



Studi Perubahan Beban Listrik Terhadap Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) PT. PLN Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Tello

<u>INFO PENULIS</u>	<u>INFO ARTIKEL</u>
Mohammad Maslan Universitas Muhammadiyah Makassar mazlanalbair@gmail.com Andi Abd Halik Lateko Universitas Muhammadiyah Makassar haslik@unismuh.ac.id Zulfajri Basri Hasanuddin Universitas Hasanuddin zulfajri@unhas.ac.id	ISSN: 3026-3603 Vol. 3, No. 1 April 2025 http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst

© 2025 Arden Jaya Publisher All rights reserved

Saran Penulisan Referensi:

Maslan, M., Lateko, A. A. H., & Hasanuddin, Z., B. (2025). Studi perubahan Beban Listrik Terhadap Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) PT. PLN Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Tello. *Arus Jurnal Sains dan Teknologi*, 5(1), 28-36.

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan energi listrik, termasuk di PT. PLN Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Tello. Efisiensi generator pada PLTG dipengaruhi oleh perubahan beban listrik yang terjadi selama operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara variasi beban listrik terhadap efisiensi generator pada PLTG Unit 1 Tello dengan menggunakan data log sheet operasional selama periode tertentu. Perhitungan efisiensi dilakukan berdasarkan daya input, daya output, serta rugi-rugi daya yang terjadi, termasuk rugi tembaga dan rugi mekanik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi generator berada dalam rentang 99,95% hingga 99,98%, dengan kecenderungan meningkat pada beban yang lebih tinggi dan menurun pada beban rendah akibat proporsi rugi daya yang lebih besar dibanding daya output. Selain itu, faktor lain seperti arus eksitasi, tegangan, dan faktor daya turut berpengaruh terhadap efisiensi. Dengan memahami hubungan antara beban listrik dan efisiensi, penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi optimalisasi pengoperasian PLTG agar lebih efisien dan ekonomis. Rekomendasi yang diberikan meliputi pengaturan beban optimal serta pemantauan rutin terhadap rugi daya guna meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem pembangkitan listrik.

Kata Kunci: efisiensi generator, beban listrik, pembangkit listrik tenaga gas, rugi daya

Abstract

Gas Power Plants (PLTG) play an important role in meeting the need for electrical energy, including at PT. PLN Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Tello. Generator efficiency in PLTG is influenced by changes in electrical load that occur during operation. This study aims to analyze the relationship between variations in electrical load and generator efficiency in PLTG Unit 1 Tello using operational log sheet data for a certain period. Efficiency calculations are carried out based on input power, output power, and power losses that occur, including copper losses and mechanical losses. The results of the study show that generator efficiency is in the range of 99.95% to 99.98%, with a tendency to increase at higher loads and decrease at low loads due to a greater proportion of power losses compared to output power. In addition, other factors such as excitation current, voltage, and power factor also affect efficiency. By understanding the relationship between electrical load and efficiency, this study is expected to provide insight into optimizing PLTG operations to be more efficient and economical. Recommendations provided include optimal load settings and routine monitoring of power losses to improve the efficiency and reliability of the electricity generation system.

Keywords: generator efficiency, electrical load, gas power plant, power loss

A. Pendahuluan

Menurut Jeremias Leda (2010) Sistem kelistrikan dapat digunakan sebagai penanda pertumbuhan ekonomi. PDB atau Produk Domestik Bruto yang menjadi indikator utama pertumbuhan ekonomi, memiliki keterkaitan yang kuat dengan ketersediaan listrik, sedangkan konsumsi listrik per kapita dalam satuan kWh menunjukkan tingkat industrialisasi yang berhasil dicapai.

Menurut Jeremias Leda (2010) Sistem kelistrikan di Sulawesi Selatan saat ini berbentuk sistem cincin, yang terdiri dari sejumlah pembangkit listrik, gardu induk, dan jaringan transmisi yang terintegrasi dengan tegangan operasi 30 kV, 70 kV, dan 150 kV. PT. PLN Sulawesi Selatan mengelola berbagai pembangkit listrik untuk menjamin pasokan daya listrik yang memadai bagi konsumen.

