

# ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN BEBAN TERHADAP EFISIENSI GENERATOR KAPASITAS 12 MW DENGAN METODE TRIAL AND ERROR DI PT PERMATA HIJAU PALM OLEO BELAWAN

Abdul Azis H<sup>1</sup>, Rafqi Nauli Lubis<sup>1</sup>, Afritha Amelia<sup>2</sup>, Cholish<sup>2</sup>, Abdullah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Jl. Kapten Muchtar Basri, No. 03 Medan Telp. (061) 6622400 ex. 12 Kode pos 20238

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Medan  
e-mail: abdulazis@umsu.ac.id

**Abstrak**— Generator adalah mesin listrik yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator merupakan bagian yang sangat penting dalam sistem pembangkitan tenaga listrik. Pada PT Permata Hijau Palm Oleo Belawan generator yang dipakai adalah generator sinkron 3 fasa. Penggerak mula dari generator adalah turbin uap. Turbin uap dikopel seporos dengan generator. Turbin uap memberikan daya untuk memutar generator sehingga generator menghasilkan energi listrik, kapasitas daya listrik yang dapat dihasilkan generator tersebut 12 MW. Pada penelitian ini dilakukan sebuah perhitungan dan analisis pengaruh perubahan beban terhadap efisiensi generator di PT Permata Hijau Palm Oleo Belawan. Berdasarkan hasil dari data di lapangan diperoleh efisiensi generator 89,14% sampai dengan 96,26%, angka ini cukup baik mengingat rugi yang dihasilkan maksimal hanya sebesar 10,45%.

**Kata kunci** : Efisiensi Generator, Generator Sinkron, Perubahan Beban

**Abstract**— A generator is an electrical machine that converts mechanical energy into electrical energy. The generator is a very important part in the electric power generation system. At PT Permata Hijau Palm Oleo Belawan the generator used is a 3-phase synchronous generator. The prime mover of the generator is a steam turbine. The steam turbine is coupled to a generator. The steam turbine provides power to turn the generator so that the generator produces electrical energy, the electrical power capacity that can be generated by the generator is 12 MW. In this study, a calculation and analysis of the effect of load changes on the efficiency of the generator at PT Permata Hijau Palm Oleo Belawan was carried out. Based on the results of the data in the field, the generator efficiency is obtained from 89.14% to 96.26%, this figure is quite good considering the maximum loss generated is only 10.45%.

**Keywords** : Generator Efficiency, Synchronous Generator, Load Change

## I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan primer pada perkembangan teknologi saat ini. Manusia sangat bergantung pada energi listrik, sehingga bisa dibayangkan bila tiba-tiba daya listrik terhenti, maka akan banyak terjadi kekacauan dari berbagai aspek.

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat sehingga kebutuhan akan tenaga listrik akan semakin meningkat. sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan serta segala bentuk industri, semakin banyak pula diperlukan tenaga kerja terampil yang mampu mengatasi berbagai masalah yang timbul, baik yang terlibat langsung di lapangan maupun sebagai perencana.

Generator merupakan suatu peralatan utama dalam suatu sistem pembangkit energi listrik. Generator akan mengubah energi mekanis dari turbin menjadi energi listrik. Generator dikatakan sinkron jika memiliki kecepatan putar rotor yang sama dengan kecepatan putar medan magnet pada stator. Pada dasarnya konstruksi generator sinkron sama dengan konstruksi

motor sinkron sehingga bisa juga disebut sebagai mesin sinkron. Dalam penggunaannya, generator beroperasi secara terus-menerus sesuai dengan kebutuhan beban yang dilayani. Apabila dihubungkan dengan banyak beban listrik, maka itu akan memperberat kerja generator dan bisa mengakibatkan trip yang akan mengakibatkan proses pembangkitan listrik berhenti mendadak. Supaya proses tidak berhenti mendadak, operator akan mengurangi beban listrik. Perubahan beban yang terjadi pada generator.

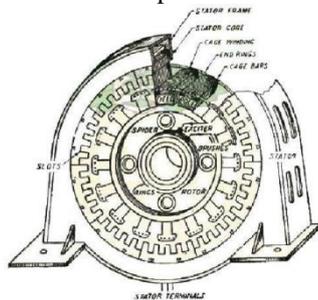
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Generator Sinkron

Generator sinkron mempunyai makna bahwa frekuensi listrik yang dihasilkannya sinkron dengan putaran mekanis generator tersebut. Generator sinkron umumnya tiga fasa, telah menjadi hal teramat penting dalam merubah energi yang terkandung dalam minyak, batubara, uranium, dan air menjadi energi serbaguna yaitu listrik. Generator sinkron bekerja sendiri untuk melayani beban yang kecil atau

bekerja dalam sisitem interkoneksi sebagai pendukung dalam kondisi beban puncak.

