



# **Analisis Pengaruh Kondisi Beban Terhadap Efisiensi Generator di PLTMG Panaran**

## **Tugas Akhir**

**Oleh:  
Muhammad Rizki Akbar (4232101008)**

**Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi  
Jurusan Teknik Elektro  
Politeknik Negeri Batam  
2025**

## Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : "Analisis Pengaruh Kondisi Beban Terhadap Efisiensi Generator di PLTMG Panaran" adalah hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 31 Juli 2025



---

Muhammad Rizki Akbar  
NIM : 4232101008

# Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)  
di  
Politeknik Negeri Batam

Oleh:  
Muhammad Rizki Akbar (4232101008)

Tanggal Sidang: 07 Januari, 2025

Disetujui oleh :  
Pembimbing

Penguji I

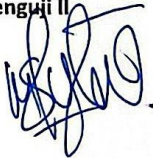


Dr. Didi Istardi, S.T., M.Sc.  
NIK: 102022



Irwanto Zarma Putra, S.Pd. M.Eng  
NIK: 118200

Penguji II



Ir. Muhammad Syafei Gozali, ST, M.T  
NIK: 107050

# Analisis Pengaruh Kondisi Beban Terhadap Efisiensi Generator di PLTMG Panaran

## Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Mesin dan Gas (PLTMG) Panaran merupakan salah satu pembangkit yang dimiliki oleh PT. PLN Batam yang telah beroperasi selama 12 tahun dan telah mengalami beberapa permasalahan yang dapat menurunkan efisiensi generator. Penurunan efisiensi generator dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti *Engine Gas Trip*, kesalahan dalam pengoperasian, dan kondisi beban yang berubah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan kondisi beban terhadap efisiensi generator menggunakan metode regresi linear sederhana dan mengetahui pengaruh kondisi beban terhadap efisiensi generator menggunakan metode uji koefisien determinasi. Analisis regresi linear sederhana menghasilkan persamaan  $\hat{Y} = 0.456 + 0.056X$  dengan korelasi kuat positif ( $R = 0,941$ ) serta hasil signifikansi ( $0,000 < 0,05$ ). Koefisien determinasi ( $R^2$ ) menunjukkan bahwa kondisi beban menjelaskan 88,6% perubahan efisiensi generator dan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain. Disimpulkan bahwa efisiensi generator akan terus meningkat apabila beban generator mencapai batas beban maksimumnya.

Kata kunci: PLTMG, Beban Generator, Efisiensi generator, Regresi Linear.

# Analysis of the Effect of Load Conditions on Generator Efficiency at the Panaran PLTMG

## **Abstract**

*The Panaran Gas and Steam Power Plant (PLTMG) is one of the power plants owned by PT. PLN Batam that has been operating for 12 years and has experienced several problems that can reduce generator efficiency. A decrease in generator efficiency can be caused by several factors such as Engine Gas Trip, operational errors, and changing load conditions. This study aims to determine the relationship between load conditions and generator efficiency using simple linear regression and to assess the impact of load conditions on generator efficiency using the coefficient of determination test. The simple linear regression analysis yielded the equation  $\hat{Y} = 0.456 + 0.056X$  with a strong positive correlation ( $R = 0.941$ ) and significant results ( $0.000 < 0.05$ ). The coefficient of determination ( $R^2$ ) indicates that load conditions explain 88.6% of the variation in generator efficiency, with the remainder influenced by other factors. It is concluded that generator efficiency will continue to increase as the generator load approaches its maximum load limit. Translated with DeepL.com (free version)*

*Keywords: Gas Engine Power Plant, Generator Load, Generator Efficiency, Linear Regression.*

## Kata Pengantar

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul "Analisis Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Efisiensi Generator di PLTMG Panaran Batam".

Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan kelulusan Diploma IV dan memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi (RPE) di Politeknik Negeri Batam.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis dapat menyelesaikan dengan baik tidak terlepas dari dukungan dan bimbingan dari semua pihak yang secara langsung ataupun tidak langsung terlibat didalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang selalu mendoakan dan memberikan semangat kepada penulis.
2. Bapak Irwanto Zarma Putra, S.Pd. M.Eng, selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi sekaligus Dosen Pembimbing Saya yang telah mendukung dan memberikan saran dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Jhon Hericson Purba, S.Pd., M.Pd., selaku Dosen Pengampu Tugas Akhir.
4. Bapak Dr. Didi Istardi, S.T., M.SC. dan Bapak Ir.Muhammad Syafei Gozali, ST, M.T, selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Hasnira, S.ST., M.Tr.T, selaku Dosen Koordinator Magang yang telah memberikan bimbingan, saran serta motivasi kepada penulis.
6. Bapak Eka Putra selaku Mentor Lapangan di PLTMG Panaran Batam yang telah membantu Saya selama proses penyusunan Laporan Tugas Akhir.
7. Kepada seluruh Tim HAR PLTMG Panaran Batam yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan ilmu pengetahuan, membimbing Saya selama magang.
8. Teman-teman seperjuangan terkhusus Prodi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi angkatan 2021 yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan, saran, kritik, motivasi, dan semangat yang diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan dimasa yang akan datang.

Batam, ...

Muhammad Rizki Akbar

# Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Lembar Pengesahan .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Abstrak .....	iii
<i>Abstract</i> .....	iv
Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi .....	vii
Daftar Gambar .....	ix
Daftar Tabel .....	x
Bab 1. Pendahuluan .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	2
1.4. Manfaat .....	2
1.5. Batasan .....	2
Bab 2. Tinjauan Pustaka .....	3
2.1. Siklus Otto .....	3
2.2. Efisiensi Generator .....	6
2.3. Analisis Uji Regresi Linear Sederhana .....	6
Bab 3. Metode Penelitian .....	8
3.1. Diagram Alir .....	8
3.2. Pengumpulan Data .....	9
3.3. Pengolahan Data .....	9
Bab 4. Hasil dan Pembahasan .....	11
4.1. Hasil Pengumpulan Data .....	11
4.1.1. Hasil Pengumpulan Data Parameter .....	11
4.1.2. Hasil Pengumpulan Data Propertis .....	14
4.2. Analisis kondisi beban generator terhadap daya input generator (Pin) .....	16

4.3. Analisa Kondisi Beban Terhadap Efisiensi Generator .....	17
4.4. Uji Regresi Linear Sederhana .....	18
4.4.1. Uji parsial (uji-t) .....	19
4.4.2. Uji koefisien determinasi .....	19
Bab 5. Kesimpulan dan Saran .....	20
5.1. Kesimpulan .....	20
5.2. Saran .....	20
Daftar Pustaka .....	21
Lampiran .....	24

## Daftar Gambar

Gambar 1. Siklus otto .....	3
Gambar 2. Bagan Alir Penelitian.....	8
Gambar 3. Grafik data temperature lingkungan .....	11
Gambar 4. Grafik data lower heating value .....	12
Gambar 5. Grafik data laju massa aliran bahan bakar.....	12
Gambar 6. Grafik data laju massa aliran udara .....	13
Gambar 7. Grafik data beban generator .....	13
Gambar 8. Grafik data volume specific keadaan 1 .....	14
Gambar 9. Grafik data volume specific keadaan 2 .....	14
Gambar 10. Grafik data temperatur keadaan 2 .....	15
Gambar 11. Grafik data temperature keadaan 3 .....	15
Gambar 12. Grafik temperature keadaan 4 .....	16
Gambar 13. Grafik daya input generator .....	16
Gambar 14. Grafik efisiensi generator .....	17
Gambar 15. Grafik regresi linear .....	18

## Daftar Tabel

Tabel 1. Parameter data yang digunakan .....	9
Tabel 2. Hasil uji regresi linear sederhana .....	18
Tabel 3. Hasil uji koefisien determinasi .....	19

# Bab 1. Pendahuluan

## 1.1. Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Mesin dan Gas (PLTMG) Panaran merupakan salah satu pembangkit yang dimiliki oleh PT. PLN Batam yang telah beroperasi selama 12 tahun dan telah mengalami beberapa permasalahan yang dapat menurunkan efisiensi generator. Penurunan efisiensi generator dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti *Engine Gas Trip*, kesalahan dalam pengoperasian, dan kondisi beban yang berubah. Maka, untuk mengetahui kondisi kinerja generator dengan membandingkan beban keluaran generator terhadap daya mekanis yang dihasilkan oleh mesin gas, sehingga efisiensi generator dapat diketahui. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan metode Statistik Regresi Linear sederhana dalam menganalisa pengaruh perubahan beban terhadap efisiensi generator.

Penelitian yang dilakukan oleh (Moh Rifqi Nurakmali 2017). Efisiensi generator akan mempengaruhi kinerja dari sistem PLTP. Efisiensi generator mengalami penurunan akibat kenaikan rugi-rugi daya generator, lamanya pemeliharaan, dan generator trip. Pada penelitian ini menggunakan metode penurunan entalpi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai terendah efisiensi generator unit 2 di PLTP PT. Indonesia Power UPJP Kamojang terjadi pada tanggal 3 Februari 2017, sedangkan nilai efisiensi generator tertinggi terjadi pada tanggal 1 Februari 2017. Penurunan efisiensi sebesar 3.3% dialami oleh generator unit 2, dimana nilai efisiensi *manual design* 98.4%. penurunan nilai efisiensi ini terjadi karena meningkatnya rugi-rugi daya pada generator[1][2][3].

Andi Ervianto Nur, Sugeng A Karim, dan Hasrul (2022). Dalam pengoperasian generator, sering terjadi fluktuasi akibat beban yang berubah, sehingga umumnya disediakan dua atau lebih generator untuk di operasikan. Dalam menganalisis data pada penelitian ini, peneliti menggunakan teknik statistik deskriptif. Beban yang terus berubah-ubah pada generator, dapat mempengaruhi efisiensi. Pada saat beban (output) generator besar efisiensi semakin kecil dan begitupun sebaliknya. Data spesifikasi generator memiliki daya input sebesar 35 MW, tingkat efisiensi sebesar 97,4%. Sedangkan pada data aktual (hasil penelitian) memiliki daya input sebesar 28,52 MW, dan daya output sebesar 24,16 MW, dengan daya tingkat efisiensi sebesar 84,68%[4].

Maka dari latar belakang yang telah dijelaskan diatas, perlu dilakukannya "Analisis Pengaruh kondisi Beban Terhadap Efisiensi Generator di PLTMG Panaran".

## **1.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana hubungan beban generator terhadap nilai efisiensi generator di PLTMG Panaran?
2. Bagaimana pengaruh beban terhadap efisiensi generator di PLTMG Panaran?

## **1.3. Tujuan**

Adapun tujuan dalam pembuatan Tugas Akhir ini adalah:

1. Menganalisis seberapa besar hubungan beban terhadap efisiensi generator menggunakan metode regresi linear sederhana.
2. Menganalisis pengaruh beban generator terhadap nilai efisiensi generator menggunakan metode koefisien determinasi.

## **1.4. Manfaat**

Adapun manfaat dari pembuatan Tugas Akhir ini yaitu:

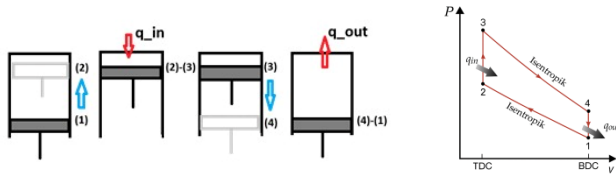
1. Mengetahui nilai efisiensi generator unit 3 pada pembebanan yang berubah-ubah.
2. Mengetahui seberapa besar pengaruh dan hubungan beban terhadap efisiensi generator PLTMG.

## **1.5. Batasan**

1. Objek penelitian hanya pada generator 8,5 MW unit 3 PLTMG Panaran Batam.
2. Pengambilan data dilakukan selama 7 hari dari tanggal 2 Desember 2024 sampai 8 Desember 2024.
3. Pada penelitian ini hanya membahas pengaruh perubahan beban terhadap efisiensi generator.

