

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4. 1 Sistem Eksitasi Pada Generator di PLTU Suralaya

4.1.1 Umum

Unit Pembangkit (UP) Suralaya merupakan salah satu unit Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang dimiliki oleh PT Indonesia Power. PLTU Suralaya ini terletak di Kecamatan Pulo Merak, Kota Cilegon, Banten dan memiliki luas ± 254 ha. PT Indonesia Power memiliki delapan unit bisnis pembangkit tenaga listrik. Diantara pusat pembangkit yang lain, unit pembangkit Suralaya memiliki kapasitas daya terbesar dan juga merupakan pembangkit paling besar di Indonesia dengan kapasitas 3.400 Mega Watt (MW). PLTU Suralaya terdiri dari 7 unit mesin pembangkitan dengan daya yang berbeda. Unit 1 sampai unit 4 memiliki daya masing-masing 400 MW dan unit 5 sampai unit 7 mampu menghasilkan 600 MW setiap unitnya. Beroperasinya PLTU Suralaya akan menambah kapasitas dan keandalan tenaga listrik di Pulau Jawa-Bali yang terhubung dalam sistem interkoneksi Jawa-Bali.

Untuk sistem yang memerlukan kontinuitas pelayanan yang tinggi, maka sistem eksitasi yang digunakan pada generator sinkron di PLTU Suralaya menggunakan sistem eksitasi tanpa sikat (*brushless excitation*) dengan menggunakan *permanent magnet generator*. Selain cocok digunakan untuk kontinuitas pelayanan yang tinggi,

Sistem eksitasi pada PLTU Suralaya dikendalikan secara otomatis menggunakan peralatan tambahan yang disebut AVR (*Automatic Voltage Regulator*). Pada unit pembangkit yang telah terhubung ke jaringan interkoneksi, apabila terjadi perubahan beban, maka AVR akan bekerja secara otomatis dengan menjaga tegangan generator tetap stabil.

4.1.2 Peralatan *Brushless Excitation System* di PLTU Suralaya Unit 3

Peralatan utama pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Suralaya unit 3 yang digunakan dalam sistem eksitasi dan spesifikasinya adalah sebagai berikut:

1. Sistem Eksitasi

Sistem eksitasi generator pada PLTU Suralaya menggunakan sistem eksitasi dinamik. Pada eksitasi dinamik untuk mendapatkan medan magnet pada rotor agar terjadi GGL induksi, maka kumparan stator tegangan DC juga ikut berputar (dinamik). Sehingga dalam eksitasi dinamik tidak membutuhkan sikat arang dan *slip ring* karena sumber DC nya ikut berputar. Sistem eksitasi dinamik sering disebut juga dengan *brushless excitation system* (sistem eksitasi tanpa sikat).

Berikut ini adalah spesifikasi sistem eksitasi yang digunakan pada PLTU Suralaya.

Tabel 4.1 Spesifikasi Sistem Eksitasi PLTU Suralaya

No.	Item	Spesifikasi
1.	Pabrik pembuat	<i>Mitsubishi Electric Corporation, Japan</i>
2.	Tipe	<i>Totally Enclosed</i>
3.	Serial	81EF1410
4.	KW keluaran	2400 KW
5.	Tegangan	500 V
6.	Arus	4800 A
7.	Kecepatan putaran	3000 rpm

2. Generator

Generator berfungsi untuk menghasilkan daya listrik yang ditransmisikan ke jaringan interkoneksi Jawa-Bali dan untuk pemakaian sendiri dalam mengoperasikan peralatan-peralatan bantu, instalasi penerangan, peralatan kontrol, rele proteksi dan lain sebagainya. Berikut adalah spesifikasi dari generator di PLTU Suralaya:

Tabel 4.2 Spesifikasi Generator PLTU Suralaya

No.	Item	Spesifikasi
1.	Pabrik pembuat	<i>Mitsubishi Electric Corporation, Japan</i>
2.	Kecepatan putaran	3000 rpm

Tabel 4.2 Spesifikasi Generator PLTU Suralaya (lanjutan)

No.	Item	Spesifikasi
3.	Jumlah fasa	3
4.	Frekuensi	50 Hz
5.	Tegangan	23 kV
6.	kVA keluaran	471 KVA
7.	kW keluaran	400.350 kW
8.	Arus	11823 A
9.	Faktor Daya	0.85
10.	Rasio Hubung Singkat	0.5
11.	Xs	0.26 pu
12.	Belitan	Y
13.	Media Pendingin	Gas hidrogen
14.	Tekanan gas H ₂	4 kg/cm ³
15.	Volume gas	80 m ³
16.	Tegangan penguat medan	500 V

3. Penyearah (*Rotating Rectifier*)

Rotating rectifier merupakan rangkaian penyearah gelombang penuh tiga fasa yang menyearahkan keluaran tegangan bolak-balik dari *exciter*. Keluaran dari

exciter disearahkan sebelum di suplai sebagai sumber eksitasi pada generator utama. Berikut adalah spesifikasi dari *rotating rectifier* di PLTU Suralaya:

Tabel 4.3 Spesifikasi *rotating rectifier* PLTU Suralaya

No.	Item	Spesifikasi
1.	Pabrik pembuat	<i>Mitsubishi Electric Corporation, Japan</i>
2.	Tipe	Penyearah silikon (<i>Silicon rectifier</i>)
3.	KW keluaran	2400 KW
4.	Tegangan	500 V
5.	Arus	400 A

4. Penguatan Medan (*Main exciter*)

Main exciter merupakan generator yang memiliki kumparan medannya terletak pada rotor dan kumparan jangkarnya terletak pada stator. Energi listrik yang diperlukan oleh kumparan rotor diperoleh dari pilot *exciter* setelah sebelumnya disearahkan terlebih dahulu oleh *rectifier*. Besar kecilnya daya yang dihasilkan oleh main *exciter* diatur oleh pengatur tegangan otomatis (AVR). Berikut adalah spesifikasi dari *main exciter* di PLTU Suralaya:

Tabel 4.4 Spesifikasi *main exciter* PLTU Suralaya

No.	Item	Spesifikasi
1.	Pabrik pembuat	<i>Mitsubishi Electric Corporation, Japan</i>

Tabel 4.4 Spesifikasi *main exciter* PLTU Suralaya (lanjutan)

No.	Item	Spesifikasi
2.	Tipe	<i>Rotating armature</i>
3.	kVA keluaran	2700 kVA
4.	Tegangan	410 V
5.	Jumlah fasa	3
6.	Frekuensi	250 Hz

5. Pilot *exciter*

Pilot *exciter* menggunakan kemagnetan tetap atau biasa disebut *Permanent Magnet Generator* (PMG). Pilot *Exciter* merupakan *exciter* mula yang digunakan untuk membangkitkan listrik AC untuk disalurkan menuju *main exciter*. Pilot *exciter* memiliki rotor berupa magnet permanen yang terletak pada poros utama dan stator yang berupa kumparan. Berikut adalah spesifikasi dari pilot *exciter* di PLTU Suralaya:

Tabel 4.5 Spesifikasi pilot *exciter* PLTU Suralaya

No.	Item	Spesifikasi
1.	Pabrik pembuat	<i>Mitsubishi Electric Corporation, Japan</i>
2.	Tipe	<i>Permanent magnet field</i>
3.	kVA keluaran	30 kVA

Tabel 4.5 Spesifikasi pilot *exciter* PLTU Suralaya unit 3 (lanjutan)

No.	Item	Spesifikasi
4.	Tegangan	170 V
5.	Arus	102 A
6.	Frekuensi	400 Hz
7.	Jumlah fasa	3
8.	Faktor daya	0,95

6. *Automatic Voltage Regulator (AVR)*

AVR (Automatic Voltage Regulator) berfungsi untuk menjaga agar tegangan generator tetap konstan. Dengan kata lain generator akan menjaga tegangan keluaran supaya tetap stabil terhadap perubahan beban yang selalu berubah-ubah yang dikarenakan beban sangat mempengaruhi tegangan keluaran generator.

7. Lain-lain

Diode silicon : SR 200 DM

Sekering : 1200 A, 1 detik

Condenser : 0,6 μ F

4.1.3 Mekanisme Kerja Sistem Eksitasi di PLTU Suralaya

Keterbatasan arus eksitasi yang dapat dialirkan oleh sikat arang dan *slip ring* menuju ke rotor generator sinkron menjadi alasan utama mengapa sistem eksitasi dengan sikat sulit digunakan pada generator yang berkapasitas besar, seperti generator di PLTU Suralaya unit 3 yang berkapasitas 400 MW. Sistem eksitasi ini dirancang untuk memberikan pelayanan yang sangat tinggi karena dioperasikan untuk melayani beban besar Jawa-Bali. Oleh karena itu, sistem eksitasi generator sinkron di PLTU Suralaya menggunakan sistem eksitasi tanpa sikat (*brushless excitation*). Sistem eksitasi tanpa sikat (*brushless excitation*) yang digunakan pada generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3 adalah sistem eksitasi tanpa sikat tipe MEC 3200. Sistem eksitasi ini dirancang sedemikian rupa untuk memberikan tingkat keandalan yang tinggi dan tahan lama, yang diperlukan oleh mesin listrik berkapasitas besar.

Berdasarkan pengamatan dan studi yang dilakukan di PLTU Suralaya diperoleh hasil bahwa generator sinkron yang digunakan di PLTU Suralaya menggunakan magnet permanen. Maka dari itu, medan magnet yang digunakan untuk membangkitkan tegangan induksi diperoleh dengan cara menginjeksikan arus DC ke kumparan medan yang terdapat pada rotor digenerator tersebut tidak menggunakan *slip ring* dan sikat arang (*brushless excitation*).

