 48,18 % dan 48,62 %. Nilai rata-rata efisiensi termal berdasarkan *heat rate* turbin gas pada unit TM01 sebesar 30,61 % dan 30,44 %, di unit TM02 sebesar 37,48 % dan 37,82 %. Nilai rata-rata efisiensi termal berdasarkan analisis termodinamika siklus Brayton aktual pada unit TM01 sebesar 39,96 % dan 40,55 %, di unit TM02 sebesar 41,83 % dan 41,87 %. Nilai efisiensi termal siklus Brayton ideal pada unit TM01 sebesar 50,57 % dan 50,22 %, di unit TM02 sebesar 51,82 % dan 51,53 %.

Dapat disimpulkan bahwa dari perbandingan kedua unit turbin gas yang diteliti, unit TM02 memiliki nilai efisiensi termal yang lebih baik dibandingkan dengan unit TM01. Saran penelitian ini sebaiknya perlu dipasang beberapa alat ukur yang terdapat di turbin gas untuk mengetahui nilai laju aliran massa udara, temperatur ruang bakar, dan temperatur gas buang agar memperoleh nilai pada kondisi aktual.

**Kata kunci:** Pembangkit listrik tenaga gas, turbin gas, efisiensi termal

## SUMMARY

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING, FACULTY OF  
ENGINEERING, SRIWIJAYA UNIVERSITY

Scientific Paper in the form of Skripsi, Nopember 3<sup>rd</sup>, 2014

Rey Haster, supervised by Marwani

*Analysis of Gas Turbine Thermal Efficiency in CNG Gas Power Plants  
Jakabaring*

xviii + 61 pages, 16 attachment

*Gas power plant is one of power plant that widely used in Indonesia. Main parts of this system is a gas power plant compressor, combustor, and gas turbine. In this power plant used the latest type of technology TM-2500 where the gas turbine installed at the 4-wheeled trailer that uses LM2500 turbine type, this gas turbine is well known as a gas turbine which has good efficiency, because the performance of power plants were can be seen from the value of thermal efficiency, then conducted research on the analysis of the thermal efficiency of the gas turbine.*

*The research was conducted in the CNG Gas Power Plant (PLTG) Jakabaring, this research used data taken from gas turbines operating in the field. Then it analyzed using the equation obtained from the literature, and then data is presented in the form of tables and charts.*

*The results of this research on January 13<sup>rd</sup> - 14<sup>th</sup>, 2014. The average values of thermal efficiency based on specific fuel consumption in unit TM01 was 39,35 % and 39,13 %, in unit TM02 was 48,18 % and 48,62 %. The average values of thermal efficiency based on heat rate of gas turbine in unit TM01 was 30,61 % and 30,44 %, and unit TM02 was 37,48 % and 37,82 %. The average thermal efficiency based on thermodynamic analysis of actual Brayton cycle in unit TM01 was 39,96 % and 40,55 %, in unit TM02 was 41,83 % and 41,87 %, then The average thermal efficiency of ideal Brayton cycle in unit TM01 was 50,57 % and 50,22 %, and in unit TM02 was 51,82 % and 51,53 %.*

*The conclusion of this research is from the comparison both of gas turbines, the unit TM02 has better value of thermal efficiency than unit TM01. The suggestion of this research, in this gas turbine should be installed some measuring devices such as flow rate meter of the air, thermocouple in combustion chamber, and thermocouple in the exhaust in order to obtain the value of actual conditions.*

**Keywords:** *gas power plants, gas turbine, thermal efficiency*

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT. yang telah memberikan berkah, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan baik dan tepat pada waktunya . Shalawat serta salam penulis junjungkan kepada Nabi Muhammad SAW. yang telah menuntun manusia ke kehidupan yang lebih baik.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya Skripsi ini. Adapun pihak tersebut adalah:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. M. Taufik Toha, DEA. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya,
2. Ibu Ir. Hj. Marwani, MT. selaku Dosen Pembimbing Skripsi,
3. Bapak Qomarul Hadi, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya,
4. Bapak Ir. Dyos Santoso, M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya,
5. Bapak Dr. Ir. Riman Sipahutar, MSc. selaku Dosen Pembimbing Akademik,
6. Orang tua saya, Bapak Zoro Ister dan Ibu Miki Wijaya yang selalu mendukung dan mendoakan setiap kegiatan yang dilakukan anaknya,
7. Adik kandung saya, Elinge Haster, Dellica Haster, dan Sienzie Haster,
8. Desi Norasari, S.Pd yang selalu setia memberikan dukungan dan semangatnya,
9. Dosen Pengajar di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya,
10. Staf Administrasi, Laboratorium dan Perpustakaan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya,
11. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Mesin (HMM), khususnya Angkatan 2009,