Menurut Syarifuddin Nojeng (2007) PLTG Tello merupakan pembangkit listrik dengan biaya operasi tertinggi, terutama terkait dengan konsumsi bahan bakar. Idealnya, pengoperasian PLTG ini dilakukan dalam jangka waktu yang sesingkat mungkin, misalnya saat beban puncak atau ketika terjadi kerusakan atau gangguan pada unit pembangkit lainnya (sebagai unit cadangan).

Kebutuhan listrik terus bertambah sejalan dengan kemajuan sektor industri dan peningkatan beban yang disebabkan oleh pertumbuhan jumlah penduduk. Di wilayah Kota Makassar dan sekitarnya, peningkatan kebutuhan listrik mendorong PLN sebagai perwakilan pemerintah untuk mendirikan Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Alsthom dan General Electric (GE) Unit I pada tahun 1983, dengan kapasitas yang terpasang sebesar 14,46 MW. PLTG Alsthom merupakan salah satu pembangkit yang berada di Unit Pembangkitan I Tello PT. PLN (Persero) Wilayah Sulawesi Selatan dan telah beroperasi selama lebih dari 30 tahun. Karena usia yang sudah cukup tua, performa peralatan seperti generator di pembangkit listrik tidak lagi seoptimal saat pertama kali dibangun. Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan kualitas generator, terutama dalam hal efisiensinya.

a. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)

Menurut Sijabat (2010) Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan mesin turbin gas untuk menggerakkan generator. Prinsip kerja turbin gas cukup sederhana, yaitu mengubah energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar menjadi energi mekanik, yang kemudian dikonversi menjadi energi listrik.

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), gas alam biasanya digunakan sebagai bahan baku utama untuk menggerakkan turbin gas dengan tekanan tinggi. Gas tersebut berfungsi untuk memutar turbin, yang kemudian menghasilkan listrik.

PT. PLN Sulawesi Selatan mengelola berbagai pembangkit yang bertujuan untuk menyediakan pasokan listrik bagi para pelanggan. Sistem pembangkit utama di Sulawesi Selatan mencakup fasilitas milik PLN, seperti PLTA Bakar dengan kapasitas 2x63 MW, Tello (D/U/G) dengan kapasitas 132 MW, dan PLTA Bilibili dengan kapasitas 20 MW, serta fasilitas swasta seperti PLTGU Sengkang dengan kapasitas 3x65 MW, PLTG Suppa dengan kapasitas 62 MW, dan PLTD sewa Tello dengan kapasitas 10 MW. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) adalah jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan turbin sebagai penggerak utama dengan gas sebagai fluida kerja. Tidak seperti jenis pembangkit lainnya, turbin gas memiliki desain sederhana yang terdiri dari empat komponen utama: kompresor, ruang bakar, turbin gas, dan generator.

b. Beban Listrik

Menurut Pangestu dkk (2019) Beban listrik merujuk pada segala hal yang ditanggung oleh sistem pembangkit listrik atau semua perangkat yang memerlukan energi listrik. Contoh beban listrik dalam kehidupan sehari-hari meliputi setrika, lampu, televisi, dan kompor listrik.

Dalam suatu sistem, total daya mencakup semua daya aktif dan reaktif yang digunakan oleh peralatan yang memanfaatkan energi listrik. Jadi, untuk penggunaan di rumah tangga, total beban listrik merupakan jumlah keseluruhan daya yang dikonsumsi oleh peralatan listrik yang sedang aktif. Perlu dicatat bahwa peralatan yang dalam keadaan mati tidak memerlukan daya listrik.