## Bab 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1. Siklus Otto



Gambar 1. Siklus otto

Gambar 1 merupakan siklus otto ideal terdiri dari dua jenis proses yaitu proses volume konstan dan proses adiabatik. Proses volume konstan (Isokhorik) terjadi pada siklus 2-3 dan 4-1 sedangkan proses adiabatik (Isentropik) terjadi pada siklus 1-2 dan 3-4, berikut merupakan penjelasan pada keempat siklus tersebut:

- A. Proses 1 → 2 yaitu merupakan proses adiabatik yang terjadi selama proses awal, piston bergerak dari titik mati bawah (TMB) menuju titik mati atas (TMA), yang mengurangi volume ruang bakar. Tidak ada panas yang berpindah ke atau dari lingkungan selama proses, ini terjadi secara adiabatik[5]. Untuk mencari nilai parameter (propertis) pada table gas ideal dapat menggunakan metode interpolasi. Pada table gas ideal tidak semua menyajikan nilai sesuai data yang ada dilapangan, maka harus melakukan perhitungan dengan metode interpolasi dengan persamaan sebagai berikut[6]:

$$N_x = N_a + \left(\frac{X-A}{B-A}\right)(N_b - N_a) \quad (1)$$

Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung volume specific keadaan 2[7]:

$$\frac{V_{r2}}{V_{r1}} = \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{r} \quad (2)$$

Keterangan:

- $V_{r2}$  = Volume Specific keadaan 2
- $V_{r1}$  = Volume Specific keadaan 1
- $r$  = Rasio kompresi

Setelah nilai volume specific keadaan 2 didapatkan, selanjutnya menghitung temperature pada keadaan 2 dengan menggunakan metode interpolasi dengan rumus sebagai berikut[7]:

$$T_2 = T_x + \left( \frac{V_{r2} - V_{rx}}{V_{ry} - V_{rx}} \right) (T_y - T_x) \quad (3)$$

Keterangan:

- $T_x$  = Temperature nilai atas (K)
- $T_y$  = Temperature nilai bawah (K)
- $V_{rx}$  = Volume specific nilai atas
- $V_{ry}$  = Volume specific nilai bawah

B. Proses 2 → 3 merupakan proses volume konstan, dimana pembakaran terjadi ketika udara dikompresi, piston berada di posisi paling atas (TMA). Bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar dan terbakar langsung dengan udara yang sudah panas. Volume tetap karena pembakaran terjadi sangat cepat. Proses ini dikenal sebagai penambahan panas pada volume tetap. Selama proses ini, udara mengambil panas dari pembakaran langsung dan meningkatkan suhu dan tekanan dalam silinder. Energi ini akan digunakan untuk mendorong piston ke bawah pada langkah berikutnya. Proses transformasi energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas adalah alasan mengapa tahapan ini sangat penting[5]. Berikut adalah persamaan untuk mencari nilai temperature ruang bakar atau temperature pada keadaan 3[7]:

$$T_3 = T_2 + \frac{(\dot{m}_{fuel} \times LHV)}{(\dot{m}_{air} \times C_v)} \quad (4)$$

Keterangan:

- $T_3$  = Temperature pada keadaan 3 (K)
- $T_2$  = Temperature pada keadaan 2 (K)
- $\dot{m}_{fuel}$  = Laju aliran massa bahan bakar (kg/s)
- LHV = Nilai kalor bahan bakar (kJ/s)
- $\dot{m}_{air}$  = Laju aliran massa udara (kg/s)
- $C_v$  = Panas jenis pada volume konstan (kJ/kg.K)

Persamaan untuk menghitung laju energi yang masuk ke sistem ( $q_{in}$ ) adalah sebagai berikut[7]:

$$q_{in} = \dot{m}_{air} \times c_v \times (T_3 - T_2) \quad (5)$$

Keterangan:

- $\dot{m}_{air}$  = Laju aliran massa udara (kg/s)
- $C_v$  = Panas jenis pada volume konstan (kJ/kg.K)
- $T_3$  = Temperature pada keadaan 3 (K)
- $T_2$  = Temperature pada keadaan 2 (K)

C. Proses 3 → 4 merupakan proses adiabatik, dimana gas di dalam silinder memiliki tekanan dan suhu yang sangat tinggi setelah proses pembakaran selesai. Tekanan inilah yang mendorong piston turun dari posisi paling atas (TMA) ke posisi paling bawah (TMB). Seiring dengan pergerakan piston, volume ruang di atas piston meningkat, dan gas memuai. Proses ini disebut sebagai ekspansi tanpa pertukaran panas atau isentropik karena tidak ada panas yang masuk atau keluar dari sistem selama proses tersebut. Karena tekanan gas mendorong piston dan menghasilkan energi mekanik yang dapat memutar poros mesin, yang akhirnya menggerakkan mesin, proses ini disebut sebagai langkah usaha[5]. Pada proses ini, sebagian besar energi yang dihasilkan dari bahan bakar dikonversi menjadi tenaga gerak yang berguna[7].

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{V_4}{V_3}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{r}{1}\right)^{\gamma-1} \quad (6)$$

Keterangan:

- r = rasio kompresi
- γ = konstanta laplace (1,307)
- T<sub>3</sub> = Temperature pada keadaan 3 (K)
- T<sub>4</sub> = Temperature pada keadaan 4 (K)

D. Proses 4 → 1 merupakan proses volume konstan yang dimana gas pembakaran tersisa di dalam ruang silinder setelah piston sampai ke titik bawah dan proses ekspansi selesai. Proses selanjutnya adalah mengeluarkan panas dari gas untuk kembali ke kondisi awal. Ini dilakukan karena volume ruang tetap karena piston tetap di titik bawah dan belum bergerak. Proses ini disebut sebagai pembuangan panas pada volume tetap. Selama proses ini, panas yang tersisa di dalam gas dilepaskan ke lingkungan, yang mengakibatkan penurunan tekanan dan suhu gas[5]. Tahap ini dimaksudkan untuk menyiapkan sistem kembali ke kondisi semula sehingga proses kompresi dapat dimulai kembali[7].

$$q_{out} = \dot{m}_{air} \times C_v \times (T_4 - T_1) \quad (7)$$

Keterangan:

- $\dot{m}_{air}$  = Laju aliran massa udara (kg/s)
- C<sub>v</sub> = panas jenis pada volume konstan (kJ/kg.K)
- T<sub>4</sub> = Temperature pada keadaan 4 (K)
- T<sub>1</sub> = Temperature pada keadaan 1 (K)

Setelah nilai laju energi keluar (q<sub>out</sub>) didapatkan, selanjutnya mencari nilai kerja bersih (W<sub>net</sub>) dengan persamaan berikut[7]:

$$W_{net} = q_{in} - q_{out} \quad (8)$$

Keterangan:

$W_{net}$  = Kerja bersih selama siklus berlangsung (KW)

## 2.2. Efisiensi Generator

Nilai efisiensi adalah nilai yang digunakan untuk membandingkan daya masukan dan keluaran dalam sebuah proses teknis. Input daya generator sama dengan daya yang dihasilkan oleh generator, yang kemudian menghasilkan daya listrik. Semakin tinggi nilai efisiensi, maka semakin efisien generator dalam mengkonversi energi masukan menjadi listrik sehingga tidak banyak kerugian ataupun pemborosan energi. Maka efisiensi generator dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut[8]:

$$\eta = \frac{P_{out}}{W_{net}} \times 100\% \quad (9)$$

Keterangan:

$\eta$  = Efisiensi generator

$P_{out}$  = Daya keluaran (kW)

$W_{net}$  = Laju kerja bersih selama siklus berlangsung (kW)

## 2.3. Analisis Uji Regresi Linear Sederhana

Metode Regresi Linear Sederhana digunakan untuk melihat hubungan antara satu variabel independent (bebas) dengan variabel dependen (terikat). Persamaan regresi linear sederhana yaitu[9]:

$$\hat{Y} = a + bX \quad (10)$$

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (11)$$

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (12)$$

Keterangan:

A = Konstanta

b = Koefisien Regresi

Y = Variabel Dependent (variabel tak bebas)

X = Variabel Independen (variabel bebas)

$\hat{Y}$  = Garis regresi / variabel response

### 2.3.1. Uji Parsial (Uji T)

Uji T dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh pengaruh antara variabel independent terhadap variabel dependen. Uji T merupakan test statistik yang digunakan untuk menguji kebenaran atau kepaluan hipotesis yang menyatakan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan diantara dua buah mean sampel yang dipilih secara random dari populasi yang sama. Adapun persamaannya yaitu[10]:

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (13)$$

Jika  $t_{hitung} > t_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima.

Jika  $t_{hitung} < t_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak.

Keterangan:

- t = Nilai dari  $t_{hitung}$
- r = Koefisien korelasi
- n = Banyak data
- $H_0$  = Hipotesis Nol
- $H_a$  = Hipotesis alternative

### 2.3.2. Uji Koefisien Determinasi ( $R^2$ )

Koefisien determinasi pada dasarnya untuk mengukur seberapa berpengaruh variabel X terhadap variabel Y. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk mencari nilai  $R^2$ [10]:

$$R^2 = \frac{SS_{reg}}{SS_{total}} \quad (14)$$

$$SS_{reg} = \sum(\hat{Y}_i - \bar{y})^2 \quad (15)$$

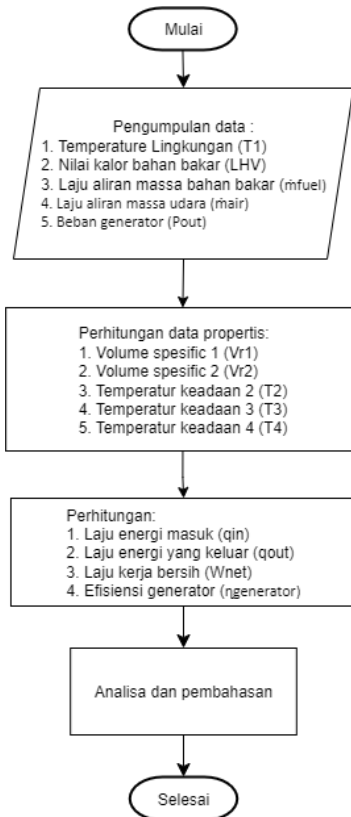
$$SS_{total} = \sum(\hat{Y}_i - \bar{y})^2 \quad (16)$$

Keterangan:

- $SS_{total}$  = Total Sum of Squares
- $SS_{reg}$  = Regression Sum of Squares
- $\hat{Y}_i$  = Nilai efisiensi hasil prediksi model regresi
- $\bar{y}$  = Rata-rata efisiensi

## Bab 3. Metode Penelitian

### 3.1. Diagram Alir



**Gambar 2. Bagan Alir Penelitian**

1. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengumpulkan data penelitian yaitu, Temperature lingkungan, Nilai kalor bahan bakar, Laju aliran massa bahan bakar, Laju aliran massa udara, Beban generator, Rasio kompresi, dan konstanta laplace.
2. Selanjutnya melakukan perhitungan siklus energi otto yang bertujuan untuk mendapatkan laju kerja bersih dan efisiensi generator.

3. Setelah mendapatkan hasil perhitungan siklus energi otto dan efisiensi generator, selanjutnya melakukan analisis regresi linear sederhana untuk melihat apakah hipotesa yang dibuat dapat diterima dan mendapatkan hasil sejauh mana pengaruh perubahan beban terhadap efisiensi generator.
4. Langkah terakhir yaitu menarik kesimpulan dari hasil analisa yang telah dilakukan sebelumnya.

