

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

PLTU Sebalang merupakan pembangkit energi listrik yang dibangun oleh PT Adi Karya yang kemudian diakuisisi oleh PT PLN Persero sektor Lampung. Generator yang oprasikan yaitu sebesar 2 x 110 MW, energi listrik yang dihasilkan 90% akan disalurkan untuk memenuhi kebutuhan listrik di wilayah Lampung melalui Gardu Induk (GI) Kalianda, GI Sribawono, dan GI Sutami, sedangkan untuk 10% sisanya untuk pemakaian sendiri. Namun pada kondisi lapangan saat dilakukan penelitian adalah generator unit 1 sedang dalam kondisi *over haul* atau dalam perawatan. Untuk pembakaran boiler PLTU ini menjadikan batubara sebagai bahan bakar utama.



Gambar 4.1 PLTU Sebalang

Batubara dipasok oleh dua perusahaan yaitu PT Hanson Energi dan PT PLN Batubara. Kebutuhan batubara PLTU Sebalang mencapai saat ini 1.000.800 ton per tahun. Kontrak pembangunan ditandatangani per 30 Oktober 2007 dengan memakan waktu kurang lebih 49 bulan untuk unit 1 dan 52 bulan untuk unit 2.

4.2 Proses Awal Pembangkitan di PLTU Sebalang

Tahap pengoprasian unit dimulai dari menyalakan Generator Set (Genset) berbahan bakar solar sebagai penyuplai daya sementara sebelum Generator pembangkit menghasilkan energi listrik kondisi seperti ini dinamakan *field flashing*. Daya dari Generator Set digunakan untuk menyalakan motor-motor baik itu motor 1 fasa maupun motor 3 fasa dan seluruh peralatan unit yang membutuhkan daya listrik.

Generator pembangkit tidak akan beroperasi sebelum semua unit dalam kondisi siap, dari mulai proses transfer batubara ke ruang pembakaran, pembakaran air di boiler sehingga menghasilkan uap yang dapat memutar turbin. Putaran turbin disinkronkan dengan rotor pada generator sehingga rotor pada generator ikut berputar.

Penggunaan *Permanent Magnet Generator* (PMG) pada rotor generator akan menghasilkan daya sebesar 5% dari daya *output* generator tanpa proses eksitasi. Jika generator pembangkit sudah menghasilkan daya sebesar 5% maka proses eksitasi baru dapat dilakukan melalui pembacaan *thyristor* pada *automatic voltage regulator* (AVR). Semua sistem otomasi dikendalikan disuatu ruang yang disebut *Distributed Control System* (DCS). Untuk pengendalian unit yang

memiliki resiko tinggi tidak dapat dilakukan secara manual karena berkaitan dengan keselamatan sehingga harus bisa dikendalikan dari ruang kontrol.

4.3 Analisis Performa Gernerator QF-110-2 PLTU Sebalang

4.3.1 Sistem Eksitasi

Sistem eksitasi diperlukan untuk membuat medan magnet atau menambah sifat kemagnetan pada sebuah rotor, karena penggunaan magnet permanent atau *Pemanent Magnet Generator* (PMG) pada PLTU Sebalang hanya menghasilkan 5% daya dari kapasitas generator itu sendiri oleh sebab itu dibuatlah sistem eksitasi. faktor lain dalam penggunaan permanen magnet adalah seiring berjalannya waktu sifat kemagnetan berangsur menghilang dan kuat medan magnet tidak dapat diatur sesuai kebutuhan.

Sedangkan pada sistem eksitasi kuat medan magnet dapat diatur dengan menambah atau mengurangi jumlah arus yang di injeksikan melalui pilot *exiter* dan sifat kemagnetan pada sistem eksitasi tidak akan hilang selama rotor masih dialirkan arus DC.

Jenis sistem eksitasi yang digunakan pada PLTU Sebalang adalah jenis eksitasi dengan menggunakan sikat (*brush excitation*), untuk tegangan eksitasinya berasal dari salah satu fasa *output* generator itu sendiri (*static Excitation*) sehingga pada sistem eksitasi ini tidak memerlukan generator khusus untuk *supply* dayanya.

Jenis Eksitasi menggunakan sikat biasanya digunakan pada pada generator dengan kapasitas rendah karena untuk segi biaya dan perawatan lebih murah.

Tabel 4.1 Spesifikasi Sistem Eksitasi PLTU Sebalang

No.	Item	Spesifikasi
1.	Pabrik pembuat	<i>Wuhan Honshan Electrical Since & Tecnology CO.Ltd</i>
2.	Input tegangan	480 VDC
3.	<i>Output</i> tegangan maksimal	490 VDC
4.	Tipe	HGL-01
5.	Tahun oprasi	2010
6.	Oprasi temperatur	22-55 °C
7.	KW keluaran	1.225 KW
8.	Arus maksimal	1250 A
9.	<i>Serial number</i>	2009111-2

Jumlah arus eksitasi yang diinjeksikan ke generator adalah fluktuatif tergantung dengan permintaan Penyaluran dan Pusat Pengaturan Beban (P3B) wilayah Sumatera. jika permintaan daya bertambah maka langkah yang dilakukan adalah dengan menambahkan arus eksitasi. Penambahan arus Eksitasi bekerja secara otomatis sesuai perintah *Auto Voltage Regulator (AVR)*. Untuk pemakaian unit seperti motor, penerang dan lain-lain saat start *disupply* dari Generator Set (Genset) yang berbahan bakar disel/solar.

Pada sistem eksitasi tentu memerlukan beberapa peralatan antara lain :

4.3.1.1 *Excitation Transformer*

Seperti yang sudah dijelaskan di atas bahwa sistem eksitasi yang digunakan pada PLTU Sebalang adalah jenis *static excitation* dimana sumber tegangan diperoleh dari salah satu *output* fasa generator yaitu 13,8kV namun untuk kebutuhan eksitasi hanya 450VDC oleh sebab itu dibutuhkanlah sebuah transformer untuk menurunkan tegangan tersebut, lihat tabel 4.1 tentang nameplate eksitasi.

Setelah tegangan diturunkan menggunakan transformer, kemudian disearahkan menggunakan *rectifier*. *Output* dari *rectifier* masuk ke *regulator cubicle*. Pada *regulator cubicle* inilah tegangan dan arus dari eksitasi dikendalikan secara otomatis oleh AVR.

Tabel 4.2 Spesifikasi *Excitation Transformer*

No.	Item	Spesifikasi
1.	Pabrik pembuat	<i>Jiangsu Wetown Busway Co. Ltd,</i>
2.	Tipe	IEC298 C888316
3.	<i>Rate Voltage</i>	13.8 kV
4.	<i>Rate Current max</i>	370 A
5.	Tahun operasi	2007
6.	kapasitas	500kVA

4.3.1.2 *Auto Voltage Regulator (AVR)*

AVR adalah peralatan elektronik yang bekerja secara otomatis mempertahankan tegangan terminal keluaran generator pada nilai yang ditetapkan. AVR juga mengontrol *output* dengan merasakan tegangan V_{out} pada

kumparan pembangkit listrik dan membandingkannya dengan referensi stabil. Sinyal kesalahan kemudian digunakan untuk menyesuaikan nilai rata-rata dari arus medan.

Ketika terjadi turun tegangan generator AVR akan melakukan pembacaan sekaligus perintah untuk menambah arus eksitasi namun jika tegangan generator melebihi tegangan nominal maka AVR secara otomatis akan mengurangi arus eksitasi sehingga keluaran tegangan genereraotr akan selalu konstan dan stabil. Selain berfungsi sebagai pembacaan dan pengaturan arus eksitasi AVR juga menjamin keandalan generator. Pemasangan AVR pada generator yaitu dihubungkan langsung dengan kumparan generator menggunakan isolasi trafo yang berfungsi mengontrol daya yang dihasilkan pada stator

AVR pada PLTU Sebelang terletak dalam satu *Cubicle* dengan sistem eksitasi. Untuk spesifikasi bisa kita amati pada tabel dibawah. Naik dan turunnya arus eksitasi akan sangat berpengaruh terhadap Daya aktif (MW) dan Daya reaktif (MVAR) generator sehingga nantinya juga akan berpengaruh pada perfoma Generator.

Tabel 4.3 Spesifikasi *Auto Voltage Regulator* (AVR)

No.	Item	Spesifikasi
1.	Pabrik pembuat	<i>Wuhan Honshan Electrical Since & Tecnology CO.Ltd</i>
2.	Input tegangan	480 VDC
3.	<i>Output</i> tegangan maksimal	490 VDC
4.	Tipe	HGL-01
5.	Oprasi temperatur	22-55 °C

4.3.1.3 Governor

Sebenarnya governor bukanlah bagian dari *electric* yang berhubungan dengan generator namun bagian dari mekanik pada sebuah sistem. Pada PLTU Sebalang untuk setiap turbin memiliki 4 unit governor, bisa dilihat pada gambar 4.2 kegunaan utama Governor sebagai pengatur besar kecilnya uap panas yang masuk turbin. Mudah-mudahan bisa kita analogikan seperti keran. Biasanya untuk mengatur besar kecilnya bukaan ini menggunakan tekanan oli atau seperti hidrolik. Dalam PLTU sistem hidrolik governor biasa di sebut dengan DEH (Digital Elektrik Hidrolik) System. Pada generator memiliki spesifikasi bahwa putaran rotor yaitu 3000 rpm dengan kata lain turbin juga harus bekerja keras memutar rotor sebanyak 3000rpm.



Gambar 4.2 Pengaturan Governor Dari Ruang Kontrol

Putaran turbin dipengaruhi oleh tekanan uap yang dialirkan melalui menuju turbin. Sampai disini peran governor sangat penting karena apabila

tekanan uap tidak sesuai yang dibutuhkan turbin maka yang terjadi adalah kerusakan pada generator. Frekuensi yang seharusnya 50 Hz bisa berubah jika putaran generator tidak sesuai spesifikasi dan ini akan sangat fatal.

4.3.1.4 Motor Control Center (MCC)

MCC merupakan pusat pengontrolan operasi motor listrik. Sebagai pusat pengontrolan, artinya suatu MCC mampu mengontrol operasi beberapa motor secara bersamaan. Secara lengkap, yang dimaksud dengan MCC adalah kumpulan beberapa komponen, yaitu motor starter, bus bar dan peralatan kontrol, yang kesemuanya berfungsi untuk melakukan pengontrolan operasi motor listrik termasuk governor PLTU Sebalang. Karena governor itu sendiri adalah bagian dari mekanik yang digerakan oleh motor listrik. Komponen-komponen tersebut berada di dalam suatu panel-panel yang terintegrasi yang disebut MCC.