Beban listrik juga dikenal sebagai hambatan atau resistansi dalam ilmu listrik, dan dapat dirumuskan menggunakan hukum Ohm:

$$V = I R$$

(1)

Keterangan:

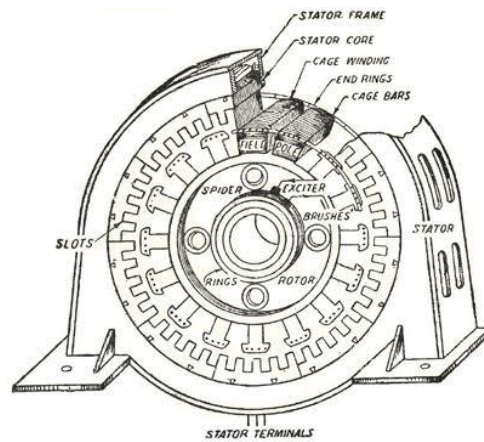
V : Tegangan Listrik (V)

I : Arus Listrik (A)

R : Resistansi (Ω)

c. Generator Sinkron

1. Definisi Generator Sinkron



Gambar 1. Generator Sinkron

Menurut Miftah Farhan (2021) Generator sinkron adalah sebuah tipe generator listrik yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui proses putaran kumparan rotor yang memotong medan elektromagnetik di stator, menghasilkan energi listrik. Disebut generator sinkron karena jumlah putaran rotor sama dengan jumlah putaran medan magnet di stator. Kecepatan sinkron terjadi karena rotor dan kutub magnet berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar di stator. Kumparan medan berada di rotor, sementara kumparan jangkar berada di stator. Induksi elektromagnetik di dalam generator adalah aplikasi nyata dari Hukum Faraday, yang menyatakan bahwa "Jika sebuah penghantar memotong garis gaya medan magnetik (flux) yang konstan, maka pada penghantar tersebut akan muncul tegangan induksi."

2. Prinsip Kerja Generator Sinkron

Menurut Miftah Farhan (2021) Ketika kumparan medan pada rotor dihubungkan dengan sumber eksitasi yang menyuplai arus searah, aliran arus ini akan menghasilkan fluksi dengan besar yang konstan seiring waktu. Penggerak awal (Prime Mover) yang sudah terhubung dengan rotor segera dioperasikan untuk memutar rotor pada kecepatan nominalnya.

Putaran rotor ini juga akan memutar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan. Medan putar yang dihasilkan pada rotor akan diinduksikan pada kumparan jangkar di stator, yang akan menghasilkan fluks magnetik yang besarnya berubah-ubah terhadap waktu.

Pada generator sinkron tiga fasa, digunakan tiga kumparan jangkar yang ditempatkan di stator dalam susunan tertentu. Susunan ini akan menghasilkan tegangan induksi pada ketiga kumparan jangkar yang sama besar namun berbeda fasa 120° satu sama lain. Setelah itu, ketiga terminal kumparan jangkar siap dioperasikan untuk menghasilkan energi listrik.

D.Sistem Eksitasi

Menurut Miftah Farhan (2021) Eksitasi pada generator sinkron adalah proses penguatan medan magnet dengan memberikan arus searah pada belitan medan di rotor. Prinsip elektromagnet menyatakan bahwa ketika kumparan dialiri arus searah, ia akan menjadi magnet dan menghasilkan fluks magnetik. Ketika kumparan medan yang telah diberi arus eksitasi diputar dengan kecepatan tertentu, kumparan jangkar pada stator akan terinduksi oleh fluks magnetik tersebut, menghasilkan tegangan listrik bolak-balik. Besarnya tegangan yang dihasilkan tergantung pada arus eksitasi dan kecepatan rotor. Semakin besar arus eksitasi dan kecepatan rotor, semakin besar tegangan yang dihasilkan oleh generator.

Berdasarkan cara penyaluran arus searah ke rotor generator sinkron, terdapat dua jenis sistem eksitasi:

1. Sistem eksitasi dengan menggunakan sikat (brush excitation), yang meliputi sistem eksitasi konvensional dan eksitasi statis.
2. Sistem eksitasi tanpa menggunakan sikat (brushless excitation), yang menggunakan sistem permanen magnet generator.

d. Rugi-Rugi Daya Generator

Rugi daya adalah jumlah energi listrik yang terbuang sia-sia akibat adanya hambatan pada kumparan medan dan kumparan jangkar generator, yang menghalangi aliran arus saat generator diberi beban. Perhitungan rugi daya mencakup rugi pada belitan jangkar dan belitan medan.