Mekanisme kerja sistem eksitasi tanpa sikat (*brushless excitation*) di PLTU Suralaya unit 3, dimana penyearah elektronis (*rotating diode*) menggantikan peran

penyearah mekanis (komutator) pada sistem eksitasi dengan sikat. Hasilnya, sikat dan *slip ring* tidak digunakan lagi.

Sistem eksitasi pada PLTU Suralaya disuplai dari pilot *exciter* dengan menggunakan kemagnetan tetap atau biasa disebut *Permanent Magnet Generator* (PMG). Pilot *Exciter* merupakan *exciter* mula yang digunakan untuk membangkitkan listrik AC untuk disalurkan menuju *main exciter*. Pilot *exciter* memiliki rotor berupa magnet permanen yang terletak pada poros utama dan stator yang berupa kumparan. Ketika poros turbin bergerak akibat pergerakan turbin, maka poros *exciter* juga ikut bergerak sehingga menyebabkan poros pilot *exciter* berputar yang akan memotong garis gaya magnet dalam kumparan, sehingga menimbulkan tegangan induksi pada stator. Perubahan fluks magnet yang memotong kumparan inilah yang menyebabkan timbulnya arus listrik AC.

Selanjutnya keluaran dari *Permanent Magnet Generator* akan menjadi sumber untuk AVR (*Automatic Voltage Regulator*). AVR berfungsi untuk mengontrol tegangan keluaran generator sinkron dalam batas-batas yang ditetapkan, yang secara tidak langsung membantu mengontrol tegangan jaringan. Selain itu, alat ini juga berfungsi untuk mengatur banyaknya eksitasi yang diperlukan untuk disalurkan ke *main exciter*. Sehingga AVR akan menjaga tegangan generator sinkron selalu stabil dan tidak terpengaruh oleh perubahan beban.

Tegangan AC AVR tersebut kemudian disearahkan oleh *rectifier* menjadi tegangan DC dan diatur besar tegangannya untuk kemudian disalurkan ke *main exciter*.

Main exciter merupakan generator yang memiliki kumparan medannya terletak pada stator dan kumparan jangkarnya terletak pada rotor. Energi listrik yang diperlukan oleh kumparan stator diperoleh dari pilot *exciter* setelah sebelumnya disearahkan terlebih dahulu oleh *rectifier*. Besar kecilnya daya yang dihasilkan oleh *main exciter* diatur oleh pengatur tagangan otomatis (AVR). Kumparan medan akan memotong garis gaya pada kumparan jangkar sehingga akan menginduksikan tegangan pada kumparan jangkar yang merupakan rangkaian tertutup.

Tegangan keluaran dari *main exciter* ini merupakan tegangan AC yang selanjutnya digunakan untuk memberikan eksitasi pada kumparan medan rotor generator utama yang sebelumnya disearahkan terlebih dahulu menggunakan penyearah berputar (*rotating rectifier*). *Rotating rectifier* merupakan rangkaian dioda yang ikut berputar bersama dengan poros utama generator. *Rotating diode* berupa rangkaian penyearah tiga fasa dimana tegangan dari *main exciter* disearahkan sebagai sumber eksitasi bagi generator utama. Tegangan yang dihasilkan oleh *rotating diode* kemudian akan disalurkan ke rotor generator.

4. 2 Analisis Karakteristik Sistem Eksitasi di PLTU Suralaya Unit 3

Pada analisis mengenai sistem eksitasi generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3 ini menggunakan data operasi harian generator yang terdapat pada PLTU Suralaya unit 3. Data tersebut terkait dengan tegangan generator, frekuensi, arus jangkar, daya beban, faktor daya, tegangan eksitasi dan arus eksitasi.

Data yang dianalisis dalam pembahasan kali ini yaitu data operasi harian generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3 yang diperoleh dan diamati selama 31 hari dimulai dengan tanggal 01 Januari 2018 hingga 31 Januari 2018. Berikut adalah data rata-rata operasi harian PLTU Suralaya unit 3.

Tabel 4.6 Data Operasi Harian PLTU Unit 3 Suralaya 01 Januari - 31 Januari 2018

Hari ke	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Vout Generator (KV)	Frekuensi (Hz)	Arus Jangkar (KA)	Arus Eksitasi (A)	Tegangan Eksitasi (V)	Faktor Daya
1.	389.90	99.57	22.68	50.05	10.29	42.28	47.78	0.985
2.	382.41	48.15	22.85	50.05	9.77	37.95	42.36	0.981
3.	389.01	48.64	23.06	50.02	9.84	38.58	43.04	0.980
4.	372.44	96.71	23.15	49.96	8.55	38.39	42.83	0.979
5.	397.34	66.09	23.08	50.11	10.11	40.21	45.14	0.997
6.	381.01	88.38	23.05	50.09	9.83	41.06	46.32	0.989
7.	384.76	124.54	23.23	50.18	10.10	44.20	50.27	0.974
8.	382.31	100.06	23.21	50.01	9.87	42.17	47.17	0.985
9.	399.50	86.58	23.10	50.11	10.25	41.82	47.48	0.991
10.	259.52	51.59	22.91	50.09	6.69	30.45	33.29	0.993
11.	265.18	119.66	23.65	50.04	7.14	37.45	41.11	0.950
12.	215.20	87.84	23.23	50.07	5.81	31.34	34.74	0.958
13.	392.13	136.15	23.48	50.11	10.25	46.26	52.78	0.970
14.	387.99	62.56	22.69	50.05	10.03	39.62	44.66	0.997
15.	390.49	87.01	23.13	50.19	10.02	41.26	46.37	0.990
16.	391.86	86.47	23.24	50.01	10.01	41.65	47.37	0.991
17.	387.32	57.04	22.73	49.99	9.97	39.03	43.59	0.999
18.	398.16	82.99	23.41	50.01	10.07	41.86	47.36	0.992

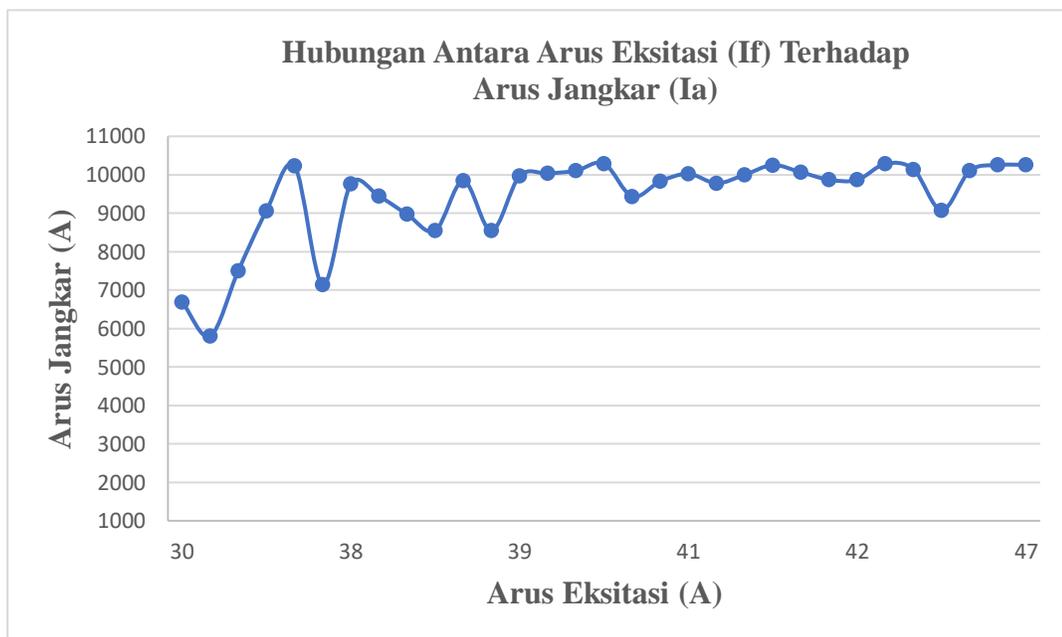
Tabel 4.6 Data Operasi Harian PLTU Unit 3 Suralaya 01 Januari - 31 Januari 2018 (lanjutan)

Hari ke	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Vout Generator (KV)	Frekuensi (Hz)	Arus Jangkar (KA)	Arus Eksitasi (A)	Tegangan Eksitasi (V)	Faktor Daya
19.	330.11	99.35	23.39	49.97	8.56	38.95	43.66	0.978
20.	371.77	88.82	23.49	49.92	9.44	40.94	46.02	0.987
21.	377.72	104.81	23.04	50.14	9.87	42.22	47.29	0.982
22.	289.29	50.92	22.68	50.09	7.51	31.88	35.31	0.996
23.	365.74	67.48	22.82	50.03	9.44	38.29	43.31	0.995
24.	387.01	87.62	23.50	50.18	9.78	41.32	46.68	0.990
25.	386.99	102.79	22.88	50.08	10.14	42.59	47.98	0.984
26.	352.48	61.98	22.87	49.96	9.06	37.11	41.44	0.996
27.	397.86	70.41	22.71	49.98	10.29	40.87	45.78	0.996
28.	399.19	13.66	22.57	50.03	10.23	37.11	41.46	0.881
29.	355.31	72.83	23.39	49.98	8.97	38.35	42.66	0.992
30.	395.15	137.95	23.64	50.01	10.26	46.93	53.50	0.970
31.	399.01	145.51	23.59	50.10	9.08	43.59	49.25	0.954

Pada tabel 4.6 data yang digunakan untuk proses analisis dan perhitungan ini adalah nilai daya aktif (MW), daya reaktif (MVAR), Vout generator (kV), frekuensi (Hz), arus jangkar (kA), arus eksitasi (A), tegangan eksitasi (V), dan faktor daya (Cos), dimana data tersebut diambil pada pukul 19.00 wib setiap harinya. Sehingga untuk mempermudah proses analisis maka akan dibuat grafik hubungan dari nilai arus eksitasi.