Gambar 4.3 Motor Control Center

1. Jenis-Jenis MCC.

MCC ditinjau dari tegangan yang menyuplainya dan berdasarkan jenis-jenis pengoperasian motornya dapat dibagi sebagai berikut:

1). MCC Berdasarkan tingkat tegangan pensuplai berdasarkan tingkat tegangan yang mensuplai, MCC dapat dibedakan menjadi dua jenis antara lain:

1.1). MCC bersistem tegangan rendah, dimana level tegangan maksimum adalah 600V.

1.2). MCC bersistem tegangan menengah, dimana level tegangan maksimum sebesar 7,2KV. Pada aplikasinya, MCC bersistem tegangan rendah dipakai untuk mengontrol operasi motor yang mempunyai tegangan nominal dari fasa ke fasa 380V.

2). MCC berdasarkan jenis pengoperasian motor dari jenis pengoperasiannya, dapat dibagi menjadi tiga bagian antara lain:

2.1). *Moulded case circuit breaker* (MCCB) atau *Motor Circuit Protector* (MCP).
Kontaktor magnetik.

2.2). Relai pengaman gangguan beban lebih (*overload relay*).

2.3). Trafo kontrol (*control power transformer*).

4.3.2 Karakteristik Generator QF-110-2 PLTU Sebalang

Pada PLTU Sebalang terdapat 2 unit generator yang berkapasitas masing-masing 110 MW. Data yang akan dianalisis adalah data *output* dari generator unit 2 dikarenakan generator unit 1 dalam kondisi perawatan. Berikut adalah spesifikasi generator yang diperoleh dari name plate generator dan manual book generator PLTU Sebalang.

Tabel 4.4 Spesifikasi Generator QF-110-2

No.	Item	Spesifikasi
1.	Pabrik pembuat	China Chang Jiang Energy Group
2.	<i>Rate Power</i>	110 MW
3.	<i>Output</i> tegangan	13.8 kV
4.	Tipe	QF-110-2
5.	<i>Rated current</i>	5414 A
6.	<i>Rated excitation</i>	1250A
7.	Faktor daya	0.85
8.	<i>Connection</i>	<i>star</i>
9.	<i>Rated speed</i>	3000 rpm
10.	Frekuensi	50 Hz
11.	Kode produk	F6002k/1
12.	Tahun produksi	2010

4.3.3 Output Generator QF-110-2 PLTU Sebalang

Presentase pemakaian daya pada PLTU Sebalang adalah 90% untuk beban konsumen atau pelanggan, dan 10% untuk beban unit PLTU Sebalang. Pada saat pengambilan data yaitu pada tanggal 22 April -05 Mei 2018 daya yang diminta Penyaluran dan Pusat Pembagian Beban (P3B) tidak 110 MW Melainkan hanya sekitar 73 MW ditambah pemakaian sendiri yaitu 9 MW sehingga total daya MW yang dihasilkan adalah 82 MW ini bisa kita lihat pada gambar 4.3. Berikut ini adalah data tabel *Output* Generator pada tanggal 11 April 2018.

Tabel 4.5 Data *Output* Generator QF-110-2 Selama 24 Jam

Waktu (WIB)	Frekuensi (Hz)	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Tegangan <i>Output</i> (V)			Arus Generator (A)			Tegangan Eksitasi (V)	Arus Eksitasi (A)	Faktor Daya Cos α
				R	S	T	R	S	T			
10/04/2018 11:00	50,058	82,993	45,931	13,753	13,768	13,755	3981,0	3913,5	3987,9	186,662	1010,7	0,8768
10/04/2018 12:00	50,131	86,033	43,755	13,765	13,783	13,770	4052,5	3976,8	4059,4	186,578	1005,5	0,8922
10/04/2018 13:00	50,055	85,704	43,847	13,752	13,772	13,758	4046,4	3970,3	4049,6	186,562	1006,2	0,8912
10/04/2018 14:00	50,129	85,432	45,778	13,745	13,759	13,744	4067,3	4000,9	4086,4	188,649	1014,4	0,8832
10/04/2018 15:00	50,103	85,896	34,941	13,802	13,818	13,811	3892,3	3829,0	3897,9	176,623	959,80	0,9269
10/04/2018 16:00	50,290	85,742	30,344	13,826	13,846	13,834	3812,4	3742,8	3820,5	170,086	932,58	0,9430
10/04/2018 17:00	50,123	86,114	42,238	13,829	13,848	13,840	4015,6	3940,3	4012,4	184,793	1001,6	0,8992
10/04/2018 18:00	50,001	86,648	34,749	13,861	13,886	13,871	3901,9	3816,4	3910,2	176,625	962,95	0,9280
10/04/2018 19:00	49,932	87,800	42,341	13,813	13,839	13,833	4093,5	4011,4	4076,4	187,422	1012,2	0,9019
10/04/2018 20:00	49,974	87,867	38,162	13,835	13,865	13,855	4020,2	3932,0	4003,7	180,911	983,42	0,9170
10/04/2018 21:00	50,182	87,761	41,538	13,832	13,862	13,850	4076,2	3984,9	4061,8	184,691	1004,1	0,9044
10/04/2018 22:00	50,014	87,341	42,793	13,801	13,836	13,823	4094,7	3997,4	4084,2	186,802	1010,6	0,9001
10/04/2018 23:00	50,003	87,616	30,266	13,883	13,920	13,898	3879,3	3781,8	3884,6	171,915	942,45	0,9449
11/04/2018 0:00	50,122	87,966	34,294	13,857	13,891	13,872	3955,4	3863,5	3958,2	176,872	965,60	0,9333
11/04/2018 1:00	50,240	87,525	35,428	13,853	13,891	13,874	3965,3	3862,5	3949,9	178,541	973,27	0,9294
11/04/2018 2:00	50,011	87,877	32,269	13,866	13,906	13,885	3925,7	3820,3	3925,2	174,647	953,13	0,9403
11/04/2018 3:00	50,168	87,838	30,958	13,865	13,904	13,881	3907,6	3800,3	3903,4	172,536	943,10	0,9445
11/04/2018 4:00	50,246	87,645	31,025	13,873	13,916	13,892	3896,5	3788,6	3897,2	173,059	947,82	0,9444
11/04/2018 5:00	49,974	87,632	33,739	13,853	13,888	13,870	3941,1	3845,1	3935,3	176,085	962,00	0,9361

Tabel 4.5 Data *Output* Generator QF-110-2 Selama 24 Jam (Lanjutan)

Tanggal & waktu	Frekuensi (Hz)	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Tegangan <i>Output</i> (V)			Arus Generator (A)			Tegangan Eksitasi (V)	Arus Eksitasi (A)	Faktor Daya Cos α
				R	S	T	R	S	T			
11/04/2018 6:00	50,2465	87,750	41,364	13,826	13,853	13,835	4059,4	3965,6	4060,7	184,533	1001,2	0,9064
11/04/2018 7:00	50,1944	87,83	41,735	13,821	13,853	13,836	4077,3	3984,8	4054,4	185,117	1003,1	0,9057
11/04/2018 8:00	50,0064	87,652	43,133	13,811	13,838	13,825	4091,7	4008,8	4082,8	187,898	1013,2	0,8988
11/04/2018 9:00	49,9302	87,965	50,344	13,785	13,805	13,792	4246,1	4171,5	4239,0	197,710	1055,5	0,8695
11/04/2018 10:00	49,8926	87,551	46,884	13,802	13,820	13,802	4148,3	4081,2	4164,5	193,037	1035,3	0,8831

Pada tabel 4.5 data *output* generator diatas adalah data yang nantinya akan dianalisis kemudian dilakukan perhitungan batasan standar atau toleransi perhitungan dilakukan pada *output* generator antara lain : frekuensi (Hz), nilai daya aktif (MW), daya reaktif (MVAR), V_{out} generator setiap fasa (kV), arus jangkar setiap fasa (kA), tegangan eksitasi (V), arus eksitasi (A), dan faktor daya (Cos), semua data diambil pada tanggal 10-11 April 2018 dengan hitungan waktu selama 24 jam dengan selisih waktu satu jam dimulai pukul 11.00 WIB tanggal 10 April sampai dengan pukul 11.00 WIB tanggal 11 April 2018. Berikut ini adalah *output* generator beserta dengan hasil analisis :

4.3.3.1 Perubahan Frekuensi Terhadap Waktu

Batas toleransi yang berlaku pada frekuensi adalah +1% dan -1% dari 50Hz sehingga 50.5Hz batas frekuensi maksimal dan 49,5Hz batas frekuensi minimal

jadi dapat diperoleh perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Rumus } \% = \frac{\text{frekuensi output}}{50\text{Hz}} \times 100\% \dots\dots\dots(4.1)$$

Frekuensi pada pukul 11.00 = $\frac{50,058\text{Hz}}{50\text{Hz}} \times 100\% = +0,116$ (masih dalam batas toleransi)

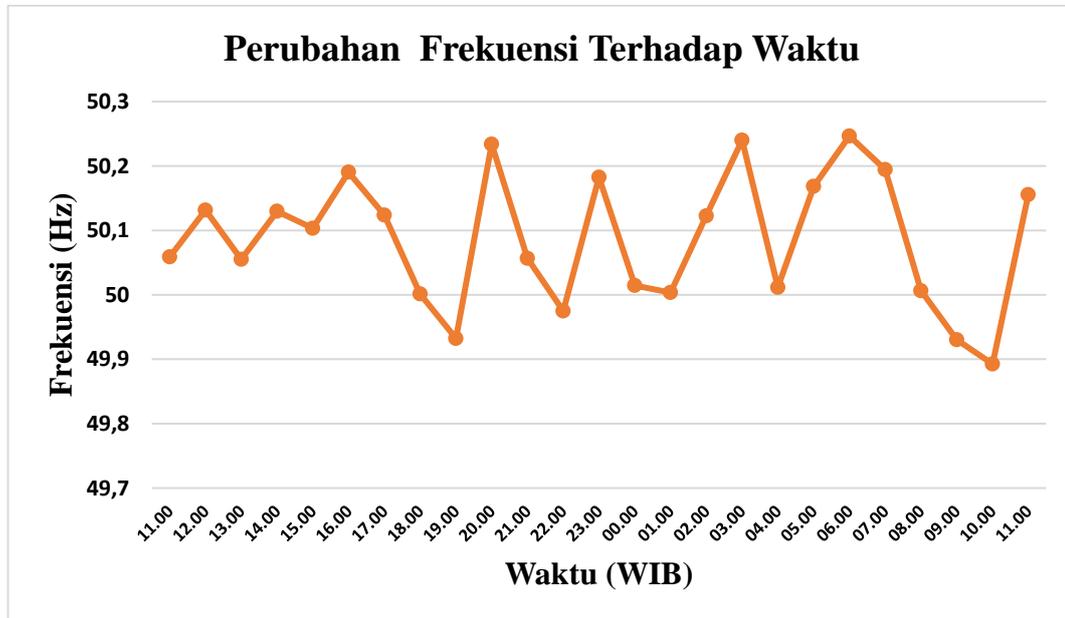
Berikut ini adalah hasil perhitungan toleransi frekuensi dalam waktu 24 jam menggunakan rumus yang sama dalam bentuk tabel.