### 3.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dari tanggal 4 Desember 2024 sampai 10 Desember 2024. Pengumpulan dilakukan dengan cara pengamatan dan data record dari control room (ruang kontrol). Berikut adalah parameter-parameter yang diperlukan pada saat penelitian:

**Tabel 1. Parameter data yang digunakan**

No	Parameter	Simbol	Satuan
1	Temperature lingkungan	T1	(K)
2	Nilai kalor bahan bakar	Q	(kJ/kg)
3	Laju aliran massa bahan bakar	$\dot{m}_{fuel}$	(kg/s)
4	Laju aliran massa udara	$\dot{m}_{air}$	(kg/s)
5	Beban generator	P	KW

### 3.3. Pengolahan Data

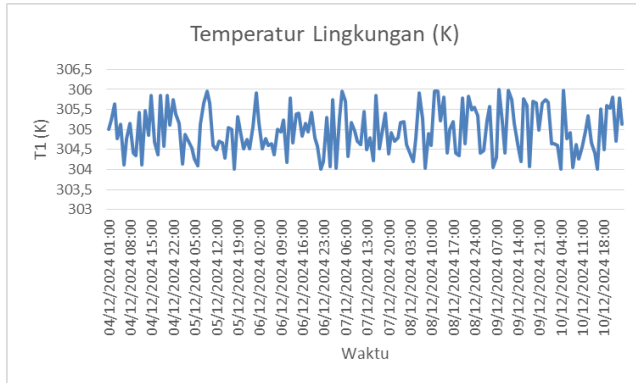
1. Proses 1 → 2 yaitu merupakan proses adiabatic yang terjadi selama proses awal, piston bergerak dari titik mati bawah (TMB) menuju titik mati atas (TMA). Untuk mencari nilai volume specific 1 ( $V_{r1}$ ) menggunakan persamaan (1). Selanjutnya menghitung temperature pada keadaan 2 ( $T_2$ ), volume specific pada keadaan 2 ( $V_{r2}$ ) terlebih dahulu dihitung menggunakan persamaan (2). Setelah mendapatkan  $V_{r2}$ , selanjutnya menghitung temperature pada keadaan 2 ( $T_2$ ) menggunakan persamaan (3).
2. Proses 2 → 3 merupakan proses volume konstan, dimana pembakaran terjadi ketika udara dikompresi, piston berada di posisi paling atas (TMA). Bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar dan terbakar langsung dengan udara yang sudah panas. Untuk mendapatkan nilai temperature pada keadaan 3 ( $T_3$ ) menggunakan persamaan (4). Selanjutnya untuk menghitung nilai laju energi yang masuk ke sistem ( $q_{in}$ ) dapat digunakan persamaan (5).
3. Proses 3 → 4 merupakan proses adiabatic, dimana gas di dalam silinder memiliki tekanan dan suhu yang sangat tinggi setelah proses pembakaran selesai. Tekanan inilah yang mendorong piston turun dari posisi paling atas

- (TMA) ke posisi paling bawah (TMB). Untuk menghitung temperature pada keadaan 4 ( $T_4$ ) menggunakan persamaan (6).
4. Proses 4  $\rightarrow$  1 merupakan proses volume konstan yang dimana gas pembakaran tersisa di dalam ruang silinder setelah piston sampai ke titik bawah dan proses ekspansi selesai. Proses selanjutnya adalah mengeluarkan panas dari gas untuk kembali ke kondisi awal. Ini dilakukan karena volume ruang tetap karena piston tetap di titik bawah dan belum bergerak. Proses ini disebut sebagai pembuangan panas pada volume tetap. Untuk menghitung nilai laju aliran yang keluar sistem ( $q_{out}$ ) menggunakan persamaan (7). Setelah itu menghitung laju kerja bersih siklus ( $W_{net}$ ) menggunakan persamaan (8).
  5. Setelah mendapatkan nilai laju kerja bersih siklus ( $W_{net}$ ), kemudian menghitung efisiensi generator menggunakan persamaan (9).
  6. Untuk melihat hubungan antara variabel independent dengan variabel dependent, maka perlu dilakukan uji regresi linear sederhana menggunakan persamaan (10), (11), dan (12).
  7. Untuk mengetahui seberapa jauh pengaruh antara variabel independent dengan variabel dependent, maka perlu dilakukan uji parsial (uji-t) dengan menggunakan persamaan (13).
  8. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari variabel X dengan variabel Y, perlu dilakukan uji koefisien determinasi ( $R^2$ ) menggunakan persamaan (14), (15), dan (16).

## Bab 4. Hasil dan Pembahasan

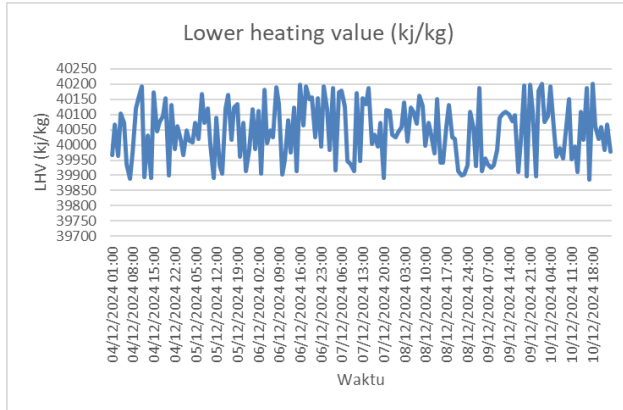
### 4.1. Hasil Pengumpulan Data

#### 4.1.1. Hasil Pengumpulan Data Parameter



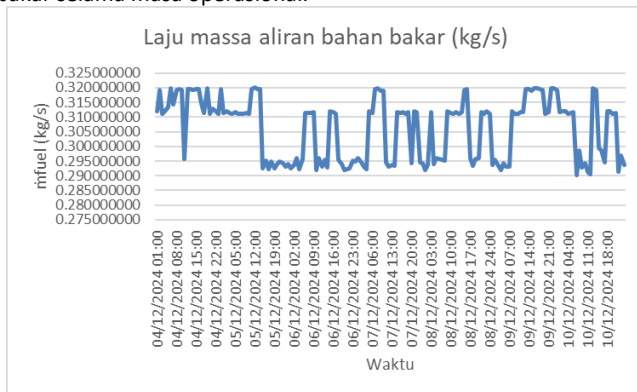
**Gambar 3. Grafik data temperature lingkungan**

Gambar 3 merupakan grafik temperatur lingkungan (K) yang dikumpulkan dari tanggal 4 Desember 2024 hingga 10 Desember 2024. Temperatur lingkungan secara umum berada dalam kisaran 304,5 K hingga 305,8 K. Berdasarkan grafik tersebut, dapat terlihat bahwa pergerakan nilai temperatur tidak tetap, melainkan mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Grafik ini menggambarkan bahwa suhu mengalami naik turun setiap harinya.



**Gambar 4. Grafik data lower heating value**

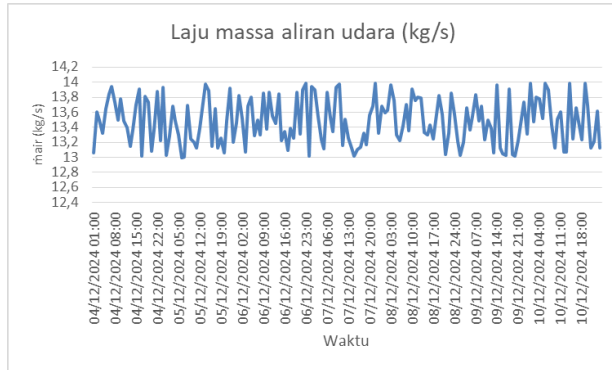
Pada gambar 4 menampilkan grafik data Lower Heating Value (LHV) yang dikumpulkan selama periode 7 hari, dari tanggal 4 Desember 2024 hingga 10 Desember 2024. Berdasarkan grafik, nilai LHV berfluktuasi dalam rentang 39800 kJ/kg hingga 40200 kJ/kg. Fluktuasi ini menunjukkan adanya variasi kandungan energi dalam bahan bakar yang masuk, dimana dapat dipengaruhi oleh komposisi gas alam, kelembapan, serta temperatur lingkungan selama pengumpulan data. Grafik ini sangat penting untuk memantau performa energi bahan bakar selama masa operasional.



**Gambar 5. Grafik data laju massa aliran bahan bakar**

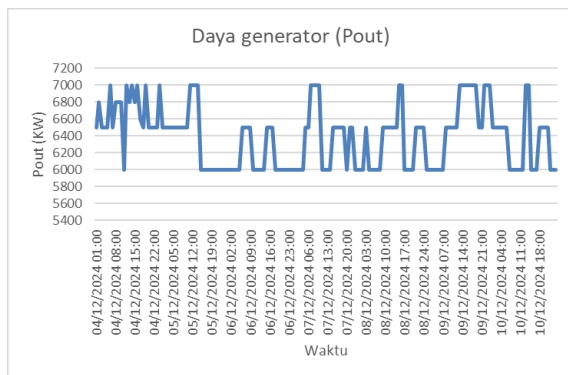
Gambar 5 diatas menyajikan laju massa aliran bahan bakar dalam kilogram per detik (kg/s) dari tanggal 4 hingga 10 Desember 2024. Terlihat perubahan laju massa aliran bahan bakar dalam rentang 0.290 kg/s hingga 0.320 kg/s. Pola

konsumsi bahan bakar menunjukkan adanya periode tinggi (sekitar 0.310-0.320 kg/s) dan periode rendah (sekitar 0.290-0.300 kg/s). Perubahan seperti penurunan drastis pada tanggal 5 Desember yang menandakan adanya siklus operasional atau respon terhadap kebutuhan energi yang bervariasi sepanjang hari.



**Gambar 6. Grafik data laju massa aliran udara**

Gambar 6 menampilkan grafik data laju massa aliran udara yang dikumpulkan selama 7 hari, mulai dari tanggal 4 Desember 2024 hingga 10 Desember 2024. Berdasarkan grafik, laju massa aliran udara bervariasi antara sekitar 13 kg/s hingga 13,9 kg/s. Fluktuasi ini menunjukkan bahwa sistem berada dalam batas operasi yang efisien untuk mendukung proses pembakaran bahan bakar.

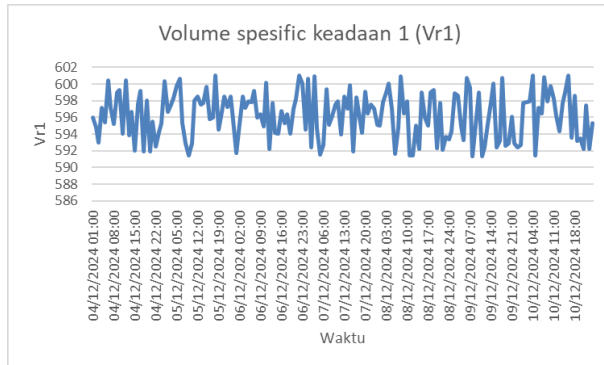


**Gambar 7. Grafik data beban generator**

Gambar 7 menunjukkan grafik data beban generator atau Pout yang dikumpulkan selama 7 hari, mulai dari tanggal 4 hingga 10 Desember 2024.

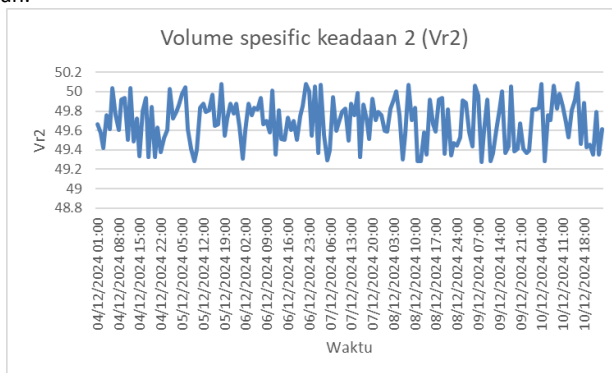
Dapat dilihat pada gambar tersebut, fluktuasi yang terjadi didasarkan dengan permintaan konsumen. Nilai daya generator tercatat berfluktuasi antara 6.000 kW hingga 7.000 kW.

