

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Sistem Eksitasi pada Generator Sinkron di PLTA Unit Pembangkitan Mrica

4.1.1 Secara Luas

Unit Pembangkitan (UP) Mrica adalah salah satu unit Pembangkit Listrik Tenaga Air yang dikelola PT Indonesia Power. Memiliki kapasitas layanan 3 x 67 MW yang dapat membantu sistem interkoneksi jaringan apabila jaringan tersebut kekurangan tenaga untuk membangkitkan beban.

Sistem eksitasi pada PLTA UP Mrica menggunakan sistem eksitasi statis, yakni sumber arus eksitasi yang digunakan diambil dari keluaran generator itu sendiri. Generator yang digunakan adalah jenis dengan sikat (*brush excitation*). Dimana menggunakan sikat arang dan dan slip ring untuk menghubungkan sumber DC dengan generator sinkron.

4.1.2 Peralatan Sistem Eksitasi Tanpa Sikat di PLTA Unit Pembangkitan Mrica

Terdapat beberapa peralatan yang mendukung sistem eksitasi pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Unit Pembangkitan Mrica unit 1 beserta penjelasan serta spesifikasinya sebagai berikut:

4.1.2.1 Generator

Generator memiliki fungsi untuk menghasilkan daya listrik yang dapat disalurkan ke jaringan interkoneksi dan juga untuk pemakaian sendiri. Berikut adalah spesifikasi dari generator yang digunakan oleh PLTA Unit Pembangkitan Mrica:

Tabel 4. 1 Spesifikasi Generator PLTA Unit Pembangkitan Mrica

No.	Item	Spesifikasi
1	Merek	ASEA
2	No. seri	7253 138-140
3	Daya	67.010 kVA
4	Faktor Daya	0.95 <i>lagging</i>
5	Daya (<i>Mechanical Design</i>)	60.309 kW
6	Putaran	230.8 rpm
7	Kecepatan Lebih	388 rpm
8	Arah Putaran	Searah dengan jarum jam
9	Momen inersia	1.275.000 kgm ²
10	Inersia tetap	5,56 Ws/VA
11	Frekuensi	50 Hz
12	Tegangan	13.800 V
13	Arus	2.803 A
14	Standar	IEC 34-1
15	Kelas isolasi stator	F
16	Kelas isolasi rotor	F
17	Pendingin Air Maksimum	30° C
18	Pendingin Udara Maksimum	40 ° C

Tabel 4.1 Spesifikasi Generator PLTA UP Mrica (Lanjutan)

No	Item	Spesifikasi
19	Rugi Gesekan	372 kW
20	Rugi Besi	208 kW
21	Rugi Tanpa Beban	580 kW
22	Rugi Beban	452 kW
23	Rugi Eksitasi	159 kW
24	Tahanan Lilitan Stator	0.0083 Ω /fasa
25	Tahanan Lilitan Rotor	0.095 Ω /fasa
26	Xs	0.22 p.u
27	Penyimpangan Tegangan	$\pm 5\%$

4.1.2.2 Penyearah

Penyearah (*rotating rectifier*) ialah rangkaian penyearah gelombang penuh 3 fase yang menyearahkan keluaran tegangan AC dari eksiter. Keluaran yang berasal dari eksiter disearahkan sebelum di suplai untuk sumber eksitasi pada generator utama.

4.1.2.3 Battery

Memiliki fungsi sebagai sumber catu daya sistem eksitasi pada saat *satrting* awal, di mana generator belum mampu menghasilkan tegangan untuk sistem eksitasi sendiri.

4.1.2.4 Trafo

Digunakan untuk menurunkan tegangan keluaran generator, di mana keluaran tersebut akan di searahkan kembali dan digunakan untuk eksitasi kembali.