Tabel 4.6 Toleransi Pada Frekuensi Generator

Waktu (WIB)	Standar Frekuensi (Hz)	Ouput Frekuensi (Hz)	Batas Toleransi +1% dan -1%	Hasil perhitungan	Status
10/04/2018 11:00	50	50,05879	+0.5 dan -0.5	0,11758	<i>good</i>
10/04/2018 12:00	50	50,13157	+0.5 dan -0.5	0,26314	<i>good</i>
10/04/2018 13:00	50	50,05505	+0.5 dan -0.5	0,1101	<i>good</i>
10/04/2018 14:00	50	50,12975	+0.5 dan -0.5	0,2595	<i>good</i>
10/04/2018 15:00	50	50,10326	+0.5 dan -0.5	0,20652	<i>good</i>
10/04/2018 16:00	50	50,19042	+0.5 dan -0.5	0,380	<i>good</i>
10/04/2018 17:00	50	50,12376	+0.5 dan -0.5	0,24752	<i>good</i>
10/04/2018 18:00	50	50,00134	+0.5 dan -0.5	0,00268	<i>good</i>
10/04/2018 19:00	50	49,93224	+0.5 dan -0.5	-0,13552	<i>good</i>
10/04/2018 20:00	50	50,23393	+0.5 dan -0.5	0,46786	<i>good</i>
10/04/2018 21:00	50	50,05667	+0.5 dan -0.5	0,11334	<i>good</i>
10/04/2018 22:00	50	49,97489	+0.5 dan -0.5	-0,05022	<i>good</i>
10/04/2018 23:00	50	50,18242	+0.5 dan -0.5	0,36484	<i>good</i>
11/04/2018 0:00	50	50,01445	+0.5 dan -0.5	0,0289	<i>good</i>
11/04/2018 1:00	50	50,00359	+0.5 dan -0.5	0,00718	<i>good</i>
11/04/2018 2:00	50	50,12268	+0.5 dan -0.5	0,24536	<i>good</i>
11/04/2018 3:00	50	50,24015	+0.5 dan -0.5	0,4803	<i>good</i>
11/04/2018 4:00	50	50,01157	+0.5 dan -0.5	0,02314	<i>good</i>
11/04/2018 5:00	50	50,16831	+0.5 dan -0.5	0,33662	<i>good</i>
11/04/2018 6:00	50	50,24652	+0.5 dan -0.5	0,49304	<i>good</i>
11/04/2018 7:00	50	50,19448	+0.5 dan -0.5	0,38896	<i>good</i>
11/04/2018 8:00	50	50,00644	+0.5 dan -0.5	0,01288	<i>good</i>
11/04/2018 9:00	50	49,93027	+0.5 dan -0.5	-0,13946	<i>good</i>
11/04/2018 10:00	50	49,8926	+0.5 dan -0.5	-0,2148	<i>good</i>
11/04/2018 11:00	50	50,15556	+0.5 dan -0.5	0,31112	<i>good</i>

Setelah dilakukan perhitungan batas toleransi frekuensi dapat disimpulkan bahwa *output* frekuensi dari generator unit 2 PLTU Sebalang masih baik. Ini terbukti dari hasil perhitungan nilai tertinggi 0,4803 Hz dan nilai terendah -0.21 Hz. Naik turunnya frekuensi dikarenakan permintaan beban. Ketika

beban bertambah maka frekuensi turun karena turbin di paksa memutar generator yang semakin berat karena beban bertambah dan berlaku sebaliknya.



Gambar 4.4 Perubahan Frekuensi Terhadap Waktu

Dapat lihat bahwa pada waktu tertentu nilai frekuensi naik dan turun.

Faktor yang mempengaruhi naik dan turunnya frekuensi adalah naik turunnya beban. Jika beba naik maka turbin beran memetar generator yang berakibat pada putaran generator dan mempengaruhi nilai frekuensi. Nilai frekuensi tertinggi terjadi pada pukul 06.00 WIB yaitu 50,24 Hz dan untuk nilai frekuensi terendah pada pukul 10.00 WIB yaitu sebesar 49,89 Hz.

4.3.3.2 Perubahan Daya Aktif Terhadap Waktu

Di PLTU Sebalang permintaan daya listrik saat itu hanya sebesar 75 MW dan untuk memenuhi kebutuhan sendiri sebesar 10 MW. Jadi daya *output* generator total sebesar 85 MW . Sehingga generator pada saat itu tidak sedang bekerja 100% dari kapasitas tenaga listrik generator 110 MW yang bekerja hanya

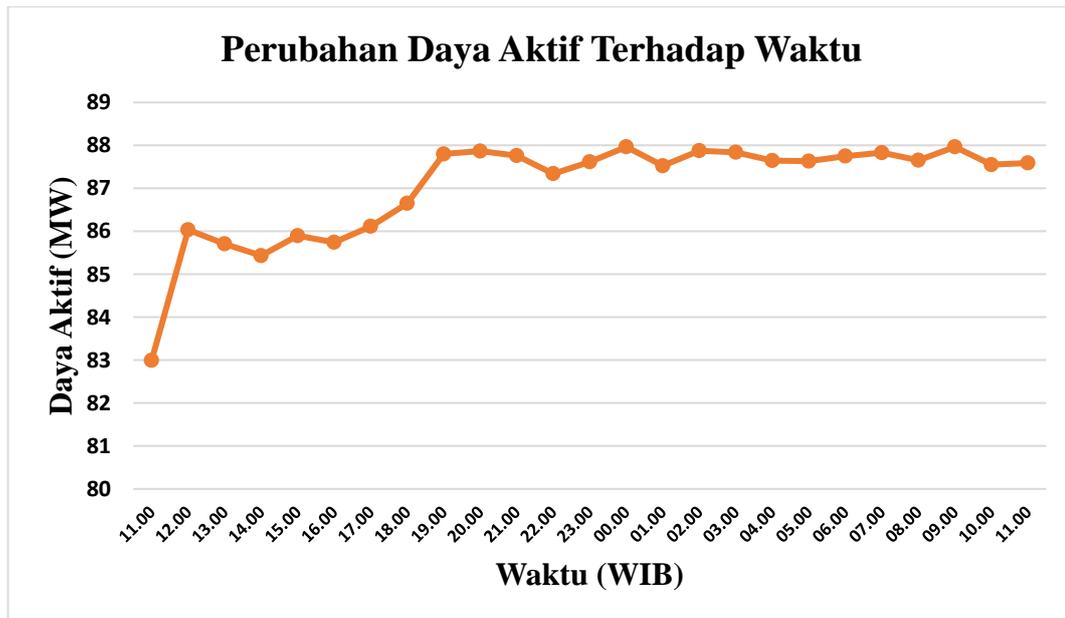
sebesar 77% atau sebesar 85MW. Untuk batasan standar daya aktif yaitu sebesar +5% dan -5% dari daya aktif atau +4.25 MW dan – 4,25 MW yang dihasilkan generator.

Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan toleransi daya aktif sesuai permintaan penyaluran dan pusat pembagian beban (P3B).

Tabel 4.7 Toleransi Daya Aktif (MW)

Waktu (WIB)	Presentase permintaan dari P3B 77%	Ouput Daya aktif	Batas Toleransi +5% dan -5%	Hasil perhitungan	Status
10/04/2018 11:00	85 MW	82,993	+4.25 dan -4.25	-2,01	<i>good</i>
10/04/2018 12:00	85 MW	86,033	+4.25 dan -4.25	1,034	<i>good</i>
10/04/2018 13:00	85 MW	85,704	+4.25 dan -4.25	0,705	<i>good</i>
10/04/2018 14:00	85 MW	85,432	+4.25 dan -4.25	0,433	<i>good</i>
10/04/2018 15:00	85 MW	85,896	+4.25 dan -4.25	0,896	<i>good</i>
10/04/2018 16:00	85 MW	85,742	+4.25 dan -4.25	0,742	<i>good</i>
10/04/2018 17:00	85 MW	86,114	+4.25 dan -4.25	1,115	<i>good</i>
10/04/2018 18:00	85 MW	86,648	+4.25 dan -4.25	1,649	<i>good</i>
10/04/2018 17:00	85 MW	86,114	+4.25 dan -4.25	1,115	<i>good</i>
10/04/2018 18:00	85 MW	86,648	+4.25 dan -4.25	1,649	<i>good</i>
10/04/2018 19:00	85 MW	87,800	+4.25 dan -4.25	2,801	<i>good</i>
10/04/2018 20:00	85 MW	87,867	+4.25 dan -4.25	2,868	<i>good</i>
10/04/2018 21:00	85 MW	87,761	+4.25 dan -4.25	2,761	<i>good</i>
10/04/2018 22:00	85 MW	87,341	+4.25 dan -4.25	2,342	<i>good</i>
10/04/2018 23:00	85 MW	87,616	+4.25 dan -4.25	2,617	<i>good</i>
11/04/2018 0:00	85 MW	87,966	+4.25 dan -4.25	2,966	<i>good</i>
11/04/2018 1:00	85 MW	87,525	+4.25 dan -4.25	2,525	<i>good</i>
11/04/2018 2:00	85 MW	87,877	+4.25 dan -4.25	2,877	<i>good</i>
11/04/2018 3:00	85 MW	87,838	+4.25 dan -4.25	2,839	<i>good</i>
11/04/2018 4:00	85 MW	87,645	+4.25 dan -4.25	2,645	<i>good</i>
11/04/2018 5:00	85 MW	87,632	+4.25 dan -4.25	2,632	<i>good</i>
11/04/2018 6:00	85 MW	87,750	+4.25 dan -4.25	2,751	<i>good</i>
11/04/2018 7:00	85 MW	87,83	+4.25 dan -4.25	2,83	<i>good</i>
11/04/2018 8:00	85 MW	87,652	+4.25 dan -4.25	2,653	<i>good</i>
11/04/2018 9:00	85 MW	87,965	+4.25 dan -4.25	2,965	<i>good</i>
11/04/2018 10:00	85 MW	87,551	+4.25 dan -4.25	2,551	<i>good</i>
11/04/2018 11:00	85 MW	87,750	+4.25 dan -4.25	2,59	<i>good</i>

Dari tabel perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa keluaran daya aktif masih dalam batas toleransi ini terbukti dari hasil perhitungan tertinggi sebesar 2,966 MW dan terendah -2,01 MW. Sedangkan batas toleransi 85 MW. Berikut ini adalah grafik *output* daya aktif terhadap waktu.



