

Studi Karakteristik Generator Sinkron Terhadap Perubahan Beban Di PLTG Mobile Power Plant Balai Pungut

Iqbal Tara Sukmana¹, Arlenny², Elvira³

Jl. Yos Sudarso Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning Pekanbaru

Email : iqbalsukmana88@gmail.com, arlenny@unilak.ac.id, elviraz@unilak.ac.id

Submitted : 21 Maret 2022

Accepted: 15 Juni 2022*

DOI: 10.31849/sainetin.v7i1.9620

Abstrak

Generator sinkron adalah mesin sinkron pengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang memiliki frekuensi putar rotor sama dengan frekuensi tegangan yang dibangkitkan. Pada generator, energi mekanik didapat dari penggerak mula yang bisa berupa mesin diesel, turbin, baling-baling dan lain-lain. Pada pembangkit-pembangkit besar, salah satu alat konversi yang sering digunakan yaitu generator sinkron 3 fasa. Generator sinkron yang ditinjau adalah generator sinkron pada PLTG Balai Pungut. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa generator sinkron tiga fasa terhadap perubahan beban. Dari hasil analisa data bulan Februari dan Maret dirata-ratakan menjadi 7 hari dan 7 tabel, isi tabel berdasarkan logsheet yaitu Beban, Arus Eksitasi, Tegangan Output. Beban generator yang bersifat fluaktif atau berubah ubah tiap jam nya. Beban terendah di hari senin yaitu 11 MW dan yang tertinggi 24,7 MW, Beban terendah di hari Selasa 15 MW dan yang tertinggi 26,64 MW, Beban terendah di hari Rabu 10,64 MW dan yang tertinggi 24,14 MW, Beban di hari Kamis adalah 14,25 MW hingga yang tertinggi 26,92 MW, Beban hari Jumat 13,02 MW dan 24,02 MW, Beban tertinggi dihari sabtu yaitu 26,82 MW, Beban hari minggu adalah 11,25 MW untuk yang terendah dan 24,82 MW saat beban tertinggi. Efisiensi generator berubah ubah berkisar 75% hingga 86%.

Kata Kunci : Genearator Sinkron, Beban Generator, Efisiensi, Arus Jangkar, Arus Eksitasi, Tegangan Output.

Abstract

An asynchronous generator is a synchronous machine that converts mechanical energy into electrical energy, which has a rotor rotation frequency equal to the frequency of the generated voltage. In generators, mechanical energy is obtained from the prime mover, a diesel engine, turbine, propeller, and others. In large power plants, one of the conversion tools that is often used is a 3-phase synchronous generator. The synchronous generator under review is a synchronous generator at the Balai Pungut PLTG. The purpose of this study is to analyse the three-phase synchronous generator against load changes. From the results of data analysis for February and March, it is averaged to 7 days, and seven tables, the contents of the table based on the log sheet are Load, Excitation Current, Output Voltage. The generator load is fluctuating or changing every hour. The lowest load on Monday is 11 MW, and the highest is 24.7 MW, the lowest load on Tuesday is 15 MW, and the highest is 26.64 MW, the lowest load on Wednesday is 10.64 MW, and the highest is 24.14 MW. Thursday is 14.25 MW to the highest 26.92 MW, Friday's load is 13.02 MW and 24.02 MW, the highest load on Saturday is 26.82 MW, Sunday's load is 11.25 MW for the lowest 24.82 MW at the highest load. Generator efficiency varies from 75% to 86%.

Keywords: Synchronous Generator, Generator Load, Efficiency, Anchor Current, Excitation Current, Output Voltage.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan tenaga listrik setiap hari juga semakin meningkat. Hal ini akan menyebabkan beban yang diterima oleh generator akan berubah-ubah sehingga akan mempengaruhi sistem ketenaga listrikannya sendiri. MPP Balai Pungut adalah

perusahaan yang bergerak pada bidang pembangkit energi listrik MPP Balai Pungut menjalankan sistem pembangkit PLTG (Pembangkit listrik tenaga gas).

