

---

## ANALISA KINERJA TURBOCHARGER NA358 PADA MESIN GAS WARTSILA DI UNIT PEMBANGKITAN ARUN DENGAN KAPASITAS 184 MW

Teuku Zulfadli\*<sup>1</sup>, T.M. Farhan Akbar<sup>2</sup>, T. Hasannuddin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Aceh, Indonesia

e-mail: \*<sup>1</sup>[teukuzulfadli@pnl.ac.id](mailto:teukuzulfadli@pnl.ac.id), <sup>2</sup>[tmfarhanakbar@gmail.com](mailto:tmfarhanakbar@gmail.com), <sup>3</sup>[hasanudin10955@gmail.com](mailto:hasanudin10955@gmail.com)

### Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) merupakan representatif teknologi yang sedang berkembang pesat untuk memenuhi kebutuhan listrik. Dalam PLTMG, terdapat turbocharger yang berperan dalam meningkatkan proses pembakaran dan daya mesin dengan kapasitas silinder yang sama. Tujuan penelitian ini untuk menganalisa kinerja turbocharger bank A dan bank B pada saat beban maksimum. Metode analisa yang digunakan dengan aplikasi Wartsila Operator Interface System (WOIS). Analisa ini dilakukan untuk memitigasi dampak kondisi abnormal pada efisiensi mesin. Oleh karena itu, analisa dan penanganan permasalahan turbocharger sangat penting untuk memastikan kinerja mesin yang optimal dan mencegah kerusakan yang lebih besar pada sistem pembangkit daya. Hasil analisa kinerja menunjukkan distribusi hubungan daya aktual dan ideal terhadap efisiensi isentropic turbocharger pada bank A. Daya aktual tertinggi adalah 3682,59 kJ/kg dengan efisiensi 89%, sementara daya ideal tertinggi adalah 3356,84 kJ/kg dengan efisiensi 90%. Pada bank B, daya aktual tertinggi adalah 3695,50 kJ/kg dengan efisiensi 89%, sedangkan daya ideal tertinggi adalah 3356,84 kJ/kg dengan efisiensi 91%. Generator menghasilkan output daya aktif sebesar 8824 kW dan hasil keluaran daya reaktif mencapai 12163 kVA. Generator beroperasi pada frekuensi 50 Hz dan faktor daya sebesar 0,8, dengan tingkat efisiensi sekitar 90%.

**Kata kunci**— PLTMG, Turbocharger, WOIS dan Engine

### Abstract

Gas Engine Power Plants (PLTMG) are a technology that is developing rapidly to meet electricity needs. In PLTMG, there is a turbocharger which plays a role in increasing the combustion process and engine power with the same cylinder capacity. The aim of this research is to analyze the performance of bank A and bank B turbochargers at maximum load. The analysis method used is the Wartsila Operator Interface System (WOIS) application. This analysis is carried out to mitigate the impact of abnormal conditions on machine efficiency. Therefore, analyzing and handling turbocharger problems is very important to ensure optimal engine performance and prevent greater damage to the power generation system. The performance analysis results show the distribution of the actual and ideal power relationship to the isentropic turbocharger efficiency in bank A. The highest actual power is 3682.59 kJ/kg with an efficiency of 89%, while the highest ideal power is 3356.84 kJ/kg with an efficiency of 90%. In bank B, the highest actual power is 3695.50 kJ/kg with an efficiency of 89%, while the highest ideal power is 3356.84 kJ/kg with an efficiency of 91%. The generator produces an active power output of 8824 kW and a reactive power output of 12163 kVA. The generator operates at a frequency of 50 Hz and a power factor of 0.8, with an efficiency level of around 90%.