Gambar 4.5 Perubahan Daya Aktif Terhadap Waktu

Jadi nilai *output* tertinggi pada pukul 00.00 WIB dan 09.00 WIB sebesar 88 MW sedangkan untuk nilai *output* terendah pada pukul 11.00 WIB 10 April 2018 sebesar 83 MW.

4.3.3.3 Perubahan Daya Reaktif Terhadap Waktu

Selain menghasilkan daya aktif generator juga menghasilkan daya reaktif. Besar kecil daya reaktif dipengaruhi oleh arus eksitasi yang diinjeksikan pada generator. Semakin besar arus eksitasi yang diinjeksikan ke generator maka semakin besar daya reaktif yang dihasilkan generator. Besar daya reaktif adalah 45% jadi ketika daya aktif yang dihasilkan generator sebesar 85 MW maka daya

reaktifnya sebesar 38,25 MVAR dimana saat itu faktor daya sebesar 0,92. Untuk toleransi daya reaktif sebesar 30% berikut ini adalah perhitungan batas toleransi daya reaktif.

Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan toleransi daya aktif sesuai permintaan penyaluran dan pusat pembagian beban (P3B) menggunakan rumus diatas.

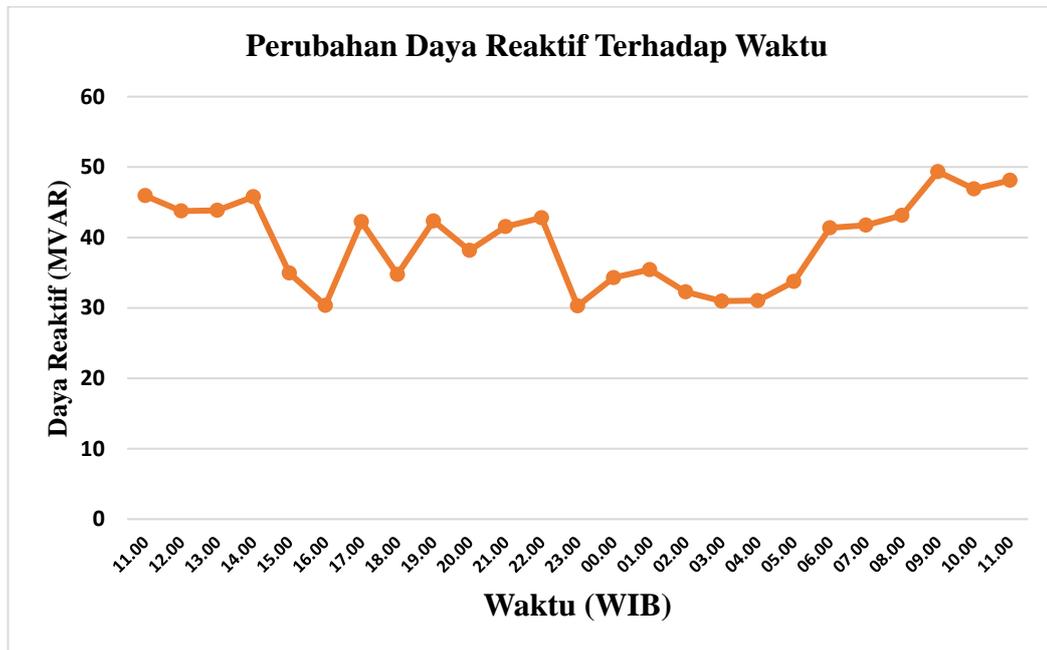
Tabel 4.8 Toleransi Daya Reaktif (MVAR)

Waktu (WIB)	Presentase permintaan dari P3B 45%	Output Daya reaktif (MVAR)	Batas Toleransi +30% dan -30%	Hasil Perhitungan	Status
10/04/2018 11:01	38,25 MVAR	45,93174	+11,475 dan - 11,475	7,68174	<i>good</i>
10/04/2018 12:01	38,25 MVAR	43,75533	+11,475 dan - 11,475	5,50533	<i>good</i>
10/04/2018 12:59	38,25 MVAR	43,84718	+11,475 dan - 11,475	5,59718	<i>good</i>
10/04/2018 14:00	38,25 MVAR	45,7786	+11,475 dan - 11,475	7,5286	<i>good</i>
10/04/2018 14:59	38,25 MVAR	34,94174	+11,475 dan - 11,475	-3,30826	<i>good</i>
10/04/2018 16:00	38,25 MVAR	30,3443	+11,475 dan - 11,475	-7,9057	<i>good</i>
10/04/2018 17:00	38,25 MVAR	42,23884	+11,475 dan - 11,475	3,98884	<i>good</i>
10/04/2018 18:01	38,25 MVAR	34,749	+11,475 dan - 11,475	-3,501	<i>good</i>
10/04/2018 19:01	38,25 MVAR	42,34152	+11,475 dan - 11,475	4,09152	<i>good</i>
10/04/2018 20:00	38,25 MVAR	38,16221	+11,475 dan - 11,475	-0,08779	<i>good</i>
10/04/2018 21:01	38,25 MVAR	41,53816	+11,475 dan - 11,475	3,28816	<i>good</i>
10/04/2018 22:00	38,25 MVAR	42,79324	+11,475 dan - 11,475	4,54324	<i>good</i>
10/04/2018 23:01	38,25 MVAR	30,26654	+11,475 dan - 11,475	-7,98346	<i>good</i>

Tabel 4.8 Toleransi Daya Reaktif (MVAR)(Lanjutan)

Waktu (WIB)	Presentase permintaan dari P3B 45%	Output Daya reaktif (MVAR)	Batas Toleransi +30% dan -30%	Hasil Perhitungan	Status
11/04/2018 0:00	38,25 MVAR	34,29413	+11,475 dan - 11,475	-3,95587	<i>good</i>
11/04/2018 1:00	38,25 MVAR	35,4287	+11,475 dan - 11,475	-2,8213	<i>good</i>
11/04/2018 2:01	38,25 MVAR	32,26928	+11,475 dan - 11,475	-5,98072	<i>good</i>
11/04/2018 3:00	38,25 MVAR	30,95836	+11,475 dan - 11,475	-7,29164	<i>good</i>
11/04/2018 4:00	38,25 MVAR	31,02541	+11,475 dan - 11,475	-7,22459	<i>good</i>
11/04/2018 5:01	38,25 MVAR	33,7397	+11,475 dan - 11,475	-4,5103	<i>good</i>
11/04/2018 6:00	38,25 MVAR	41,36478	+11,475 dan - 11,475	3,11478	<i>good</i>
11/04/2018 7:01	38,25 MVAR	41,73599	+11,475 dan - 11,475	3,48599	<i>good</i>
11/04/2018 8:01	38,25 MVAR	43,13307	+11,475 dan - 11,475	4,88307	<i>good</i>
11/04/2018 9:00	38,25 MVAR	50,34418	+11,475 dan - 11,475	11,09418	<i>good</i>
11/04/2018 10:00	38,25 MVAR	46,88401	+11,475 dan - 11,475	8,63401	<i>good</i>
11/04/2018 11:01	38,25 MVAR	48,10636	+11,475 dan - 11,475	9,85636	<i>good</i>

Dari hasil perhitungan dapat diamati bahwa daya reaktif masih dalam batasan toleransi ini terbukti hasil *output* terbesar 50,244 MVAR sedangkan permintaan daya reaktif hanya 45% dari daya aktif yaitu 38.25 MVAR. Untuk daya reaktif terendah adalah 30,34 MVAR.



Gambar 4.6 Perubahan Daya Reaktif Terhadap Waktu

Dari pengamatan grafik *output* terbesar 50,244 MVAR terjadi pada pukul 08.00 dan 11.00 sedangkan untuk *output* terendah terjadi pada pukul 16.00 yaitu sebesar 30,34 MVAR.

4.3.3.4 Perubahan Tegangan *Output* R, S, T Terhadap Waktu

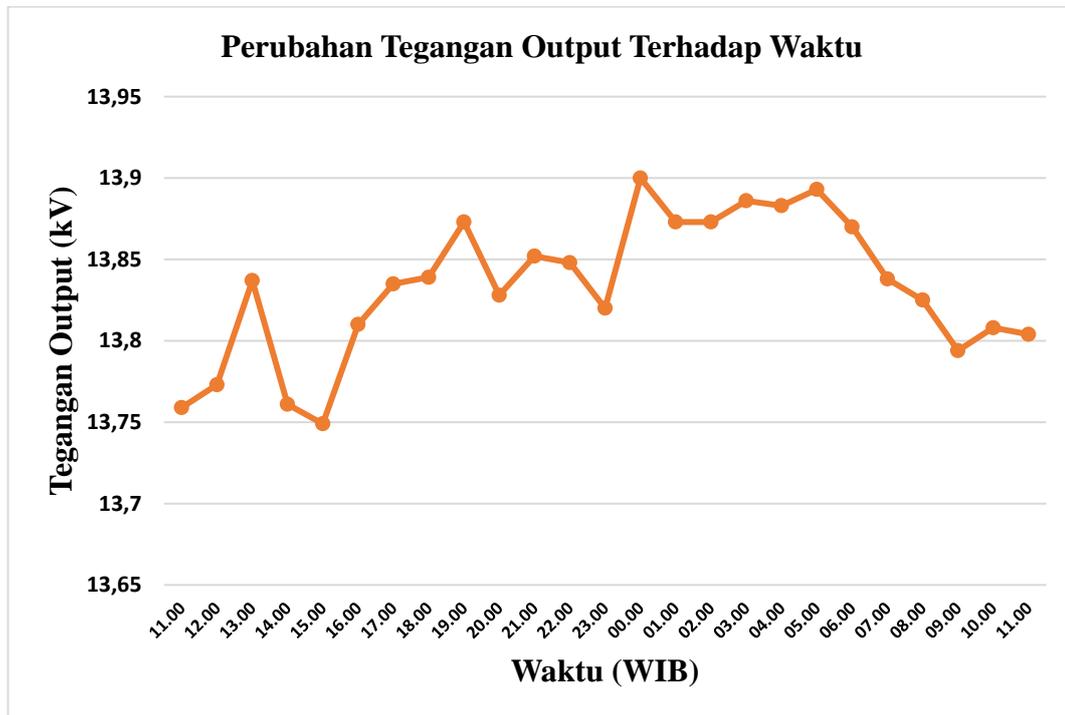
Generator memiliki spesifikasi *output* tegangan 13.8kV 3 fasa. Keluaran tegangan generator dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti beban konsumen, frekuensi, dan arus eksitasi. Tegangan *output* akan terjadi turun tegangan ketika beban konsumen bertambah kemudian yang harus dilakukan adalah menambah arus eksitasi. Namun pada saat arus eksitasi ditambah maka yang terjadi adalah turbin sangat bekerja keras memutar jangkar generator sehingga kecepatan putaran menurun, langkah yang harus diambil adalah menambah tekanan uap pada turbin sehingga turbin dapat menghasilkan putaran 3000 rpm dan dapat mencapai frekuensi 50Hz. Untuk batasan toleransi tegangan *output* adalah +5%

dan -5% dari tegangan standar. Berikut ini adalah hasil perhitungan batas toleransi *output* tegangan dalam bentuk tabel.