#### 4.1.2. Hasil Pengumpulan Data Propertis



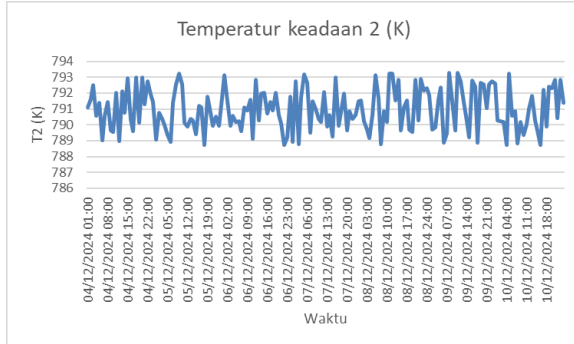
**Gambar 8. Grafik data volume specific keadaan 1**

Pada gambar 8, grafik menunjukkan perubahan volume specific pada keadaan 1 (Vr1) selama periode 4–10 Desember 2024, dengan nilai berkisar antara 591 hingga 599 m<sup>3</sup>/kg. Volume specific dipengaruhi oleh temperatur lingkungan, sehingga perubahan yang terjadi disebabkan oleh penyesuaian kondisi operasi mesin atau perubahan lingkungan sekitar. Kestabilan Vr1 penting karena berpengaruh terhadap perhitungan termodinamika. Dengan kondisi seperti ini, sistem bekerja dengan baik dan tetap berada dalam batas operasi yang aman.



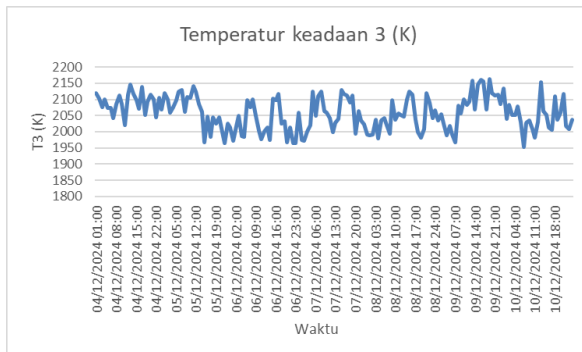
**Gambar 9. Grafik data volume specific keadaan 2**

Gambar 9 diatas menyajikan grafik volume spesifik pada keadaan 2 (Vr2) selama periode 4–10 Desember 2024, dengan nilai berkisar antara 49,3 hingga 50 m<sup>3</sup>/kg. Perubahan yang terlihat disebabkan oleh penyesuaian alami dalam proses kerja mesin atau respon terhadap perubahan beban dan lingkungan. Secara keseluruhan, Vr2 menunjukkan bahwa sistem beroperasi dengan baik.



**Gambar 10. Grafik data temperatur keadaan 2**

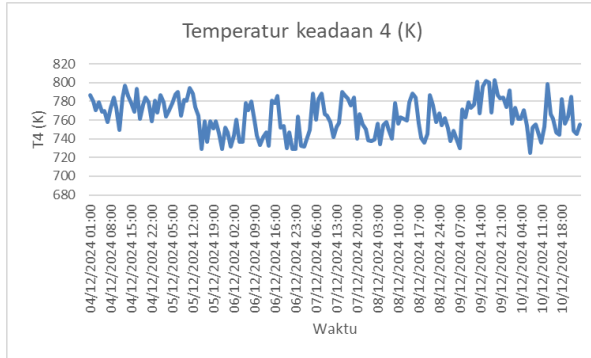
Gambar 14 merepresentasikan grafik data temperatur keadaan 2 (T2) yang dikumpulkan selama 7 hari, dari tanggal 4 hingga 10 Desember 2024. Selama masa pengamatan, nilai T2 berfluktuasi sekitar 788 K hingga 793 K. Grafik ini menunjukkan perubahan temperatur gas pada kondisi setelah proses 1→2 dalam siklus otto.



**Gambar 11. Grafik data temperature keadaan 3**

Pada gambar 15, grafik menunjukkan temperatur pada keadaan 3 (T3) selama periode 4–10 Desember 2024, dengan nilai berkisar antara 1950 hingga 2158 K. Fluktuasi yang terjadi masih berada dalam rentang toleransi yang dapat diterima untuk proses pembakaran. Temperatur T3 biasanya menggambarkan

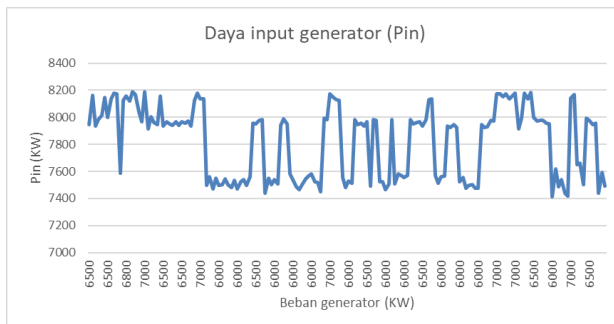
suhu gas setelah pembakaran, yang sangat dipengaruhi oleh kualitas bahan bakar, jumlah udara, dan beban mesin. Perubahan temperatur yang tampak bisa jadi merupakan respon alami terhadap perubahan daya output atau penyesuaian rasio udara-bahan bakar.



**Gambar 12. Grafik temperature keadaan 4**

Pada gambar 16 diatas menampilkan grafik temperatur pada keadaan 4 (T4) selama periode 4–10 Desember 2024. Berdasarkan grafik, temperatur keadaan 4 berfluktuasi dalam rentang 720 K hingga 810 K. Terlihat adanya fluktuasi suhu, namun masih dalam batas toleransi yang dapat diterima. Temperatur keadaan 4 menggambarkan suhu gas buang setelah proses 3→4 pada siklus otto, sehingga nilai ini penting untuk menilai efisiensi pelepasan energi dan performa akhir mesin.

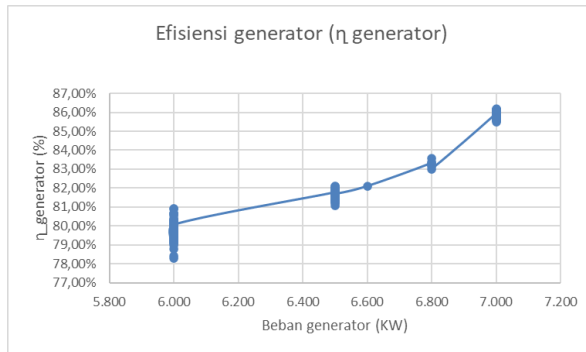
## 4.2. Analisis kondisi beban generator terhadap daya input generator (Pin)



**Gambar 13. Grafik daya input generator**

Grafik ini menunjukkan hubungan antara daya masukan generator ( $P_{in}$ ) dan beban generator ( $P_{out}$ ) yang disajikan dalam KW, dari tanggal 4 hingga 10 Desember 2024. Sepanjang periode pengamatan, nilai  $P_{in}$  menunjukkan efektivitas signifikan dan responsif terhadap perubahan beban generator. Ketika beban generator meningkat, nilai  $P_{in}$  juga terus meningkat, menunjukkan korelasi positif. Rentang  $P_{in}$  bervariasi antara sekitar 7400 KW hingga 8200 KW, dengan perubahan yang tajam dan sering mencerminkan dinamika sistem operasional dalam menanggapi variasi beban yang diterapkan, seperti pada tanggal 5 Desember di mana  $P_{in}$  turun saat beban 6000 KW dan mengalami peningkatan kembali saat beban 7000 KW. Ini mengindikasikan bahwa daya masukan beradaptasi langsung dengan permintaan beban generator.

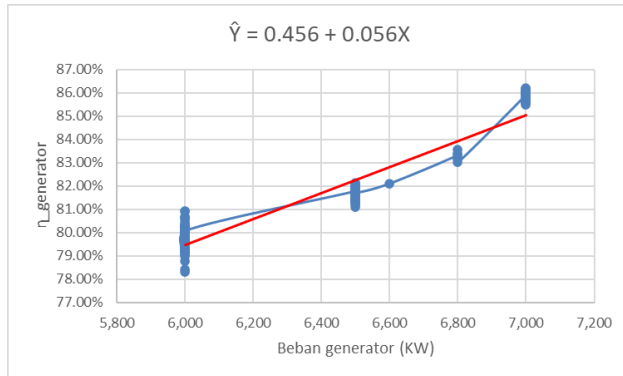
### 4.3. Analisa Kondisi Beban Terhadap Efisiensi Generator



**Gambar 14. Grafik efisiensi generator**

Pada gambar 17 grafik menunjukkan hubungan antara efisiensi generator ( $\eta_{generator}$ ) dan beban generator ( $P_{out}$ ). Secara keseluruhan, efisiensi meningkat seiring bertambahnya beban. Pada beban sekitar 6.000 kW, efisiensi masih berada di kisaran 78–80%. Namun setelah melewati beban 6.500 kW, efisiensi mulai naik secara signifikan hingga mencapai sekitar 86% pada beban mendekati 7.000 kW. Secara keseluruhan, tren ini menggambarkan bahwa generator bekerja lebih efisien saat beban tinggi, yang memang umum terjadi karena kerugian pada sistem lebih kecil saat pembangkit beroperasi mendekati kapasitas optimalnya. Dengan mempertimbangkan kapasitas maksimum generator yang mencapai 8,5 MW, dapat disimpulkan bahwa generator beroperasi antara 70% hingga 83% dari kapasitas puncaknya. Hal ini menunjukkan bahwa, selama periode pengumpulan data generator masih belum mencapai kapasitas beban maksimum yang tersedia. Sehingga efisiensi generator masih berpotensi untuk terus meningkat jika pengoperasian mendekati kapasitas optimal.

#### 4.4. Uji Regresi Linear Sederhana



**Gambar 15. Grafik regresi linear**

Dari gambar 18 diatas, merupakan grafik hubungan beban generator terhadap efisiensi generator. Perhitungan uji ini dilakukan dengan bantuan SPSS. Regresi linear sederhana digunakan untuk memprediksi seberapa besar hubungan beban generator terhadap efisiensi generator. Berikut adalah hasil dari uji analisis regresi linear sederhana pada tabel 2.

**Tabel 2. Hasil uji regresi linear sederhana**

<b>Coefficients</b>					
model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
Beban generator	0.056	0.002	0.941	35.842	.000
(constant)	0.456	0.010		45.374	.000

Berdasarkan pada tabel diatas, diketahui nilai Constant (a) sebesar 0.456, sedangkan nilai beban (b/koeffisien regresi) sebesar 0.056. Sehingga persamaan regresinya dapat ditulis:

$$\hat{Y} = a + bX$$

$$\hat{Y} = 0.456 + 0.056X$$

Untuk persamaan diatas dapat diterjemahkan, konstanta sebesar 0.456 mengandung arti bahwa nilai konsisten variabel efisiensi generator (Y) adalah sebesar 0.456 dan koeffisien regresi beban generator (X) sebesar 0.056 yang

menyatakan bahwa peningkatan sebesar (1) satuan beban generator akan meningkatkan efisiensi generator sebesar 0,056. Koefisien regresi tersebut bernilai positif, sehingga dapat dikatakan bahwa ada pengaruh beban generator (X) terhadap efisiensi generator (Y) adalah positif. Berdasarkan nilai signifikansi yang diperoleh dari tabel diatas sebesar  $0,000 < 0,05$  dapat disimpulkan bahwa beban berpengaruh terhadap efisiensi generator sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Persamaan garis regresi  $\hat{Y} = 0.456 + 0.056X$ .

#### 4.4.1. Uji parsial (uji-t)

Pada tabel 2 diketahui nilai  $t_{hitung}$  sebesar 35.842 lebih besar dari nilai  $t_{tabel}$  sebesar 1.65 (dapat dilihat pada lampiran) dengan signifikansi  $0.00 < 0.05$ . Dapat diambil kesimpulan bahwa beban generator berpengaruh positif dan signifikansi terhadap efisiensi generator karena nilai  $t_{hitung} > t_{tabel}$  dan nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Sehingga hal ini menunjukkan bahwa beban generator memiliki pengaruh terhadap efisiensi generator.

#### 4.4.2. Uji koefisien determinasi

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh beban generator terhadap efisiensi generator, dilakukan perhitungan statistik dengan menggunakan koefisien determinasi.