**Keywords**— PLTMG, Turbocharger, WOIS dan Engine

---

---

## 1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) merupakan representatif teknologi yang berkembang pesat dalam konteks pemenuhan kebutuhan energi listrik. Di dalamnya, turbocharger digunakan untuk memaksimalkan jumlah udara yang masuk ke mesin pada PLTMG dengan tujuan meningkatkan efisiensi mesin. Penggunaan energi dari gas buang yang dihasilkan oleh mesin diarahkan untuk menggerakkan impeller (roda berputar), yang bertugas memasukkan udara ke dalam ruang bakar mesin. CO<sub>2</sub> yang dihasilkan oleh mesin berfungsi sebagai sumber energi untuk menggerakkan impeller, yang pada gilirannya meningkatkan aliran udara ke mesin. Selain itu, turbocharger juga berperan dalam meningkatkan jumlah bahan bakar yang digunakan, sehingga mengoptimalkan efisiensi dan daya mesin. Dengan demikian, secara keseluruhan, teknologi turbocharger menjadi elemen kunci dalam mesin pembakaran dalam, dan implementasinya di berbagai sektor industri mencerminkan kontribusi penting teknologi terhadap kehidupan sehari-hari dan peningkatan efisiensi dalam sistem modern.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan kinerja turbocharger salah satunya studi komparasi penggunaan turbocharger pada engine Perkins dalam unit genset. Membahas tentang turbocharger yang merupakan suatu alat penghisap udara dirancang untuk menggunakan potensi energi yang terdapat dalam gas buang yang tidak termanfaatkan [1].

Begitu juga dengan *Effect of turbocharger compression ratio on performance of the spark-ignition internal combustion engine*. *Internal combustion engine (ICE)* merupakan salah satu aplikasi teknik utama yang berfungsi berdasarkan transformasi energi kimia dari bahan bakar ke dalam bentuk energi panas melalui proses pembakaran langsung. Energi panas yang dihasilkan kemudian diubah menjadi energi kinetik untuk menggerakkan berbagai jenis alat transportasi, termasuk kendaraan darat, laut, dan udara. Meskipun efisiensi MPI saat ini dianggap berada pada tingkat sedang, berbagai peningkatan terus diupayakan untuk meningkatkan tingkat efisiensinya. Salah satu metode untuk mendukung peningkatan efisiensi MPI adalah penggunaan Turbocharger, yang berfungsi dengan meningkatkan tekanan pada mesin guna memperbaiki efisiensi keseluruhannya [2].

Sama halnya pada kajian teoritis penggunaan turbocharger terhadap performansi mesin bensin tipe 3sz-ve 1500 cc Daihatsu Terios. Keuntungan utama dari turbocharger terletak pada kemampuannya memberikan peningkatan yang signifikan dalam daya mesin dengan penambahan berat yang minimal. Kajian teoritis ini bertujuan untuk memperoleh parameter termodinamika mesin bensin tanpa dan dengan penggunaan turbocharger, menganalisis performa mesin bensin tanpa dan dengan turbocharger, serta mengidentifikasi daya dan putaran turbin gas beserta kompresor pada turbocharger dalam konteks mesin mobil tipe 3SZ-VE [3].

Sedangkan pada analisis prestasi mesin mobil diesel turbocharger yang diuji dengan dynamometer. Gas buang dari kendaraan merupakan salah satu penyebab utama polusi udara, terutama di kota-kota besar, yang disebabkan oleh pembakaran yang tidak optimal. Untuk mencapai pembakaran yang optimal pada mesin diesel, diperlukan kompresi udara pada tekanan dan suhu tinggi, serta jumlah bahan bakar yang sesuai. Keadaan udara tersebut harus mampu membakar bahan bakar saat diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Oleh karena itu, penggunaan turbocharger menjadi penting untuk meningkatkan kualitas pembakaran, menghasilkan gas buang yang lebih ramah lingkungan, dan juga meningkatkan daya mesin dengan tetap mempertahankan kapasitas silinder yang sama [4].