Tabel 4.9 Toleransi Tegangan *Output* Generator

Waktu (WIB)	Batas tegangan standart (V)	Tegangan (V) Ketiga fasa R, S, T	Batas Toleransi +5% dan -5%	Hasil perhitungan	Status
10/04/2018 11:00	13.8kV	13,759	+0.69 dan -0.69	-0,04092	<i>good</i>
10/04/2018 12:00	13.8kV	13,773	+0.69 dan -0.69	-0,02687	<i>good</i>
11/04/2018 7:00	13.8kV	13,837	+0.69 dan -0.69	0,03705	<i>good</i>
10/04/2018 13:00	13.8kV	13,761	+0.69 dan -0.69	-0,03891	<i>good</i>
10/04/2018 14:00	13.8kV	13,749	+0.69 dan -0.69	-0,05035	<i>good</i>
10/04/2018 15:00	13.8kV	13,810	+0.69 dan -0.69	0,010707	<i>good</i>
10/04/2018 16:00	13.8kV	13,835	+0.69 dan -0.69	0,03558	<i>good</i>
10/04/2018 17:00	13.8kV	13,839	+0.69 dan -0.69	0,039663	<i>good</i>
10/04/2018 18:00	13.8kV	13,873	+0.69 dan -0.69	0,07325	<i>good</i>
10/04/2018 19:00	13.8kV	13,828	+0.69 dan -0.69	0,028853	<i>good</i>
10/04/2018 20:00	13.8kV	13,852	+0.69 dan -0.69	0,052293	<i>good</i>
10/04/2018 21:00	13.8kV	13,848	+0.69 dan -0.69	0,048297	<i>good</i>
10/04/2018 22:00	13.8kV	13,820	+0.69 dan -0.69	0,02031	<i>good</i>
10/04/2018 23:00	13.8kV	13,800	+0.69 dan -0.69	0,100657	<i>good</i>
11/04/2018 0:00	13.8kV	13,873	+0.69 dan -0.69	0,073923	<i>good</i>
11/04/2018 1:00	13.8kV	13,873	+0.69 dan -0.69	0,07308	<i>good</i>
11/04/2018 2:00	13.8kV	13,886	+0.69 dan -0.69	0,086037	<i>good</i>
11/04/2018 3:00	13.8kV	13,883	+0.69 dan -0.69	0,083753	<i>good</i>
11/04/2018 4:00	13.8kV	13,893	+0.69 dan -0.69	0,093807	<i>good</i>
11/04/2018 5:00	13.8kV	13,870	+0.69 dan -0.69	0,07078	<i>good</i>
11/04/2018 6:00	13.8kV	13,838	+0.69 dan -0.69	0,038487	<i>good</i>
11/04/2018 8:00	13.8kV	13,825	+0.69 dan -0.69	0,025257	<i>good</i>
11/04/2018 9:00	13.8kV	13,794	+0.69 dan -0.69	-0,00547	<i>good</i>
11/04/2018 10:00	13.8kV	13,808	+0.69 dan -0.69	0,008573	<i>good</i>
11/04/2018 11:00	13.8kV	13,804	+0.69 dan -0.69	0,004933	<i>good</i>

Turun tegangan dan tegangan berlebih pada hasil perhitungan diatas masih dalam batas toleransi sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk tegangan *output* masih baik. Tegangan *output* tertinggi pada saat pukul 23.00 WIB yaitu sebesar 13.900kV sedangkan untuk tegangan terendah terjadi pada pukul 14.00 WIB yaitu sebesar 13,749.



Gambar 4.7 Perubahan *Output* Tegangan Terhadap Waktu

Nilai tegangan *output* tertinggi terjadi pada pukul 00.00 WIB sebesar 13.87 kV dan *output* tegangan terendah terjadi pada pukul 15.00 WIB sebesar 13.75 kV.

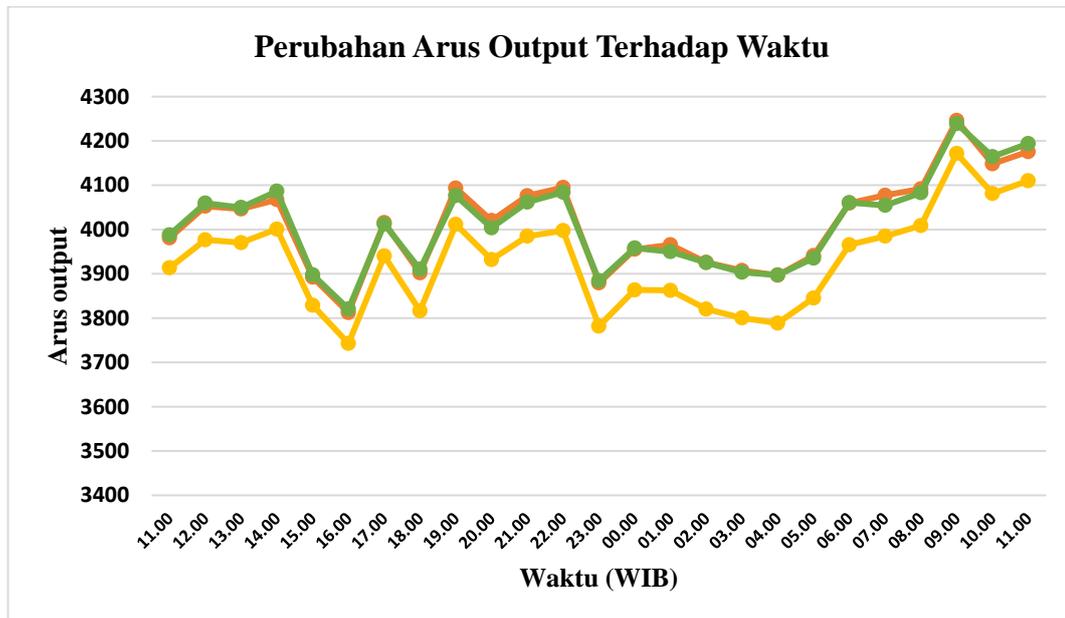
4.3.3.5 Perubahan Arus Generator R, S, T Terhadap Waktu

Arus generator tidak akan muncul ketika belum ada beban. Sehingga yang menentukan besar kecilnya arus generator adalah beban. Beban yang dimaksud adalah beban konsumen dalam hal ini PLTU Sebalang diatur pembagian beban konsumen oleh penyaluran dan pusat pembagian beban (P3B).

Tabel 4.10 Hasil arus R, S, T *output* generator

Waktu (WIB)	Output Arus Jangkar (A)			Rata-rata	Status
	R	S	T	Arus (A)	
10/04/2018 11:00	3981,018	3913,594	3987,915	3960,842	<i>good</i>
10/04/2018 12:00	4052,596	3976,82	4059,447	4029,621	<i>good</i>
10/04/2018 13:00	4046,421	3970,377	4049,677	4022,158	<i>good</i>
10/04/2018 14:00	4067,368	4000,933	4086,494	4051,598	<i>good</i>
10/04/2018 15:00	3892,331	3829,043	3897,907	3873,094	<i>good</i>
10/04/2018 16:00	3812,47	3742,846	3820,532	3791,949	<i>good</i>
10/04/2018 17:00	4015,647	3940,334	4012,47	3989,484	<i>good</i>
10/04/2018 18:00	3901,929	3816,459	3910,296	3876,228	<i>good</i>
10/04/2018 19:00	4093,589	4011,499	4076,498	4060,529	<i>good</i>
10/04/2018 20:00	4020,238	3932,063	4003,784	3985,362	<i>good</i>
10/04/2018 21:00	4076,262	3984,937	4061,812	4041,004	<i>good</i>
10/04/2018 22:00	4094,79	3997,478	4084,22	4058,829	<i>good</i>
10/04/2018 23:00	3879,374	3781,823	3884,616	3848,604	<i>good</i>
11/04/2018 0:00	3955,404	3863,566	3958,224	3925,731	<i>good</i>
11/04/2018 1:00	3965,35	3862,52	3949,981	3925,95	<i>good</i>
11/04/2018 2:00	3925,751	3820,385	3925,229	3890,455	<i>good</i>
11/04/2018 3:00	3907,621	3800,351	3903,404	3870,459	<i>good</i>
11/04/2018 4:00	3896,542	3788,603	3897,249	3860,798	<i>good</i>
11/04/2018 5:00	3941,176	3845,195	3935,39	3907,254	<i>good</i>
11/04/2018 6:00	4059,417	3965,684	4060,728	4028,61	<i>good</i>
11/04/2018 7:00	4077,38	3984,833	4054,433	4038,882	<i>good</i>
11/04/2018 8:00	4091,742	4008,874	4082,889	4061,168	<i>good</i>
11/04/2018 9:00	4246,119	4171,565	4239,062	4218,915	<i>good</i>
11/04/2018 10:00	4148,389	4081,271	4164,524	4131,395	<i>good</i>
11/04/2018 11:00	4175,721	4110,089	4194,031	4159,947	<i>good</i>

Data *output* arus jangkar diatas adalah hasil *tradding* pada tanggal 10-11 April 2018 yang ditampilkan selama 24 jam. Arus tertinggi adalah 4218.92 A sedangkan arus terendah sebesar 3960,842 A dimana tercatat pada jam 09.00 WIB tanggal 11 April 2018.



Gambar 4.8 Perubahan *Output* Arus R, S, T Terhadap Waktu

Dapat diamati bahwa *output* arus tertinggi adalah 4239 A pada fasa T yang pada saat itu terjadi pada pukul 09.00 WIB kemudian untuk *output* arus terendah adalah 3812 A yang terjadi pada pukul 16.00 WIB.