4.2.1 Hubungan Antara Arus Eksitasi dan Arus Jangkar

Berdasarkan data tabel 4.6 yang merupakan data operasi harian generator sinkron yang ada pada PLTU Suralaya unit 3 dan data tersebut digunakan dalam menganalisis karakteristik sistem eksitasi pada generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3. Karakteristik yang terlebih dahulu yang akan dianalisis adalah hubungan antara arus eksitasi (I_f) terhadap arus jangkar (I_a) pada generator sinkron. Untuk mempermudah dalam proses penganalisaan, maka data dari tabel 4.6 dapat dibuat grafik yang menunjukkan hubungan antara arus eksitasi (I_f) terhadap arus jangkar (I_a).



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Arus Eksitasi (I_f) terhadap Arus Jangkar (I_a)

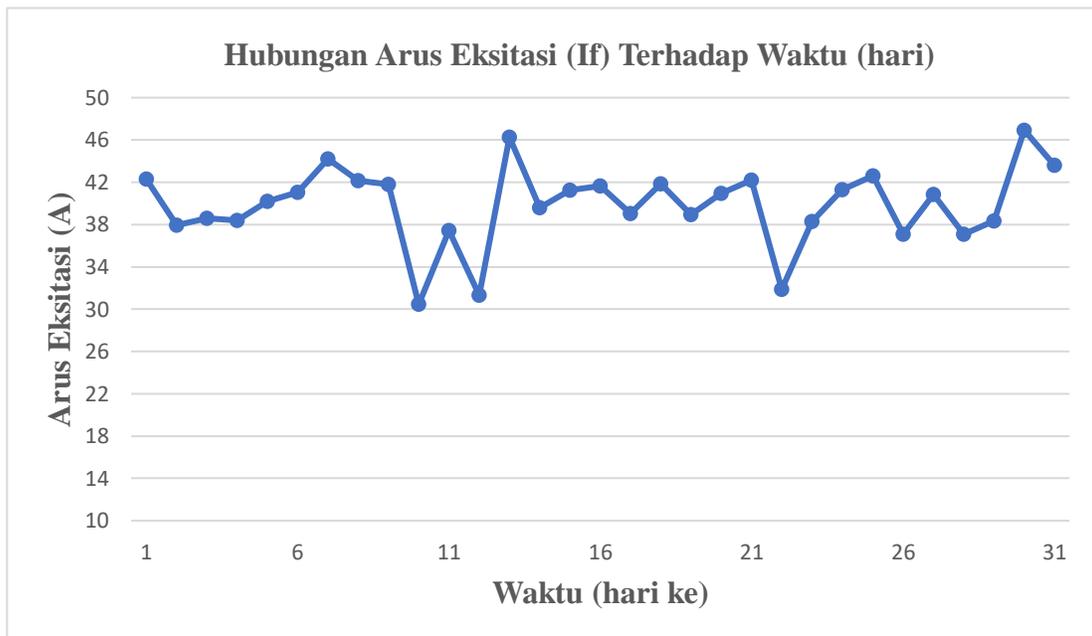
Berdasarkan data tabel 4.6 dapat dilihat pada grafik 4.2 diatas menunjukkan hubungan antara arus eksitasi (I_f) terhadap arus jangkar (I_a) yang ada pada PLTU Suralaya unit 3, bahwa nilai arus jangkar tertinggi yaitu 10.29 kA dengan nilai arus

eksitasi sebesar 42.28 A, sedangkan nilai terendah dari arus jangkar yaitu 5.81 kA dengan nilai arus eksitasi sebesar 31.34 A. Dari data tersebut menunjukkan bahwa arus eksitasi berbanding lurus dengan arus jangkar pada generator sinkron. Hal ini dikarenakan semakin besar arus eksitasi yang disuplai ke generator sinkron, maka arus jangkar generator sinkron juga akan semakin besar, begitupun sebaliknya ketika arus eksitasi yang disuplai pada generator sinkron berkurang, maka nilai arus jangkar generator sinkron juga ikut berkurang. Sehingga nilai arus jangkar akan berubah-ubah sesuai dengan besar arus eksitasi yang disuplai menuju kumparan rotor generator sinkron.

Pada grafik diatas menunjukkan adanya ketidakstabilan (fluktuasi) ketika arus eksitasi semakin meningkat sedangkan nilai dari arus jangkar menurun, hal ini dikarenakan kondisi pembebanan yang selalu berubah-ubah setiap waktu, sehingga menyebabkan terjadinya ketidakstabilan pada grafik tersebut. Walaupun terjadi fluktuasi performa generator masih mampu bekerja dengan baik yang ditunjukkan pada data tabel dan grafik diatas. Hal ini dikarenakan ketika sistem sudah di sinkronkan terhadap jaringan, maka sistem yang ada akan melayani permintaan beban dan arus eksitasi akan menyesuaikan nilai pembebanan yang juga akan mempengaruhi nilai arus jangkar. Ketika permintaan beban semakin besar, maka nilai dari arus eksitasi diperbesar yang menyebabkan rotor generator akan berputar semakin cepat, sehingga tegangan dan daya generator yang dihasilkan akan semakin besar.

4.2.1.1 Hubungan Arus Eksitasi (If) Terhadap Waktu (Hari)

Dengan berubahnya nilai arus eksitasi pada generator terhadap waktu setiap harinya, maka akan terlihat pengaruh hubungan antara arus eksitasi (If) Terhadap Waktu (Hari) pada PLTU Suralaya unit 3 sebagai berikut:



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Arus Eksitasi (If) Terhadap Waktu (Hari)

Berdasarkan data tabel 4.6 dapat dilihat pada grafik 4.3 diatas menunjukkan hubungan arus eksitasi (If) terhadap waktu (hari) yang ada pada PLTU Suralaya unit 3, bahwa nilai arus eksitasi berkisar antara 30.45 A hingga 46.93 A. Dari data tersebut menunjukkan bahwa arus eksitasi yang disuplai untuk mempercepat putaran medan magnet setiap harinya tidak tetap. Besarnya nilai arus eksitasi sangat berpengaruh terhadap nilai arus jangkar. Hal ini dikarenakan semakin besar arus eksitasi yang disuplai ke generator sinkron, maka arus jangkar generator sinkron juga akan semakin besar, begitupun sebaliknya ketika arus eksitasi yang disuplai pada generator sinkron

berkurang, maka nilai arus jangkar generator sinkron juga ikut berkurang. Sehingga nilai arus jangkar akan berubah-ubah sesuai dengan besar arus eksitasi yang disuplai menuju kumparan rotor generator sinkron.

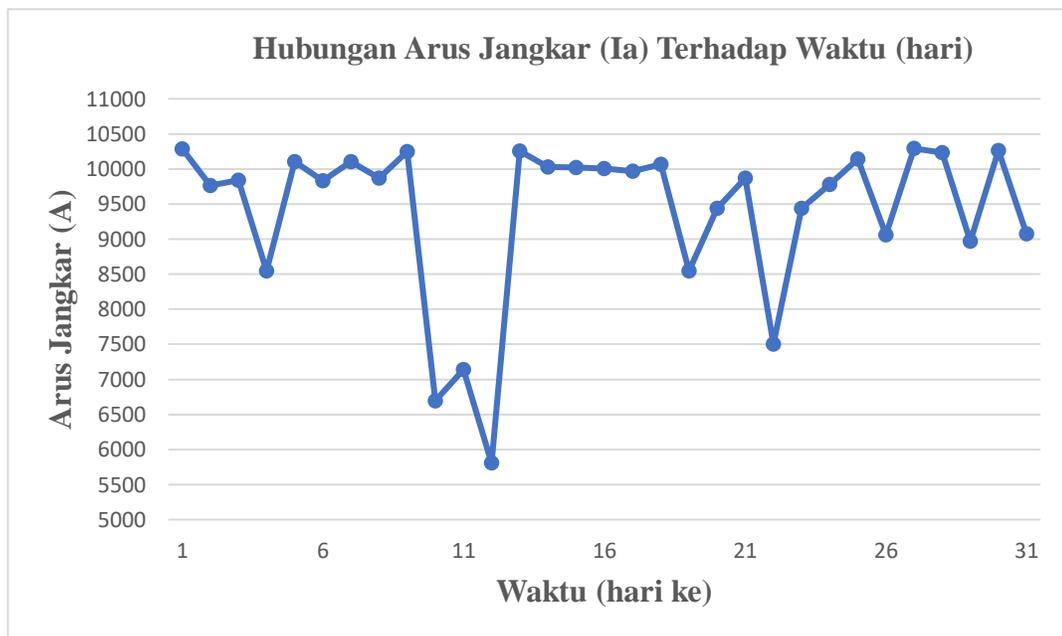
Pada grafik diatas menunjukkan adanya ketidakstabilan (fluktuasi) pada arus eksitasi, hal ini disebabkan kondisi pembebanan yang selalu berubah-ubah setiap hari, sehingga menyebabkan terjadinya ketidakstabilan pada grafik tersebut. Walaupun terjadi fluktuasi performa generator masih mampu bekerja dengan baik yang ditunjukkan pada data tabel dan grafik diatas. Hal ini dikarenakan ketika sistem sudah di sinkronkan terhadap jaringan, maka sistem yang ada akan melayani permintaan beban dan arus eksitasi akan menyesuaikan nilai pembebanan yang juga akan mempengaruhi nilai arus jangkar. Ketika permintaan beban semakin besar, maka nilai dari arus eksitasi diperbesar yang menyebabkan rotor generator akan berputar semakin cepat, sehingga tegangan dan daya generator yang dihasilkan akan semakin besar.