Selanjutnya pada penelitian Generator sinkron berfungsi sebagai perangkat listrik yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Mesin ini sering mengalami kendala terkait ketidakstabilan tegangan saat terjadi perubahan beban. Oleh karena itu, diperlukan suatu perangkat yang dapat mengatur dan menjaga stabilitas tegangan pada generator sinkron, yang dikenal sebagai Automatic Voltage Regulator (AVR). AVR merupakan suatu perangkat

---

pengatur tegangan yang digunakan pada generator sinkron untuk menjaga tegangan keluaran agar tetap stabil. Fungsinya mencakup pengaturan arus penguatan (excitacy) pada eksiter. Saat beban meningkat, AVR akan menginstruksikan eksiter untuk meningkatkan arus eksitasi, sementara jika beban berkurang, AVR akan memerintahkan eksiter untuk mengurangi arus eksitasi. Ini memastikan bahwa tegangan keluaran dari generator sinkron tetap stabil dan sesuai dengan kebutuhan listrik yang diperlukan [5].

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Metode Penelitian

Berikut adalah metode yang dilakukan untuk mendapatkan informasi terkait penelitian ini sebagai berikut:

#### 2.1.1. Pengambilan Data Lapangan

Data penelitian yang diperoleh merupakan hasil dari observasi lapangan, manual book, data record, dan sebagainya. Dari observasi tersebut, didapatkan output daya, spesifikasi mesin gas, spesifikasi turbocharger, spesifikasi generator, aliran diagram charge air, dan exhaust gas diagram batang temperatur di dalam silinder yang diteliti. Selain itu, data actual perubahan beban terhadap laju aliran bahan bakar selama 24 jam juga diambil pada saat prosedur penambahan beban untuk memenuhi permintaan beban dari pusat pengaturan beban (P2B).

#### 2.1.2. Data Spesifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG)

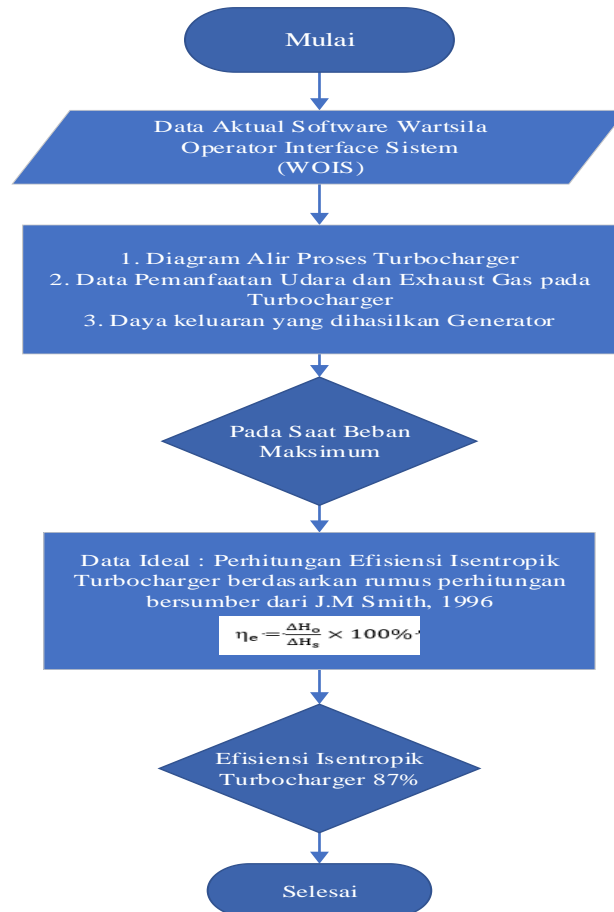
Berikut merupakan tabel 2.1 spesifikasi mesin, turbocharger dan generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Unit Pembangkitan Arun 184 MW sebagai berikut:

Tabel 2.1. Data Spesifikasi Mesin

MESIN		TURBOCHARGER	
Type mesin	W20V34SG	Type Turbocharger	NA358
Diameter silinder	340 mm	Output	5.5 MW
Langkah piston	400 mm	Pressure Ratio	6:1 N/m <sup>2</sup>
Kecepatan piston	10,0 m/s	Berat Kering	1997 kg
Kecepatan	750 rpm	Speed	27000 rpm
Daya keluar	9700 Kw	Udara Bersih	-35° C sampai + 45° C
Frekuensi	50 Hz	Turbin Inlet Temperatur	650° C
Tegangan	11 Kv	Nomor Seri	701234
Jumlah silinder	20 Silinder	Year of construction	2015
GENERATOR			
Type generator	AMG 1120LT08 DSE		
Output	12163 kVA		
Voltase	11000 V / 11 kV		
Arus	638 A		
Faktor daya	0,80		
Frekuensi	50 Hz		
Kecepatan	750 rpm		

### 2.1.3 Metode Analisa

Metode analisa yang dilakukan untuk analisa kinerja turbocharger NA358 pada Mesin Gas Wartsila di Unit Pembangkitan Arun 184 MW dapat digambarkan dalam bentuk *flowchart* berikut ini:



Gambar 2.1. Flowchat Metode Analisa

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Data Penelitian pada Turbocharger

Adapun data hasil perhitungan efisiensi turbocharger bank A dan turbocharger bank B sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Hasil Perhitungan Effisiensi Turbocharger Bank A

Daya Aktif (kW)	Turbocharger A		Effisiensi (%)		
	Inlet (°C)	Outlet (°C)	W (kJ/kg)	Ws (kJ/kg)	Value
8824	575	384	3190,65	3631,92	87%
8917	577	389	3290,49	3682,59	89%
8733	576	389	3122,31	3444,57	90%
8901	574	390	3285,91	3672,96	89%
8795	575	388	3180,49	3566,11	89%

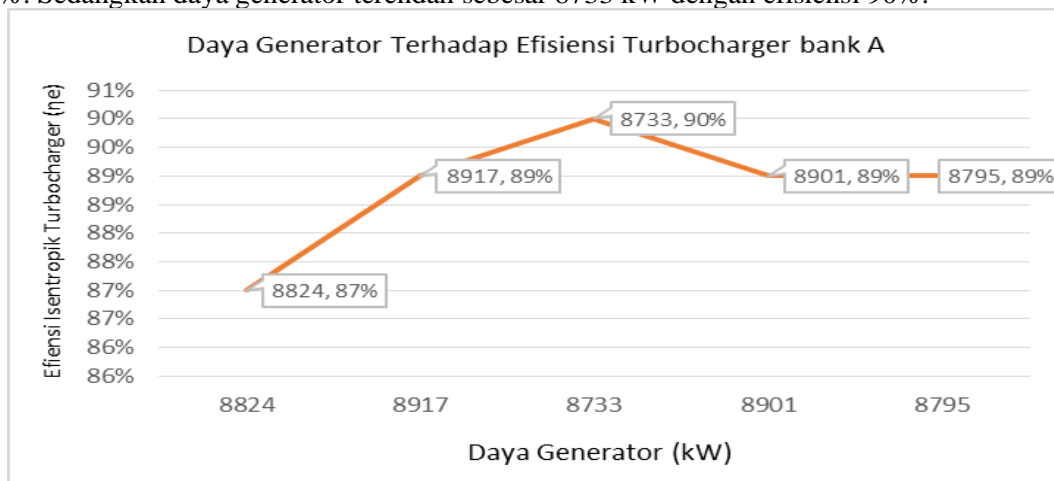
Tabel 3. 2 Hasil Perhitungan Effisiensi Turbocharger Bank B

Daya Aktif (kW)	Turbocharger B		Effisiensi (%)		
	Inlet (°C)	Outlet (°C)	W (kJ/kg)	Ws (kJ/kg)	Value
8824	576	367	3190,13	3631,40	87%
8917	576	367	3310,49	3695,50	89%
8733	577	368	3112,31	3429,89	90%
8901	574	367	3356,84	3692,36	91%
8795	577	368	3196,41	3586,83	89%