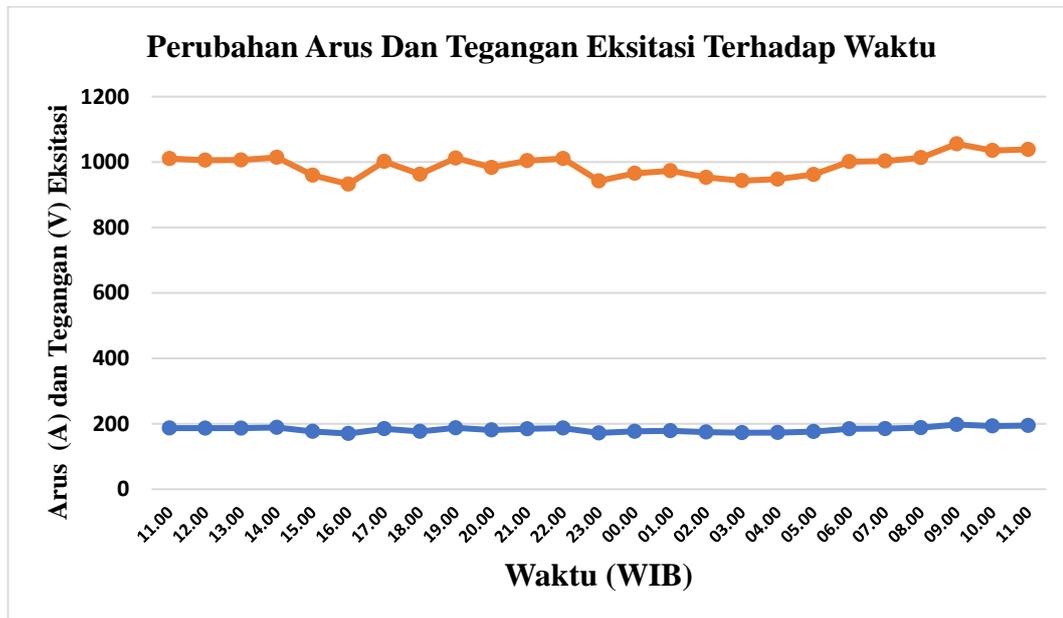
4.3.3.6 Perubahan Tegangan dan Arus Eksitasi Terhadap Waktu

Tegangan yang digunakan pada sistem eksitasi adalah tegangan DC karena hanya dengan tegangan DC jangkar pada generator dapat menghasilkan medan magnet. Medan magnet inilah yang akan membangkitkan tegangan *output* pada generator. Tegangan eksitasi diperoleh dari salah satu fasa *output* generator setelah sebelumnya disearahkan dahulu. Berikut ini adalah pembacaan tegangan DC yang digunakan untuk eksitasi.

Tabel 4.11 Arus Dan Tegangan Eksitasi generator

Waktu (WIB)	Standart tegangan eksitasi (V)	Tegangan eksitasi (V)	Arus Eksitasi (A)
10/04/2018 11:00	480VDC	186,6622	1010,749
10/04/2018 12:00	480VDC	186,578	1005,574
10/04/2018 13:00	480VDC	186,5621	1006,29
10/04/2018 14:00	480VDC	188,6493	1014,409
10/04/2018 15:00	480VDC	176,6233	959,8004
10/04/2018 16:00	480VDC	170,0866	932,582
10/04/2018 17:00	480VDC	184,7932	1001,63
10/04/2018 18:00	480VDC	176,6257	962,9525
10/04/2018 19:00	480VDC	187,4222	1012,253
10/04/2018 20:00	480VDC	180,9114	983,4218
10/04/2018 21:00	480VDC	184,691	1004,118
10/04/2018 22:00	480VDC	186,8027	1010,69
10/04/2018 23:00	480VDC	171,9156	942,4567
11/04/2018 0:00	480VDC	176,8723	965,6025
11/04/2018 1:00	480VDC	178,5416	973,2713
11/04/2018 2:00	480VDC	174,6478	953,137
11/04/2018 3:00	480VDC	172,5361	943,1052
11/04/2018 4:00	480VDC	173,0598	947,8268
11/04/2018 5:00	480VDC	176,0858	962,0096
11/04/2018 6:00	480VDC	184,5334	1001,259
11/04/2018 7:00	480VDC	185,117	1003,139
11/04/2018 8:00	480VDC	187,8989	1013,276
11/04/2018 9:00	480VDC	197,7101	1055,556
11/04/2018 10:00	480VDC	193,0378	1035,351
11/04/2018 11:00	480VDC	194,6201	1038,478

Faktor yang mempengaruhi naik turunnya tegangan eksitasi adalah beban generator hampir sama dengan arus eksitasi namun yang membedakan antara arus eksitasi dan tegangan eksitasi lebih cenderung mengikuti naik turunnya arus eksitasi itu sendiri. Jika arus eksitasi naik maka tegangan eksitasi juga naik.



Gambar 4.9 Perubahan Arus Dan Tegangan Eksitasi Terhadap Waktu

Dapat diamati bahwa untuk arus dan tegangan eksitasi tertinggi terjadi pada pukul 09.00 WIB yaitu sebesar 197,71 VDC dan 1055,55 A.

4.3.3.7 Perubahan Faktor Daya Terhadap Waktu

Faktor daya merupakan perbandingan antara daya aktif (MW) dan daya semu (MVA). Faktor daya sangat berpengaruh terhadap besar dan kecilnya daya reaktif (MVAR). Berikut ini adalah tabel nilai faktor daya.

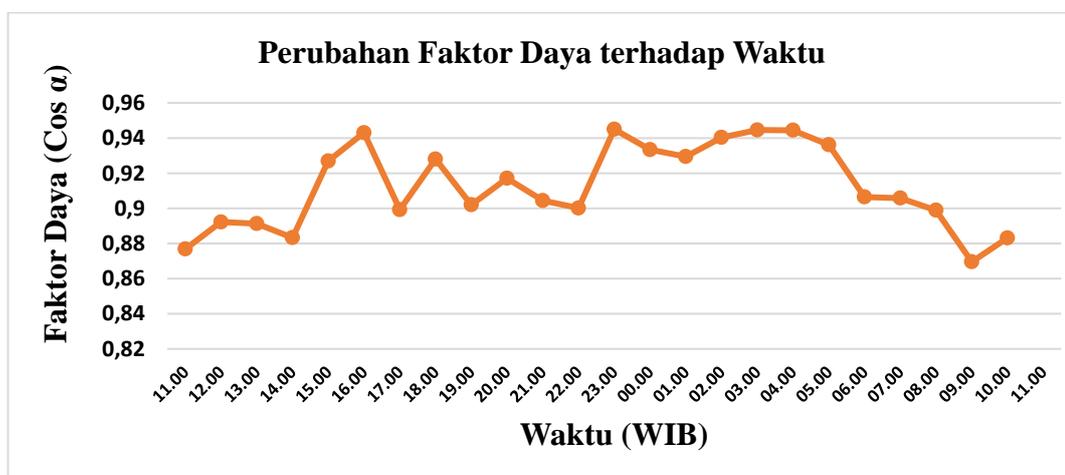
Tabel 4.12 Faktor Daya Generator

Waktu (WIB)	Standart Faktor Daya Generator	Nilai Faktor daya Output	Status
10/04/2018 11:00	0,85	0,8768141	<i>good</i>
10/04/2018 12:00	0,85	0,8922402	<i>good</i>
10/04/2018 13:00	0,85	0,8912851	<i>good</i>
10/04/2018 14:00	0,85	0,8832928	<i>good</i>
10/04/2018 15:00	0,85	0,9269265	<i>good</i>
10/04/2018 16:00	0,85	0,943017	<i>good</i>
10/04/2018 17:00	0,85	0,899242	<i>good</i>
10/04/2018 18:00	0,85	0,9280546	<i>good</i>

Tabel 4.12 Faktor Daya Generator (Lanjutan)

Waktu (WIB)	Standart Faktor Daya Generator	Nilai Faktor daya <i>Output</i>	Status
10/04/2018 19:00	0,85	0,9019794	<i>good</i>
10/04/2018 20:00	0,85	0,9170634	<i>good</i>
10/04/2018 21:00	0,85	0,9044076	<i>good</i>
10/04/2018 22:00	0,85	0,9001449	<i>good</i>
10/04/2018 23:00	0,85	0,9449964	<i>good</i>
11/04/2018 0:00	0,85	0,9333736	<i>good</i>
11/04/2018 1:00	0,85	0,9294258	<i>good</i>
11/04/2018 2:00	0,85	0,9403551	<i>good</i>
11/04/2018 3:00	0,85	0,9445892	<i>good</i>
11/04/2018 4:00	0,85	0,9444405	<i>good</i>
11/04/2018 5:00	0,85	0,9361603	<i>good</i>
11/04/2018 6:00	0,85	0,9064417	<i>good</i>
11/04/2018 7:00	0,85	0,9057947	<i>good</i>
11/04/2018 8:00	0,85	0,8988942	<i>good</i>
11/04/2018 9:00	0,85	0,8695468	<i>good</i>
11/04/2018 10:00	0,85	0,8831363	<i>good</i>
11/04/2018 11:00	0,85	0,8783785	<i>good</i>

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa faktor daya pada generator PLTU Sebalang masih dalam kondisi bagus. Karena semakin faktor daya mendekati angka 1 maka semakin baik performa genrator itu.



Gambar 4.10 Perubahan Faktor Daya Terhadap Waktu

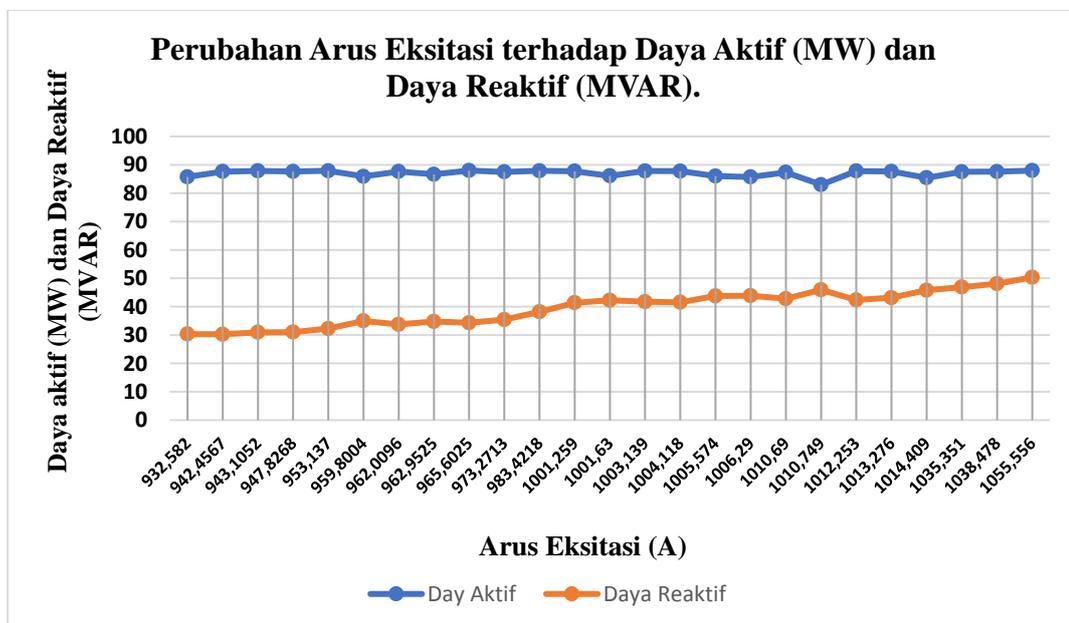
Nilai faktor daya tertinggi terlihat pada pukul 03.00 WIB dan 04.00 WIB dimana nilai faktor daya yang didapat adalah 0,944. Sedangkan untuk faktor daya terendah terlihat pada pukul 09.00 WIB yaitu sebesar 0,86.

