

Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Kinerja Generator Alsthom Di PLTG Teluk Lembu

Ivan Erick Ricardo Gurning¹, Usaha Situmeang², Monice³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning Pekanbaru
Jl. Yos Sudarso Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324
Email: ivanerickricardo23@gmail.com, usaha@unilak.ac.id, monice@unilak.ac.id

Abstrak

Kinerja generator sinkron merupakan Generator yang digerakan oleh penggerakan relative medan magnet homogen dengan kumparan jangkar terhadap generator sehingga dapat menghasilkan tegangan listrik. Untuk mengubah energy mekanik menjadi energy listrik maka dapat menggunakan Generator sinkron dengan perantara induksi medan magnet. Frekuensi generator merupakan kecepatan perputaran generator sinkron akan terdiri atas rangkaian electro magnet dengan suplai arus DC untuk membentuk medan magnet pada rotor. Rugi daya atau susut daya listrik adalah daya yang hilang dalam transmisi daya listrik utama ke beban, hal ini proses transmisi dan distribusi tenaga listrik yang dialami rugi-rugi pada saluran dan juga rugi-rugi pada transformator. Berdasarkan hasil perhitungan manual dapat hasil nilai efisiensi tertinggi sebesar 97,85 % dan nilai terendah sebesar 95,71 %. Nilai rugi-rugi daya tertinggi sebesar 4,285 % dan nilai terendah sebesar 2,142 %. Nilai frekuensi tertinggi sebesar 85,86 Hz, dan nilai terendah 85,16 Hz. Nilai drop tegangan tertinggi sebesar 171,61 Volt dan terendah sebesar 168,14 Volt. Nilai eksitasi tertinggi sebesar 15,56 Mw dan terendah sebesar 13,11 Mw.

Kata Kunci : Pembebanan, Kinerja Generator Sinkron.

Abstract

The performance of a synchronous generator is a generator driven by the relative movement of a homogeneous magnetic field with the armature coil relative to the generator so that it can generate electrical voltage. To convert mechanical energy into electrical energy, a synchronous generator can be used with magnetic field induction as an intermediary. The frequency of the generator is the rotational speed of the synchronous generator, which consists of a series of electromagnets with a DC current supply to form a magnetic field on the rotor. Power loss or electrical power loss is the power lost during the transmission of electrical power from the main source to the load. This process involves losses in the transmission and distribution of electrical power, including losses in the transmission lines and losses in the transformers. Based on manual calculations, the highest efficiency value is 97.85%, and the lowest is 95.71%. The highest power loss value is 4.285%, and the lowest is 2.142%. The highest frequency value is 85.86 Hz, and the lowest is 85.16 Hz. The highest voltage drop value is 171.61 Volts, and the lowest is 168.14 Volts. The highest excitation value is 15.56 MW, and the lowest is 13.11 MW.

Keywords : Performance, Cooling Fan, Temperature, Generator.

1. PENDAHULUAN

Generator merupakan sumber energi listrik utama di Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), karena sumber ini digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Penanganan generator selama operasi PLTG sangat berpengaruh terhadap ketersediaan energi listrik. Dengan diperkenalkannya, generator sinkron telah menyediakan koneksi penting bagi industri untuk

mengubah energi dari sumber seperti batubara, udara, cerpelai, dan gas menjadi bentuk yang berguna dan mudah digunakan seperti listrik untuk digunakan di pabrik dan rumah.

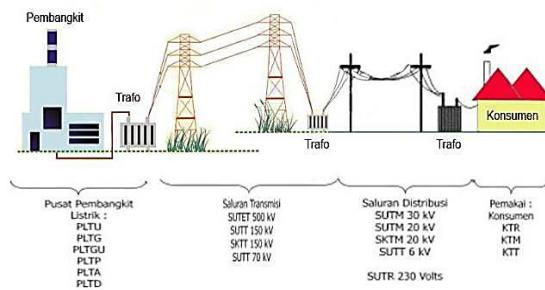
Isu dan perhatian utama di PT. PLN (Persero) adalah bagaimana memberikan layanan ketenagalistrikan yang berkualitas tinggi, berkelanjutan, genggam, dan sangat efektif. Ini adalah masalah krusial yang perlu ditangani jika PT. PLN

(Persero) menjadi organisasi kelas dunia. Hal ini sejalan dengan maksud dan tujuan PT. PLN (Persero), yang berupaya meningkatkan persepsi publik terhadap bisnis dengan menekankan metrik kinerja yang sesuai untuk masing-masing dari delapan parameter yang relevan.