### 3.2 Analisa Data Penelitian

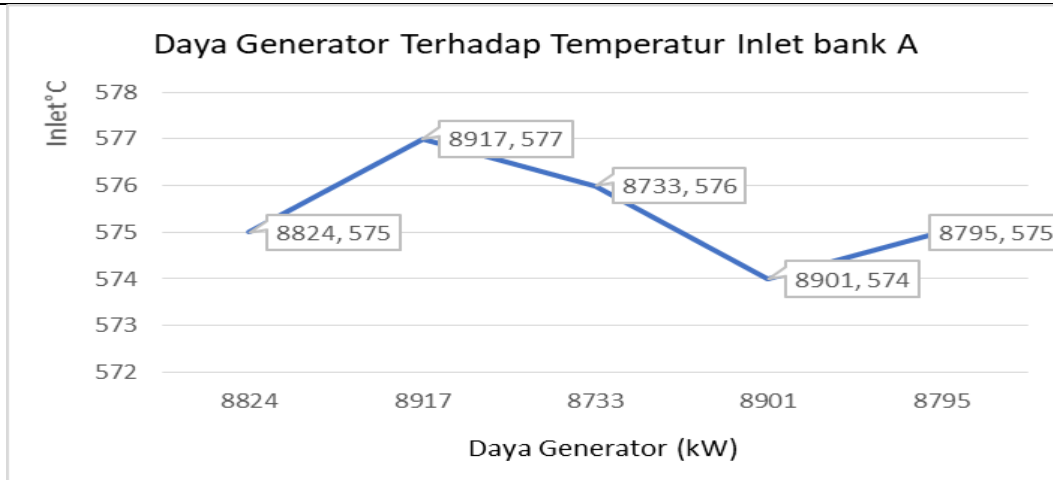
#### 3.2.1 Turbocharger bank A

Pada gambar 3.1 Garfik distribusi daya generator (kW) terhadap efisiensi isentropic turbocharger bank A, diperoleh hasil daya generator tertinggi sebesar 8917 kW dengan efisiensi 89%. Sedangkan daya generator terendah sebesar 8733 kW dengan efisiensi 90%.



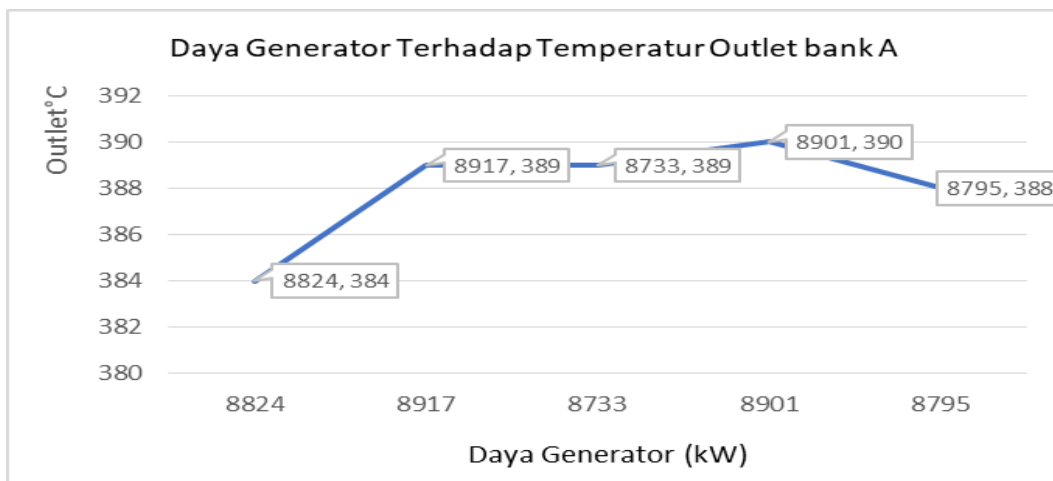
Gambar 3. 1 Grafik Distribusi Daya Generator terhadap efisiensi turbocharger

Pada gambar 3.2 Grafik distribusi daya generator terhadap inlet temperatur turbocharger bank A, diperoleh hasil daya generator tertinggi sebesar 8917 kW dan daya terendah sebesar 8733 kW Sedangkan temperatur inlet tertinggi sebesar 577°C dan terendah sebesar 574°C.