4.2.1.2 Hubungan Arus Jangkar (I_a) Terhadap Waktu (Hari)

Dengan berubahnya nilai arus jangkar pada generator terhadap waktu setiap harinya, maka akan terlihat pengaruh hubungan antara arus jangkar (I_f) Terhadap Waktu (Hari) pada PLTU Suralaya unit 3.

Berdasarkan data tabel 4.6 dapat dilihat pada grafik 4.4 menunjukkan hubungan arus jangkar (I_a) terhadap waktu (hari) yang ada pada PLTU Suralaya unit 3, bahwa nilai arus jangkar berkisar antara 5.81 KA hingga 10.29 KA. Dari data tersebut

menunjukkan bahwa arus jangkar yang disuplai oleh arus eksitasi setiap harinya tidak tetap. Besarnya nilai arus jangkar sangat dipengaruhi dari nilai arus eksitasi. Hal ini dikarenakan semakin besar arus eksitasi yang disuplai ke generator sinkron, maka arus jangkar generator sinkron juga akan semakin besar, begitupun sebaliknya ketika arus eksitasi yang disuplai pada generator sinkron berkurang, maka nilai arus jangkar generator sinkron juga ikut berkurang. Sehingga nilai arus jangkar akan berubah-ubah sesuai dengan besar arus eksitasi yang disuplai menuju kumparan rotor generator sinkron.



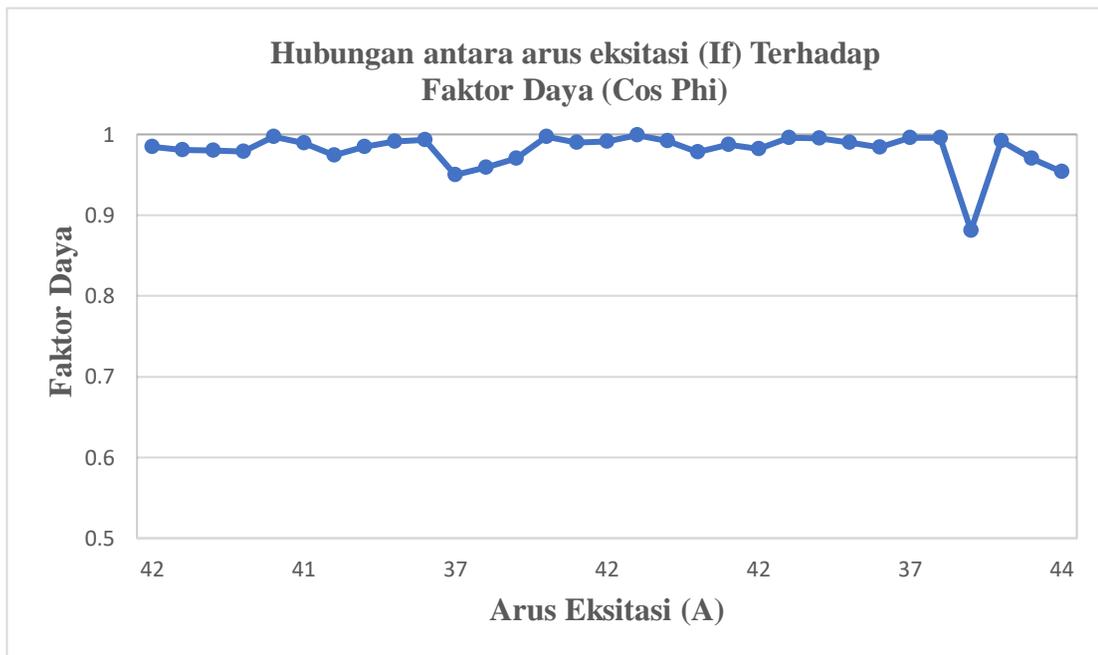
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Arus Jangkar (I_a) Terhadap Waktu (Hari)

Pada grafik diatas menunjukkan adanya ketidakstabilan (fluktuasi) pada arus jangkar, hal ini disebabkan kondisi pembebanan yang selalu berubah-ubah setiap hari, sehingga menyebabkan terjadinya ketidakstabilan pada grafik tersebut. Walaupun terjadi fluktuasi performa generator masih mampu bekerja dengan baik yang

ditunjukkan pada data tabel dan grafik diatas. Hal ini dikarenakan ketika sistem sudah di sinkronkan terhadap jaringan, maka sistem yang ada akan melayani permintaan beban dan arus eksitasi akan menyesuaikan nilai pembebanan yang juga akan mempengaruhi nilai arus jangkar. Ketika permintaan beban semakin besar, maka nilai dari arus eksitasi diperbesar yang menyebabkan rotor generator akan berputar semakin cepat, sehingga tegangan dan daya generator yang dihasilkan akan semakin besar.

4.2.2 Hubungan Arus Eksitasi (I_f) Terhadap Faktor Daya ($\cos \phi$)

Dengan berubahnya nilai arus eksitasi pada generator, maka akan terlihat pengaruh hubungan antara arus eksitasi (I_f) Terhadap Faktor Daya ($\cos \phi$) generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3 sebagai berikut:



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Arus Eksitasi (I_f) Terhadap Faktor Daya ($\cos \phi$)

Berdasarkan data tabel 4.6 dapat dilihat pada gambar grafik 4.5 diatas menunjukkan hubungan antara arus eksitasi (I_f) terhadap faktor daya yang ada pada PLTU Suralaya unit 3, bahwa nilai faktor daya tertinggi yaitu 0.999 dengan nilai arus eksitasi sebesar 39.03 A, sedangkan nilai terendah dari faktor daya yaitu 0.881 dengan nilai arus eksitasi sebesar 37.11 A. Dari data tersebut menunjukkan bahwa PLTU Suralaya unit 3 menjaga supaya nilai dari faktor daya generator sinkron agar tetap konstan yaitu berada pada kisaran mendekati nilai 1. Dari data diatas dapat dilihat performa generator sinkron bekerja dalam keadaan stabil, dimana nilai faktor daya yang bekerja hampir mendekati 1.

Faktor daya merupakan besaran yang menunjukkan seberapa besar jaringan yang dimiliki dalam menyalurkan daya yang bisa dimanfaatkan oleh konsumen. Nilai faktor daya hanya dibatasi dari angka 0 hingga 1, semakin besar faktor daya (mendekati 1) artinya semakin banyak daya aktif yang bisa disalurkan dan dimanfaatkan oleh konsumen, sebaliknya semakin rendah faktor daya (mendekati 0) maka semakin sedikit daya yang bisa disalurkan dan dimanfaatkan oleh konsumen. Pada grafik di atas menunjukkan adanya ketidakstabilan (fluktuasi), dimana nilai faktor daya yang tiba-tiba meningkat sedangkan nilai arus eksitasi semakin berkurang, hal ini dikarenakan adanya perubahan nilai pembebanan secara tiba-tiba yang menyebabkan nilai faktor daya menjadi tidak stabil. Walaupun terjadi fluktuasi performa generator masih mampu bekerja dengan baik yang ditunjukkan pada data tabel dan grafik diatas. Hal ini dikarenakan ketika sistem sudah di sinkronkan terhadap jaringan, maka sistem yang

ada akan melayani permintaan beban dan arus eksitasi akan menyesuaikan nilai pembebanan yang juga akan mempengaruhi nilai faktor daya. Ketika permintaan beban semakin besar, maka nilai dari arus eksitasi diperbesar yang menyebabkan rotor generator akan berputar semakin cepat, sehingga tegangan dan daya generator yang dihasilkan akan semakin besar.

4.2.3 Pengaruh Ketidakstabilan (Fluktuasi) Tegangan

Tegangan yang baik adalah tegangan yang tetap stabil pada nilai yang telah ditentukan. Walaupun terjadinya ketidakstabilan (fluktuasi) pada tegangan tidak dapat dihindarkan, tetapi dapat diminimalkan. Untuk mengetahui nilai dari fluktuasi tegangan, maka dapat diketahui dengan cara menghitung terlebih dahulu nilai dari ggl induksi (E_a) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V = E_a - jX_s I_a - R_a I_a \text{ (Volt)}$$

Dalam menentukan nilai ggl induksi (E_a) salah satunya dipengaruhi oleh nilai dari reaktansi jangkar. Nilai reaktansi jangkar ini ditentukan berdasarkan arus jangkar dan resistansi jangkar sehingga dapat menimbulkan adanya *drop* tegangan. Namun hal ini dapat diabaikan karena nilai dari reaktansi jangkar yang sangat kecil. Sehingga dengan mengabaikan nilai dari reaktansi jangkar, maka dalam mencari nilai dari ggl induksi (E_a) rumusnya sebagai berikut:

$$E_a = V + (jX_s I_a) \text{ (Volt)}$$

Berdasarkan data operasi harian dan spesifikasi generator yang telah diperoleh, maka data spesifikasi generator dapat digunakan untuk menentukan nilai Zbase (impedansi) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$X_s = 0.26 \text{ pu}$$

$$V = 23 \text{ kV}$$

$$I = 11823 \text{ A}$$

$$Z_{base} = \frac{V_{base} / \sqrt{3}}{I_{base}}$$

$$= \frac{23000 / \sqrt{3}}{11823}$$

$$= 1.12 \Omega$$

$$X_s \text{ (dalam ohm)} = 0.26 \text{ pu} \times 1.12 \Omega$$

$$= 0.3 \Omega$$

Dari data tabel dan perhitungan di atas nilai maka Ea dapat diketahui sebagai berikut:

- Data hari ke-1: $V_t = 22.68 \text{ kV} = 22680 \text{ V}$
 $I_a = 10.29 \text{ kA} = 10290 \text{ A}$

Maka diperoleh nilai $E_a = V + (jX_s I_a)$

$$= 22680 + (j0.3 \times 10290)$$

$$= 22889 \angle 7.75^{\circ}$$

$$= 22.89 \text{ kV}$$

- Data hari ke-2

$$V_t = 22.85 \text{ kV} = 22850 \text{ V}$$

$$I_a = 9.77 \text{ kA} = 9770 \text{ A}$$

Maka diperoleh nilai

$$E_a = V + (jX_s I_a)$$

$$= 22850 + (j0.3 \times 9770)$$

$$= 23037 \angle 7.31^{\circ}$$

$$= 23.04 \text{ kV}$$

- Data hari ke-3

$$V_t = 23.06 \text{ kV} = 23060 \text{ V}$$

$$I_a = 9.84 \text{ kA} = 9840 \text{ A}$$

Maka diperoleh nilai

$$E_a = V + (jX_s I_a)$$

$$= 23060 + (j0.3 \times 9840)$$

$$= 23248 \angle 7.30^{\circ}$$

$$= 23.25 \text{ kV}$$

- Data hari ke-4

$$V_t = 23.15 \text{ kV} = 23150 \text{ V}$$

$$I_a = 8.55 \text{ kA} = 8550 \text{ A}$$

Maka diperoleh nilai

$$E_a = V + (jX_s I_a)$$

$$= 23150 + (j0.3 \times 8550)$$

$$= 23291 \angle 6.32^{\circ}$$

$$= 23.29 \text{ kV}$$

- Data hari ke-5

$$V_t = 23.08 \text{ kV} = 23080 \text{ V}$$

$$I_a = 10.11 \text{ kA} = 10110 \text{ A}$$

Maka diperoleh nilai

$$E_a = V + (jX_s I_a)$$

$$= 23080 + (j0.3 \times 10110)$$

$$= 23278 \angle 7.48^{\circ}$$

$$= 23.28 \text{ kV}$$

Untuk perhitungan ggl induksi pada hari ke-6 sampai hari ke-31 dapat dilakukan dengan menggunakan rumus yang sama. Berdasarkan perhitungan di atas, maka dapat dibuat tabel sebagai berikut:

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan GGL Induksi (E_a) di PLTU Suralaya Unit 3

Hari ke	Vout Generator (KV)	Arus Jangkar (KA)	Arus Eksitasi (A)	Tegangan Eksitasi (V)	Faktor Daya	Frekuensi (Hz)	GGL Induksi (kV)
1.	22.68	10.29	42.28	47.78	0.985	50.05	22.89
2.	22.85	9.77	37.95	42.36	0.981	50.05	23.04
3.	23.06	9.84	38.58	43.04	0.980	50.02	23.25
4.	23.15	8.55	38.39	42.83	0.979	49.96	23.29
5.	23.08	10.11	40.21	45.14	0.997	50.11	23.28
6.	23.05	9.83	41.06	46.32	0.989	50.09	23.24
7.	23.23	10.10	44.20	50.27	0.974	50.18	23.43

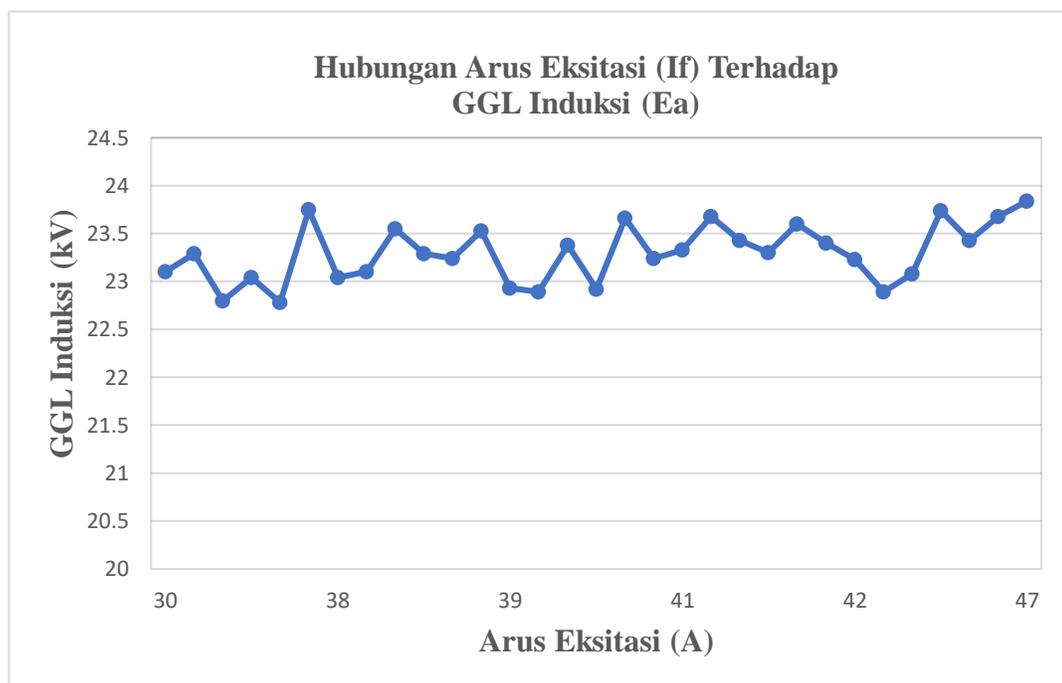
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan GGL Induksi (Ea) di PLTU Suralaya Unit 3 (lanjutan)

Hari ke	Vout Generator (KV)	Arus Jangkar (KA)	Arus Eksitasi (A)	Tegangan Eksitasi (V)	Faktor Daya	Frekuensi (Hz)	GGL Induksi (kV)
8.	23.21	9.87	42.17	47.17	0.985	50.01	23.40
9.	23.10	10.25	41.82	47.48	0.991	50.11	23.30
10.	22.91	6.69	30.45	33.29	0.993	50.09	23.10
11.	23.65	7.14	37.45	41.11	0.950	50.04	23.75
12.	23.23	5.81	31.34	34.74	0.958	50.07	23.29
13.	23.48	10.25	46.26	52.78	0.970	50.11	23.68
14.	22.69	10.03	39.62	44.66	0.998	50.05	22.89
15.	23.13	10.02	41.26	46.37	0.990	50.19	23.33
16.	23.24	10.01	41.65	47.37	0.991	50.01	23.43
17.	22.73	9.97	39.03	43.59	0.999	49.99	22.93
18.	23.41	10.07	41.86	47.36	0.992	50.01	23.60
19.	23.39	8.56	38.95	43.66	0.978	49.97	23.53
20.	23.49	9.44	40.94	46.02	0.987	49.92	23.66
21.	23.04	9.87	42.22	47.29	0.982	50.14	23.23
22.	22.68	7.51	31.88	35.31	0.996	50.09	22.80
23.	22.82	9.44	38.29	43.31	0.995	50.03	23.10
24.	23.50	9.78	41.32	46.68	0.990	50.18	23.68
25.	22.88	10.14	42.59	47.98	0.984	50.08	23.08
26.	22.87	9.06	37.11	41.44	0.996	49.96	23.03
27.	22.71	10.29	40.87	45.78	0.996	49.98	22.92
28.	22.57	10.23	37.11	41.46	0.881	50.03	22.78
29.	23.39	8.97	38.35	42.66	0.992	49.98	23.55
30.	23.64	10.26	46.93	53.50	0.970	50.01	23.84
31.	23.59	9.08	43.59	49.25	0.954	50.10	23.74

Berdasarkan data tabel 4.7 di atas, kemudian dibuat grafik mengenai hubungan antara arus eksitasi terhadap GGL induksi (E_a) dan hubungan arus eksitasi terhadap tegangan generator (kV).

4.2.3.1 Hubungan Arus Eksitasi (I_f) Terhadap GGL Induksi (E_a)

Dengan berubahnya nilai arus eksitasi pada generator, maka akan terlihat pengaruh hubungan antara arus eksitasi (I_f) terhadap ggl induksi (E_a) pada generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3 sebagai berikut:



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Arus Eksitasi (I_f) Terhadap GGL Induksi (E_a)