Generator merupakan jenis mesin listrik yang digunakan sebagai alat pembangkit energi listrik dengan cara mengkonversikan energi mekanik

menjadi energi listrik. PLTG Balai Pungut Memiliki 3 Generator dengan daya 3x25 MW, Berdasarkan di PLTG Balai Pungut pada bulan Februari dan Maret tahun 2021 dimana perubahan beban yang sangat fluaktif atau berubah ubah dikarenakan permintaan daya yang meningkat Sehingga mempengaruhi kinerja generator sinkron. Dimana dari data bulan Februari generator *shut-down* untuk beberapa jam dan tidak bisa memberikan daya. Perubahan beban yang berubah ubah pada generator TM3 akan mempengaruhi tegangan, efisiensi dan juga arus jangkar generator tersebut. Besarnya perubahan beban pada generator balai pungut harus diketahui lebih dahulu dan disesuaikan dengan kemampuan generator yang akan digunakan sehingga kestabilan kinerja pada generator dapat dicapai. Akibat dari beban yang berlebihan tersebut dapat mempengaruhi penyediaan energi listrik pada pembangkit, sehingga menurunkan kualitas penyediaan listrik untuk pelanggan.

Berdasarkan pembahasan diatas maka penulis tertarik untuk mengkaji kinerja generator sinkron, dengan menganalisa pengaruh perubahan pembebanan generator terhadap karakteristik generator sinkron

2. METODE PENELITIAN.

Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) PT.PLN (Persero) Unit Layanan PLTG Balai Pungut merupakan pembangkit listrik di bawah naungan PT PLN (Persero). PLTG MPP Balai Pungut 3x25 MW memakai 3 generator, data yang digunakan yaitu data logsheet generator TM 3.

Untuk melengkapi data diperlukan data logsheet PLTG, Data penelitian menggunakan data logsheet bulan Februari dan Maret 2021 dan dirata ratakan menjadi 7 hari dan didapat 7 tabel.

Tabel 1. Spesifikasi Generator

Parameter	Spesifikasi
Merk	Brush
Type	Turbo Generator
Tegangan	11,00 kV
Arus	1718 A
Pf	0,9/0,9
Resistansi Rotor	0,00314 Ohm
Power	34,22 kVA
Frequensi	50 Hz
Conection	Y

Untuk menentukan Arus Jangkar pada generator sinkron digunakan persamaan sebagai berikut.

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

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

Menghitung Efisiensi Generator

Untuk menghitung Efisiensi generator sinkron menggunakan persamaan berikut.

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

Dan untuk menentukan Prugi digunakan persamaan berikut.

Diketahui $R_a = 0.00314 \text{ ohm}$

$$Rugi \text{ tanpa beban} = V \times I_f$$

$$P_{cu \text{ jangkar}} RST = s a R = I_a^2 \times R_a =$$

$$f_{asa} = I_a^2 \times R_a =$$

$$f_{asa} T = I_a^2 \times R_a =$$

$$Total P_{cu \text{ jangkar}} = R + S + T$$

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

$$\Sigma Prugi = Rugi \text{ tanpa beban} + P_{cu \text{ jangkar}} + P_{cu \text{ medan}}$$

3. HASIL PEMBAHASAN

Untuk pembahasan menggunakan data log sheet Generator TM 3, tabel yang sudah dirata ratakan menjadi 7 hari dan 7 tabel.