2. METODE PENELITIAN.

Pusat Pembangkit Listrik (Power Plant).

Energi listrik pertama kali dibangkitkan di lokasi yang dikenal sebagai "pusat pembangkit listrik", di mana terdapat "Prime Mover" dan generator yang menghasilkan listrik dengan mengubah tenaga turbin. Pembangkit listrik juga memiliki gardu induk, biasanya dipusat. Transformator, yang mengubah generator tegangan (11,5 kV) menjadi transmisi tegangan atau tegangan tinggi (150 kV), serta peralatan pengaman dan pengatur, termasuk di antara komponen utama gardu induk.



Gambar 1 Sistem Tenaga Listrik Energi.

Transmisi Tenaga Listrik

Transmisi Tenaga Listrik adalah prosedur pendistribusian Tenaga Listrik dari pembangkit listrik kemudian distributor sehingga pada akhirnya dapat diterapkan ke pengguna Listrik.

Generator

Generator sinkron (alternator) adalah alat listrik yang digunakan untuk mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik dengan bantuan medan magnet. Generator disebut sinkron karena jumlah magnet permanen pada stator dan rotor adalah sama. Kecepatan sinkron arus diperoleh dari kecepatan magnet rotor yaitu putar dan kecepatan putar medan stator. Karena ketidakmampuan rotor untuk secara akurat memprediksi kecepatan medan putar selama waktu ketika pujian sedang berkomunikasi dengan jala-jala, mesin yang bersangkutan tidak dapat diluncurkan sendiri.



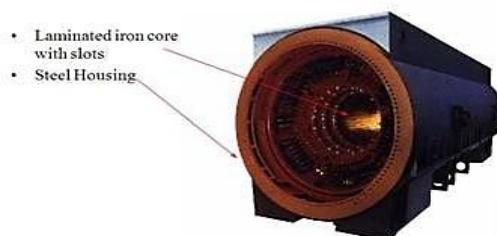
Gambar 2 Generator Sinkron

Generator sinkron mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Penggerak utama adalah satu-satunya komponen energi mekanik yang dimaksud, apakah itu mesin diesel, turbin, turbin gas, turbin untuk udara, atau jenis turbin lainnya. Oleh karena itu, generator sinkron juga disebut sebagai generator arus bolak-balik. Keluaran generator adalah bolak-balik (AC).

Bagian-bagian Generator Sinkron

Berikut adalah bagian-bagian dari generator sinkron :

Stator : Stator generator berfungsi sebagai lokasi untuk menerima induktur magnet dari rotor. Arus Bolak-balik (AC) yang mengalir dari sumber ke tujuan dibuang melalui armatur; komponen tersebut terdiri dari sejumlah silinder yang cukup besar dengan jumlah konduktor kawat yang signifikan. Stator selamat diam (tidak bergerak).



Gambar 3 Stator generator.

Stator sinkron terbuat dari bahan feromagnetik yang dilaminasi untuk digunakan dalam mengurangi rugi-rugi arus pulsar. Induksi feromagnetik yang baik menyiratkan permeabilitas dan ketahanan logam transisi. Kantung diam (stator) terdiri dari beberapa kantung yang berbeda, khususnya:

a. Inti Stator.

Bentuk pada inti stator ini sesuatu cincin laminasi-laminasi yang disatukan dengan serapat mungkin agar dapat meminimalkan rugi-rugi eddy (*Eddy Current Losses*). Ada slot pada saluran masuk ini untuk mendeteksi konduktor dan

mengatur busur magnet. Inti stator terbuat dari lempengan baja typeis dan diisolasi dari benda lain untuk mencegah masuknya arus pusar dan panas.



Gambar 4 Inti stator.

b. Belitan Stator.

Dasar stator terdiri dari beberapa batang konduktor yang terdapat pada slot-slot dan kumparan ujung. Masing-masing slot dihubungkan satu sama lain untuk menerima tegangan induksi



Gambar 5 Belitan Stator.