Generator sinkron memiliki belitan jangkar pada statornya, dimana tegangan induksi bolak-balik dibangkitkan. Belitan jangkar ini merupakan belitan tiga fasa. Pada belitan jangkar akan dihasilkan tegangan induksi yang tiap fasanya terpisah 120° listrik. Sedangkan belitan medan pada rotor menghasilkan fluksi medan yang dipengaruhi besarnya oleh arus medan pada sistem eksitasi.



Gambar 1. Generator Sinkron

**B. Karakteristik Beban Generator**

**1. Generator Tanpa Beban**

Dengan memutar generator pada kecepatan sinkron dan rotor diberi arus medan ( $I_f$ ); tegangan ( $E_o$ ) akan terinduksi pada kumparan jangkar stator.

$$E_o = c.n.\phi$$

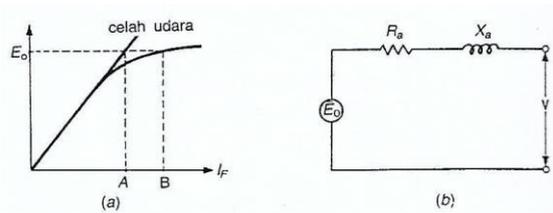
Keterangan :

$c$  = konstanta

$n$  = putaran sinkron

$\phi$  = fluks yang dihasilkan oleh  $I_f$

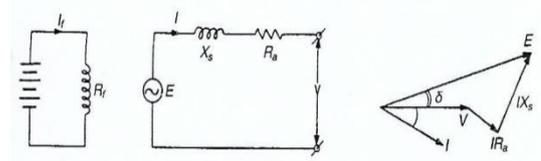
Berdasarkan generator dalam keadaan tanpa beban arus jangkar tidak mengalir pada stator, karena tidak terdapat pengaruh reaksi jangkar. Fluks hanya dihasilkan oleh arus medan ( $I_f$ ). Apabila arus medan ( $I_f$ ) diubah-ubah harganya, akan diperoleh harga  $E_o$  seperti yang terlihat pada kurva pemagnetan.



Gambar 2. Generator Tanpa Beban

**2. Generator Berbeban**

Dalam keadaan berbeban arus jangkar akan mengalir dan mengakibatkan terjadinya reaksi jangkar. Reaksi jangkar bersifat reaktif karena itu dinyatakan sebagai reaktansi dan disebut reaktansi pemagnet ( $X_m$ ). Reaktansi pemagnet ( $X_m$ ) ini bersama-sama dengan reaktansi fluks bocor ( $X_a$ ) dikenal sebagai reaktansi sinkron ( $X_s$ ).



Gambar 3. Generator Berbeban

**C. Efek Perubahan Beban Terhadap Generator**

Bertambahnya beban yang dilayani generator identik dengan bertambahnya daya nyata atau daya reaktif yang mengalir dari generator. Maka pertambahan beban akan menambah arus saluran yang mengalir dari generator, pertambahan arus saluran ini akan mempengaruhi nilai tegangan terminal  $V_t$ .

**III. METODE**

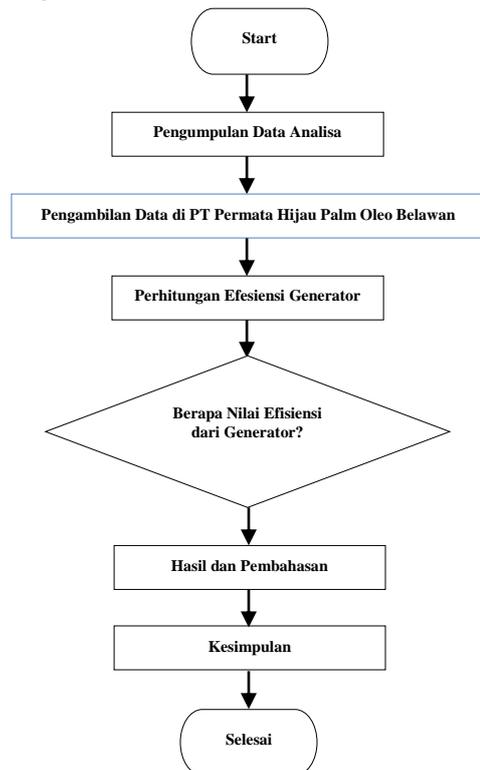
Rayon Perusahaan PT. Permata Hijau Palm Oleo Belawan telah mendapatkan persetujuan untuk melakukan survey untuk penelitian melalui perubahan beban terhadap efisiensi generator berkapasitas 12 MW.