Tabel 1. Log Sheet Generator TM 3

If	Vf	kV	MW
3,23	15,73	11,5	15,16
3,45	15,44	11,6	15,34
3,01	14,45	11,5	14,2
2,82	13,22	11,5	12,58
2,74	13,12	11,5	12,22
3,03	14	11,5	13
5,45	26,12	11,5	20,1
3,43	17,21	11,5	17,3
3,12	15,32	11,5	15,4
5,45	26,81	11,5	20,8
5,45	26,98	11,6	20,8
5,78	27,32	11,7	22,76
6,01	27,89	11,6	24,38
6,03	28,90	11,5	24,62
6,11	28,01	11,6	24,7
5,28	26,90	11,6	22,42
4,88	23,32	11,5	20

3,89	16,45	11,7	16,38
2,22	13,4	11,6	11
5,46	25,55	11,5	23,12
6,12	26,56	11,7	24,64
5,67	26,76	11,6	23,58
3,67	17,89	11,5	18,54
3,56	17,21	11,5	17,66

Menghitung Ia (Arus Jangkar) dan Grafik perbandingan

Berdasarkan data tabel 4.1 sampai 4.7 dan tabel 4.8 sampai 4.14 maka untuk mencari arus jangkar pada generator dapat menggunakan persamaan (2.26).

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

$$Ia = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi}$$

Beban hari Senin jam 00.00 WIB pada beban 15,16 MW diperoleh Ia

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

$$P = 1,73 \times 11,5 \times I \times 0,997$$

$$Ia = \frac{15,16 \text{ MW}}{\sqrt{3} \times 11,5 \times 0,997}$$

$$Ia = 763,388 \text{ A}$$

Beban hari Senin jam 01.00 WIB pada beban 15,34 MW diperoleh Ia sebagai berikut :

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

$$P = 1,73 \times 11,6 \times I \times 0,996$$

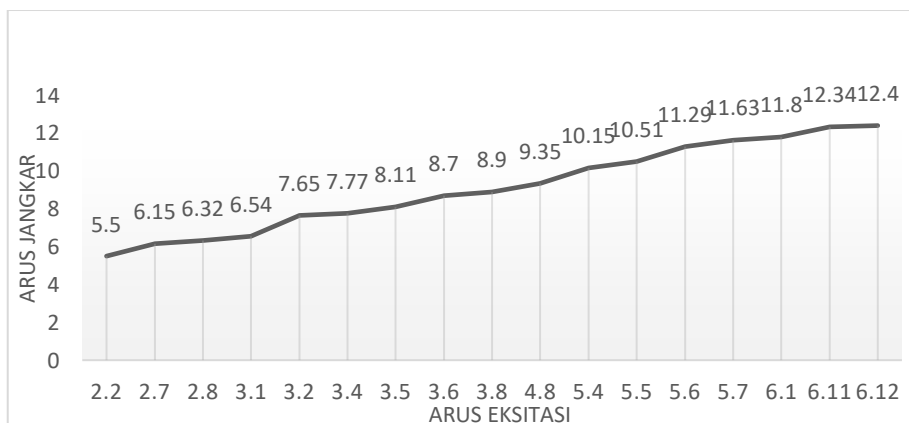
$$Ia = \frac{15,34 \text{ MW}}{\sqrt{3} \times 11,6 \times 0,996}$$

$$Ia = 765,026 \text{ A}$$

Untuk hasil perhitungan Ia dijam berikut dan hari berikut dari hari senin sampai hari minggu, maka didapat hasil Ia dalam tabel 3 dan Gambar 1 menampilkan grafik perubahan arus ekstiasi terhadap arus jangkar.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Arus Jangkar