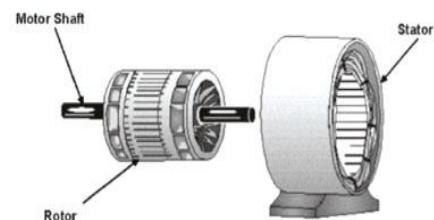
c. Alur Stator.

Alur Stator Ini adalah kompartemen stator yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan stator belitans.

d. Rumah Stator.

Basis stator standar terbuat dari besi tuang berlapis silinder. Dinding rumah stator memiliki sirip-sirip yang biasanya digunakan sebagai alat bantu dalam proses pendingin.

Rotor : Rotor merupakan bagian yang terdapat pada generator dimana rotor ini akan menggerakan secara berputar (celah udara). Rotor berfungsi untuk melumasi magnet metana, yang kemudian dilepas dan dihubungkan ke stator dengan tegangan.



Gambar 6 Rotor generator.

a. *Slip Ring.*

Slip ring adalah cincin logam yang mengikat kutub rotor tetapi dibungkam oleh isolator arus. Selain itu, terminal rotor dihubungkan ke slip ring dengan sikat yang ditekan dengan lesu pada slip ring..

b. Kumparan Rotor (kumparan medan).

Bilah rotor merupakan elemen yang menganut prinsip dasar dalam menghasilkan magnet medan. Proses ini berisi arus searah dari pelaksanaan sumber yang relevan..

c. Poros Rotor

Poros rotor adalah lokasi untuk memasukan kumparan medan. Pada poros rotor akan membentuk slot secara berurutan pada poros rotor.

Rugi-rugi Daya Pada Generator

Rugi daya atau yang disebut juga sebagai susut daya listrik adalah hilangnya sebuah daya listrik pada proses pendistribusian daya listrik. Penyusutan ini biasanya terjadi dari sumber daya listrik utama ke suatu beban pada proses transmisi dan distribusi tenaga listrik.

$$\text{Daya Losses} = \frac{\text{Daya Input} - \text{Daya Output}}{\text{Daya Input}} \times 100 \% \quad (1)$$

Berikut ada 3 bagian dari rugi-rugi daya generator :

a. Rugi Listrik

Rugi listrik disebut rugi tembaga, yang terbuat dari armatur dan medan kumparan. Rugi-rugi tembaga ada di setiap belitan pada mesin, dan kekuatannya ditentukan oleh titik leleh 75°C lilitan DC serta pengaruhnya terhadap fluks dan frekuensi operasionalnya.

b. Rugi Besi

Rugi besi dapat disebut sebagai jenis yang dua komponen yakni histerisis dan rugi arus pusar atau pusaran arus yang timbul akibat modifikasi kerapatan fluks pada besi mesin hanya dengan lilitan primer yang disuplai oleh generator sinkron. Meskipun pembentukan pulsa fluks yang berasal dari mulut celah kemungkinan dapat

mengakibatkan rugi pada besi medan juga, khususnya pada sepatu kutub atau permukaan besi medan, rugi tersebut disebabkan oleh besi armatur.

c. Rugi Mekanik

Rugi mekanik terdiri dari:

- 1) Rugi gesek merupakan rugi yang diakibatkan adanya gesekan antara sikat dengan sumbu. Untuk mengukur rugi gesek dapat dilakukan dengan cara menentukan inputan pada alat yang bekerja pada kecepatan awal tanpa diberikan beban.
- 2) Rugi angin terjadi akibat adanya rongga udara pada bagian rotor serta stator. Pada umumnya besaran rugi ini terjadi sekitar 10-20% dari semua beban penuh

Efisiensi Generator

Bila kecepatan putaran rotor meningkat maka daya yang dihasilkan generator akan meningkat pula, oleh karena itu putaran generator harus disesuaikan dengan output daya yang dibutuhkan. Untuk menghitung efisiensi generator adalah dengan membandingkan daya keluaran generator dan daya masukan generator, dimana daya masukan generator sama dengan daya yang dihasilkan turbin.