**A. Data Utama**

Adapun data utama dalam menganalisis melalui survey di lapangan adalah sebagai berikut :

1. Data Turbin, meliputi Pressure, Temperatur dan juga laju alir uap.
2. Data Generator, meliputi putaran generator, beban generator, Arus, dan juga tegangan.

**B. Bagan Alir Penelitian**



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

C. Analisa Data

1. Menghitung daya masuk ( $P_{in}$ ) dan daya keluar ( $P_{out}$ ) generator.
2. Menghitung efisiensi generator.
3. Bagaimana pengaruh beban terhadap generator.
4. Bagaimana performansi generator terhadap beban.

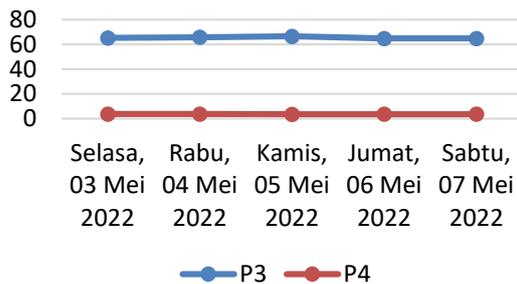
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Data Tekanan Masuk dan Keluar Turbin

Adapun hasil data analisa yang ditampilkan melalui tabel tekanan masuk turbin dan tekanan keluaran turbin pada PT Permata Hijau Palm Oleo Belawan mulai tanggal 03 mei 2022 sampai 07 mei 2022. Data yang diambil merupakan data tekanan masuk dan tekanan keluar turbin pada masing-masing hari kerja.

Tabel 1. Data Tekanan Uap Masuk dan Keluar Turbin

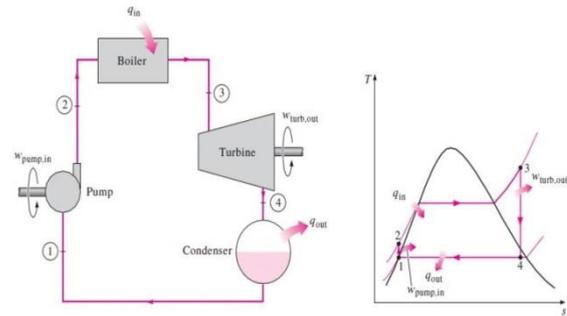
No	Hari/Tanggal	Tekanan uap Masuk Turbin (Bar)	Tekanan uap Keluar Turbin (Bar)
1	Selasa, 03 Mei 2022	65,3	3,7
2	Rabu, 04 Mei 2022	65,8	3,7
3	Kamis, 05 Mei 2022	66,6	3,5
4	Jumat, 06 Mei 2022	64,9	3,6
5	Sabtu, 07 Mei 2022	64,8	3,6



Gambar 5. Grafik Data Tekanan Uap Masuk dan Keluar Turbin

B. Perhitungan Daya Masuk ( $P_{in}$ ) dan Daya Keluaran ( $P_{out}$ ) Generator

Daya masukan yang didapat oleh generator berasal daya yang dihasilkan turbin uap. Turbin uap menghasilkan daya mekanis untuk memutar generator. Pada perhitungan ini data yang diambil adalah data pada tanggal 03 mei 2022.



Gambar 6. Diagram Alir dan Diagram T-S Siklus Rankine

Untuk menghitung daya masukan ( $P_{in}$ ) generator, dibutuhkan data-data seperti dibawah ini.

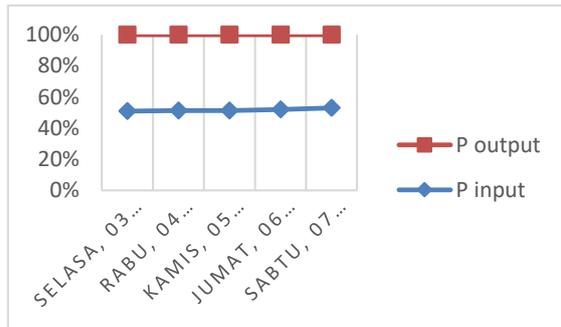
- Tekanan uap masuk turbin ( $P_3$ ) : 65,3 Bar
- Temperatur uap masuk turbin ( $T_3$ ) : 431,8
- Tekanan uap keluar turbin ( $P_4$ ) : 3,7 Bar

Karena yang akan dianalisa adalah daya masukan generator, maka perhitungan dimulai dari titik 3 yaitu turbin uap. Daya masukan generator sama dengan daya keluaran turbin uap. Uap yang masuk ke turbin adalah uap superpanas.