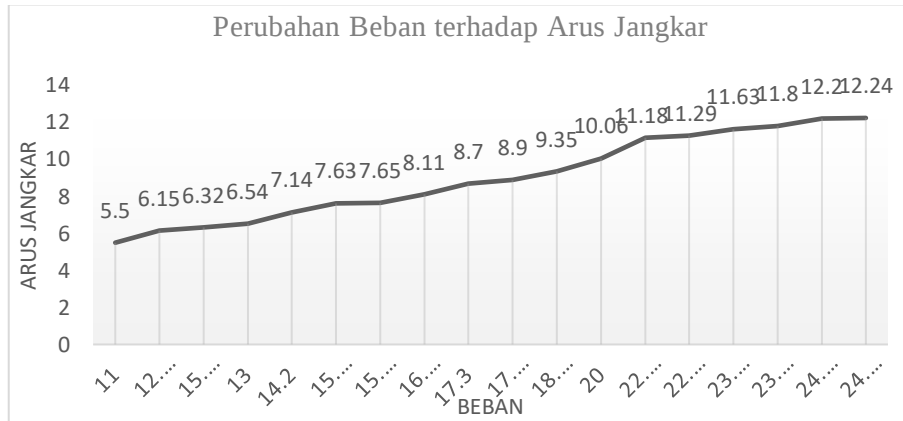
Jam	Tegangan Output (kV)	P (MW)	Arus Eksitasi (If)	Cos ϕ	Ia (A)
00.00	11,5	15,16	3,23	0,997	763,388
01.00	11,6	15,34	3,45	0,996	765,026
02.00	11,5	14,2	3,01	0,997	714,330
03.00	11,5	12,58	2,82	0,996	632,836
04.00	11,5	12,22	2,74	0,997	615,343
05.00	11,5	13	3,03	0,997	654,620
06.00	11,5	20,1	5,45	0,994	1015,199
07.00	11,5	17,3	3,43	0,998	870,276
08.00	11,5	15,4	3,12	0,995	777,032
09.00	11,5	20,8	5,45	0,993	1051,612
10.00	11,6	20,8	5,45	0,993	1042,546
11.00	11,7	22,76	5,78	0,994	1129,898
12.00	11,6	24,38	6,01	0,994	1220,755
13.00	11,5	24,62	6,03	0,994	1243,492
14.00	11,6	24,7	6,11	0,996	1234,295
15.00	11,6	22,42	5,28	0,998	1118,114
16.00	11,5	20	4,88	0,998	1006,099
17.00	11,7	16,38	3,89	0,996	811,536
18.00	11,6	11	2,22	0,994	550,792
19.00	11,5	23,12	5,46	0,998	1163,051
20.00	11,7	24,64	6,12	0,993	1224,461
21.00	11,6	23,58	5,67	0,994	1180,697
22.00	11,5	18,54	3,67	0,995	935,466
23.00	11,5	17,66	3,56	0,996	890,169



Gambar 1. Grafik perubahan arus eksitasi terhadap arus jangkar

Perubahan arus eksitasi terhadap arus jangkar pada hari Senin, Bisa dilihat pada Gambar 1 terdapat grafik perubahan arus jangkar dimana semakin tinggi arus eksitasi maka arus jangkar juga akan naik

Dari hasil perhitungan pada tabel dapat dibuat grafik untuk melihat perbandingan perubahan beban terhadap arus jangkar, grafik untuk melihat perubahan beban terhadap arus jangkar perhari nya, Dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik perubahan beban terhadap arus jangkar

Gambar 2 menunjukkan perubahan beban terhadap arus jangkar, beban 11 MW arus jangkar 550,792 A, saat beban naik maka arus jangkar akan naik hingga beban 24,64 MW arus jangkarnya adalah 1224,461 A. Sementara efisiensi generator sinkron diperoleh dari persamaan berikut.

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

Selanjutnya besar Prugi didapat dengan menggunakan persamaan berikut.