12. Keluarga besar Civitas Akademik Universitas Sriwijaya dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penulisan Skripsi ini. Oleh karena itu penulis menerima segala kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kemajuan di masa yang akan datang.

Akhirnya penulis mengharapkan Skripsi dengan judul "*Analisa Efisiensi Termal Turbin Gas di Pembangkit Listrik Tenaga Gas CNG Jakabaring*" dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Indralaya, 03 Nopember 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	v
<b>MOTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>DAFTAR SIMBOL</b> .....	xviii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	2
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Penelitian Tentang Pembangkit Listrik Tenaga Gas .....	4
2.2. Dasar Teori Turbin Gas .....	4
2.3. Klasifikasi Turbin Gas .....	6
2.3.1. Berdasarkan Siklus Kerja.....	6
2.3.2. Berdasarkan Konstruksi .....	9
2.3.3. Berdasarkan Arah Aliran Fluida .....	10
2.4. Turbin Gas LM2500.....	11
2.5. Komponen Utama Turbi Gas LM2500 .....	12

2.5.1. Saluran masuk dan <i>Center Body</i> .....	13
2.5.2. Rangka Depan Kompresor .....	14
2.5.3. Kompresor Tekanan Tinggi .....	14
2.5.4. Rangka Belakang Kompresor Tekanan Tinggi .....	15
2.5.5. Ruang Bakar .....	16
2.5.6. Turbin Tekanan Tinggi .....	18
2.5.7. Rangka Bagian Tengah Turbin.....	19
2.5.8. Turbin Tekanan Rendah.....	20
2.5.9. Rangka Belakang Turbin.....	21
2.5.10. Saluran Gas Buang.....	21
2.6. Bahan Bakar .....	22
2.6.1. Nilai Pembakaran Bahan Bakar .....	23
2.7. Efisiensi Termal Terhadap Pemakaian Bahan Bakar Spesifik .....	23
2.8. Perhitungan Efisiensi Termal Turbin Gas di Lapangan .....	24
2.9. Siklus Kerja Turbin Gas .....	26
2.9.1. Siklus Brayton Aktual .....	26
2.9.2. Siklus Brayton Ideal .....	29

### **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

3.1. Metode Penelitian .....	33
3.2. Lokasi Penelitian .....	33
3.3. Data Spesifikasi Turbin Gas TM2500 .....	34
3.4. Parameter Operasi Mesin .....	36
3.5. Data Operasi Kerja Turbin Gas .....	36
3.5. Diagram Alir Penelitian .....	38

### **BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Pengolahan data .....	39
4.1.1. Perhitungan <i>Lower Heating Value</i> (LHV) Bahan Bakar .....	39
4.1.2. Efisiensi Termal Terhadap Pemakaian Bahan Bakar Spesifik ....	40
4.1.3. Menghitung Efisiensi Termal Turbin Gas di Lapangan .....	43
4.1.4. Efisiensi Termal Siklus Brayton Aktual .....	47

4.1.5. Efisiensi Termal Siklus Brayton Ideal .....	53
4.2. Analisa dan Pembahasan .....	57
4.2.1. Nilai Efisiensi Termal Terhadap Pemakaian Bahan Bakar Spesifik .....	57
4.2.2. Nilai Efisiensi Termal Berdasarkan Perhitungan di Lapangan ...	58
4.2.3. Nilai Efisiensi Termal Berdasarkan Analisa Termodinamika Siklus Brayton Aktual dan Siklus Brayton Ideal .....	58
4.2.4. Perbandingan Nilai Efisiensi Termal Turbin Gas Unit TM01 dan Unit TM02.....	59