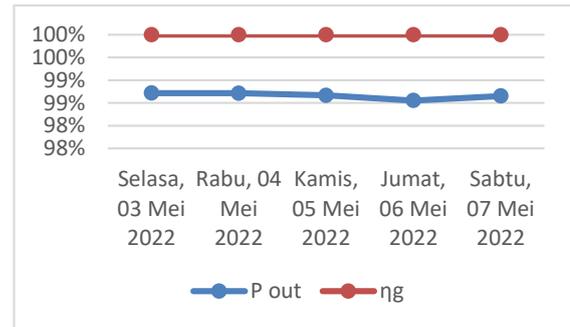
Dengan cara perhitungan yang sama, maka daya masukan ( $P_{in}$ ) dan daya keluaran ( $P_{out}$ ) generator untuk hari berikutnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Analisa P input dan P output Generator

No	Hari/Tanggal	$P_3$ (Bar)	$P_4$ (Bar)	M(kg/s)	$P_{in}$ (kw)	$P_{out}$ (kw)
1	Selasa, 03 mei 2022	65,3	3,7	11,83	7.684,06	7.397,08
2	Rabu, 04 mei 2022	65,8	3,7	11,72	7.670,97	7.298,75
3	Kamis, 05 mei 2022	66,6	3,5	11,31	7.396,92	7.046,25
4	Jumat, 06 mei 2022	64,9	3,6	10,47	6.803,19	6.322,92
5	Sabtu, 07 mei 2022	64,8	3,6	11,02	7.307,03	6.513,33



Gambar 7. Perbandingan Antara Daya Masuk (P<sub>in</sub>) dan Daya Keluaran (P<sub>out</sub>) Generator



Gambar 9. Hubungan Antara Daya Masukan (P<sub>out</sub>) Efisiensi Generator

C. Perhitungan Efisiensi Generator (η<sub>g</sub>)

Efisiensi generator merupakan perbandingan daya keluaran generator (P<sub>out</sub>) dengan daya masukan generator (P<sub>in</sub>). Pada perhitungan ini digunakan data pada tanggal 03 Mei 2022.

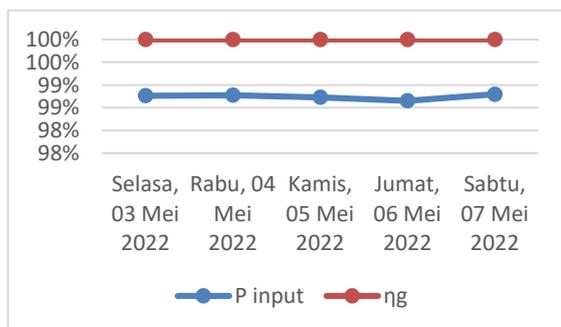
$$\eta = \frac{\text{daya keluar (P out)}}{\text{daya masukan (P in)}} \times 100\%$$

$$= \frac{7,397,08}{7,684,06} \times 100\% = 96,26\%$$

Dengan cara perhitungan yang sama, nilai efisiensi pada keadaan beban lainnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Hasil Analisa Perhitungan Efisiensi Generator

No	Hari/Tanggal	P <sub>3</sub> (Bar)	P <sub>4</sub> (Bar)	ṁ (kg/s)	P <sub>in</sub> (kw)	P <sub>out</sub> (kw)	η <sub>g</sub> (%)
1.	Selasa, 03 mei 2022	65,3	3,7	11,83	7.684,06	7.397,08	96,26%
2.	Rabu, 04 mei 2022	65,8	3,7	11,72	7.670,97	7.298,75	95,14%
3.	Kamis, 05 mei 2022	66,6	3,5	11,31	7.696,92	7.046,25	91,52%
4.	Jumat, 06 mei 2022	64,9	3,6	10,47	6.803,19	6.322,92	92,94%
5.	Sabtu, 07 mei 2022	64,8	3,6	11,02	7.307,03	6.513,33	89,14%



Gambar 8. Hubungan Antara Daya Masukan (P<sub>in</sub>) Efisiensi Generator

D. Analisa Data Trial And Error

Dalam mengetahui hubungan perubahan beban dan efisiensi generator dengan metode trial and errorr pada PT Permata Hijau Palm Oleo Belawan peneliti melakukan perhitungan. Data ini diperoleh pada tanggal 01 Mei 2022 sampai 02 Mei 2022.