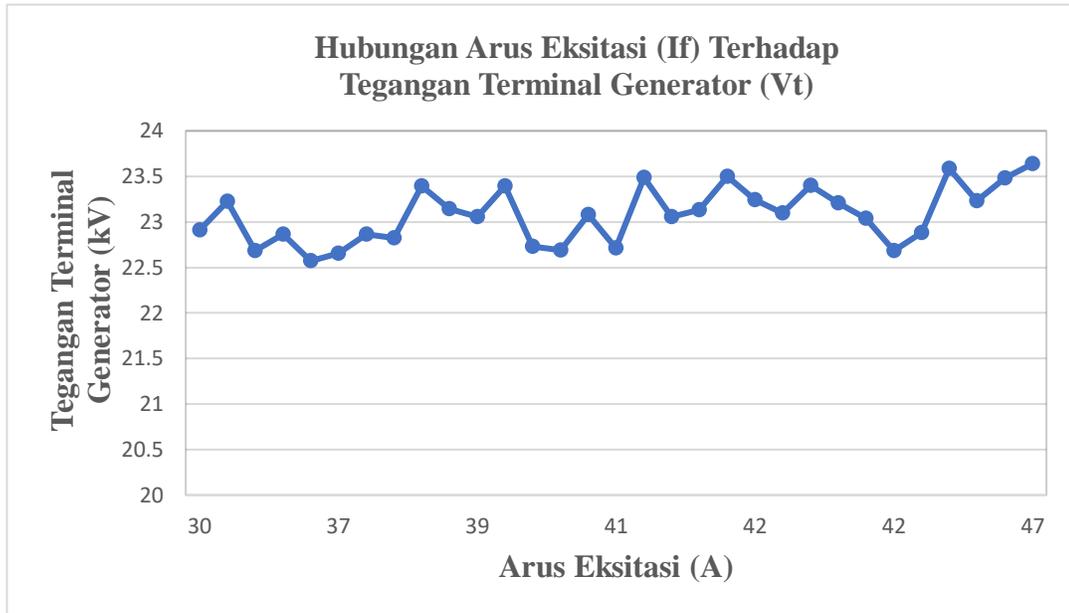
Berdasarkan data tabel 4.7 dapat dilihat pada gambar grafik 4.6 diatas menunjukkan hubungan antara arus eksitasi (I_f) terhadap GGL induksi (E_a) yang ada pada PLTU Suralaya unit 3, bahwa nilai GGL induksi tertinggi yaitu 23.84 kV dengan

nilai arus eksitasi sebesar 46.93 A, sedangkan nilai terendah dari GGL induksi yaitu 22.78 kV dengan nilai arus eksitasi sebesar 37.11 A. GGL induksi dipengaruhi oleh kecepatan putaran magnet, ketika GGL induksi turun, maka dapat dinaikkan dengan memperbesar arus eksitasi yang akan mempercepat putaran medan magnet yang menyebabkan nilai ggl induksi menjadi naik.

Pada grafik di atas menunjukkan adanya fluktuasi, dimana nilai GGL induksi (E_a) yang tiba-tiba turun sedangkan nilai arus eksitasi semakin bertambah, hal ini dikarenakan karena adanya perubahan nilai pembebanan yang dilayani setiap waktu terhadap kebutuhan beban. Perubahan nilai pembebanan inilah yang mempengaruhi nilai dari arus eksitasi (I_f). Walaupun terjadi fluktuasi performa generator masih mampu bekerja dengan baik yang ditunjukkan pada data tabel dan grafik diatas. Hal ini dikarenakan ketika sistem sudah di sinkronkan terhadap jaringan, maka sistem yang ada akan melayani permintaan beban dan arus eksitasi akan menyesuaikan nilai pembebanan yang juga akan mempengaruhi nilai ggl induksi. Ketika permintaan beban semakin besar, maka nilai dari arus eksitasi diperbesar yang menyebabkan rotor generator akan berputar semakin cepat, sehingga tegangan dan daya generator yang dihasilkan akan semakin besar.

4.2.3.2 Hubungan Arus Eksitasi (I_f) Terhadap Tegangan Terminal

Dengan berubahnya nilai arus eksitasi pada generator, maka akan terlihat hubungan antara arus eksitasi (I_f) terhadap tegangan generator pada generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3 sebagai berikut:



Gambar 4.7 Grafik Hubungan Arus Eksitasi (I_f) Terhadap Tegangan Terminal Generator (kV)

Berdasarkan data tabel 4.7 dapat dilihat pada gambar grafik 4.7 diatas menunjukkan hubungan antara arus eksitasi (I_f) terhadap tegangan terminal generator (kV) yang ada pada PLTU Suralaya unit 3, bahwa nilai tegangan terminal tertinggi yaitu 23.65 kV dengan nilai arus eksitasi sebesar 37.45 A, sedangkan nilai terendah dari tegangan terminal yaitu 22.57 kV dengan nilai arus eksitasi sebesar 37.11 A. Tegangan terminal generator terjadi akibat adanya kumparan yang berputar di dalam medan magnet yang menimbulkan GGL induksi, ketika tegangan terminal generator turun, maka dapat dinaikkan dengan memperbesar arus eksitasi yang akan mempercepat perputaran medan magnet yang menyebabkan tegangan terminal generator menjadi naik. Dalam membangkitkan tegangan terminal generator selain untuk meningkatkan putaran rotor yaitu untuk meningkatkan penguatan medan magnet pada rotor generator. Sehingga berdasarkan data tegangan terminal generator

menunjukkan performa generator sinkron masih bekerja dalam keadaan tegangan generator sekitar 23 kV.

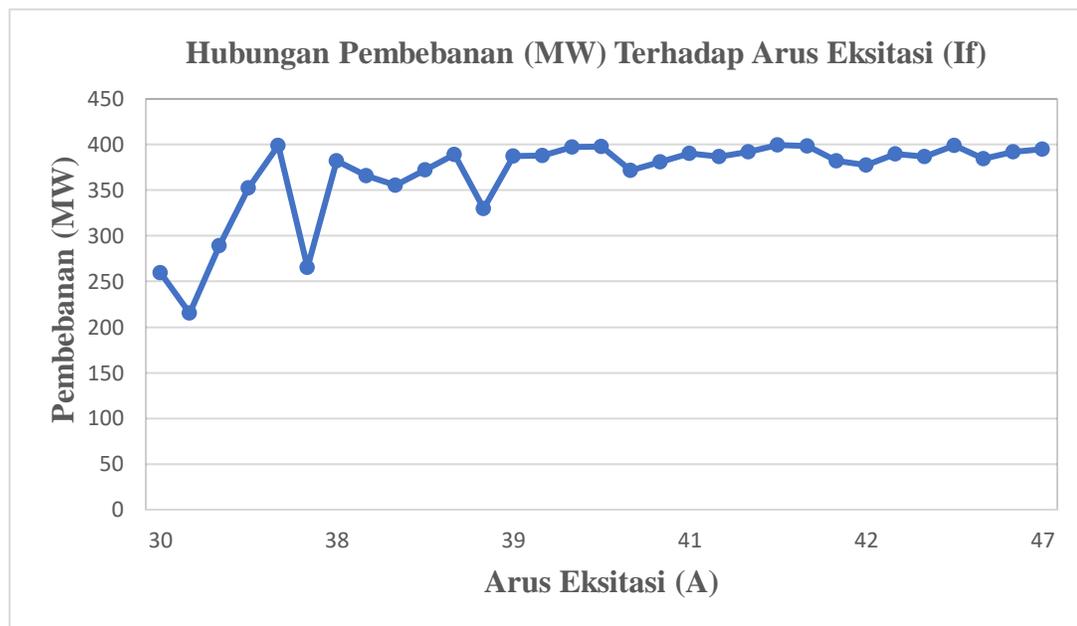
Pada grafik di atas menunjukkan adanya ketidakstabilan (fluktuasi), hal ini dapat terjadi karena nilai pembebanan yang selalu berubah-ubah setiap waktu tergantung dari tingkat kebutuhan beban, sehingga arus eksitasi akan mengatur tegangan keluaran generator agar tetap stabil. Ketidakstabilan (fluktuasi) ini dianggap tidak bermasalah karena masih berada dalam batas aman dari tegangan *output* yang telah ditentukan yaitu sebesar 23 kV. Salah satu upaya yang dilakukan oleh PLTU Suralaya sebagai penyedia jasa energi listrik untuk menjaga stabilitas tegangan yang dihasilkan oleh PLTU Suralaya adalah menjaga tegangan agar tidak berubah-ubah secara signifikan dengan mengatur arus eksitasi generatornya, meskipun terjadi perbedaan nilai pembebanan yang tidak terlalu jauh, maka dapat dilakukan penyesuaian dengan besaran beban yang terpakai.

4.2.4 Analisis Pembebanan (MW) Terhadap Nilai Arus Eksitasi

Pada dasarnya tegangan terminal dan arus eksitasi memiliki hubungan yang saling berkaitan terhadap pembebanan pada generator sinkron. Pada prinsipnya ketika nilai pembebanan naik, maka tegangan jaringan dan tegangan terminal generator akan turun. Sehingga dibutuhkan penambahan arus eksitasi untuk menjaga tegangan terminal generator sinkron tetap berada pada kondisi nominalnya. Sehingga untuk mempermudah proses analisis terkait dengan pembebanan, maka dapat dibuat grafik pengaruh pembebanan terhadap arus eksitasi.

4.2.4.1 Hubungan Pembebanan Terhadap Arus Eksitasi

Dengan berubahnya nilai arus eksitasi pada generator, maka akan terlihat pengaruh hubungan antara pembebanan (MW) terhadap arus eksitasi (I_f) pada generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3 sebagai berikut:



Gambar 4.8 Grafik Hubungan Pembebanan (MW) Terhadap Arus Eksitasi (I_f)

Berdasarkan data tabel 4.7 dapat dilihat pada gambar grafik 4.8 menunjukkan hubungan antara pembebanan (MW) terhadap arus eksitasi (I_f) yang ada pada PLTU Suralaya unit 3, bahwa nilai pembebanan tertinggi yaitu 399.50 MW dengan nilai arus eksitasi sebesar 41.82 A, sedangkan nilai terendah dari pembebanan yaitu 215.20 MW dengan nilai arus eksitasi sebesar 31.34 A.