Gambar 3.2 Grafik Distribusi daya generator terhadap inlet temperatur turbocharger bank A

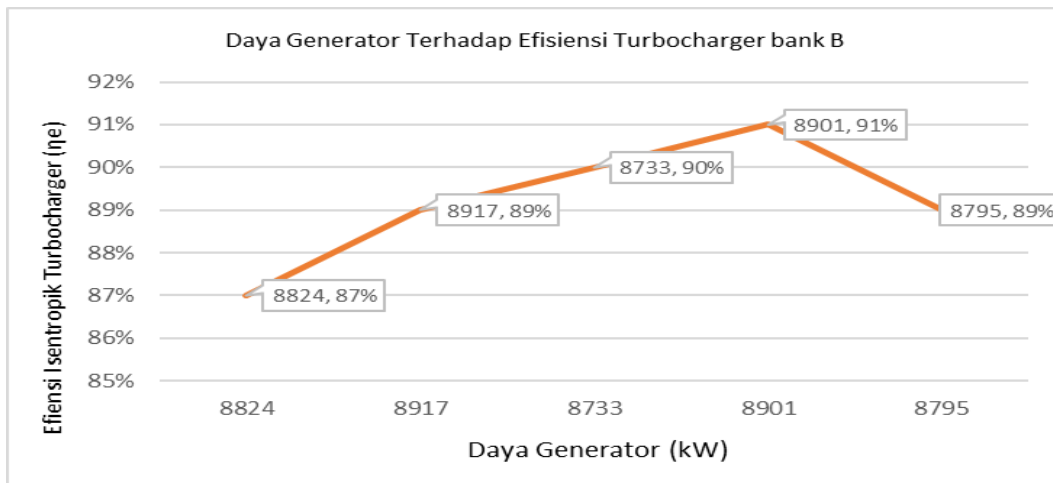
Pada gambar 3.3 Grafik distribusi daya generator terhadap outlet temperatur turbocharger bank A, diperoleh hasil daya generator tertinggi sebesar 8917 kW dan daya terendah sebesar 8733 kW Sedangkan temperatur outlet nya tertinggi sebesar 390°C dan terendah sebesar 384°C.



Gambar 3.3 Grafik Distribusi daya generator terhadap outlet temperatur turbocharger A

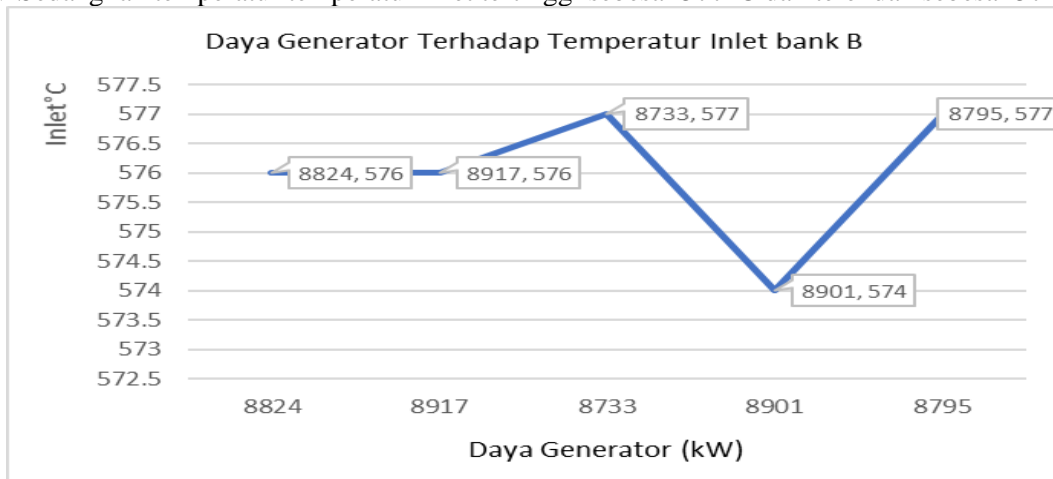
### 3.2.2 Turbocharger bank B

Pada gambar 3.4 Grafik distribusi daya generator (kW) terhadap efisiensi isentropic turbocharger bank A, diperoleh hasil daya generator tertinggi sebesar 8917 kW dengan efisiensi terendah sebesar 87%. Sedangkan daya generator terendah sebesar 8733 dengan efisiensi tertinggi sebesar 90%.