4.3.4 Grafik Perubahan *Output* Generator

4.3.4.1 Perubahan Arus Eksitasi terhadap Daya Aktif (MW) dan Daya Reaktif (MVAR).

Dari data tabel 4.3 dapat dibuat grafik hubungan antara Arus eksitasi terhadap *output* daya aktif dan daya reaktif, berikut ini adalah hasil grafik yang diperoleh dari data *output* generator sinkron yang dimiliki PLTU Sebalang unit 2.

Jika kembali kepada teori yang terjadi adalah ketika arus eksitasi ditambah maka baik daya aktif (MW) maupun daya reaktif (MVAR) akan mengalami peningkatan.



Gambar 4.11 Perubahan Arus Eksitasi terhadap Daya Aktif (MW) dan Daya Reaktif (MVAR).

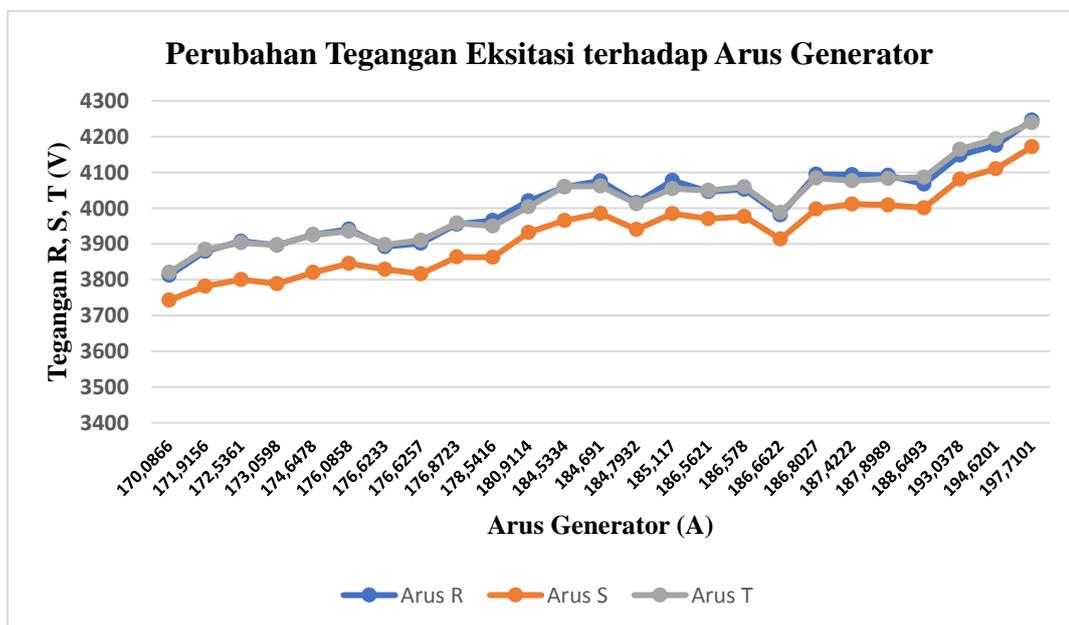
Pada grafik dapat diamati bahwa ketika arus eksitasi naik maka yang terjadi daya reaktif mengalami peningkatan sedangkan daya aktif cenderung

mengalami penurunan ketika daya reaktif naik. Peningkatan yang signifikan terjadi pada saat arus eksitasi 1055,55 A ini terjadi pada pukul 09.00 11 April 2018. Tujuan dari eksitasi sendiri adalah membuat medan magnet pada rotor.

Pada proses pembuatan magnet tentunya memerlukan daya reaktif. Tanpa daya reaktif maka tidak akan ada daya aktif. Pada pengaruh eksitasi terhadap daya aktif dan daya reaktif dapat diperkuat dengan adanya kurva kapabilitas generator.

4.3.4.2 Perubahan Tegangan Eksitasi terhadap Arus Generator R, S, T.

Selain berpengaruh pada daya aktif dan daya reaktif, apakah arus eksitasi juga berpengaruh terhadap arus jangkar pada generator yang kemudian dapat di amati dalam grafik berikut ini.



Gambar 4.12 Perubahan Tegangan Eksitasi Terhadap Arus Generator R, S, T.

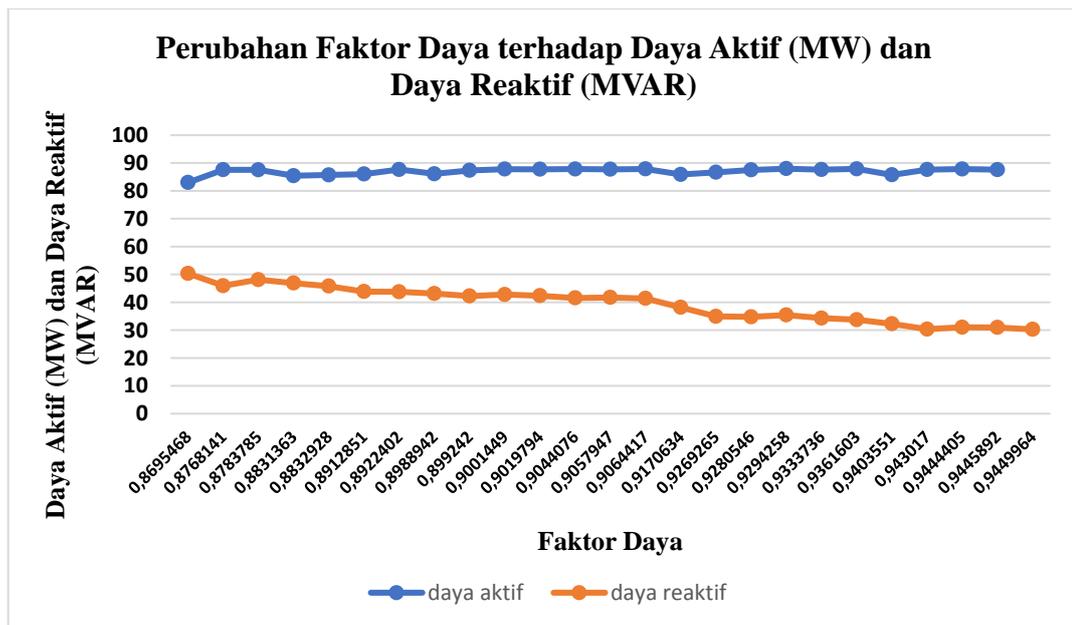
Dari gambar grafik diatas dapat diamati bahwa tegangan eksitasi memiliki pengaruh langsung terhadap arus generator R, S, T. Jadi yang dilakukan ketika beban naik bukan hanya arus eksitasinya yang bertambah namun tegangan eksitasi juga bertambah walau tidak signifikan seperti arus eksitasi. Secara teori jika beban

konsumen naik maka dibutuhkan daya aktif lebih banyak sehingga secara tidak langsung arus jangkar generator R, S, T juga akan naik.

4.3.4.3 Perubahan Faktor Daya terhadap Daya Aktif (MW) dan Daya Reaktif (MVAR)

Pengaruh faktor daya terhadap daya aktif dan daya reaktif sangat signifikan

karena secara hukum segi tiga daya, besar kecilnya faktor daya akan mempengaruhi daya reaktif dan besar kecil daya reaktif akan mempengaruhi daya aktif.



Gambar 4.13 Perubahan Faktor Daya terhadap Daya Aktif (MW) dan Daya Reaktif (MVAR)

Ketika faktor daya naik yang terjadi pada nilai daya reaktif adalah turun dan seperti yang sudah dijelaskan diatas bahwa nilai daya aktif dan daya reaktif akan selalu berlawanan. Perbaikan faktor daya sangat penting namun harus dicermati bahwa nilai faktor daya terbaik adalah mendekati 1 dan batas minimal 0.85.

4.3.4.4 Perubahan Tegangan Output Generator Terhadap Daya Aktif (MW)

Rumus perhitungan daya aktif adalah

$$P = V.I \dots\dots\dots(14)$$

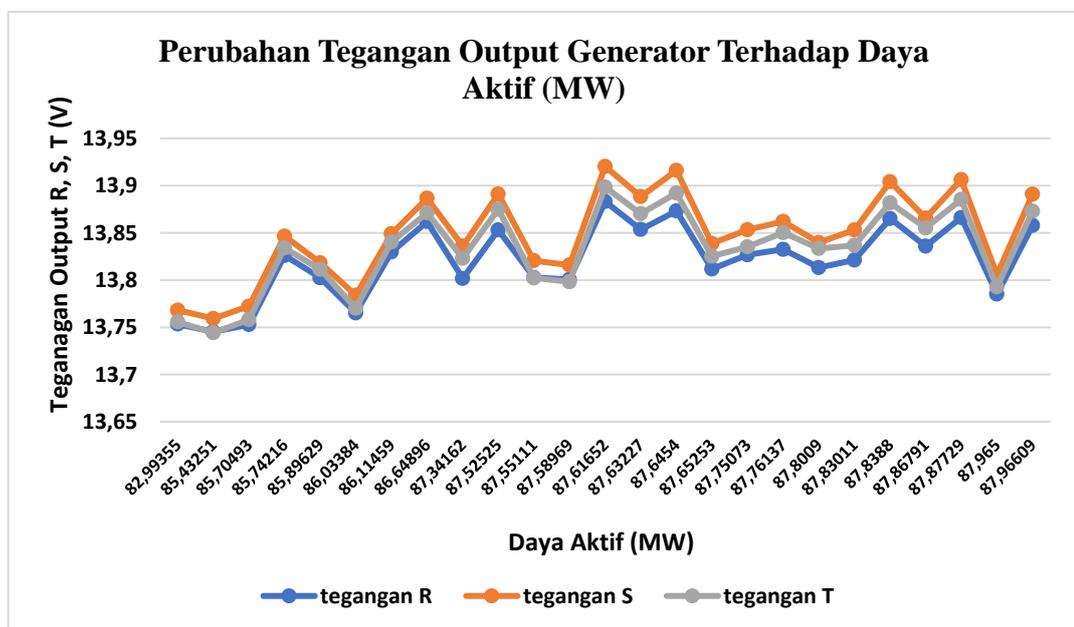
dimana:

P = daya aktif (MW)

V = tegangan (V)

I = arus (A)

Ketika daya aktif mengalami kenaikan maka yang terjadi secara teori tegangan tetap dan arus jangkar generator naik.