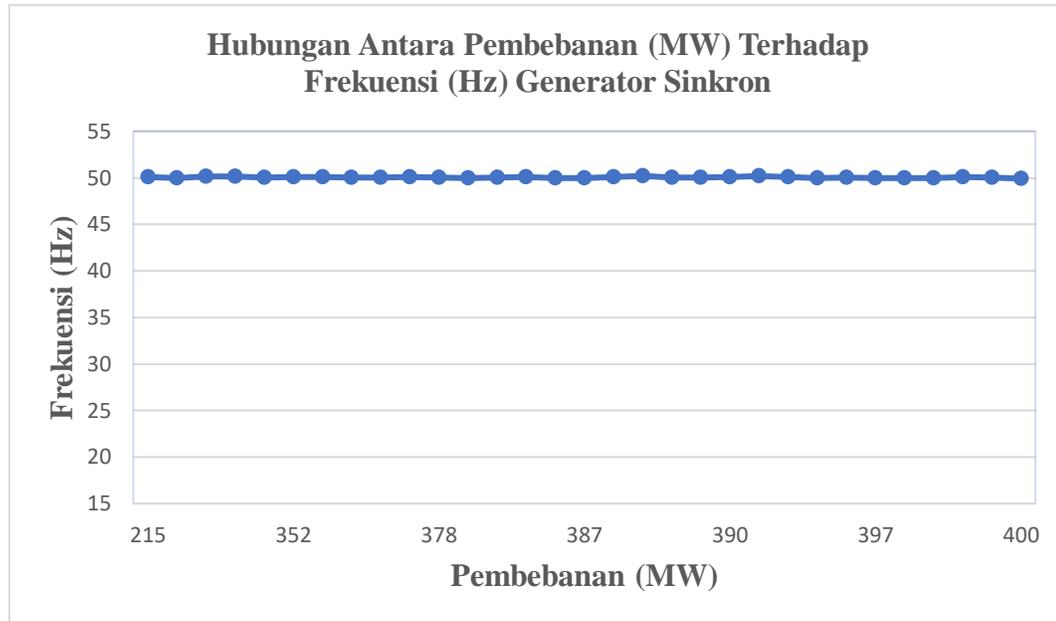
Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar nilai pembebanan (MW), maka nilai dari arus eksitasi (I_f) yang disuplai pada generator sinkron juga akan

meningkat, hal ini dilakukan supaya tegangan terminal generator sinkron menjadi stabil. Pada grafik di atas menunjukkan bahwa beban generator sinkron mengalami kenaikan dan penurunan (fluktuasi). Proses kenaikan dan penurunan beban pada generator disebabkan pembebanan yang selalu berubah-ubah setiap waktu dari kebutuhan pembebanan. Walaupun terjadi fluktuasi performa generator masih mampu bekerja dengan baik yang ditunjukkan pada data tabel dan grafik diatas. Hal ini dikarenakan ketika sistem sudah di sinkronkan terhadap jaringan, maka sistem yang ada akan melayani permintaan beban dan arus eksitasi akan menyesuaikan nilai pembebanan yang juga akan mempengaruhi nilai pembebanan (MW). Ketika permintaan beban semakin besar, maka nilai dari arus eksitasi diperbesar yang menyebabkan rotor generator akan berputar semakin cepat, sehingga tegangan dan daya generator yang dihasilkan akan semakin besar.

4.2.4.2 Hubungan Pembebanan Terhadap Frekuensi

Dengan berubahnya nilai arus eksitasi pada generator, maka akan terlihat pengaruh hubungan antara pembebanan (MW) terhadap frekuensi (Hz) generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3.

Berdasarkan data tabel 4.7 dapat dilihat pada gambar grafik 4.9, bahwa nilai frekuensi di PLTU Suralaya unit 3 berkisar antara 49.92 Hz hingga 50.18 Hz. Hal ini menunjukkan PLTU unit 3 Suralaya menjaga supaya nilai dari frekuensi generator sinkron agar tetap konstan yaitu berada pada kisaran 50 Hz.



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Pembebanan (MW) Terhadap Frekuensi (Hz)

Berdasarkan data tabel 4.7 dapat dilihat pada gambar grafik 4.9 menunjukkan hubungan antara pembebanan (MW) terhadap frekuensi (Hz) yang ada pada PLTU Suralaya unit 3, bahwa nilai frekuensi terendah yaitu 49.92 Hz dengan nilai pembebanan 371.77 MW, sedangkan nilai frekuensi tertinggi yaitu 50.18 Hz dengan nilai pembebanan 384.76 MW. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa perubahan pembebanan akan mempengaruhi nilai frekuensi, walaupun frekuensi berdasarkan grafik diatas menunjukkan tidak terjadi perubahan yang signifikan. Nilai frekuensi harus dijaga konstan setiap waktu, hal ini dikarenakan perubahan frekuensi dapat menyebabkan berubahnya kecepatan putaran motor. Kecepatan putaran motor juga harus dijaga agar frekuensi generator tetap stabil. Salah satu indikator kualitas listrik yang baik yaitu ditunjukkan dengan frekuensi yang stabil. Oleh karena itu kenaikan

nilai frekuensi dikontrol agar konstan 50 Hz dan tidak melebihi dari batas ketetapan PLN yaitu ± 0.5 dari 50 Hz.

4. 3 Prosentase Tegangan *Supply* Pada Generator Sinkron

Untuk mengetahui nilai persentase tegangan *supply* pada generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3 menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% = \frac{V_{out} \text{ Generator}}{\text{Rated Voltage}} \times 100\%$$

Setelah di dapat hasil dari perhitungan tersebut, maka hasil tersebut dikurangi 100 % supaya di dapat prosentase tegangan *supply*, sehingga akan diperoleh prosentase tegangan *supply* generator apakah sesuai standar PLN dan ANSI.

Dari data tabel 4.7 dan spesifikasi dari generator sehingga dapat ditentukan nilai dari tegangan *supply* generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3. Berikut adalah data spesifikasi yang dibutuhkan:

$$\text{Rated Voltage: } 23 \text{ kV} = 23000 \text{ V}$$

Data dari tabel diketahui sebagai berikut:

- Data hari ke-1: $V_{out} \text{ generator} = 22.68 \text{ kV} = 22680 \text{ V}$

Maka diperoleh

$$\% = \frac{V_{out} \text{ Generator}}{\text{Rated Voltage}} \times 100\%$$

$$= \frac{22680}{23000} \times 100\%$$

$$= 98.61\%$$

$$= -1.39\% \text{ (kurang dari 100\%)}$$

- Data hari ke-2: $V_{out} \text{ generator} = 22.85 \text{ kV} = 22850 \text{ V}$

Maka diperoleh

$$\% = \frac{V_{out} \text{ Generator}}{\text{Rated Voltage}} \times 100\%$$

$$= \frac{22850}{23000} \times 100\%$$

$$= 99.35\%$$

$$= -0.65\% \text{ (kurang dari 100\%)}$$

- Data hari ke-3: $V_{out} \text{ generator} = 23.06 \text{ kV} = 23060 \text{ V}$

Maka diperoleh

$$\% = \frac{V_{out} \text{ Generator}}{\text{Rated Voltage}} \times 100\%$$

$$= \frac{23060}{23000} \times 100\%$$

$$= 100.26\%$$

$$= +0.26\% \text{ (lebih dari 100\%)}$$

- Data hari ke-4: $V_{out} \text{ generator} = 23.15 \text{ kV} = 23150 \text{ V}$

Maka diperoleh

$$\begin{aligned} \% &= \frac{V_{out} \text{ Generator}}{\text{Rated Voltage}} \times 100\% \\ &= \frac{23150}{23000} \times 100\% \\ &= 100.65\% \\ &= +0.65\% \text{ (lebih dari } 100\%) \end{aligned}$$

- Data hari ke-5: $V_{out} \text{ generator} = 23.08 \text{ kV} = 23080 \text{ V}$

Maka diperoleh

$$\begin{aligned} \% &= \frac{V_{out} \text{ Generator}}{\text{Rated Voltage}} \times 100\% \\ &= \frac{23080}{23000} \times 100\% \\ &= 100.35\% \\ &= +0.35\% \text{ (lebih dari } 100\%) \end{aligned}$$

Untuk perhitungan prosentase tegangan *supply* generator pada hari ke-6 sampai hari ke-31 dapat dilakukan dengan menggunakan rumus yang sama. Berdasarkan perhitungan di atas, maka dapat dibuat tabel sebagai berikut:

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan prosentase tegangan *supply* generator

Hari ke	Daya Aktif (MW)	Vout Generator (KV)	Prosentase Tegangan <i>Supply</i>
1.	389.90	22.68	- 1.39%
2.	382.41	22.85	- 0.65%
3.	389.01	23.06	+ 0.26%
4.	372.44	23.15	+ 0.65%
5.	397.34	23.08	+ 0.35%
6.	381.01	23.05	+ 0.22%
7.	384.76	23.23	+ 1%
8.	382.31	23.21	+ 0.91%
9.	399.50	23.10	+ 0.43%
10.	259.52	22.91	- 0.39%
11.	265.18	23.65	+ 2.83%
12.	215.20	23.23	+ 1%
13.	392.13	23.48	+ 2.1%
14.	387.99	22.69	-1.35%
15.	390.49	23.13	+ 0.56%
16.	391.86	23.24	+ 1.05%
17.	387.32	22.73	-1.17%
18.	398.16	23.41	+ 1.78%
19.	330.11	23.39	+ 1.7%
20.	371.77	23.49	+ 2.13%
21.	377.72	23.04	+ 1.17%
22.	289.29	22.68	-1.39%
23.	365.74	22.82	-0.78%
24.	387.01	23.50	+ 2.17%