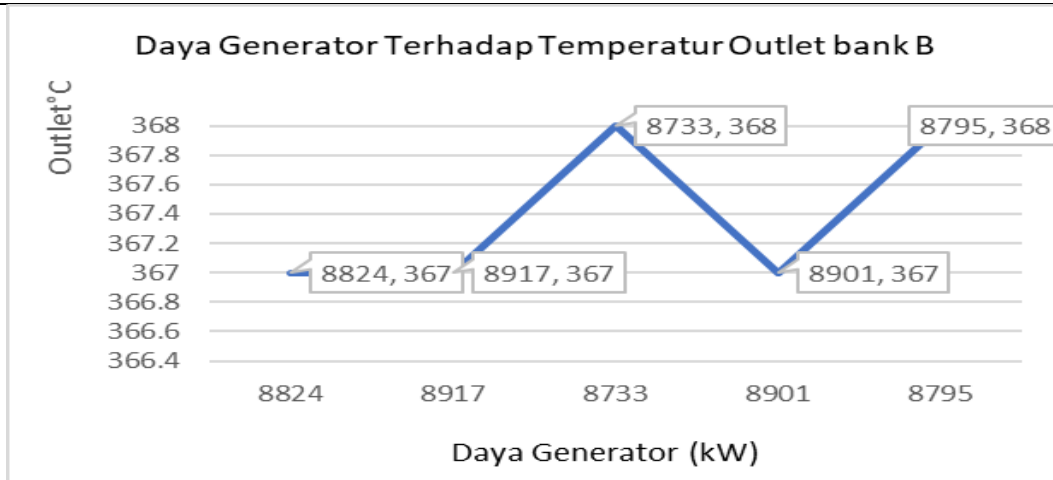
Gambar 3. 4 Grafik Distribusi Daya Generator terhadap efisiensi turbocharger bank B

Pada gambar 3.5 Grafik distribusi daya generator terhadap inlet temperatur turbocharger bank A, diperoleh hasil daya generator tertinggi sebesar 8917 kW dan yang terendah sebesar 8733 kW Sedangkan temperatur inlet tertinggi sebesar 577°C dan terendah sebesar 574°C.



Gambar 3.5 Grafik Distribusi daya generator terhadap inlet temperatur turbocharger bank B

Pada gambar 3.6 Grafik distribusi daya generator terhadap outlet temperatur turbocharger bank B, diperoleh hasil daya generator tertinggi sebesar 8917 kW dan daya terendah sebesar 8733 kW Sedangkan temperatur outlet tertinggi sebesar 368°C dan terendah sebesar 367°C.



Gambar 4.6 Grafik Distribusi daya Generator terhadap outlet temperatur turbocharger bank B

### 3.3 Pembahasan

Hasil distribusi hubungan daya aktual dan ideal terhadap efisiensi isentropic turbocharger bank A, diperoleh hasil daya aktual ( $W$ ) tertinggi sebesar 3682,59 kJ/kg dengan efisiensi 89%. Sedangkan daya ideal ( $W_s$ ) tertinggi sebesar 3356,84 kJ/kg dengan efisiensi 90%. Hasil distribusi hubungan daya aktual dan ideal terhadap efisiensi isentropic turbocharger bank B, diperoleh daya aktual ( $W$ ) tertinggi sebesar 3695,50 dengan efisiensi sebesar 89%. Sedangkan daya ideal ( $W_s$ ) tertinggi sebesar 3356,84 dengan efisiensi sebesar 91%.