## **BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1. Kesimpulan .....	60
5.2. Saran .....	61

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
2.1. Pembangkit listrik tenaga gas .....	5
2.2. Prinsip kerja turbin gas .....	6
2.3. Siklus terbuka .....	7
2.4. Siklus tertutup .....	7
2.5. Siklus turbin gas regeneratif .....	8
2.6. Siklus gabungan turbin gas-turbin uap .....	9
2.7. Poros tunggal .....	10
2.8. Poros ganda .....	10
2.9. Turbin gas LM2500.....	12
2.10. Komponen utama turbin gas LM2500 .....	13
2.11. Saluran masuk dan <i>center body</i> .....	13
2.12. Rangka depan kompresor .....	14
2.13. Kompresor tekanan tinggi .....	15
2.14. Rangka belakang kompresor .....	15
2.15. Ruang bakar.....	16
2.16. Ruang bakar turbin gas LM2500.....	16
2.17. Sistem pengapian.....	17
2.18. Penyala api (1) Busi (2) <i>Exicter</i> .....	17
2.19. Sensor api .....	18
2.20. Sensor api UV di ruang bakar .....	18
2.21. Turbin tekanan tinggi .....	19
2.22. Rangka bagian tengah turbin.....	20
2.23. Bagian turbin tekanan rendah.....	20
2.24. Turbin tekanan rendah .....	21
2.25. Rangka belakang turbin.....	21
2.26. Saluran gas buang.....	22
2.27. Siklus turbin gas. (1) Poros ganda (2) Diagram T-S siklus Brayton ideal dan aktual .....	26

3.1. TM2500 .....	34
3.2 Skema PLTG CNG di Jakabaring .....	35
3.3. Parameter operasi mesin.....	36
3.4. Diagram alir penelitian.....	38
4.1. Grafik perbandingan nilai efisiensi termal terhadap pemakaian bahan bakar spesifik pada unit TM01 dan unit TM02.....	43
4.2. Grafik hubungan antara nilai efisiensi termal dan pemakaian bahan bakar spesifik pada unit TM01 dan unit TM02.....	43
4.3. Grafik perbandingan nilai efisiensi termal terhadap nilai heat rate pada unit TM01 dan unit TM02 .....	46
4.4. Grafik hubungan antara nilai heat rate dan efisiensi termal pada unit TM01 dan TM02 .....	47
4.5. Grafik perbandingan nilai efisiensi termal siklus Brayton aktual pada unit TM01 dan unit TM02.....	52
4.6. Grafik perbandingan nilai efisiensi termal siklus Brayton ideal pada unit TM01 dan unit TM02.....	57

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
2.1. Spesifikasi CNG .....	22
3.1. Spesifikasi unit TM01 .....	35
3.2. Spesifikasi unit TM02 .....	35
3.3. Data operasi turbin gas unit TM01 tanggal 13 Januari 2014 .....	36
3.4. Data operasi turbin gas unit TM01 tanggal 14 Januari 2014 .....	37
3.5. Data operasi turbin gas unit TM02 tanggal 13 Januari 2014 .....	37
3.6. Data operasi turbin gas unit TM02 tanggal 14 Januari 2014 .....	37
4.1. Perhitungan berat molekul campuran gas dan persentase berat masing-masing komponen .....	39
4.2. Perhitungan nilai LHV bahan bakar .....	39
4.3. Perhitungan efisiensi termal terhadap pemakaian bahan bakar spesifik unit TM01 tanggal 13 Januari 2014 .....	41
4.4. Hasil perhitungan efisiensi termal terhadap pemakaian bahan bakar spesifik unit TM01 tanggal 14 Januari 2014 .....	41
4.5. Hasil perhitungan efisiensi termal terhadap pemakaian bahan bakar spesifik unit TM02 tanggal 13 Januari 2014 .....	42
4.6. Hasil perhitungan efisiensi termal terhadap pemakaian bahan bakar spesifik unit TM02 tanggal 14 Januari 2014 .....	42
4.7. Hasil perhitungan efisiensi termal terhadap nilai <i>heat rate</i> turbin gas unit TM01 tanggal 13 Januari 2014 .....	44
4.8. Hasil perhitungan efisiensi termal terhadap nilai <i>heat rate</i> turbin gas unit TM01 tanggal 14 Januari 2014 .....	45
4.9. Hasil perhitungan efisiensi termal terhadap nilai <i>heat rate</i> unit TM02 tanggal 13 Januari 2014 .....	45
4.10. Hasil perhitungan efisiensi termal terhadap nilai <i>heat rate</i> unit TM02 tanggal 14 Januari 2014 .....	46
4.11. Jumlah kandungan udara yang dibutuhkan bahan bakar .....	48
4.12. Hasil perhitungan efisiensi termal siklus Brayton aktual turbin gas unit TM01 tanggal 13 Januari 2014 .....	51