Efisiensi generator merupakan perbandingan antara daya keluaran atau daya yang dibangkitkan generator dengan daya masukan generator. Daya masukan generator sama dengan gaya yang dihasilkan oleh turbin karena turbin dengan generator dikopel dan bekerja bersama

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100 \quad (2)$$

Frekuensi Pada Generator Sinkron

Kecepatan perputaran generator sinkron akan mempengaruhi frekuensi listrik yang dihasilkan generator. Rotor generator sinkron terdiri atas rangkaian elektromagnet dengan suplai arus dc untuk membentuk medan magnet pada rotor. Medan magnet rotor ini bergerak pada searah putaran rotor. Hubungan antara kecepatan putar medan magnet pada rotor dengan frekuensi listrik pada stator.

$$f = \frac{N \times P}{120} \quad (3)$$

Eksitasi Pada Generator Sinkron

Eksitasi pada generator sinkron adalah pemberian arus searah pada belitan medan yang terdapat pada rotor sesuai dengan prinsip elektromagnet, apabila suatu konduktor yang berupa kumparan yang dialiri listrik arus searah

maka kumparan tersebut akan menjadi magnet sehingga akan menghasilkan fluks-fluks magnet.

Apabila kumparan medan yang telah diberi arus eksitasi diputar dengan kecepatan tertentu, maka kumparan jangkar yang terdapat pada stator akan terinduksi oleh fluks-fluks magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan sehingga akan menghasilkan tegangan bolak-balik generator.

$$P_{\text{total}} = P_{\text{beban}} = (\sum I_{\text{beban}}) \cdot (\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi) \quad (4)$$

$$\sum I_{\text{beban}} = \frac{P_{\text{beban}}}{(\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi)} \quad (5)$$

Drop Tegangan Generator

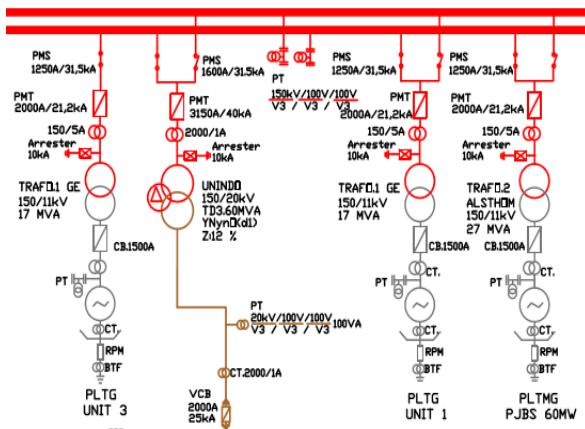
Drop tegangan merupakan besar nya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Besar nya drop tegangan dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. PT PLN (Persero) mengatur standar drop tegangan dalam SPLN No.72 Tahun 1987 yaitu turun tegangan yang di perbolehkan pada JTM adalah 2 % dari tegangan kerjauntuk sistem Spindle/gugus dan 5 % dari tegangan kerja untuk sistem radial diatas tanah dan sistem simpul tergantung kepadatan beban.

$$vr = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times L \times l \times \cos \vartheta}{A} \quad (6)$$

3. HASIL PEMBAHASAN

Sistem Kelistrikan Unit Layanan PLTG Teluk Lembu

ULPLTG Teluk Lembu Mempunyai 2 Pembangkit PLTG yang masih beroperasi dengan kapasitas daya terpasang $2 \times 14 \text{ MW}$

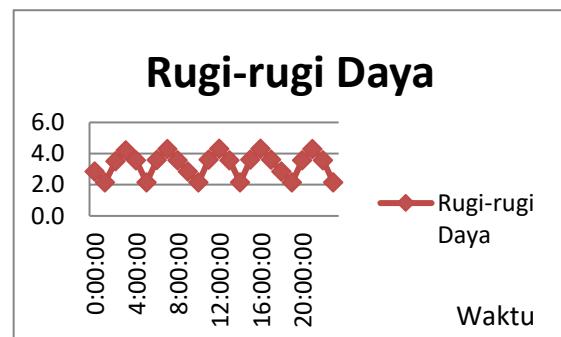


Gambar 6 Single Line Diagram Sistem Kelistrikan ULPLTG Teluk Lembu.