Hasil distribusi efisiensi daya output generator tertinggi pada daya sebesar 8917 kW dan 8901 kW dengan efisiensi sebesar 91%. Sedangkan yang terendah pada daya sebesar 8733 kW dengan efisiensi sebesar 89%. Maka dapat disimpulkan bahwa ada kemungkinan bahwa ada pengaturan beban yang mempengaruhi besaran daya aktif dan reaktif yang dihasilkan oleh generator.

## 4. KESIMPULAN

Adapun hasil kesimpulan dari analisa kinerja turbocharger NA358 pada Mesin Gas Wartsila di Unit Pembangkitan Arun 184 MW sebagai berikut:

1. Turbocharger bank A, diperoleh hasil daya aktual ( $W$ ) tertinggi sebesar 3682,59 kJ/kg dengan efisiensi 89%. Sedangkan daya ideal ( $W_s$ ) tertinggi sebesar 3356,84 kJ/kg dengan efisiensi 90%.
2. Turbocharger bank B, diperoleh daya aktual ( $W$ ) tertinggi sebesar 3695,50 dengan efisiensi sebesar 89%. Sedangkan daya ideal ( $W_s$ ) tertinggi sebesar 3356,84 dengan efisiensi sebesar 91%.
3. Generator beroperasi dengan output daya aktif sebesar 8824 kW dan output daya reaktif sebesar 12163 kVA. Frekuensi generator adalah 50 Hz serta factor daya 0.8 dengan efisiensi 90%. Selain itu, ada kemungkinan bahwa ada pengaturan beban yang mempengaruhi besaran daya aktif dan reaktif yang dihasilkan oleh generator.

## 5. SARAN



---

Diharapkan pada penelitian selanjutnya adanya analisa lebih lanjut mengenai efisiensi turbocharger dengan penggunaan software lainnya, sebagai referensi untuk pengembangan penelitian khususnya untuk mahasiswa Politeknik Negeri Lhokseumawe.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada semua peneliti sebelumnya yang terkait dengan penelitian ini, baik yang disebutkan di daftar pustaka maupun yang tidak, karena kontribusi mereka yang signifikan telah memberikan masukan berharga pada penelitian ini. Penghargaan juga diberikan kepada teman-teman dan individu yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Koos Sardjono, I., & Mu'alimin, A. (2019). Studi Komparasi Penggunaan Turbocharger Pada Engine Perkins Dalam Unit Genset. *Jurnal Sintek*, Vol. 7, Issue 1, hal 12-22.
  - [2] Alwashdeh, S. S., Al-falahat Ala'a, M., & Murtadha, T. K. (2022). Effect of turbocharger compression ratio on performance of the spark-ignition internal combustion engine. *Emerging Science Journal*, Vol. 6, Issue 3, hal 482-492.
  - [3] Dian Morfi Nasution, A. N. (2021). Kajian Teoritis Penggunaan Turbocharger Terhadap Performansi Mesin Bensin Tipe 3SZ-VE1500cc Daihatsu Terios. *Jurnal Dinamis*, Vol. 9, Issue 2, hal 1-12.
  - [4] Yusvardi Yusuf, dkk (2019). Analisis Prestasi Mesin Mobil Diesel Turbocharger Yang Diuji Dengan Dynamometer. *Jurnal Teknika*, Vol.15, Issue 2, hal 92-101.
  - [5] Joshi, M. C., Shaver, G. M., Vos, K., McCarthy Jr, J., & Farrell, L. (2022). Internal exhaust gas recirculation via reinduction and negative valve overlap for fuel-efficient aftertreatment thermal management at curb idle in a diesel engine. *International Journal of Engine Research*, Vol. 23, Issue 3, Hal. 369-379.
  - [6] Yudawan, Rendi. (2018). Automatic Voltage Regulator (AVR) Sebagai Kontroller Tegangan Pada Sistem Pembangkit Tenaga Listrik. Malang: Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Malang. *Jurnal Ampere*, Vol.3, Issue 1, hal 163-173.
-