4.13. Hasil perhitungan efisiensi termal siklus Brayton aktual turbin gas unit TM01 tanggal 14 Januari 2014.....	51
4.14. Hasil perhitungan efisiensi termal siklus Brayton aktual turbin gas unit TM02 tanggal 13 Januari 2014.....	52
4.15. Hasil perhitungan efisiensi termal siklus Brayton aktual turbin gas unit TM02 tanggal 14 Januari 2014.....	52
4.16. Hasil perhitungan efisiensi termal siklus Brayton ideal turbin gas unit TM01 tanggal 13 Januari 2014.....	55
4.17. Hasil perhitungan efisiensi termal siklus Brayton ideal turbin gas unit TM01 tanggal 14 Januari 2014.....	55
4.18. Hasil perhitungan efisiensi termal siklus Brayton ideal turbin gas unit TM02 tanggal 13 Januari 2014.....	56
4.19. Hasil perhitungan efisiensi termal siklus Brayton ideal turbin gas unit TM02 tanggal 14 Januari 2014.....	56

## DAFTAR SIMBOL

### Simbol Umum

- $V_{bb}$  = Volume bahan bakar ( $m^3/h$ )  
 $B_N$  = Pemakaian bahan bakar spesifik ( $kg/kWh$ )  
 $B_Q$  = Angka panas ( $kJ/kWh$ )  
 $\rho_{bb}$  = Massa jenis bahan bakar ( $kg/m^3$ )  
 $P$  = Daya yang dihasilkan ( $kW$ )  
 $\dot{m}_f$  = Laju aliran massa bahan bakar ( $kg/s$ )  
 $HR_{GTG}$  = Heat rate turbin gas ( $cal/kWh$ )  
 $\eta_c$  = Efisiensi kompresor (%)  
 $\eta_t$  = Efisiensi turbin (%)  
 $\dot{W}_c$  = Kerja Kompresor ( $kJ$ )  
 $\dot{Q}_{in}$  = Energi masuk ke sistem ( $kJ$ )  
 $\dot{W}_{HPT}$  = Kerja turbin tekanan tinggi ( $kJ$ )  
 $\dot{W}_{LPT}$  = Kerja turbin tekanan rendah ( $kJ$ )  
 $c_p$  = Panas spesifik pada tekanan konstan ( $kJ/kg.K$ )  
 $T_1$  = Temperatur *ambient* ( $^{\circ}K$ )  
 $T_2$  = Temperatur sisi keluar kompresor ( $^{\circ}K$ )  
 $T_3$  = Temperatur sisi masuk turbin tekanan tinggi ( $^{\circ}K$ )  
 $T_4$  = Temperatur sisi masuk turbin tekanan rendah ( $^{\circ}K$ )  
 $T_5$  = Temperatur sisi keluar turbin tekanan rendah ( $^{\circ}K$ )  
 $p_1$  = Tekanan lingkungan (bar)  
 $p_2$  = Tekanan sisi keluar kompresor (bar)  
 $\eta_{th}$  = Efisiensi termal (%)

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu bentuk energi yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari, manusia memerlukan energi listrik untuk keperluan rumah tangga, industri, transportasi, dan lain-lain. Seiring meningkatnya jumlah penduduk yang ada di Palembang mengakibatkan tingginya permintaan energi listrik sehingga mengakibatkan seringnya kekurangan energi listrik pada saat beban puncak.