Tabel 4. Data Trial and Error

No	Hari/Tanggal	P <sub>3</sub> (Bar)	P <sub>4</sub> (Bar)	ṁ (kg/s)	P <sub>in</sub> (kw)	P <sub>out</sub> (kw)	η <sub>g</sub> (%)
1	Minggu, 01 Mei 2022	67,1	3,6	10,86	7.116,66	8.114,58	114,02 %
2	Senin, 02 Mei 2022	65,7	3,7	11,78	7.732,98	8250	106,69 %

Berdasarkan hasil analisis ini didapatkan bahwa, dari dua hari yang diambil sebagai sampel analisa data pada hari minggu tanggal 01 Mei 2022 sampai 02 Mei 2022 efisiensi yang dihasilkan melebihi standar.

V. KESIMPULAN

Generator yang digunakan pada PT Permata Hijau Palm Oleo Belawan adalah generator sinkrone 3 fasa. Kemudian listrik yang digunakan untuk proses pengolahan minyak CPO, penerangan pabrik dan kantor. Selain itu, berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa dari 5 hari yang diambil sebagai sampel analisa data, efisiensi tertinggi dihasilkan pada hari selasa, 03 Mei 2022 yaitu sebesar 96,26%. Sedangkan untuk efisiensi terendah dihasilkan pada hari sabtu, 07 Mei 2022 yaitu sebesar 89,14%. Hasil analisis didapat bahwa semakin besar persentase efisiensi generator, semakin baik performansi dari Equipment tersebut. Maka dari itu, hasil analisis didapatkan bahwa, dari dua hari yang diambil sebagai sampel analisa data pada hari selasa tanggal 01 Mei 2022 sampai 02 Mei 2022 efisiensi yang dihasilkan melebihi standar.

VI. DAFTAR PUSTAKA

[1] T. Priambodo, “Analisa Perhitungan Efisiensi Daya Turbine Generator Siemens St-300 7 Mw Di Ptpn Xi ( Unit ) Pg . Semboro,” 2019, [Online].

- [2] Available:  
<http://repository.unmuhjember.ac.id/id/eprint/7265>.
- [3] A. Annisa, W. Winarso, and W. Dwiono, "Analisis Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Karakteristik Generator Sinkron," *J. Ris. Rekayasa Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 37–53, 2019, doi: 10.30595/jrre.v1i1.4928.
- [4] M. Noer, "Analisa Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Generator Di Pltg Borang Dengan Menggunakan Software Matlab," *J. Ampere*, vol. 2, no. 2, p. 103, 2017, doi: 10.31851/ampere.v2i2.1774.
- [5] T. Uap, M. W. Pt, R. Daya, F. Wildani, and S. Thaha, "Analisis Efisiensi Generator Pada Unit 1 Pembangkit Listrik," no. September, pp. 63–67, 2021.
- [6] Hermawan Cahyadi, D, "Analisa Perhitungan Efisiensi turbine Generator QFSN-300-2-20B Unit 10 dan 20 PT. PJB UBJOM PLTU Rembang," no. June, pp. 5–8, 2015.
- [7] M. Muharrir and I. Hajar, "Analisis Pengaruh Beban Terhadap Efisiensi Generator Unit 2 PLTP PT. Indonesia Power UPJP Kamojang," *Kilat*, vol. 8, no. 2, pp. 93–102, 2019, doi: 10.33322/kilat.v8i2.643.
- [8] M. Harahap, "Pengaruh Perubahan Variasi Eksitasi Tegangan Terhadap Daya Reaktif Pada Generator," *Tek. Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 71–76, 2021.
- [9] R. Rimbawati, P. Harahap, and K. U. Putra, "Analisis Pengaruh Perubahan Arus Eksitasi Terhadap Karakteristik Generator (Aplikasi Laboratorium Mesin-Mesin Listrik Fakultas Teknik-Umsu)," *RELE (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 37–44, 2019, doi: 10.30596/rele.v2i1.3647.
- [10] Willian D. Stevenson. JR, "Si\$tem," *Anal. Sist. Tenga*, vol. 1, no. 1, p. 1, 1983.
- [11] S. J. Chapman, "Electric Machinery Fundamentals; 5E."
- [12] A. K. T. B. L. Theraja, "A Textbook of Electrical Technology in SI Units," S Chand Co Ltd, vol. Volume 1, no. S Chand & Co Ltd, p. 171, 1999.
- [13] Rosa dan Shalahuddin, "Politeknik Negeri Sriwijaya 4," *Pembangkitan Energi List.*, vol. 7, no. 1, pp. 4–31, 2016.