**Tabel 3. Hasil uji koefisien determinasi**

Model Summary				
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0.941 <sup>a</sup>	0.886	0.885	0.07493

Dari tabel diatas terdapat hasil data analisis koefisien determinasi antara efisiensi generator ( $\eta_{generator}$ ) dan beban generator ( $P_{out}$ ), yang menjelaskan bahwa besar nilai hubungan (R) yaitu 0.941. Dari output tersebut diperoleh Koefisien Determinasi (R Square) sebesar 0,886 yang mengandung pengertian bahwa pengaruh variabel bebas (beban generator) terhadap variabel terikat (efisiensi generator) sebesar 88,6%.

## Bab 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pada perhitungan dan pembahasan tentang Analisis Pengaruh Kondisi Beban Terhadap Efisiensi Generator di PLTMG Panaran, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil analisis menggunakan uji regresi linear sederhana, diperoleh persamaan regresi  $\hat{Y} = 0,456 + 0,056X$  yang menunjukkan bahwa setiap peningkatan beban generator sebesar (1) satuan akan meningkatkan efisiensi generator sebesar 0,056. Koefisien regresi bernilai positif dan signifikan sebesar  $0,000 < 0,05$ , sehingga hipotesis nol ( $H_0$ ) ditolak dan hipotesis alternatif ( $H_a$ ) diterima. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan positif dan signifikan antara beban terhadap efisiensi generator, semakin besar beban yang diberikan, maka efisiensi generator akan semakin meningkat.
2. Hasil analisis memperlihatkan koefisien korelasi (R) sebesar 0,941 mendekati 1,00 yang menandakan hubungan sangat kuat dan searah antara beban generator dan efisiensi generator. Kemudian, nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,886 menunjukkan bahwa 88,6 % variasi efisiensi generator dapat dijelaskan oleh variasi beban generator, sedangkan sisanya 11,4 % dipengaruhi faktor lain. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa beban generator memberikan pengaruh yang sangat besar dan positif terhadap efisiensi generator.

### 5.2. Saran

Penelitian ini masih dapat dikembangkan dengan melakukan analisis pada semua jenis generator seperti generator sinkron dan asinkron. Sehingga dapat memahami perbedaan efisiensi dalam berbagai kondisi beban. Serta dalam penelitian selanjutnya dapat mengumpulkan data yang lebih banyak lagi seperti menyelidiki faktor dari lingkungan misalnya suhu dan kelembapan yang dapat mempengaruhi efisiensi generator saat terjadi perubahan beban.

## Daftar Pustaka

- [1] M. Muharrir dan I. Hajar, "Analisis Pengaruh Beban Terhadap Efisiensi Generator Unit 2 PLTP PT. Indonesia Power UPJP Kamojang," *Kilat*, vol. 8, no. 2, hal. 93–102, 2019, doi: 10.33322/kilat.v8i2.643.
- [2] P. T. Pjb dan U. Pltu, "ANALISA PERHITUNGAN EFISIENSI TURBINE GENERATOR QFSN-300-2-20B UNIT 10 dan 20," no. October, 2015.
- [3] N. S. Lukas, "Laporan Kerja Praktik," *Lap. Kerja Prakt. Anal. SKKTR Serta Pemeliharaan Hardw. dan Softw. di Dinas Pemodalan dan Perizinan Kota Yogyakarta*, vol. 53, no. 9, hal. 1689–1699, 2017.
- [4] A. . Nur, S. . Karim, dan Harsul, "Pengaruh Perubahan Bebaan Generator Terhadap Efisiensi PLTU (Studi pada PLTU Semen Tonasa Unit 35 MW)," *Media Elektr.*, vol. 20, no. 1, hal. 62–66, 2022.
- [5] P. J. O. Wea dan M. S. Banne, "Analisis efisiensi thermal motor bensin mesin gerobak dengan menggunakan cyclepad polikarpus jo wea 1 markus sampe banne 2," vol. 8, no. 2, hal. 51–57, 2023.
- [6] I. Yogaswara, Supari, dan Harmini, "Analisis efisiensi operasional sistem PLTGU unit GTG 2.3 di PT Indonesia Power semarang power generation unit," hal. 1–10, 2020, [Daring]. Tersedia pada: <https://repository.usm.ac.id/files/skripsi/C41A/2018/C.441.18.0032/C.441.18.0032-15-File-Komplit-20200811024911.pdf>.
- [7] F. MUHAMMAD, "Analisis Teknis Dan Ekonomis Efek Rasio Kompresi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (Pltmg) Menggunakan Siklus Energi ...," hal. 79, 2021, [Daring]. Tersedia pada: [http://repository.uin-suska.ac.id/58297/%0Ahttp://repository.uin-suska.ac.id/58297/2/TUGAS AKHIR FADEL MUHAMMAD.pdf](http://repository.uin-suska.ac.id/58297/%0Ahttp://repository.uin-suska.ac.id/58297/2/TUGAS%20AKHIR%20FADEL%20MUHAMMAD.pdf).
- [8] I. Refaldi, Y. Basir, dan D. U. Yusa Wardhani, "Analisis Fluktuasi Beban Terhadap Efisiensi Generator Sinkron di PT. PEMBANGKIT LISTRIK PALEMBANG JAYA," *J. Ampere*, vol. 6, no. 2, hal. 91, 2022, doi: 10.31851/ampere.v6i2.7293.
- [9] M. Lathif dan H. Toar, "Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Kinerja Turbin Gas Unit Meb 2 Di Pltgu Panaran," *J. Rekayasa Energi*, vol. 2, no. 1, hal. 26–32, 2023, doi: 10.31884/jre.v2i1.13.

- [10] S. I. N. Putri, Selvy, G. H. Roles, dan A. Ellen, "Pengaruh Rekrutmen Dan Komitmen Organisasi Terhadap Kinerja Karyawan Pada Pt. Budi Raya Perkasa," *J. Maz.*, vol. 5, no. 1, hal. 71–80, 2019.

## Biodata



Nama : Muhammad Rizki Akbar  
TTL : Gunung sitoli,18 April 2003  
Agama : Islam  
Alamat : Dusun 1 Afulu, Kecamatan Afulu,  
Kabupaten Nias Utara, Sumatera Utara  
Email : m.rizkiakbar04@gmail.com  
Riwayat Pendidikan SMA/SMK : SMA Negeri 1 Afulu  
SMP : SMP Negeri 1 Afulu

## Lampiran

### A. Data operasional

4 Desember 2024					
Jam	T1 (K)	LHV (kj/kg)	$\dot{m}_{fuel}$ (kg/s)	$\dot{m}_{air}$ (kg/s)	Daya generator (KW)
01:00	305	39967,9583	0,311857667	13,06	6.500
02:00	305,24	40068,24501	0,319294017	13,6	6.800
03:00	305,63	39964,88962	0,311190330	13,49	6.500
04:00	304,78	40102,35446	0,312119483	13,32	6.500
05:00	305,13	40073,02063	0,313557400	13,65	6.500
06:00	304,12	39935,70784	0,319783500	13,84	7.000
07:00	304,78	39888,36449	0,314190083	13,94	6.500
08:00	305,16	39973,18241	0,319147250	13,74	6.800
09:00	304,4	40119,31123	0,319648633	13,5	6.800
10:00	304,35	40152,45794	0,319119483	13,78	6.800
11:00	305,42	40193,05437	0,295685517	13,48	6.000
12:00	304,11	39894,52599	0,319466167	13,4	7.000
13:00	305,46	40029,31617	0,319607383	13,15	6.800
14:00	304,86	39892,2048	0,319245217	13,37	7.000
15:00	305,84	40173,91074	0,319617300	13,7	6.800
16:00	304,68	40043,84368	0,319634750	13,91	7.000
17:00	304,36	40075,49522	0,314654583	13,02	6.600
18:00	305,86	40095,60395	0,311283745	13,81	6.500
19:00	304,59	40152,2176	0,319694650	13,73	7.000
20:00	305,86	39899,18739	0,311042917	13,08	6.500
21:00	305,1	40131,56625	0,312712100	13,36	6.500
22:00	305,74	39987,32409	0,311864817	13,88	6.500
23:00	305,38	40060,30155	0,311006817	13,22	6.500
24:00	305,15	40017,13135	0,319468550	13,93	7.000
5 Desember 2024					
Jam	T1 (K)	LHV (kj/kg)	$\dot{m}_{fuel}$ (kg/s)	$\dot{m}_{air}$	Daya generator

				(kg/s)	(KW)
01:00	304,14	39966,11591	0,311495917	13,03	6.500
02:00	304,87	40047,02431	0,311834267	13,29	6.500
03:00	304,7	40012,62241	0,3114384	13,68	6.500
04:00	304,54	40009,07394	0,311172633	13,48	6.500
05:00	304,26	40072,25621	0,311768817	13,3	6.500
06:00	304,09	40020,16098	0,31123055	13	6.500
07:00	305,14	40167,18137	0,311037367	13,01	6.500
08:00	305,65	40073,6776	0,3110806	13,69	6.500
09:00	305,96	40119,88455	0,3114618	13,25	6.500
10:00	305,66	39999,25854	0,311055617	13,2	6.500
11:00	304,6	39892,55631	0,319470133	13,13	7.000
12:00	304,5	40089,90413	0,3199866	13,39	7.000
13:00	304,7	39933,58541	0,319381283	13,72	7.000
14:00	304,66	39906,09675	0,319502267	13,97	7.000
15:00	304,28	40120,57907	0,292532017	13,89	6.000
16:00	305,05	40163,92187	0,295019117	13,15	6.000
17:00	305,01	40015,46887	0,29237335	13,65	6.000
18:00	304,01	40123,08647	0,294935817	13,12	6.000
19:00	305,31	40132,7921	0,292633167	13,26	6.000
20:00	304,86	39959,89172	0,294100833	13,06	6.000
21:00	304,51	40072,82282	0,294915983	13,48	6.000
22:00	304,75	39914,74686	0,29425355	13,92	6.000
23:00	304,51	39986,95515	0,293043717	13,2	6.000
24:00	305,07	40117,84849	0,294124633	13,46	6.000
6 Desember 2024					
Jam	T1 (K)	LHV (kj/kg)	m <sub>fuel</sub> (kg/s)	m <sub>air</sub> (kg/s)	Daya generator (KW)
01:00	305,91	39986,40751	0,292484417	13,82	6.000
02:00	305,17	40111,79874	0,293656567	13,52	6.000
03:00	304,51	39904,40181	0,296155567	13,07	6.000

04:00	304,78	40181,27416	0,292125433	13,68	6.000
05:00	304,61	40004,97936	0,295862033	13,8	6.000
06:00	304,64	40047,17549	0,3114971	13,29	6.500
07:00	304,36	40025,2849	0,31152725	13,5	6.500
08:00	305,01	40188,25143	0,3113309	13,3	6.500
09:00	304,93	40134,44029	0,3117597	13,86	6.500
10:00	305,23	39903,19602	0,292014367	13,38	6.000
11:00	304,17	39950,43225	0,29596715	13,87	6.000
12:00	305,79	40081,4171	0,293127017	13,55	6.000
13:00	304,66	39975,39216	0,295409833	13,45	6.000
14:00	305,39	40123,1531	0,292839433	13,84	6.000
15:00	305,41	39915,05729	0,311923917	13,22	6.500
16:00	304,84	40196,65072	0,31157485	13,34	6.500
17:00	305,15	40063,10403	0,311169067	13,09	6.500
18:00	304,93	40191,04633	0,295493133	13,39	6.000
19:00	305,42	40149,23953	0,294077033	13,26	6.000
20:00	304,8	40154,52355	0,29192115	13,87	6.000
21:00	304,57	40025,82263	0,292240467	13,31	6.000
22:00	304,01	40154,18688	0,292470533	13,9	6.000
23:00	304,2	39995,71848	0,295245217	13,99	6.000
24:00	305,3	40191,16499	0,294912017	13,02	6.000
7 Desember 2024					
Jam	T1 (K)	LHV (kj/kg)	m <sub>fuel</sub> (kg/s)	m <sub>air</sub> (kg/s)	Daya generator (KW)
01:00	304,08	40116,38997	0,295911617	13,94	6.000
02:00	305,75	39984,4299	0,294519317	13,9	6.000
03:00	304,03	40185,88986	0,293077433	13,54	6.000
04:00	305,28	39916,69104	0,292359467	13,23	6.000
05:00	305,95	40171,37351	0,31193305	13,11	6.500
06:00	305,7	40176,92476	0,31140785	13,87	6.500