Diketahui $R_a : 0.00314 \text{ ohm}$

$$Rugi \text{ tanpa beban} = V \times If$$

$$Pcu \text{ jangkar } RST = sa R = Ia^2 \times Ra =$$

$$fasa = Ia^2 \times Ra =$$

$$fasa T = Ia^2 \times Ra =$$

$$Total Pcu \text{ jangkar} = R + S + T$$

$$Pcu \text{ medan} = If^2 \times Ra$$

$$\Sigma Prugi = Rugi \text{ tanpa beban} + Pcu \text{ jangkar} + Pcu \text{ medan}$$

Beban hari Senin jam 00.00 WIB pada beban 15,16 MW diperoleh Efisiensi sebagai berikut :

$$Rugi \text{ tanpa beban} = V \times If$$

$$Rugi \text{ tanpa beban} = 11,5 \text{ kV} \times 3,23$$

$$= 37,145 \text{ W}$$

$$Pcu \text{ jangkar fasa} = Ia^2 \times Ra$$

$$= 7,642 \times 0.00314$$

$$= 0.183 \text{ Watt}$$

$$Pcu \text{ jangkar fasa} = Ia^2 \times Ra$$

$$= 7,642 \times 0.00314$$

$$= 0.183 \text{ Watt}$$

$$Pcu \text{ jangkar fasa } T = Ia^2 \times Ra$$

$$= 7,642 \times 0.00314$$

$$= 0.183 \text{ Watt}$$

$$Total Pcu \text{ jangkar} = 0,183 + 0,813 + 0,183$$

$$= 0,549 \text{ W}$$

$$Pcu \text{ medan} = If^2 \times Ra$$

$$= 3,232 \times 0.00314$$

$$= 0.032 \text{ W}$$

$$\Sigma Prugi = Rugi \text{ tanpa beban} + Pcu \text{ jangkar} + Pcu \text{ medan}$$

$$= 37,145 + 0,546 W + 0.032 MW$$

$$= 37,73 W$$

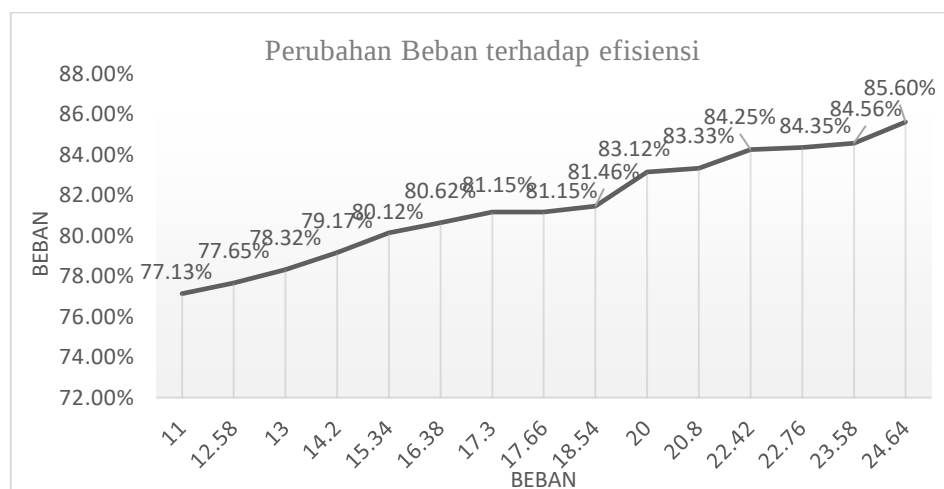
Efisiensi Generator Beban 24.7 MW

$$\eta = \frac{15,16}{15,16 + 3,773} \times 100\% = 80,07 \%$$

Untuk hasil perhitungan Efisiensi di jam berikut dan hari berikut dari hari senin sampai hari minggu, maka didapat hasil Efisiensi dalam tabel 4 dan gambar 3 menampilkan Grafik perubahan beban terhadap efisiensi generator.