Rugi-rugi Listrik atau Tembaga

1. Rugi Belitan Jangkar

Rugi-rugi ini adalah rugi ohm yang terjadi pada belitan stator, yang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$P_{cu \text{ jangkar}} = 3 \times I_a^2 \times R$$

(2)

Keterangan:

$P_{cu \text{ jangkar}}$ = Rugi belitan jangkar (W)

I_a = Arus jangkar (A)

R = Resistansi (Ω)

2. Kerugian Belitan Medan

Kerugian pada belitan rotor merujuk pada kehilangan energi yang terjadi di dalam kumparan medan, yang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$P_{cu\ median} = I_f^2 \times R \quad (3)$$

Keterangan:

$P_{cu\ median}$ = Rugi belitan medan (W)

I_f = Arus eksitasi (A)

R = Resistansi (Ω)

e. Efisiensi Generator

Menurut Sulasno (2009) Efisiensi dalam sistem kelistrikan adalah perbandingan antara daya masukan dan daya keluaran yang dinyatakan dalam persen (%). Daya masukan dihitung dengan menjumlahkan daya keluaran dan kerugian daya, yang meliputi kerugian tetap (seperti kerugian pada inti besi dan gesekan) serta kerugian variabel (kerugian tembaga pada sikat). Kerugian tembaga ini disebabkan oleh hambatan pada kumparan jangkar dan medan.

Maka efisiensi generator dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut.

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \quad (4)$$

$$\sum P_{rugi} = Rugi\ tanpa\ beban + P_{cu\ jangkar} + P_{cu\ medan} \quad (5)$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (6)$$

$$P_{in} = P_{out} + \sum P_{rugi} \quad (7)$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in} + \sum P_{rugi}} \times 100\% \quad (8)$$

Keterangan:

P = Daya (W)

η = Efisiensi generator

V = Tegangan generator (V)

I = Arus (A)

$\cos \varphi$ = Faktor Daya

B. Metodologi

a. Tempat dan Waktu Penelitian

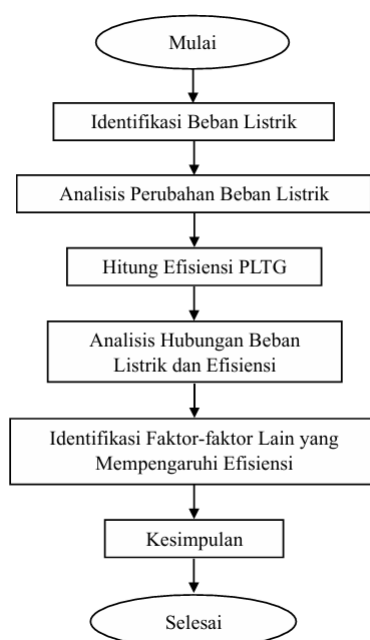
Penelitian ini dilaksanakan di PT. PLN Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Tello Unit PLTG, Jl. Urip Sumoharjo No. Km. 7 Tello Baru, Kecamatan Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Penelitian ini akan dilakukan selama 1 bulan, yaitu pada bulan Januari 2025.

b. Metode penelitian

Penelitian ini mengaplikasikan pendekatan kuantitatif untuk mengukur serta menganalisis beban listrik terhadap efisiensi generator Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) di Unit 1 pada PT. PLN Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Tello.

c. Prosedur Penelitian

Gambar 2. Prosedur Penelitian



C. Hasil dan Pembahasan

a. Spesifikasi Generator Turbin Gas Unit 1

PLTG General Electric, dengan kapasitas 2×45.400 kVA, merupakan salah satu unit pembangkit listrik tenaga gas yang dioperasikan oleh PT. PLN Sektor Tello Makassar. Adapun spesifikasi Generator Turbin Gas Unit 1 PLTG Tello sebagai berikut.