07:00	304,33	40125,20293	0,319442767	13,53	7.000
08:00	305,18	39948,63519	0,319840217	13,34	7.000
09:00	304,97	39936,15216	0,319082183	13,93	7.000
10:00	304,7	39912,63899	0,319071083	13,97	7.000
11:00	304,62	40170,83484	0,294672033	13,16	6.000
12:00	305,44	39946,15132	0,293192467	13,51	6.000
13:00	304,5	40153,46726	0,29369425	13,26	6.000
14:00	304,79	40132,65859	0,293386833	13,12	6.000
15:00	304,23	40185,74218	0,3116764	13,02	6.500
16:00	305,86	40004,24006	0,311416583	13,1	6.500
17:00	304,52	40032,86445	0,311606583	13,14	6.500
18:00	304,89	39994,21778	0,311079817	13,32	6.500
19:00	305,4	40072,06214	0,311653	13,17	6.500
20:00	304,38	39892,12453	0,29417025	13,56	6.000
21:00	304,91	40113,95272	0,311916312	13,68	6.500
22:00	304,7	40112,36866	0,3117125	13,98	6.500
23:00	304,79	40034,75691	0,294499483	13,32	6.000
24:00	305,18	40025,58405	0,294382467	13,68	6.000
<b>8 Desember 2024</b>					
Jam	T1 (K)	LHV (kj/kg)	m <sub>fuel</sub> (kg/s)	m <sub>air</sub> (kg/s)	Daya generator (KW)
01:00	305,2	40042,62857	0,291851733	13,59	6.000
02:00	304,63	40058,1023	0,29358715	13,63	6.000
03:00	304,41	40139,07537	0,311740267	13,96	6.500
04:00	304,19	40011,48944	0,293892983	13,76	6.000
05:00	304,79	40123,54066	0,29610995	13,3	6.000
06:00	305,92	40107,69772	0,2958184	13,22	6.000
07:00	305,26	40070,80867	0,29534835	13,42	6.000
08:00	304,03	40162,3146	0,29526505	13,7	6.000
09:00	304,9	40127,9821	0,31194415	13,35	6.500

10:00	304,61	39998,24405	0,311487183	13,91	6.500
11:00	305,96	40072,86396	0,311243233	13,76	6.500
12:00	305,96	40032,4104	0,3117125	13,8	6.500
13:00	305,21	39971,11673	0,311055617	13,79	6.500
14:00	305,8	40149,52453	0,311653783	13,33	6.500
15:00	304,4	39941,43708	0,319292033	13,3	7.000
16:00	305	39942,11426	0,31946855	13,43	7.000
17:00	305,2	40062,60712	0,295986983	13,25	6.000
18:00	304,41	40131,0714	0,293273783	13,57	6.000
19:00	304,35	40026,34718	0,295762867	13,82	6.000
20:00	305,78	40018,79736	0,295975083	13,57	6.000
21:00	304,65	39913,94582	0,3118192	13,04	6.500
22:00	305,82	39900,75063	0,311246333	13,32	6.500
23:00	305,49	39904,0608	0,311905667	13,86	6.500
24:00	305,56	39933,07451	0,311107967	13,57	6.500
9 Desember 2024					
Jam	T1 (K)	LHV (kj/kg)	$\dot{m}_{fuel}$ (kg/s)	$\dot{m}_{air}$ (kg/s)	Daya generator (KW)
01:00	305,35	40109,41607	0,293815233	13,21	6.000
02:00	304,42	40057,00929	0,2955685	13,03	6.000
03:00	304,48	39930,30804	0,293327333	13,2	6.000
04:00	305,23	40187,07962	0,292101633	13,66	6.000
05:00	305,58	39915,20443	0,2943785	13,36	6.000
06:00	304,06	39955,47151	0,293073467	13,55	6.000
07:00	304,3	39936,77737	0,293127017	13,83	6.000
08:00	305,99	39925,23352	0,311931067	13,48	6.500
09:00	305,18	39934,6089	0,311065533	13,68	6.500
10:00	304,4	39982,88066	0,311108367	13,23	6.500
11:00	305,98	40089,41167	0,311816817	13,5	6.500
12:00	305,75	40103,48759	0,311620867	13,39	6.500

13:00	305,16	40107,6242	0,319606183	13,06	7.000
14:00	304,64	40100,98415	0,319440783	13,96	7.000
15:00	304,2	40077,60967	0,319052833	13,12	7.000
16:00	305,76	40096,85728	0,3196875	13,05	7.000
17:00	305,59	39912,27321	0,31984975	13,03	7.000
18:00	304,07	40013,17627	0,319590717	13,91	7.000
19:00	305,71	40194,40109	0,31921745	13,04	7.000
20:00	305,65	39895,92846	0,3111405	13,02	6.500
21:00	304,99	40197,18137	0,31175415	13,22	6.500
22:00	305,65	40112,73976	0,319733517	13,52	7.000
23:00	305,75	39896,4281	0,319671633	13,73	7.000
24:00	305,69	40179,42821	0,319344783	13,31	7.000
10 Desember 2024					
Jam	T1 (K)	LHV (kj/kg)	m <sub>fuel</sub> (kg/s)	m <sub>air</sub> (kg/s)	Daya generator (KW)
01:00	304,65	40200,04905	0,311817633	13,98	6.500
02:00	304,64	40076,20579	0,311966017	13,47	6.500
03:00	304,61	40095,89592	0,31191955	13,8	6.500
04:00	304,01	40191,62789	0,311201633	13,78	6.500
05:00	305,97	40054,99875	0,311363067	13,52	6.500
06:00	304,78	39960,64845	0,311712933	13,99	6.500
07:00	304,91	39989,45733	0,290229367	13,9	6.000
08:00	304,05	39956,68829	0,2986824	13,43	6.000
09:00	304,62	40038,99701	0,292900917	13,12	6.000
10:00	304,26	40150,73136	0,294243667	13,51	6.000
11:00	304,56	39953,19317	0,291464983	13,6	6.000
12:00	304,96	39993,34252	0,29053285	13,07	6.000
13:00	305,34	39911,71399	0,319933467	13,07	7.000
14:00	304,66	40107,78499	0,319212717	13,99	7.000
15:00	304,4	40017,95197	0,29962845	13,24	6.000

16:00	304	40185,53685	0,298682367	13,66	6.000
17:00	305,51	39885,4456	0,294576833	13,47	6.000
18:00	304,49	40199,67883	0,311858917	13,23	6.500
19:00	305,6	40062,33529	0,31192155	13,98	6.500
20:00	305,54	40018,62906	0,311098483	13,69	6.500
21:00	305,8	40058,24132	0,3114019	13,13	6.500
22:00	304,71	39984,48747	0,291373783	13,21	6.000
23:00	305,79	40066,2385	0,296820017	13,62	6.000
24:00	305,14	39978,60252	0,293654583	13,13	6.000

B. Hasil data propertis

Pengumpulan data propertis				
Vr1	Vr2	T2 (K)	T3 (K)	T4 (K)
596	49,66667	791,0861	2120,318	786,638
594,8624	49,57187	791,6187	2101,789	779,7637
593,0138	49,41782	792,4842	2076,494	770,3792
597,1088	49,75907	790,567	2099,333	778,8526
595,3838	49,61532	791,3746	2073,446	769,2483
600,4352	50,03627	789,0097	2074,169	769,5166
597,1088	49,75907	790,567	2042,703	757,8428
595,2416	49,60347	791,4412	2084,59	773,3831
599,024	49,91867	789,6704	2112,696	783,8101
599,276	49,93967	789,5524	2084,618	773,3933
594,0092	49,50077	792,0182	2019,929	749,3935
600,4856	50,04047	788,9861	2113,66	784,1678
593,8196	49,48497	792,1069	2147,124	796,583
596,7056	49,72547	790,7558	2117,406	785,5578
592,0184	49,33487	792,9502	2098,307	778,472
597,6128	49,80107	790,3311	2071,889	768,6707
599,2256	49,93547	789,576	2138,469	793,372

591,9236	49,32697	792,9946	2051,732	761,1925
598,0664	49,83887	790,1187	2092,235	776,2194
591,9236	49,32697	792,9946	2114,449	784,4606
595,526	49,62717	791,3081	2099,586	778,9463
592,4924	49,37437	792,7283	2044,067	758,3488
594,1988	49,51657	791,9294	2104,517	780,7757
595,289	49,60742	791,419	2069,618	767,8283
Pengumpulan data propertis				
Vr1	Vr2	T2 (K)	T3 (K)	T4 (K)
600,3344	50,02787	789,0569	2119,742	786,4245
596,6552	49,72127	790,7794	2099,493	778,912
597,512	49,79267	790,3783	2059,077	763,9177
598,3184	49,85987	790,0007	2076,31	770,3112
599,7296	49,97747	789,3401	2097,619	778,2167
600,5864	50,04887	788,939	2123,361	787,767
595,3364	49,61137	791,3968	2128,861	789,8075
592,919	49,40992	792,5286	2060,777	764,5482
591,4496	49,28747	793,2165	2106,699	781,5852
592,8716	49,40597	792,5507	2105,33	781,0773
598,016	49,83467	790,1423	2142,006	794,6843
598,52	49,87667	789,9064	2124,232	788,09
597,512	49,79267	790,3783	2085,078	773,5641
597,7136	49,80947	790,2839	2061,421	764,7871
599,6288	49,96907	789,3873	1966,218	729,4668
595,763	49,64692	791,1971	2046,175	759,1309
595,9526	49,66272	791,1083	1984,845	736,3776
600,9896	50,08247	788,7502	2044,964	758,6817
594,5306	49,54422	791,7741	2025,319	751,3933
596,7056	49,72547	790,7558	2044,05	758,3425
598,4696	49,87247	789,93	2010,981	746,074

597,26	49,77167	790,4963	1965,641	729,2529
598,4696	49,87247	789,93	2026,311	751,7614
595,6682	49,63902	791,2415	2012,196	746,5248
Pengumpulan data propertis				
Vr1	Vr2	T2 (K)	T3 (K)	T4 (K)
591,6866	49,30722	793,1055	1971,749	731,5191
595,1942	49,59952	791,4634	2004,882	743,8113
598,4696	49,87247	789,93	2049,263	760,2767
597,1088	49,75907	790,567	1985,607	736,6603
597,9656	49,83047	790,1659	1984,703	736,3249
597,8144	49,81787	790,2367	2097,54	778,1875
599,2256	49,93547	789,576	2075,965	770,183
595,9526	49,66272	791,1083	2101,331	779,594
596,3528	49,69607	790,921	2048,252	759,9014
594,9098	49,57582	791,5965	2004,514	743,6748
600,1832	50,01527	789,1277	1976,438	733,2584
592,2554	49,35462	792,8392	2000,473	742,1754
597,7136	49,80947	790,2839	2013,128	746,8703
594,1514	49,51262	791,9516	1974,351	732,4841
594,0566	49,50472	791,996	2103,681	780,4656
596,8064	49,73387	790,7086	2098,3	778,4692
595,289	49,60742	791,419	2117,826	785,7136
596,3528	49,69607	790,921	2026,219	751,7272
594,0092	49,50077	792,0182	2032,157	753,9304
597,008	49,75067	790,6142	1967,676	730,0077
598,1672	49,84727	790,0715	2014,062	747,2171
600,9896	50,08247	788,7502	1965,472	729,19
600,032	50,00267	789,1985	1964,784	728,9349
594,578	49,54817	791,7519	2059,66	764,1337
Pengumpulan data propertis				