Tabel 4. Hasil perhitungan efisiensi generator

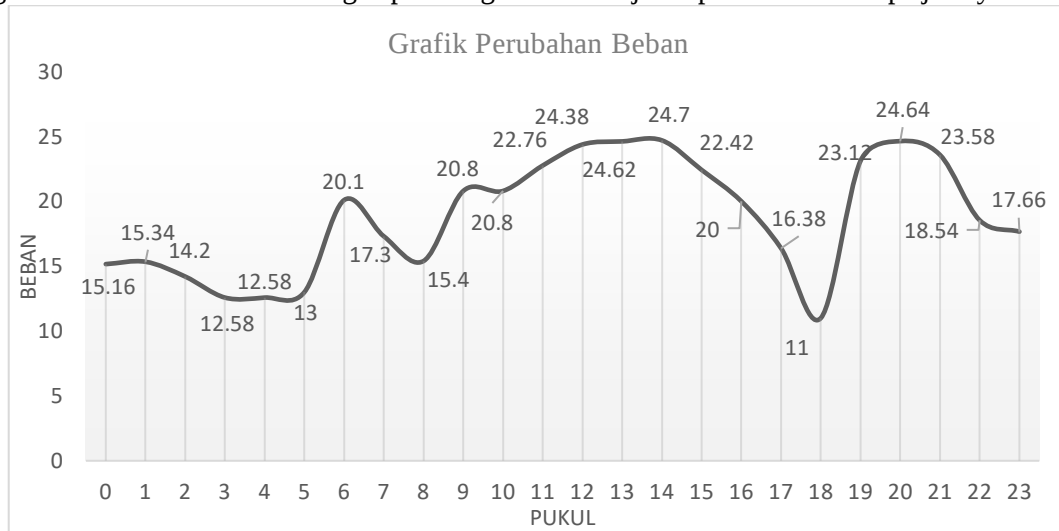
Jam	Tegangan Output (kV)	P (MW)	Arus Eksitasi (If)	Ia (A)	Efisiensi %
00.00	11,5	15,16	3,23	763,388	80,07 %
01.00	11,6	15,34	3,45	765,026	80,12 %
02.00	11,5	14,2	3,01	714,330	79,17 %
03.00	11,5	12,58	2,82	632,836	77,65 %
04.00	11,5	12,22	2,74	615,343	77,47 %
05.00	11,5	13	3,03	654,620	78,32 %
06.00	11,5	20,1	5,45	1015,199	83,16 %
07.00	11,5	17,3	3,43	870,276	81,15 %
08.00	11,5	15,4	3,12	777,032	80,09 %
09.00	11,5	20,8	5,45	1051,612	83,33 %
10.00	11,6	20,8	5,45	1042,546	83,27 %
11.00	11,7	22,76	5,78	1129,898	84,35 %
12.00	11,6	24,38	6,01	1220,755	86,13 %
13.00	11,5	24,62	6,03	1243,492	86,22 %
14.00	11,6	24,7	6,11	1234,295	85,11 %
15.00	11,6	22,42	5,28	1118,114	84,25 %
16.00	11,5	20	4,88	1006,099	83,12 %
17.00	11,7	16,38	3,89	811,536	80,62 %
18.00	11,6	11	2,22	550,792	77,13 %
19.00	11,5	23,12	5,46	1163,051	83,25 %
20.00	11,7	24,64	6,12	1224,461	85,60 %
21.00	11,6	23,58	5,67	1180,697	83,56 %
22.00	11,5	18,54	3,67	935,466	81,46 %
23.00	11,5	17,66	3,56	890,169	81,15 %



Gambar 3. Grafik perubahan beban terhadap efisiensi

Hasil perhitungan efisiensi *boiler* yang terlihat pada grafik maka dapat disimpulkan bahwa bahan bakar *co-firing* dapat meningkatkan nilai efisiensi *boiler* dan terjadi peningkatan efisiensi *boiler* 0,12 % dengan metoda *Direct Method* dengan perhitungan

mathcad dan simulasi, Sedangkan Dari hasil tabel di atas dapat dibuat grafik untuk melihat perbandingan perubahan beban generator per jam nya dan melihat penaikan dan penurunan beban generator. Gambar 4 menunjukkan perubahan beban perjamnya .



Gambar 4 Grafik perubahan beban.