Untuk mengatasi masalah kekurangan energi listrik pada saat beban puncak, pihak Perusahaan Listrik Nasional (PLN) sering melakukan pemadaman listrik bergilir untuk mengatasi kondisi saat beban puncak, salah satu alternatif dalam mengatasi masalah tersebut pihak PLN mendirikan unit baru pembangkit listrik tenaga gas yang menggunakan bahan bakar gas alam terkompresi bertempat di lokasi daerah Jakabaring, Palembang.

PLTG (Pembangkit Listrik Tenaga Gas) adalah salah satu jenis pembangkit listrik yang banyak digunakan di Indonesia. Bagian - bagian utama pada sistem PLTG adalah kompresor, ruang bakar, dan turbin gas. Kompresor berfungsi untuk mengkompresikan udara sekitar sebagai fluida kerjanya. Udara yang masuk ruang bakar dan kemudian dibakar menggunakan bahan bakar. Bahan bakar yang digunakan pada umumnya adalah gas alam maupun HSD (*high speed diesel*). Gas hasil pembakaran akan masuk ke turbin gas yang terhubung dengan generator untuk membangkitkan energi listrik.

Pada pembangkit listrik ini turbin gas yang digunakan merupakan teknologi terbaru tipe TM-2500 dimana turbin jenis ini dipasang didalam 4 *trailer* yang beroda yang menggunakan jenis turbin LM2500, dimana turbin gas jenis ini sangat dikenal di dunia internasional sebagai turbin gas yang memiliki efisiensi yang baik. Karena kinerja dari pembangkit listrik dapat dilihat dari nilai efisiensi termal nya. Semakin besar efisiensi termalnya, maka kinerja pembangkit tersebut semakin baik. Seperti yang dinyatakan oleh Harwinda dan Kadarisman (2012).

Kartika (2013) menyatakan bahwa akhir-akhir ini efisiensi dan daya yang dihasilkan turbin gas meningkat karena gas yang bertemperatur tinggi telah bisa digunakan dan bekerjanya turbin tergantung pada keadaan gasnya, sekarang efisiensi turbin sudah bisa mencapai sekitar 33 % dengan temperatur diruang bakar.

Ahmed dan Tariq (2013) menyatakan bahwa nilai efisiensi termal pada siklus sederhana turbin gas selalu meningkat dengan naiknya rasio kompresi, dan meningkatnya temperatur *ambient* menyebabkan menurunnya nilai efisiensi termal, tetapi tingginya temperatur yang masuk pada turbin menaikkan nilai efisiensi termal. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin melakukan studi Analisa Efisiensi Termal Turbin Gas di Pembangkit Energi Listrik Tenaga Gas CNG Jakabaring.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Efisiensi merupakan parameter yang menyatakan derajat keberhasilan komponen atau sistem turbin gas mendekati desain atau proses yang ideal. Kinerja dari pembangkit listrik dapat dilihat dari nilai efisiensinya, semakin tinggi nilai efisiensi termal dari turbin gas maka kinerja dari pembangkit listrik akan semakin baik.

## **1.3 Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini, dibatasi hanya pada analisa efisiensi termal siklus pembangkit listrik tenaga gas terhadap pemakaian bahan bakar spesifik, analisa efisiensi termal terhadap nilai *heat rate* turbin gas serta analisa termodinamika siklus Brayton berdasarkan waktu operasi.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menghitung nilai efisiensi termal turbin gas di pembangkit listrik tenaga gas CNG Jakabaring, serta membandingkan efisiensi termal dari kedua unit turbin gas yang diteliti.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Dapat mengetahui pengaruh dari pemakaian bahan bakar spesifik terhadap nilai efisiensi termal turbin gas.
2. Dapat mengetahui pengaruh nilai *heat rate* turbin gas terhadap nilai efisiensi termal turbin gas.
3. Dapat mengetahui nilai efisiensi termal dari turbin gas yang diteliti.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam karya tulis ini adalah sebagai berikut :