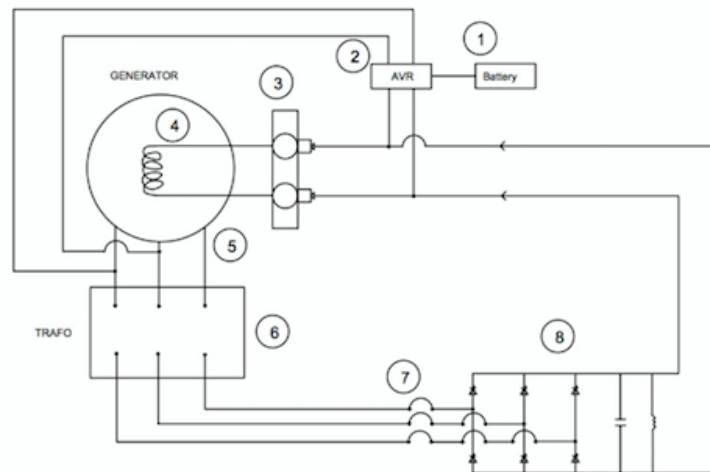
4.1.2.5 Automatic Voltage Regulator (AVR)

Alat ini memiliki fungsi untuk menjaga agar tetap konstan, dengan kata lain generator akan tetap mengeluarkan tegangan yang selalu stabil dan tidak berdampak pada perubahan beban yang selalu berubah, karena beban sangat mempengaruhi tegangan keluaran generator.

Prinsip kerja AVR ialah mengatur eksitasi pada eksiter. Saat tegangan keluaran generator di bawah tegangan nominal generator, maka AVR akan memperbesar arus eksitasi pada eksiter. Begitu pun sebaliknya, saat tegangan keluaran generator melebihi tegangan nominal generator, maka AVR akan mengurangi arus eksitasi pada eksiter. Dengan demikian, saat terjadinya perubahan tegangan keluaran generator bisa lebih stabil dengan AVR secara otomatis, karena memiliki peralatan seperti alat yang digunakan untuk pembatasan penguat minimum dan juga maksimum yang bekerja secara otomatis.

4.1.3 Mekanisme Sistem Eksitasi Pada PLTA UP Mrica

Mekanisme sistem eksitasi PLTA UP Mrica dapat dilihat dari gambar dibawah.



Gambar 4. 1 Mekanisme Sistem Eksitasi PLTA UP Mrica

Dari gambar di atas alur diagram sistem eksitasi pada PLTA UP Mrica adalah sebagai berikut.

1. Suplai Tegangan DC

Pada proses ini pemberian sumber DC menggunakan baterai sebagai sumbernya.

2. AVR (*Automatic Voltage Regulator*).

Suplai tegangan DC dihubungkan dengan AVR (*Automatic Voltage Regulator*) sebagai pengatur tegangan keluaran generator.

3. Slip Ring dan Sikat.

Slip ring dan *carbon brush* digunakan untuk mengalirkan arus DC menuju rotor yang berputar.

4. Pembangkitan medan magnet pada rotor.

Berdasarkan hukum Faraday apabila suatu kumparan diberi arus DC maka akan dibangkitkan suatu medan magnet pada kumparan tersebut.

5. GGL Induksi pada Stator.

Berdasarkan hukum Faraday, apabila ada suatu medan magnet yang diputar (turbin) dengan kecepatan tertentu memotong kumparan jangkar atau kumparan stator, maka akan timbul GGL induksi.

6. Transformator Step Down.

Penggunaan trafo ditujukan untuk menurunkan tegangan untuk diumpan balik pada AVR, sebagai catu daya rectifier, serta mengamankan alat dari penerpaan tegangan lebih.

7. Switch

Digunakan sebagai saklar yang memutus sumber DC apabila tegangan nominal generator dicapai (*self excitation*).

8. Rectifier

Perangkat digunakan untuk menyearahkan arus bolak-balik sebagai sumber eksitasi sendiri.

4.2 Analisis Karakteristik Sistem Eksitasi pada PLTA Unit Pembangkitan Mrica Unit 1

Untuk menganalisis karakteristik sistem eksitasi di PLTA Unit Pembangkitan Mrica unit 1, digunakan data operasi harian yang telah dicatat maupun yang masih terdapat pada komputer di ruang kontrol. Data-data yang diperlukan untuk menganalisis karakteristik tersebut ialah tegangan output generator, arus eksitasi, arus jangkar, daya beban, daya reaktif, dan faktor daya.