Beban Generator unit 3 bersifat sangat flukatif. Grafik di atas menunjukkan perubahan beban tiap jam nya pada hari Senin, Proses terjadinya penaikan dan penurunan beban disebabkan karena permintaan energi listrik yang di atur oleh PT.PLN. Beban terendah adalah 11 MW yang mana saat jam 18.00 WIB dan beban tertinggi adalah 24,64 di jam 20.00 WIB.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Data bulan Februari dan Maret dirata ratakan menjadi 7 hari dan di dapat 7 tabel, yang mana terdapat data Beban, Arus Eksitasi, Tegangan Output, Tegangan Eksitasi. Beban perhari generator unit 3 PLTG Balai Pungut bersifat sangat flukatif atau berubah ubah tiap jam nya.
2. Tegangan Output Generator berkisar 11,5 kV hingga 11,7 kV
3. Arus jangkar pada generator ber ubah ubah ,dalam grafik di bab 4 terdapat perbandingan yaitu Grafik perubahan arus eksitasi terhadap arus jangkar yang mana semakin tinggi arus eksitasi maka arus jangkar akan naik, Grafik perubahan beban dari terendah hingga yang tertinggi.
4. Perubahan beban generator unit 3 mempengaruhi efisiensi generator pada hari senin sampai minggu. Yang mana Efisiensi generator unit 3

berkisar 75% sampai 85%. *Bed Temperature* turun 4 °C dan *Coal flow*

Saran

1. Dalam pengoperasian generator sinkron harus memperhatikan parameter parameternya agar tidak melebihi kemampuan dari generator tersebut, untuk menjaga kestabilan generator dan generator dapat tahan lama pemakaiannya.
2. Batas maksimum beban generator senantiasa juga perlu diperhatikan dalam rangka pemeliharaan generator.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Annisa, 2019, Analisa perubahan beban terhadap karakteristik generator sinkron. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro* Vol.1, No.1, Juni 2019 P-ISSN :2685-4341, Universitas Muhammadiyah Purwokerto..
- [2] Bandri, Sepannur, 2013, "Analisa Pengaruh Perubahan Beban Terhadap Sinkron, Karakteristik Generator". (Aplikasi PLTG Pauh Limo Padang)". Januari, Padang. *Jurnal Teknik Elektro* Volume 2, No. 1, Januari 2013
- [3] Catur, Risky, 2017, "Analytical Studies of the Excitation System of Synchronous Generator

- in Steam Power Plant Unit 3 and 4 at PJB UP Gresik” Journal of Electrical Technology UMY (JET-UMY), Vol. 1, No. 3, September 2017 ISSN 2550-1186, e-ISSN 2580-6823
- [4] Muharrir, Ibnu Hajar, “*Analisis Pengaruh Beban Terhadap Efisiensi Generator Unit 2 PLTP PT. Indonesia Power UPJP Kamojang*” Vol. 8, No. 2, Oktober 2019, P-ISSN 2089-1245, E-ISSN 2655-4925.
- [5] Rendy Abdullah, “Studi PLTG unit 2 pusat listrik Balai Pungut sebagai Black Start saat kehilangan tegangan pada sistem 150 kV”. Vol. 2 No. 1, Desember 2017 ISSN 2548-6888 print, ISSN 2548-9445 , Universitas Lancang Kuning.
- [6] Stephen J chapman, Electric machinery fundamentals, Fourth edition, mc grawil companies, ISBN 0–07- 246523–9 Australia.
- [7] Supari Muslim, “Teknik pembangkit Tenaga Listrik” Jilid 1 tahun 2008, ISBN : 978-979-060-097-3 ISBN : 978-979-060-098-0.
- [8] Yon Rijono, 1997, “*Dasar Teknik Tenaga Listrik, Edisi Revisi*”, Yogyakarta, Andi, 1997.
- [9] Zuhail, 2000, “*Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*”, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2000