Tabel 1 Data Pembangkit

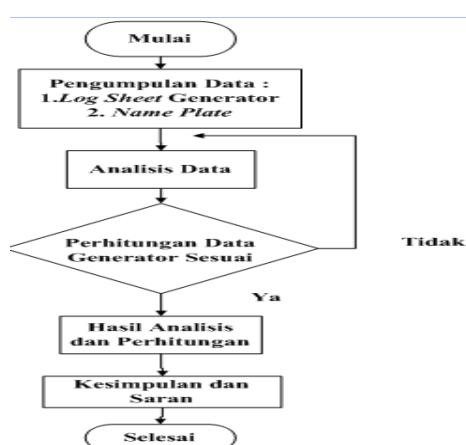
N o	Pembangki t	Type	Daya Tersapan g (MW)	Daya Mamp u (MW)
1.	PLTG#2	Alsthom	14	13,8
2.	PLTG#3	General Electric	15	14,5

$$\text{Daya Losses} = \frac{14 - 13,6}{14} \times 100 \% \\ = 2,857 \%$$



Tabel 2 Data Exciter Generator Gas Unit *Alsthom*
 PLTG Teluk Lembu

Protection	PG 5341 P
Type	Alsthom
Output	25,125 kVA
Rated speed	300 rpm
Frequency	50 Hz
Voltage	11.000 volt
Field Voltage	65 volt
Insulation Class	B
Cooling	udara



Gambar 7 Diagram Penelitian

Perhitungan Rugi-rugi Daya Generator

Menghitung nilai rugi-rugi generator dengan nilai daya yang masuk dengan nilai daya keluarannya. Berikut ini adalah persamaan untuk menghitung nilai rugi-rugi generator berdasarkan Persamaan 2.4:

$$\text{Daya Losses} = \frac{\text{Daya Input} - \text{Daya Output}}{\text{Daya Input}} \times 100 \%$$

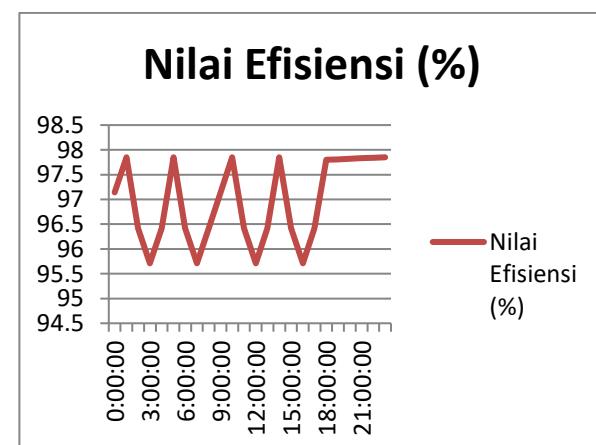
Gambar 8 Grafik Nilai Rugi-rugi Daya Generator Pada 19 April 2020.

Dari Gambar 7 grafik terlihat nilai rugi-rugi daya tertinggi pada tanggal 19 April 2020 jam 03.00 wib, 07.00 wib, 12.00 wib, 16.00 wib, dan 21.00 wib. Dengan nilai 4,285 %, sedangkan nilai terendah adalah 2,142 % pada jam 01.00 wib, 05.00 wib, 10.00 wib, 14.00 wib, dan 19.00 wib.

Perhitungan Nilai Efisiensi Generator *Alsthom*

Menghitung nilai efisiensi generator adalah dengan menghitung nilai daya keluaran dengan nilai daya masuk nya. Berikut ini adalah hasil perhitungan efisiensi generator berdasarkan dengan Persamaan 2.3:

$$\eta = \frac{P_{\text{Output}}}{P_{\text{Input}}} \times 100 \% \\ = \frac{13,6}{14} \times 100 \% \\ = 97,14 \%$$



Gambar 9 Grafik Nilai Efisiensi Generator

19 April 2020.

= 0,293 Ampere

Dari Gambar 9 grafik terlihat nilai efisiensi tertinggi pada tanggal 19 April 2020 jam 01.00 wib, 05.00 wib, 10.00 wib, 14.00 wib, 19.00 wib, dan 23.00 wib dengan nilai 97,85 %. Sedangkan nilai terendah adalah 95,71 % pada jam 03.00 wib, 07.00 wib, 10.00 wib, 12.00 wib, 16.00 wib, dan 21.00 wib.