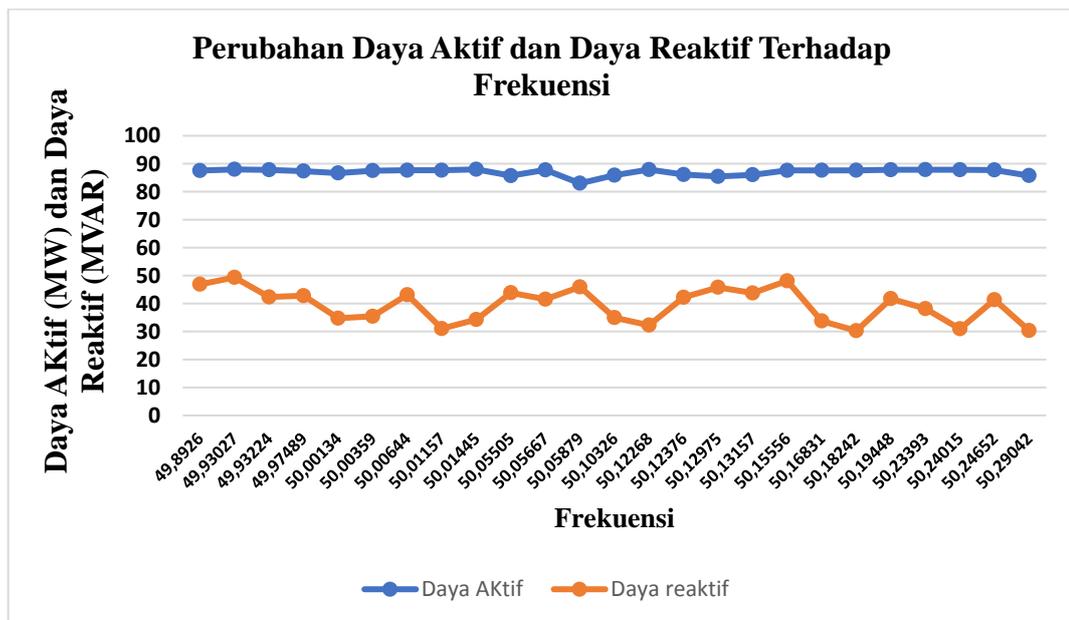


Gambar 4.14 Perubahan Faktor Daya terhadap Daya Aktif (MW) dan Daya Reaktif (MVAR)

Setelah data dibuat grafik yang menunjukkan bahwa naik dan turunnya daya aktif juga akan berpengaruh terhadap naik dan turunnya tegangan *output* jangkar generator R, S, T.

4.3.4.5 Perubahan Daya Aktif dan Daya Reaktif Terhadap Frekuensi

Beban konsumen yang naik dan turun sangat mempengaruhi tegangan *Output* dan frekuensi. Ketika beban konsumen naik maka yang terjadi tegangan turun dan putaran generator turun sehingga frekuensi generator juga turun. Berikut adalah grafik pengaruh daya aktif dan daya reaktif terhadap frekuensi.



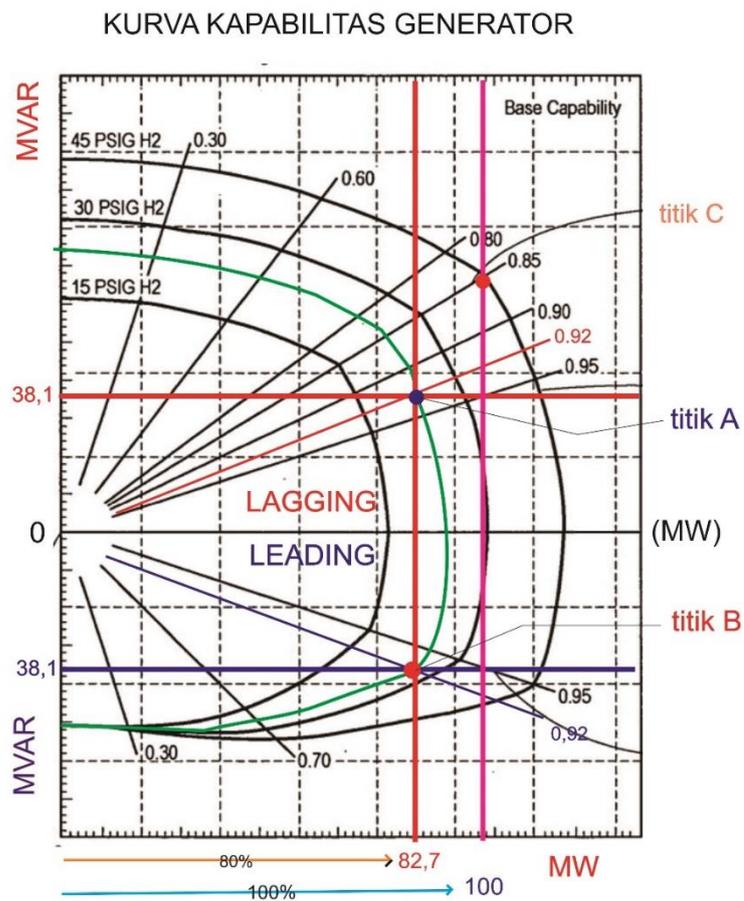
Gambar 4.15 Perubahan Daya Aktif dan Daya Reaktif Terhadap Frekuensi

Secara teori jika tegangan turun karena beban bertambah yang harus dilakukan adalah menambah tegangan eksitasi sehingga arus eksitasi naik dan daya aktif juga naik namun yang terjadi justru frekuensi semakin turun karena turbin semakin berat memutar generator. Adapun langkah yang benar adalah selain menambah tegangan eksitasi tekanan uap juga harus ditambah sehingga turbin

mampu menaikkan frekuensi generator. Ini terbukti pada gambar 4.14 bahwa frekuensi tidak mengalami penurunan frekuensi yang signifikan.

4.3.4.6 Kurva Kapabilitas Generator

Pokok utama dalam analisis performa generator adalah daya aktif dan daya reaktif salah satu cara untuk dapat mengetahui batasan performa dari suatu generator adalah dengan membaca dan mengamati kurva kapabilitas. Kurva Kapabilitas Generator adalah kurva yang menjelaskan pola operasi generator yang dilihat dari sisi generator dilihat dari sisi beban yang diterima jaringan, dari grafik ini ditentukan titik oprasi terbaik.



Gambar 4.16 Kurva Kapabilitas Generator

Titik operasi generator PLTU Sebalang saat pengambilan data berada di titik A. Pada titik A nilai faktor daya sebesar 0,92 memproduksi daya reaktif 38.1 MVAR dan daya aktif sebesar 82,7 MW. Perbedaan titik merah A dan titik B adalah titik A daya reaktif itu bersifat induktif atau *lagging*. Pada kondisi *lagging* arus akan tertinggal sehingga generator menghasilkan daya reaktif. namun sebaliknya titik B generator justru bersifat induktif atau menyerap daya reaktif dan jika hal ini terus terjadi maka generator akan cepat panas pada bagian rotor maupun stator sehingga dapat merusak isolasi stator pada generator. Sedangkan untuk titik C adalah titik maksimal jika generator pada PLTU Sebalang bekerja 100% . Sesuai dengan spesifikasi generator yaitu Generator akan bekerja maksimal jika faktor daya 0,85 dan menghasilkan daya aktif sebesar 100MW.

Gambar 4.16 di merupakan salah satu contoh kurva kapabilitas. Batas Daya Semu (MVA) atau ditunjukkan garis warna merah dan biru yang bergaris secara diagonal. Kurva kapabilitas generator dapat menunjukkan kemampuan dari turbine/*prime mover* secara tidak langsung.

1. Batas maksimum daerah *lagging* di dalam kurva adalah garis diagonal keatas berwarna merah *lagging* dimana dalam kondisi ini generator akan menyuplai MVAR (daya reaktif) ke penyaluran dan pusat pembagian beban (P3B).
2. Batas maksimum daerah *leading*; di dalam kurva adalah garis diagonal kebawah berwarna Biru *leading*; dimana dalam kondisi ini generator akan menyerap MVAR (daya reaktif). Pada daerah *leading* sangat tidak baik untuk ketahanan generator, karena generator seharusnya menghasilkan daya reaktif

bukan menyerap menyerap daya reaktif. Jika dibiarkan dalam kurun waktu yang lama maka generator akan berubah menjadi motor atau terjadi *reverse power*.

Hubungan antara MVA, MW, dan MVAR adalah sebagai berikut: pada “*nameplate*” generator PLTU Sebalang tertulis; 110 MW, PF =0.85, 13.8 kV, 5414 A. Artinya adalah maksimum kemampuan dari generator adalah di 110 MW, dengan faktor daya di 0.85 lagging, dan maksimum arus yang bisa dihasilkan adalah 5414 A pada kurva ditunjukkan pada titik C.

Pada prinsipnya, operasi didalam kurva (garis warna merah dan biru)bagi generator adalah aman, namun dalam aspek keandalan (reliability) dan fakta di lapangan, operasi pada daerah tertentu dan dalam periode yang lama akan mempengaruhi umur dari generator tersebut. Berikut beberapa contoh umum kondisi yang berpengaruh terhadap kondisi generator:

1. *Output* generator beroperasi di daerah *lagging*

Merupakan daerah normal operasi di semua generator, yaitu generator menghasilkan dan mengirimkan daya aktif (MW) dan daya reaktif (MVAR). Namun, peningkatan daya reaktif (MVAR) dari generator akan meningkatkan suhu pada rotor.

2. *Output* generator beroperasi di daerah *leading*

Merupakan kondisi yang tidak normal pada operasi generator. Kondisi ini dapat disebabkan oleh kondisi jaringan yang berlebih daya reaktif (MVAR), sehingga tegangan di jaringan lebih tinggi dari nominal. Dalam kondisi *leading*, akan mendekati kondisi yang tidak stabil pada generator, dan peningkatan penyerapan daya reaktif akan meningkatkan suhu “*end winding core*” atau inti

stator. Jika kondisi ini terjadi terus menerus dalam waktu yang cukup lama , maka ada kemungkinan winding tersebut bisa rusak akibat panas dari inti stator.

Jadi batas-batas operasi generator akan sesuai dengan desain generator itu sendiri. Meskipun operasi normal ada di daerah *lagging*, namun di Pembangkit, generator harus siap dioperasikan dalam kondisi *leading*. Oleh karena itu, penting bagi setiap Operator, Maintenance, dan Engineer untuk tetap melihat, mengevaluasi parameter-parameter dan kinerja dari generator, agar umur dari generator dapat dicapai sesuai dengan target umur di Pembangkit.