Tabel 1. Spesifikasi Generator Turbin Gas Unit 1

SPESIFIKASI TEKNIS GENERATOR			
GENERATOR NO.		RATING	PEAK CAPABILITY
446X020			
2 POLES 3 PHASE WYE	KVA:	45,400	46,560
CONN 50 HERTZ	ARMATURE		
TOTAL TEMPERATURE AT RATING	AMPS:	2279	2337
GUARANTEED NOT TO EXCEED:	ARMATURE		
125°C ON ARMATURE BY DETECTOR	VOLTS:	11500	11500
120°C ON FIELD BY RESISTANCE	FIELD		
MAXIMUM COLD AIR TEMPERATURE 40°C	AMPS:	756	752
INLET WATER: N/A	EXCITATION		
	VOLTS:	125	125
	POWER		
	FACTOR:	0,8	0,85
	RPM:	3000	3000

Tabel 2. Data Tahanan Generator

Data	Resistansi
Stator	0,165 Ω
Rotor	4,29 Ω

b. Perhitungan Rugi Daya pada generator

Guna melengkapi data, diperlukan logsheet Generator PLTG Unit 1. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan logsheet dari bulan Januari 2025.

Tabel 3. Log Sheet Generator Unit 1 tanggal 20 Januari 2025

Jam	Beban (MW)	Tegangan (kV)	Arus Eksitasi (If)	Cos φ
19.30	20	11,8	0,169	1,0
20.00	20	11,8	0,237	0,99
20.30	20	11,8	0,177	0,99

Tabel 4. Log Sheet Generator Unit 1 tanggal 21 Januari 2025

Jam	Beban (MW)	Tegangan (kV)	Arus Eksitasi (If)	Cos φ
18.30	8	11,8	0,3017	0,97
19.00	18	11,8	0,2093	0,99
19.30	15	11,7	0,1966	0,97
18.30	8	11,8	0,3017	0,97

1. Menghitung I_a (Arus jangkar)

Berdasarkan data dari tabel 2 dan 3, arus jangkar (I_a) pada generator unit 1 dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4)

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi$$

$$I_a = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi}$$

Hasil Perhitungan I_a Senin 20 Januari 2025

Dengan beban 20 MW pada hari Senin 20 Januari 2025 jam 19.30 WITA, diperoleh arus jangkar (I_a) sebagai berikut.

$$I_a = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi}$$

$$I_a = \frac{20 \times 10^6 W}{\sqrt{3} \times 11.800 V \times 1}$$

$$I_a = \frac{20.438 V}{20.438 V}$$

$$I_a = 978,57 A$$

Jadi arus jangkar (I_a) pada pukul 19.30 hari Senin 20 Januari 2025 dengan beban 20 MW adalah 978,57 A.

Untuk hasil perhitungan I_a pada hari Senin 20 Januari 2025 dicantumkan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Arus Jangkar pada Hari Senin 20 Januari 2025

Jam	Tegangan (kV)	Beban (MW)	Arus Eksitasi (kA)	Cos φ	I_a (A)
19.30	11,8	20	0,169	1	978,57
20.00	11,8	20	0,237	0,99	988,48
20.30	11,8	20	0,177	0,99	988,48

Hasil Perhitungan I_a Selasa 21 Januari 2025

Dengan beban 8 MW pada hari Selasa 21 Januari 2025 jam 18.30 WITA, diperoleh arus jangkar (I_a) sebagai berikut.

$$I_a = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi}$$

$$I_a = \frac{8 \times 10^6 W}{\sqrt{3} \times 11.800 V \times 0,97}$$

$$I_a = \frac{8 \times 10^6 W}{19.825 V}$$

$$I_a = 403,53 A$$

Jadi arus jangkar (I_a) pada pukul 18.30 hari Selasa 21 Januari 2025 dengan beban 8 MW adalah 403,53 A.