Perhitungan Nilai Drop Tegangan

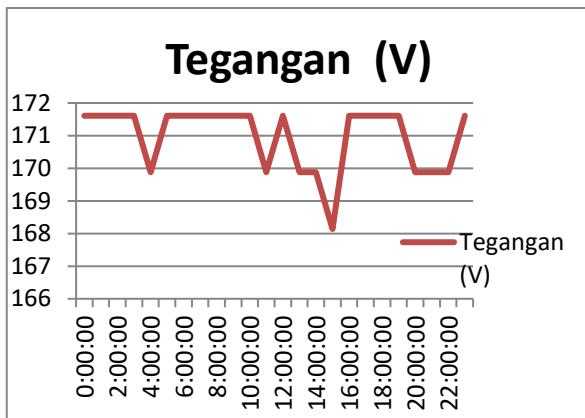
Berikut ini adalah hasil hitungan drop tegangan berdasarkan Persamaan 2.1:

$$vr = \frac{\sqrt{3} \times \rho \times L \times l \times \cos \varphi}{A}$$

$$vr = \frac{\left(1,732 \times 0,0000000172 \text{ Ohm} \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \right)}{x 400 \text{ M} \times 1382 \text{ A} \times 0,99}$$

$$vr = \frac{0,0163034517888}{0,000095 \text{ m}^2}$$

$$= 171,61 \text{ Volt}$$



Gambar 10 Grafik Drop Tegangan.

Dari Gambar 10 drop tegangan terendah terjadi pada jam 15.00 wib sebesar 168,14 Volt.

Perhitungan Nilai Eksitasi Generator Dengan Beban

Berikut ini adalah hasil hitungan nilai eksitasi berdasarkan Persamaan 2.2.

$$P_{total} = P_{beban} = (\Sigma I_{beban}) \cdot (\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi)$$

$$\Sigma I_{beban} = \frac{P_{Total}}{(\sqrt{3} \cdot V_C \cdot \cos \varphi)}$$

$$= \frac{13,6}{(\sqrt{3} \times 27 \times 0,99)}$$

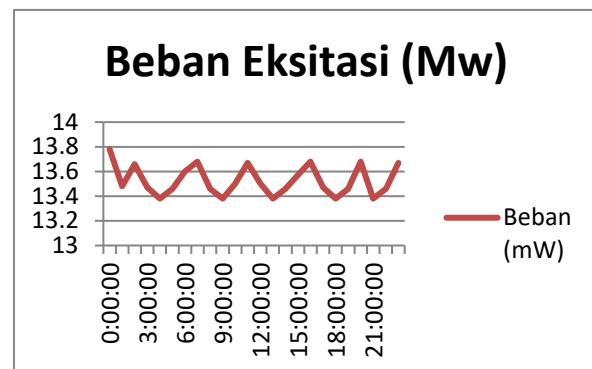
$$= \frac{13,6 \text{ kW}}{46,29 \text{ kV}}$$

Sehingga beban yang dipikul generator adalah :

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_{beban} \cdot \cos \varphi$$

$$= \sqrt{3} \times 27 \times 0,293 \times 0,99$$

$$= 13,57 \text{ MW}$$



Gambar. 11 Grafik Eksitasi Berbeban Pada 19 April 2020.

Dari Gambar 11 grafik eksitasi berbeban pada 19 April 2020 terdapat nilai beban nya paling tinggi pada waktu 02.00 wib dan 23.00 wib sebesar 15,64 MW dan 15,56 MW. Sedangkan Pada beban terendah nya pada waktu 03.00 wib, 07.00 wib, 12.00 wib, 16.00 wib dan 21.00 wib 15.00 wib sebesar 23,38 MW dan 13,11 MW.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Nilai pada ULPLTG Teluk Lembu besar beban yang terpakai pada tanggal 19 April 2020 nilai tertinggi 4,285 % dan nilai terendah 2,285 % dan tanggal 08 Juli 2021 nilai tertinggi 4,285 %, dan nilai terendah 2,285 %.
- Nilai efisiensi generator juga dipengaruhi oleh rugi daya beban yang terpakai, pada PLTG Teluk Lembu besarnya rugi daya pada tanggal 19 April 2020 nilai tertinggi 97,85 % dan nilai terendah 95,71 %, dan pada tanggal 08 Juli 2021 sebesar 97,85 %, dan nilai terendah 95,71 %.
- Dari hasil perhitungan data pembebanan pada kinerja generator *alsthom* merupakan hasil rugi-rugi daya generator pada tanggal 19 April 2020 nilai tertinggi 4,285 % dan nilai terendah 2,285 %. Pada tanggal 08 Juli 2021 nilai tertinggi 4,285 %, dan nilai terendah 2,285 %. Nilai perhitungan efisiensi generator pada