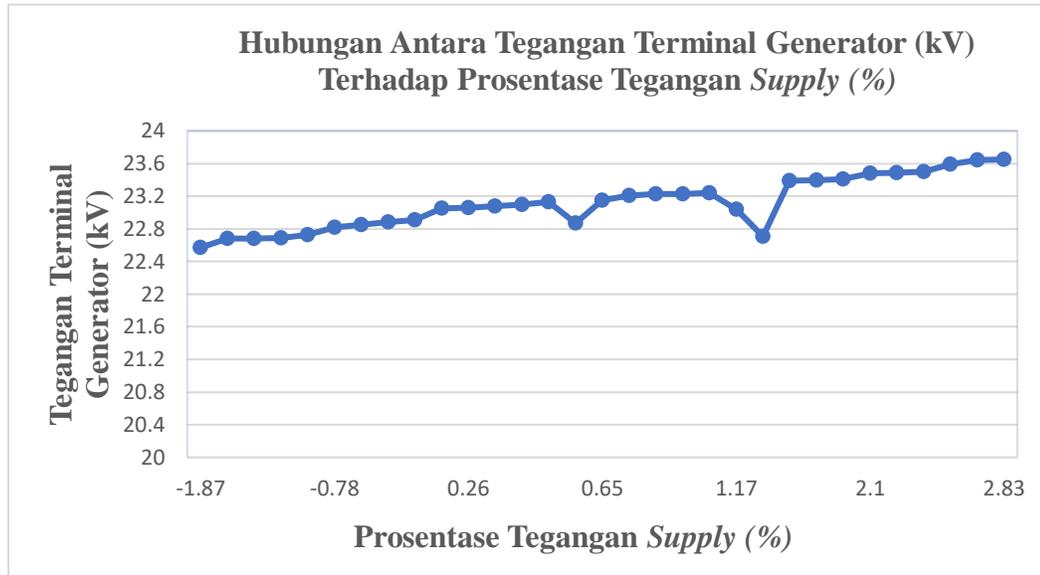
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan prosentase tegangan *supply* generator (lanjutan)

Hari ke	Daya Aktif (MW)	Vout Generator (KV)	Prosentase Tegangan <i>Supply</i>
25.	386.99	22.88	-0.52%
26.	352.48	22.87	+ 0.57%
27.	397.86	22.71	+ 1.26%
28.	399.19	22.57	-1.87%
29.	355.31	23.39	+ 1.7%
30.	395.15	23.64	+ 2.78%
31.	399.01	23.59	+ 2.56%

Pada tabel 4.8 di atas, dapat dilihat prosentase tegangan *supply* generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3 dijaga agar tetap stabil pada kisaran +5% dan -10% sesuai dengan standar PLN dan $\pm 4\%$ sesuai dengan standar ANSI C 84.1 (Tobing, 2010). Untuk mempermudah proses analisis, maka dari data tabel 4.8 diatas dapat dibuat grafik hubungan antara prosentase tegangan *supply* terhadap tegangan keluaran generator sinkron (kV) dan prosentase tegangan *supply* generator terhadap daya aktif (MW) pada PLTU Suralaya unit 3.

4.3.1 Prosentase Tegangan *Supply* Generator Terhadap Tegangan Terminal Generator (kV)

Dengan berubahnya nilai prosentase tegangan *supply* pada generator, maka akan terlihat pengaruh hubungan prosentase tegangan *supply* pada generator terhadap tegangan generator (kV) di PLTU Suralaya unit 3 seperti berikut:



Gambar 4.10 Grafik Nilai Prosentase Tegangan *Supply* (%) Terhadap Tegangan Terminal Generator (kV)

Berdasarkan data tabel 4.8 diatas dapat dilihat prosentase tegangan *supply* tertinggi yaitu +2.83%, dimana nilai tegangan keluaran generator 23.65 kV, sedangkan nilai terendah dari tegangan *supply* yaitu -1.87%, dimana tegangan keluaran generator 22.57 kV. Dari hasil perhitungan prosentase tegangan *supply* generator sinkron ini dapat disimpulkan bahwa prosentase tegangan *supply* generator sinkron dipengaruhi oleh tegangan terminal generator, sehingga pembebanan dapat dikontrol dengan mengatur nilai dari tegangan keluaran generator yang disuplai dari sistem eksitasi.

Kenaikan nilai pembebanan telah diatur tidak melewati batas pembebanan maksimum 400 MW. Oleh karena itu nilai prosentase tegangan *supply* ini dibutuhkan supaya nilai pembebanan dan tegangan keluaran generator dapat diatur supaya tidak melebihi standar yang telah ditetapkan oleh PLN dan ANSI C 84.1. Karena dalam sistem penyediaan tenaga listrik, secara umum tegangan listrik di pusat pembangkit

memiliki prosentase yang bervariasi yaitu menurut standar PLN +5% dan -10%, sedangkan menurut standar ANSI C 84.1 tegangan yang dibolehkan $\pm 4\%$ dalam kondisi normal.

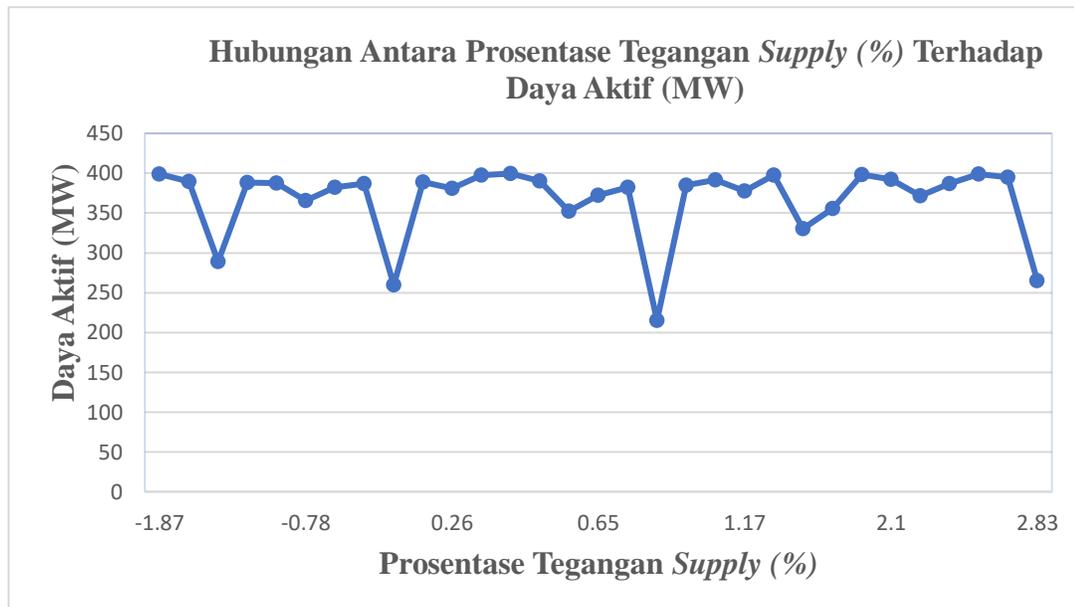
Pada grafik di atas menunjukkan adanya ketidakstabilan (fluktuasi) tegangan keluaran generator, hal ini disebabkan karena adanya perubahan nilai pembebanan secara tiba-tiba terhadap waktu dan pemakaian oleh beban. Sehingga berdasarkan standar yang telah ditetapkan baik standar PLN maupun standar ANSI C 84.1, bahwa prosentase tegangan *supply* pada generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3 berada pada prosentase yang aman dan tidak menyebabkan gangguan pada generator maupun sistem pembangkitan listrik pada PLTU Suralaya unit 3. Sehingga berdasarkan tabel 4.8 dan grafik 4.10 menunjukkan bahwa performa generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3 masih bekerja dalam keadaan yang aman dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh PLN dan ANSI C 84.1.

4.3.2 Prosentase tegangan *supply* generator terhadap daya aktif (MW)

Dengan berubahnya nilai prosentase tegangan *supply* pada generator, maka akan terlihat pengaruh hubungan prosentase tegangan *supply* terhadap daya aktif (MW) pada generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3.

Berdasarkan data tabel 4.8 dapat dilihat pada gambar grafik 4.11 menunjukkan hubungan antara prosentase tegangan *supply* (%) terhadap daya aktif (MW) yang ada pada PLTU Suralaya unit 3, bahwa nilai beban tertinggi yaitu 399.50 MW dengan nilai

prosentase tegangan *supply* generator sinkron sebesar +0.43%, sedangkan nilai terendah dari pembebanan 215.20 MW dengan prosentase tegangan *supply* generator sinkron sebesar +1.



Gambar 4.11 Grafik Nilai Prosentase Tegangan *Supply* (%) Terhadap Daya Aktif (MW)

Kenaikan nilai daya aktif dipengaruhi oleh konsumsi energi listrik yang banyak digunakan beban. Untuk menaikkan daya aktif dapat dilakukan dengan cara menaikkan tegangan terminal generator yang disuplai dari arus eksitasi yang akan mempercepat putaran medan magnet dengan medan arus searah untuk menghasilkan fluks magnet di rotor generator. Ketika rotor berputar, maka fluks magnet yang timbul akibat arus searah tersebut mengakibatkan timbulnya ggl induksi di stator generator, sehingga akan menaikkan tegangan terminal dan daya generator sinkron. Dari data perhitungan dan data operasi harian generator sinkron tersebut, dapat disimpulkan bahwa performa generator sinkron dapat bekerja secara optimal dengan mengatur arus eksitasi supaya

terhindar dari gangguan berupa *under excitation* dan *over excitation*. Sehingga berdasarkan data tabel operasi harian generator sinkron menunjukkan bahwa performa generator sinkron di PLTU Suralaya unit 3 masih bekerja dalam keadaan yang aman dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh PLN dan ANSI C 84.1.