Vr1	Vr2	T2 (K)	T3 (K)	T4 (K)
600,6368	50,05307	788,9154	1974,948	732,7057
592,445	49,37042	792,7505	1972,705	731,8737
600,8888	50,07407	788,7974	2000,268	742,0994
594,6728	49,55607	791,7075	2020,242	749,5098
591,497	49,29142	793,1943	2124,418	788,159
592,682	49,39017	792,6395	2048,974	760,1694
599,3768	49,94807	789,5052	2108,94	782,4169
595,1468	49,59557	791,4856	2125,482	788,5539
596,1512	49,67927	791,0154	2065,085	766,1466
597,512	49,79267	790,3783	2060,008	764,2629
597,9152	49,82627	790,1895	2042,954	757,9359
593,9144	49,49287	792,0625	1999,454	741,7973
598,52	49,87667	789,9064	2028,562	752,5964
597,0584	49,75487	790,5906	2040,505	757,0274
599,8808	49,99007	789,2693	2129,071	789,8853
591,9236	49,32697	792,9946	2117,495	785,5906
598,4192	49,86827	789,9536	2112,173	783,6161
596,5544	49,71287	790,8266	2091,716	776,0266
594,104	49,50867	791,9738	2112,67	783,8004
599,1248	49,92707	789,6232	1994,942	740,1233
596,4536	49,70447	790,8738	2064,738	766,0177
597,512	49,79267	790,3783	2036,042	755,3717
597,0584	49,75487	790,5906	2023,392	750,6784
595,1468	49,59557	791,4856	1991,093	738,6954
Pengumpulan data properti				
Vr1	Vr2	T2 (K)	T3 (K)	T4 (K)
595,052	49,58767	791,53	1989,21	737,9971
597,8648	49,82207	790,2131	1991,944	739,0111
598,9736	49,91447	789,694	2038,084	756,1293

600,0824	50,00687	789,1749	1979,405	734,3594
597,0584	49,75487	790,5906	2034,75	754,8924
591,6392	49,30327	793,1277	2043,09	757,9865
594,7676	49,56397	791,6631	2019,91	749,3866
600,8888	50,07407	788,7974	1994,349	739,9034
596,504	49,70867	790,8502	2096,776	777,9038
597,9656	49,83047	790,1659	2037,634	755,9623
591,4496	49,28747	793,2165	2055,647	762,645
591,4496	49,28747	793,2165	2052,613	761,5194
595,0046	49,58372	791,5522	2047,28	759,541
592,208	49,35067	792,8614	2100,231	779,1855
599,024	49,91867	789,6704	2125,145	788,4289
596	49,66667	791,0861	2114,387	784,4377
595,052	49,58767	791,53	2037,97	756,087
598,9736	49,91447	789,694	1997,646	741,1267
599,276	49,93967	789,5524	1982,598	735,5439
592,3028	49,35857	792,817	2008,485	745,1479
597,764	49,81367	790,2603	2119,568	786,3597
592,1132	49,34277	792,9058	2091,45	775,9278
593,6774	49,47312	792,1735	2042,872	757,9056
593,3456	49,44547	792,3288	2067,415	767,011
Pengumpulan data propertis				
Vr1	Vr2	T2 (K)	T3 (K)	T4 (K)
594,341	49,52842	791,8628	2034,354	754,7454
598,9232	49,91027	789,7176	2055,234	762,4918
598,6208	49,88507	789,8592	2025,684	751,5287
594,9098	49,57582	791,5965	1988,462	737,7194
593,2508	49,43757	792,3732	2017,31	748,4219
600,7376	50,06147	788,8682	1992,487	739,2127
599,528	49,96067	789,4345	1968,349	730,2574

591,3074	49,27562	793,2831	2080,026	771,6896
595,1468	49,59557	791,4856	2056,195	762,8484
599,024	49,91867	789,6704	2099,158	778,7877
591,3548	49,27957	793,2609	2082,908	772,759
592,445	49,37042	792,7505	2092,632	776,3663
595,2416	49,60347	791,4412	2158,46	800,7887
597,8144	49,81787	790,2367	2068,25	767,3209
600,032	50,00267	789,1985	2146,593	796,3861
592,3976	49,36647	792,7727	2160,82	801,6641
593,2034	49,43362	792,3954	2156,927	800,2199
600,6872	50,05727	788,8918	2069,292	767,7072
592,6346	49,38622	792,6617	2163,071	802,4992
592,919	49,40992	792,5286	2120,381	786,6612
596,0504	49,67087	791,0625	2111,3	783,2922
592,919	49,40992	792,5286	2113,731	784,1942
592,445	49,37042	792,7505	2086,479	774,0837
592,7294	49,39412	792,6173	2135,262	792,1822
Pengumpulan data propertis				
Vr1	Vr2	T2 (K)	T3 (K)	T4 (K)
597,764	49,81367	790,2603	2039,068	756,4943
597,8144	49,81787	790,2367	2082,949	772,774
597,9656	49,83047	790,1659	2052,397	761,4394
600,9896	50,08247	788,7502	2052,915	761,6316
591,4022	49,28352	793,2387	2078,001	770,9382
597,1088	49,75907	790,567	2030,634	753,3653
596,4536	49,70447	790,8738	1953,788	724,8553
600,788	50,06567	788,8446	2026,497	751,8303
597,9152	49,82627	790,1895	2035,122	755,0301
599,7296	49,97747	789,3401	2007,266	744,6956
598,2176	49,85147	790,0479	1982,592	735,5417

596,2016	49,68347	790,9918	2029,169	752,8218
594,3884	49,53237	791,8406	2152,533	798,5898
597,7136	49,80947	790,2839	2064,863	766,0641
599,024	49,91867	789,6704	2050,991	760,9177
601,04	50,08667	788,7266	2012,509	746,6408
593,5826	49,46522	792,2179	2007,063	744,6205
598,5704	49,88087	789,8828	2109,647	782,6792
593,156	49,42967	792,4176	2037,362	755,8614
593,4404	49,45337	792,2845	2058,863	763,8383
592,208	49,35067	792,8614	2116,057	785,0571
597,4616	49,78847	790,4019	2018,731	748,9492
592,2554	49,35462	792,8392	2008,942	745,3174
595,3364	49,61137	791,3968	2036,7	755,6158

C. Hasil data perhitungan

Hasil perhitungan			
qin	qout	Wnet	$\eta_{generator}$
12464,31	4516,358	7947,956	81,78%
12793,55	4633,629	8159,922	83,33%
12436,69	4501,478	7935,21	81,91%
12516,73	4533,917	7982,809	81,42%
12565,19	4548,684	8016,508	81,08%
12770,78	4624,702	8146,078	85,93%
12532,53	4534,669	7997,859	81,27%
12757,33	4619,17	8138,161	83,56%
12824,08	4646,922	8177,161	83,16%
12813,43	4640,733	8172,698	83,20%
11884,5	4297,06	7587,444	79,08%
12744,95	4618,732	8126,219	86,14%
12793,66	4637,036	8156,629	83,37%

12735,4	4614,536	8120,86	86,20%
12840,28	4649,092	8191,184	83,02%
12799,4	4634,052	8165,352	85,73%
12609,94	4571,461	8038,478	82,11%
12481,11	4514,886	7966,224	81,59%
12836,45	4649,388	8187,061	85,50%
12410,36	4494,748	7915,611	82,12%
12549,63	4545,361	8004,266	81,21%
12470,64	4510,627	7960,013	81,66%
12459,03	4512,437	7946,59	81,80%
12784,21	4627,588	8156,627	85,82%
Hasil perhitungan			
qin	qout	Wnet	$\eta$ generator
12449,28	4512,032	7937,25	81,89%
12488,03	4523,413	7964,622	81,61%
12461,47	4510,547	7950,921	81,75%
12449,73	4508,032	7941,697	81,85%
12493,28	4526,002	7967,278	81,58%
12455,5	4514,641	7940,856	81,86%
12493,49	4527,366	7966,128	81,60%
12466,14	4510,703	7955,441	81,71%
12495,81	4524,86	7970,952	81,55%
12441,99	4505,815	7936,179	81,90%
12744,48	4620,191	8124,289	86,16%
12828,23	4649,244	8178,988	85,59%
12754,04	4618,762	8135,278	86,04%
12750,09	4615,287	8134,802	86,05%
11736,55	4240,396	7496,158	80,04%
11849,12	4287,296	7561,829	79,35%
11699,46	4227,704	7471,753	80,30%

11833,74	4283,08	7550,656	79,46%
11744,19	4247,017	7497,169	80,03%
11752,24	4252,341	7499,896	80,00%
11818,12	4273,739	7544,376	79,53%
11745,06	4242,719	7502,337	79,98%
11717,93	4238,87	7479,056	80,22%
11799,65	4266,342	7533,305	79,65%
Hasil perhitungan			
qin	qout	Wnet	ηgenerator
11695,4	4223,217	7472,185	80,30%
11779,09	4258,049	7521,044	79,78%
11817,91	4277,033	7540,878	79,57%
11737,97	4242,032	7495,94	80,04%
11835,95	4277,604	7558,35	79,38%
12474,58	4518,694	7955,885	81,70%
12468,97	4515,222	7953,745	81,72%
12511,84	4531,992	7979,852	81,46%
12512,3	4527,638	7984,663	81,41%
11652,31	4212,069	7440,238	80,64%
11824,02	4273,145	7550,871	79,46%
11748,95	4245,55	7503,396	79,96%
11809,12	4270,469	7538,654	79,59%
11749,64	4244,085	7505,556	79,94%
12450,46	4509,209	7941,252	81,85%
12524,27	4536,478	7987,788	81,37%
12466,4	4516,634	7949,764	81,76%
11876,18	4295,517	7580,661	79,15%
11806,97	4270,124	7536,845	79,61%
11721,95	4234,499	7487,456	80,13%
11697,17	4230,192	7466,973	80,35%

11743,92	4243,382	7500,535	79,99%
11808,54	4266,385	7542,159	79,55%
11852,86	4289,343	7563,515	79,33%
Hasil perhitungan			
qin	qout	Wnet	ηgenerator
11870,91	4290,08	7580,825	79,15%
11776,19	4252,8	7523,387	79,75%
11777,58	4258,788	7518,789	79,80%
11670,02	4219,801	7450,221	80,53%
12530,78	4539,023	7991,756	81,33%
12511,41	4525,906	7985,503	81,40%
12817,71	4644,394	8173,312	85,64%
12777,18	4629,813	8147,367	85,92%
12742,91	4612,568	8130,346	86,10%
12734,97	4609,628	8125,341	86,15%
11837,22	4283,328	7553,894	79,43%
11711,91	4232,744	7479,166	80,22%
11792,84	4266,183	7526,66	79,72%
11774,39	4260,148	7514,245	79,85%
12524,95	4540,08	7984,867	81,40%
12457,98	4512,25	7945,734	81,80%
12474,5	4520,042	7954,462	81,72%
12441,39	4505,838	7935,556	81,91%
12488,58	4523,783	7964,795	81,61%
11735,08	4242,432	7492,644	80,08%
12512,2	4529,11	7983,086	81,42%
12503,53	4523,68	7979,847	81,46%
11790,22	4264,37	7525,846	79,73%
11782,83	4258,093	7524,738	79,74%
Hasil perhitungan			

qin	qout	Wnet	ηgenerator
11686,51	4223,069	7463,441	80,39%
11760,54	4251,001	7509,543	79,90%
12512,97	4527,709	7985,257	81,40%
11759,1	4249,94	7509,16	79,90%
11880,98	4298,208	7582,772	79,13%
11864,59	4290,997	7573,598	79,22%
11834,85	4279,409	7555,438	79,41%
11858,53	4287,513	7571,015	79,25%
12517,69	4533,884	7983,806	81,41%
12458,94	4507,827	7951,113	81,75%
12472,41	4511,901	7960,506	81,65%
12478,6	4513,864	7964,738	81,61%
12433,24	4498,431	7934,809	81,92%
12512,75	4530,744	7982,007	81,43%
12752,98	4622,185	8130,797	86,09%
12760,25	4623,093	8137,156	86,03%
11858,01	4289,513	7568,497	79,28%
11769,39	4255,044	7514,347	79,85%
11838,31	4278,634	7559,673	79,37%
11844,57	4280,875	7563,692	79,33%
12445,93	4510,113	7935,822	81,91%
12418,96	4495,999	7922,964	82,04%
12446,3	4502,205	7944,098	81,82%
12423,5	4496,037	7927,46	81,99%
Hasil perhitungan			
qin	qout	Wnet	ηgenerator
11784,76	4262,417	7522,341	79,76%
11839,59	4285,51	7554,081	79,43%
11712,65	4236,948	7475,702	80,26%