Untuk hasil perhitungan I_a pada hari Selasa 21 Januari 2025 dicantumkan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Arus Jangkar pada Hari Selasa 21 Januari 2025

Jam	Tegangan (kV)	Beban (MW)	Arus Eksitasi (If)	Cos φ	I_a (A)
18.30	11,8	8	0,302	0,97	403,53
19.00	11,8	18	0,209	0,99	889,64
19.30	11,7	15	0,197	0,97	763,09
20.00	11,8	8	0,186	0,96	407,75

2. Menghitung Efisiensi Generator

Besar efisiensi daya generator sangat dipengaruhi oleh besar daya output generator, daya output yang dihasilkan generator disesuaikan dengan beban yang diberikan. Nilai daya input adalah daya output ditambah dengan rugi daya totalnya. Maka efisiensi generator dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$P_{no-load} = V_f \times I_f$$

$$P_{cu\ jangkar} = 3 \times I_a^2 \times R$$

$$P_{cu\ medan} = I_f^2 \times R_f$$

$$\sum P_{rugi} = P_{no-load} + P_{cu\ jangkar} + P_{cu\ medan}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + \sum P_{rugi}} \times 100\%$$

Hasil Perhitungan Efisiensi Generator Senin 20 Januari 2025

Efisiensi generator pada hari Senin tanggal 20 Januari 2025 jam 19.30 WITA dengan beban 20 MW diperoleh efisiensi sebagai berikut.

$$P_{no-load} = Vf \times If$$

$$= 125 V \times 169 A$$

$$= 21.125 W$$

$$= 21,125 kW$$

$$P_{cu jangkar} = 3 \times Ia^2 \times R$$

$$= 3 \times (978,57)^2 \times 0,165 \Omega$$

$$= 3 \times 957.599,24 A \times 0,165 \Omega$$

$$= 474.011,6 W$$

$$= 474,011 kW$$

$$P_{cu medan} = If^2 \times Rf$$

$$= (169)^2 \times 4,29 \Omega$$

$$= 28.561 A \times 4,29 \Omega$$

$$= 122.526,69 W$$

$$= 122,527 kW$$

$$\sum P_{rugi} = RP_{no-load} + P_{cu jangkar} + P_{cu medan}$$

$$= 21,125 kW + 474,011 kW + 122,527 kW$$

$$= 617,663 kW$$

Efisiensi Generator Beban 20 MW

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + \sum P_{rugi}} \times 100\%$$

$$= \frac{20 \times 10^3 kW}{20 \times 10^3 kW + 617,663 kW} \times 100\%$$

$$= \frac{20 \times 10^3 kW}{20.617,663 kW} \times 100\%$$

$$= 97\%$$

Jadi, efisiensi generator pada pukul 19.30 dengan beban 20 MW adalah 97%.

Hasil perhitungan Efisiensi generator untuk hari Senin 20 Januari 2025 ditampilkan dalam tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Efisiensi Generator Senin 20 Januari 2025

Jam	Tegangan (kV)	Beban (MW)	Arus Eksitasi (If)	Ia (A)	Efisiensi %
19.30	11,8	20	0,169	978,57	97%
20.00	11,8	20	0,237	988,48	96,36%
20.30	11,8	20	0,177	988,48	96,89%

Hasil Perhitungan Efisiensi Generator Selasa 21 Januari 2025

Efisiensi generator pada hari Selasa tanggal 21 Januari 2025 jam 18.30 WITA dengan beban 8 MW diperoleh efisiensi sebagai berikut.

$$P_{no-load} = Vf \times If$$

$$= 125 V \times 302 A$$

$$= 37.750 W$$

$$= 37,75 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} P_{cu \text{ jangkar}} &= 3 \times I_a^2 \times R \\ &= 3 \times (403,53)^2 \times 0,165 \Omega \\ &= 3 \times 162.836,46 \text{ A} \times 0,165 \Omega \\ &= 80.604,05 \text{ W} \\ &= 80,604 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{cu \text{ medan}} &= I_f^2 \times R_f \\ &= (302)^2 \times 4,29 \Omega \\ &= 91.204 \text{ A} \times 4,29 \Omega \\ &= 391.256,16 \text{ W} \\ &= 391,256 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum P_{\text{rugi}} &= P_{\text{no-load}} + P_{cu \text{ jangkar}} + P_{cu \text{ medan}} \\ &= 37,75 \text{ kW} + 80,604 \text{ kW} + 391,256 \text{ kW} \\ &= 509,619 \text{ kW} \end{aligned}$$