1. BAB 1 : Berisi pendahuluan yang menerangkan latar belakang penulisan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.
2. BAB 2 : Pada bab ini dijelaskan mengenai dasar-dasar turbin gas yang meliputi komponen beserta proses yang terjadi di dalam turbin gas.
3. BAB 3 : Pada bab ini dituliskan mengenai metodologi penelitian, Data spesifikasi dari turbin gas di PLTG CNG Jakabaring, dan data operasi kerja turbin gas.
4. BAB 4 : Pada bab ini data yang diperoleh dari lapangan akan dihitung berdasarkan rumus-rumus pada bab II. Secara garis besar perhitungan meliputi efisiensi termal terhadap pemakaian bahan bakar spesifik, perhitungan efisiensi termal dilapangan, perhitungan efisiensi siklus Brayton aktual dan ideal turbin gas.
5. BAB 5 : Berisi kesimpulan dan saran dari penelitian yang dilakukan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, A.M., Tariq, Mohammad, "*Thermal Analysis of A Gas Turbine Power Plant to Improve Performance Efficiency*", JURNAL IJMET, V(4): 6, 2013
- Al-habbo, A.R., Fathi, A.Younus, "*Estimation of Wasted Thermal Energy from Gas Turbine Units in Mosul Power Station*", Tikrit Journal of Engineering Sciences, V(19): 2, 2012.
- Arismunandar, Wiranto, "*Pengantar Turbin Gas dan Motor Propulsi*", Institute Teknologi Bandung, Bandung, 2002.
- Boyce, P, Maherwan, "*Gas Turbine Engineering Handbook*", Third Edition, Butterworth-Heinemann, USA, 2006.
- Caturwati.NK, "*Pengaruh Jenis Bahan Bakar Terhadap Efisiensi Ideal dan Aktual Turbin Gas Pembangkit Listrik PT.X*", Paper Prosiding Seminar Nasional Industrial Services (SNIS) III, 2013.
- GE Energy, "*TM2500 – Operator and Familiarization Training (Generation 4 Series)*", Afrika, 2010.
- Harun, Nadjamuddin, "*Bahan Ajar Perancangan Pembangkitan Tenaga Listrik*", Universitas Hasanuddin, Makassar, 2011.
- Harwinda, R.A. E. P., Kadarisman, "*Analisis Keseimbangan Energi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas. Studi Kasus Pada PLTG Unit 1 PT Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Pesanggaran Denpasar*", Bali, JURNAL TEKNIK POMITS, V(1): 1 - 3, 2012.
- Kartika, "*Analisa Performansi Turbin Gas Unit 3 Di PLTG Glugur Kapasitas 11,5 MW*", Politeknik Negeri Medan Library, 2013.
- Martin, Dolok O.D.S, "*Rancangan Ruang Bakar Turbin Gas Pada Subuah Pembangkit Listrik Dengan Daya 21 MW*", Medan, USU Repository, 2009.
- Moran, Michael., Shapiro, Howard N. "*Fundamentals of Engineering Thermodynamics*", 5th ed, USA. Jhon Wiley & Sons, Inc., 2006.
- Moran, Michael J., Shapiro, Howard N. "*Termodinamika Teknik*". Edisi 4, Jakarta, Erlangga, 2004.

- Napitupulu, Mangisi, *Analisa Perbandingan Performansi Teoritis Dan Aktual Turbin Gas TM 2500 DI PLTG Paya Pasir*, Medan, USU Repository, 2010.
- Oates, Gordon C. "*Aerothermodynamics of Aircraft Engine Components*". New York. American institute of Aeronautics and Astronautics inc, 1985.
- Said, Muhammad, "*Simulasi Numerik Aliran Fluida Dan Bentuk Sudu Tingkat Pertama Turbin Gas Penggerak Generator Dengan Daya 141,9 Mw Menggunakan CFD Fluent 6.3.26*", Medan, USU Repository, 2011.
- Saputra, Edi. "*Perancangan Turbin Gas Penggerak Generator Pada Instalasi PLTG Dengan Daya 130 MW*". Medan, Universitas Sumatera Utara, 2008.
- Sawyer's. "*Gas Turbine Engineering Handbook*", USA, Gas Turbine Publication Inc, 1982
- Silaen, Usman L, "*Analisa Efisiensi Thermal Turbin Gas W 191 G Unit 1 di PLTG PT.PLN (Persero) Pembangkitan Sumbagsel Sektor Keramasan*". Palembang, Universitas Sriwijaya, 2011.