11738,71	4241,804	7496,908	80,03%
11750,18	4247,952	7502,226	79,98%
11709,89	4233,557	7476,331	80,25%
11706,55	4229,731	7476,817	80,25%
12453,92	4507,339	7946,582	81,80%
12422,28	4495,329	7926,952	82,00%
12439,01	4506,275	7932,733	81,94%
12500,55	4524,489	7976,064	81,49%
12497,08	4524,515	7972,569	81,53%
12818,64	4647,55	8171,095	85,67%
12809,89	4637,58	8172,309	85,66%
12786,87	4636,471	8150,403	85,89%
12818,46	4646,572	8171,892	85,66%
12765,93	4627,53	8138,4	86,01%
12787,84	4630,521	8157,319	85,81%
12830,75	4651,298	8179,456	85,58%
12413,24	4496,666	7916,573	82,11%
12531,64	4540,025	7991,613	81,34%
12825,39	4645,401	8179,987	85,57%
12753,76	4616,899	8136,857	86,03%
12831,09	4649,201	8181,889	85,55%
Hasil perhitungan			
qin	qout	Wnet	$\eta$ generator
12535,08	4535,45	7999,634	81,25%
12502,41	4527,54	7974,875	81,51%
12506,69	4526,449	7980,245	81,45%
12507,7	4527,726	7979,974	81,45%
12471,65	4513,614	7958,033	81,68%
12456,25	4505,958	7950,293	81,76%
11606,11	4191,138	7414,977	80,92%

11934,36	4317,829	7616,53	78,78%
11727,46	4242,935	7484,524	80,17%
11814,1	4272,305	7541,794	79,56%
11644,96	4208,45	7436,506	80,68%
11619,38	4202,852	7416,528	80,90%
12769,09	4628,785	8140,308	85,99%
12802,92	4634,721	8168,194	85,70%
11990,52	4339,803	7650,714	78,42%
12002,71	4341,368	7661,343	78,32%
11749,33	4246,839	7502,489	79,97%
12536,63	4542,386	7994,243	81,31%
12496,31	4519,562	7976,744	81,49%
12449,73	4504,806	7944,929	81,81%
12474,21	4518,119	7956,093	81,70%
11650,43	4213,511	7436,92	80,68%
11892,46	4298,209	7594,253	79,01%
11739,9	4246,789	7493,111	80,07%

## D. Table gas ideal

**TABLE A-17**

Ideal-gas properties of air

T K	h kJ/kg	P P	u kJ/kg	v <sub>r</sub>	s <sup>o</sup> kJ/(kg · K)	T K	h kJ/kg	P P	u kJ/kg	v <sub>r</sub>	s <sup>o</sup> kJ/(kg · K)
200	199.97	0.3363	142.56	1707.0	1.29559	580	586.04	14.38	419.55	115.7	2.37348
210	209.97	0.3987	149.69	1512.0	1.34444	590	596.52	15.31	427.15	110.6	2.39140
220	219.97	0.4690	156.82	1346.0	1.39105	600	607.02	16.28	434.78	105.8	2.40902
230	230.02	0.5477	164.00	1205.0	1.43557	610	617.53	17.30	442.42	101.2	2.42644
240	240.02	0.6355	171.13	1084.0	1.47824	620	628.07	18.36	450.09	96.92	2.44356
250	250.05	0.7329	178.28	979.0	1.51917	630	638.63	19.84	457.78	92.84	2.46048
260	260.09	0.8405	185.45	887.8	1.55848	640	649.22	20.64	465.50	88.99	2.47716
270	270.11	0.9590	192.60	808.0	1.59634	650	659.84	21.86	473.25	85.34	2.49364
280	280.13	1.0889	199.75	738.0	1.63279	660	670.47	23.13	481.01	81.89	2.50985
285	285.14	1.1584	203.33	706.1	1.65055	670	681.14	24.46	488.81	78.61	2.52589
290	290.16	1.2311	206.91	676.1	1.66802	680	691.82	25.85	496.62	75.50	2.54175
295	295.17	1.3068	210.49	647.9	1.68515	690	702.52	27.29	504.45	72.56	2.55731
300	300.19	1.3860	214.07	621.2	1.70203	700	713.27	28.80	512.33	69.76	2.57277
305	305.22	1.4686	217.67	596.0	1.71865	710	724.04	30.38	520.23	67.07	2.58810
310	310.24	1.5546	221.25	572.3	1.73498	720	734.82	32.02	528.14	64.53	2.60319
315	315.27	1.6442	224.85	549.8	1.75106	730	745.62	33.72	536.07	62.13	2.61803
320	320.29	1.7375	228.42	528.6	1.76690	740	756.44	35.50	544.02	59.82	2.63280
325	325.31	1.8345	232.02	508.4	1.78249	750	767.29	37.35	551.99	57.63	2.64737
330	330.34	1.9352	235.61	489.4	1.79783	760	778.18	39.27	560.01	55.54	2.66176
340	340.42	2.149	242.82	454.1	1.82790	780	800.03	43.35	576.12	51.64	2.69013
350	350.49	2.379	250.02	422.2	1.85708	800	821.95	47.75	592.30	48.08	2.71787
360	360.58	2.626	257.24	393.4	1.88543	820	843.98	52.59	608.59	44.84	2.74504
370	370.67	2.892	264.46	367.2	1.91313	840	866.08	57.60	624.95	41.85	2.77170
380	380.77	3.176	271.69	343.4	1.94001	860	888.27	63.09	641.40	39.12	2.79783
390	390.88	3.481	278.93	321.5	1.96633	880	910.56	68.98	657.95	36.61	2.82344
400	400.98	3.806	286.16	301.6	1.99194	900	932.93	75.29	674.58	34.31	2.84856
410	411.12	4.153	293.43	283.3	2.01699	920	955.38	82.05	691.28	32.18	2.87324
420	421.26	4.522	300.69	266.6	2.04142	940	977.92	89.28	708.08	30.22	2.89748
430	431.43	4.915	307.99	251.1	2.06533	960	1000.55	97.00	725.02	28.40	2.92128
440	441.61	5.332	315.30	236.8	2.08870	980	1023.25	105.2	741.98	26.73	2.94468
450	451.80	5.775	322.62	223.6	2.11161	1000	1046.04	114.0	758.94	25.17	2.96770
460	462.02	6.245	329.97	211.4	2.13407	1020	1068.89	123.4	776.10	23.72	2.99034
470	472.24	6.742	337.32	200.1	2.15604	1040	1091.85	133.3	793.36	23.29	3.01260
480	482.49	7.268	344.70	189.5	2.17760	1060	1114.86	143.9	810.62	21.14	3.03449
490	492.74	7.824	352.08	179.7	2.19876	1080	1137.89	155.2	827.88	19.98	3.05608
500	503.02	8.411	359.49	170.6	2.21952	1100	1161.07	167.1	845.33	18.896	3.07732
510	513.32	9.031	366.92	162.1	2.23993	1120	1184.28	179.7	862.79	17.886	3.09825
520	523.63	9.684	374.36	154.1	2.25997	1140	1207.57	193.1	880.35	16.946	3.11883
530	533.98	10.37	381.84	146.7	2.27967	1160	1230.92	207.2	897.91	16.064	3.13916
540	544.35	11.10	389.34	139.7	2.29906	1180	1254.34	222.2	915.57	15.241	3.15916

## E. t-tabel

df \ Pr	0.25		0.10		0.05		0.025		0.01		0.005		0.001	
	0.50	0.20	0.10	0.10	0.050	0.02	0.010	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
161	0.67602	1.28683	1.65437	1.97481	2.34973	2.60671	3.14162							
162	0.67601	1.28680	1.65431	1.97472	2.34959	2.60652	3.14130							
163	0.67600	1.28677	1.65426	1.97462	2.34944	2.60633	3.14098							
164	0.67599	1.28673	1.65420	1.97453	2.34930	2.60614	3.14067							
165	0.67598	1.28670	1.65414	1.97445	2.34916	2.60595	3.14036							
166	0.67597	1.28667	1.65408	1.97436	2.34902	2.60577	3.14005							
167	0.67596	1.28664	1.65403	1.97427	2.34888	2.60559	3.13975							
168	0.67595	1.28661	1.65397	1.97419	2.34875	2.60541	3.13945							
169	0.67594	1.28658	1.65392	1.97410	2.34862	2.60523	3.13915							
170	0.67594	1.28655	1.65387	1.97402	2.34848	2.60506	3.13886							
171	0.67593	1.28652	1.65381	1.97393	2.34835	2.60489	3.13857							
172	0.67592	1.28649	1.65376	1.97385	2.34822	2.60471	3.13829							
173	0.67591	1.28646	1.65371	1.97377	2.34810	2.60455	3.13801							
174	0.67590	1.28644	1.65366	1.97369	2.34797	2.60438	3.13773							
175	0.67589	1.28641	1.65361	1.97361	2.34784	2.60421	3.13745							
176	0.67589	1.28638	1.65356	1.97353	2.34772	2.60405	3.13718							
177	0.67588	1.28635	1.65351	1.97346	2.34760	2.60389	3.13691							
178	0.67587	1.28633	1.65346	1.97338	2.34748	2.60373	3.13665							
179	0.67586	1.28630	1.65341	1.97331	2.34736	2.60357	3.13638							
180	0.67586	1.28627	1.65336	1.97323	2.34724	2.60342	3.13612							
181	0.67585	1.28625	1.65332	1.97316	2.34713	2.60326	3.13587							
182	0.67584	1.28622	1.65327	1.97308	2.34701	2.60311	3.13561							
183	0.67583	1.28619	1.65322	1.97301	2.34690	2.60296	3.13536							
184	0.67583	1.28617	1.65318	1.97294	2.34678	2.60281	3.13511							
185	0.67582	1.28614	1.65313	1.97287	2.34667	2.60267	3.13487							
186	0.67581	1.28612	1.65309	1.97280	2.34656	2.60252	3.13463							
187	0.67580	1.28610	1.65304	1.97273	2.34645	2.60238	3.13438							
188	0.67580	1.28607	1.65300	1.97266	2.34635	2.60223	3.13415							
189	0.67579	1.28605	1.65296	1.97260	2.34624	2.60209	3.13391							
190	0.67578	1.28602	1.65291	1.97253	2.34613	2.60195	3.13368							
191	0.67578	1.28600	1.65287	1.97246	2.34603	2.60181	3.13345							
192	0.67577	1.28598	1.65283	1.97240	2.34593	2.60168	3.13322							
193	0.67576	1.28595	1.65279	1.97233	2.34582	2.60154	3.13299							
194	0.67576	1.28593	1.65275	1.97227	2.34572	2.60141	3.13277							
195	0.67575	1.28591	1.65271	1.97220	2.34562	2.60128	3.13255							
196	0.67574	1.28589	1.65267	1.97214	2.34552	2.60115	3.13233							
197	0.67574	1.28586	1.65263	1.97208	2.34543	2.60102	3.13212							
198	0.67573	1.28584	1.65259	1.97202	2.34533	2.60089	3.13190							
199	0.67572	1.28582	1.65255	1.97196	2.34523	2.60076	3.13169							
200	0.67572	1.28580	1.65251	1.97190	2.34514	2.60063	3.13148							