Efisiensi Generator Beban 8 MW

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{out}} + \sum P_{\text{rugi}}} \times 100\% \\ &= \frac{8 \times 10^3 \text{ kW}}{8 \times 10^3 \text{ kW} + 509,619 \text{ kW}} \times 100\% \\ &= \frac{8 \times 10^3 \text{ kW}}{8.509,619 \text{ kW}} \times 100\% \\ &= 94,01\% \end{aligned}$$

Jadi, efisiensi generator pada pukul 18.30 dengan beban 8 MW adalah 99,95%.

Hasil perhitungan efisiensi generator pada hari Selasa 21 Januari 2025 ditampilkan dalam tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Efisiensi Generator Selasa 21 Januari 2025

Jam	Tegangan (kV)	Beban (MW)	Arus Eksitasi (If)	Ia (A)	Efisiensi %
18.30	11,8	8	0,302	403,53	94,01%
19.00	11,8	18	0,209	889,64	96,74%
19.30	11,7	15	0,197	763,09	96,90%
20.00	11,8	8	0,186	407,75	96,92%

D. Kesimpulan

- 1) Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai hubungan antara perubahan beban listrik terhadap efisiensi generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) di PT. PLN Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Tello, dapat disimpulkan bahwa efisiensi generator berkisar antara 94,01% hingga 97,00%, dengan rata-rata 96,36%. Efisiensi cenderung lebih tinggi pada beban besar, dengan nilai rata-rata 96,92% untuk beban di atas 15 MW, sementara pada beban menengah (8 – 15 MW) efisiensi berada di angka 96,90%. Sebaliknya, pada beban rendah di bawah 10 MW, efisiensi mengalami penurunan hingga 94,01%, menunjukkan bahwa operasi pada beban rendah kurang optimal karena proporsi rugi daya terhadap daya keluaran semakin besar.
- 2) Untuk meningkatkan efisiensi, pengaturan beban dan sistem eksitasi yang optimal sangat diperlukan guna mengurangi rugi daya. PLN Indonesia Power Unit Tello disarankan untuk mempertahankan pengoperasian generator pada kondisi beban optimal serta melakukan pemantauan berkala terhadap faktor daya, arus eksitasi, dan sistem pendinginan guna menjaga efisiensi pembangkitan listrik. Hasil penelitian ini memberikan wawasan penting bahwa strategi pengaturan beban dan optimasi sistem eksitasi dapat diterapkan untuk mempertahankan efisiensi tinggi dalam jangka panjang.

A. Saran

- 1) PT. PLN Indonesia Power Unit Bisnis Pembangkitan Tello disarankan untuk mengoperasikan generator pada beban optimal guna meminimalkan rugi daya dan meningkatkan efisiensi pembangkitan listrik. Selain itu, pemantauan berkala terhadap rugi daya dan efisiensi generator perlu dilakukan agar kinerja pembangkit tetap optimal.
- 2) Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menganalisis faktor eksternal seperti suhu lingkungan dan tekanan udara yang dapat mempengaruhi efisiensi pembangkitan. Selain itu, studi komparatif dengan unit pembangkit lain serta penggunaan data yang lebih luas dalam periode waktu yang lebih panjang dapat memberikan hasil yang lebih akurat.
- 3) Penulis diharapkan dapat memperdalam pemahaman tentang sistem pembangkitan listrik dan metode peningkatan efisiensi pembangkit. Studi lebih lanjut terkait optimasi pengoperasian generator dalam berbagai kondisi beban serta observasi lebih mendalam dapat dilakukan untuk memperoleh data yang lebih detail dan akurat.