tanggal 19 April 2020 nilai tertinggi 97,85 % dan nilai terendah 95,71 %, dan pada tanggal 08 Juli 2021 sebesar 97,85 %, dan nilai terendah 95,71 %. Nilai hasil perhitungan frekuensi pada tanggal 19 April 2020 nilai tertinggi 85,86 Hz, dan nilai terendah 85,16 Hz, pada tanggal 08 Juli 2021 nilai tertinggi 85,8 Hz, dan nilai terendah 85,18 Hz. Nilai perhitungan eksitasi berbeban pada tanggal 19 April 2020 pada nilai tertinggi 13,69 Mw dan nilai terendah 13,11 Mw, dan pada tanggal 08 Juli 2021 pada nilai tertinggi 13,78 Mw dan nilai terendah 13,38 Mw.

Saran

Adapun saran dari penulis sebagai pengembangan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pengecekan dan perawatan generator dan *exciter* yaitu dengan cara pembersihan dan pelumasan agar tidak terjadi panas yang berlebihan dan dengan cara pemeliharaan sistem pendingin (*cooling system*) untuk mengurangi pengeluaran gas buang, agar terjaga nya kontinuitas pelayanan listrik sehingga meningkatkan efisiensi generator.
2. Diperlukan pemeliharaan yang berlanjut dan terjadwal untuk setiap unit Generator *Alsthom* di PLTG Teluk Lembu agar komponen-komponen di pembangkit tetap terjaga dengan baik, sehingga pasokan listrik tetap terpenuhi bagi masyarakat

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aji Fitriyan Hidayat, 2017, *Prinsip Kerja Generator Sinkron*, Edukasikini.com,
- [2] Berahim, Hamzah, 1994, *Pengantar Teknik Listrik*, Yogyakarta: Andi Offset.
- [3] Binus, 2014, *Bab 2 Landasan Teori 2.1 Sistem Tenaga Listrik 2.1.1 Pengertian Sistem Tenaga Listrik*.
- [4] Cahyanto dan Djoko, 1997, *Mesin-Mesin Listrik (Edisi keempat)*, Jakarta: Erlangga.
- [5] C. Lister Eugene, 1993, *Mesin dan Rangkaian Listrik, Edisi Keenam*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [6] Elias K.Bawan, 2012, *Dampak Pemasangan Distributed Generation terhadap rugi-rugi daya*, Jakarta: Erlangga.
- [7] Kadir dan Abdul, 2010, *Pembangkit Tenaga Listrik (Edisi Revisi)*, Jakarta : UI Press.
- [8] Muhammad Syukrillah, 2019, *Analisis Perhitungan Efisiensi Energi Sistem pembangkit Listrik Tenaga Bio Massa (PLTBM) PT. Harjohn Timber Kubu Raya*,

Pontianak, Fakultas Teknik Universitas Tanjung Pura.

- [9] Muhdar Isla J & Yunus. 2013. *Evaluasi Drop Tegangan Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 Kv Feeder Bojo PT. PLN (Persero) Rayon Mattirotasi*. Makasar : Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- [10] Muslis dan Supari, 2008, *Teknik Pembangkit Tenaga Listrik*, Jakarta : Departemen Pendidikan Nasional.
- [11] Rinjono dan Yon, 1997, *Dasar Teknik Listrik*, Yogyakarta : Andi Offset.
- [12] Shahi Suad Ibrahim, 2015, *e-book Synchronous Generator*.
- [13] Sumanto, 1996, *Mesin Sinkron (Generator Sinkron Dan Motor Sinkron)*. Andi Yogyakarta, Yogyakarta.
- [14] Djambatan. Zuriman Anthony, 2018, *Mesin Listrik Dasar*, umatera Barat, Indonesia, ISBN: 978-602-70570-8-1.