E. Referensi

- Ardiansyah, A., Syahputra, R., & Maimun, M. (2024). Studi Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Efisiensi Generator Sinkron 3 Fasa 2.470 KVA Pada PLTMG di PT. Pertamina Hulu Rokan Field Rantau. *Jurnal TEKTRONIKA*, 8(1), 47. Program Studi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Ashar, S. A. (2024). Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Efisiensi Sistem Turbin Uap Pembangkit Listrik Tenaga Uap PT. Huayue Nickel Cobalt. Laporan Tugas Akhir, Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Bastari, M. F., Daryanto, A., & Haryanti, M. (2021). Otomatisasi Pada Generator 1100 Watt (Genset) Sebagai Energi Alternatif Sumber Daya PLN. *JURNAL TEKNOLOGI INDUSTRI*, 6.
- Fajar, A. (2017). Rancang Bangun Generator Sinkron Axial Flux Permanent Magnet 1500 Watt. *no. Desember*.
- Farhan, M. (2021). Pengaruh Pembebanan Terhadap Arus Eksitasi Generator Unit 2 PLTMH Curug. *Jurnal simetrik*, 11(1), 398-403.
- Hardi, S. (2020). Analisis Kerja Rele Overall Diferensial Pada Generator Dan Transformator PLTG Paya Pasir PT. PLN Persero. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 2(2), 58-65.
- Hutasuhut, A. A. (2024). ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN BEBAN TERHADAP EFISIENSI GENERATOR KAPASITAS 12 MW DENGAN METODE TRIAL AND ERROR DI PT PERMATA HIJAU PALM OLEO BELAWAN. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 6(2), 95-99.
- Jeremias Leda, S. T. (2010). Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) Ujung Pandang.
- Jeri, J., Muh, L., & Sri, H. (2021). *Rancang Bangun Sistem Informasi Akademik GCS Universitas Negeri Makassar Berbasis Android* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Makassar).
- Mirza, D. A. (2019). Pengembangan Generator Listrik Sederhana Sebagai Media Pembelajaran Fisika Pada Materi Induksi Elektromagnetik (Doctoral dissertation, UIN Raden Intan Lampung).
- Muna, Z., Syahputra, R., Fauzan, F., & Julianto, J. (2023). STUDI PERUBAHAN BEBAN TERHADAP RUGI-RUGI DAYA OUTPUT GENERATOR SINKRON TIGA PHASE 20 MW PADA GENERATOR TURBIN GAS UNIT 2 PADA PT PUPUK ISKANDAR MUDA. *Jurnal TEKTRONIKA*, 7(1), 112-117.
- Pangestu, A. D., Ardianto, F., & Alfaresi, B. (2019). Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino Nodemcu Esp8266. *Jurnal Ampere*, 4(1), 187-197.
- Ratu, B. P. (2021). STUDI PERUBAHAN BEBAN LISTRIK TERHADAP EFISIENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS (PLTG) PT. PLN (PERSEREP) WILAYAH SULAWESI SELATAN (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Makassar).
- Refaldi, I., Basir, Y., & Wardhani, D. U. Y. (2021). Analisis Fluktuasi Beban Terhadap Efisiensi Generator Sinkron di PT. PEMBANGKIT LISTRIK PALEMBANG JAYA. *Jurnal Ampere*, 6(2), 91-103.
- SAPUTRA, M. H. (2020). ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOMASSA (PLTBm) MENGGUNAKAN SABUT KELAPA HIBRIDA. *J. Ekon. Vol. 18, Nomor 1 Maret 201*, 2(1), 41-49.
- Sukmana, I. T., Arlenny, & Elvira. (2023). Studi Karakteristik Generator Sinkron Terhadap Perubahan Beban Di PLTG Mobile Power Plant Balai Pungut. *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, 7(2), 74-80.
- Wildani, F., Syarifuddin, S., & Thaha, S. (2021, October). Analisis Efisiensi Generator Pada Unit 1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap 2x25 MW PT. Rekind Daya Mamuju. In *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)* (pp. 63-67).