Data yang diambil adalah data operasi harian di PLTA Unit Pembangkitan Mrica khususnya generator unit 1 selama 3x24 jam, yang dimulai tanggal 22 Januari 2019 hingga 25 Januari 2019. Berikut adalah data operasi harian yang telah diambil.

Tabel 4. 2 Data Operasi Harian PLTA Unit Pembangkitan Mrica Unit 1
25 Januari 2019

Waktu	V _{out} Generator (kV)	Arus Jangkar (A)	Arus Eksitasi (A)	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)
00.00	13.99	2436.82	949.25	58.09	10.01
01.00	13.98	2442.54	949.09	58.01	9.90
02.00	14.00	2497.48	966.65	58.99	10.02

Tabel 4.2 Data Operasi Harian PLTA UP Mrica Unit 1 25 Januari 2019
(Lanjutan)

Waktu	V _{out} Generator (kV)	Arus Jangkar (A)	Arus Eksitasi (A)	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)
03.00	13.86	2509.10	917.12	59.19	5.33
04.00	13.87	2492.66	917.09	59.13	5.37
05.00	13.78	2507.64	919.49	59.43	6.00
06.00	13.70	2518.66	905.06	59.45	4.79
07.00	13.83	2505.46	911.03	59.05	5.38
08.00	13.59	2540.61	907.65	59.38	5.51
09.00	14.10	2570.98	1055.25	58.88	19.92
10.00	14.05	2572.88	1062.91	58.96	20.35
11.00	14.01	2591.73	1055.25	58.95	20.34
12.00	14.20	2553.67	1065.43	59.18	19.95
13.00	14.01	2560.72	1037.84	58.91	18.79
14.00	13.89	2595.54	1035.25	59.09	18.45
15.00	13.93	2580.14	1033.18	58.89	17.97
16.00	14.00	2538.86	1033.12	58.94	18.21
17.00	14.08	2535.09	1037.87	59.27	18.15
18.00	14.10	2537.19	1028.25	58.99	17.68
19.00	14.16	2541.80	1045.65	59.11	18.82
20.00	14.18	2473.70	1033.03	57.47	18.33
21.00	14.23	2467.44	1037.74	57.62	18.41
22.00	14.23	2517.56	1045.5	59.04	18.34
23.00	14.28	2530.80	1055.38	59.22	19.11

Tabel 4. 3 Data Operasi Harian PLTA Unit Pembangkitan Mrica Unit 1
26 Januari 2019

Waktu	V _{out} Generator (kV)	Arus Jangkar (A)	Arus Eksitasi (A)	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)
00.00	14.20	2480.62	1015.78	58.91	18.84
01.00	14.02	2499.64	976.37	59.12	12.11
02.00	14.06	2496.11	986.53	59.09	12.22
03.00	14.11	2481.10	986.28	59.27	12.24
04.00	14.13	2482.08	986.37	59.11	12.45
05.00	13.97	2490.20	968.99	59.02	11.39
06.00	13.93	2516.53	981.31	59.31	13.04
07.00	14.11	2498.73	1005.94	59.32	14.05
08.00	13.98	2524.58	1003.59	59.05	14.67
09.00	13.87	2556.03	996.09	59.30	13.88
10.00	13.87	2541.75	995.93	58.93	14.19
11.00	14.05	2548.50	1037.90	58.71	18.50

Tabel 4.3 Data Operasi Harian PLTA UP Mrica Unit 1 26 Januari 2019
(Lanjutan)

Waktu	V _{out} Generator (kV)	Arus Jangkar (A)	Arus Eksitasi (A)	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)
12.00	14.05	2499.24	995.62	58.88	14.67
13.00	14.05	2516.10	1013.24	58.58	14.83
14.00	14.01	2507.25	1006.09	58.40	15.34
15.00	14.05	2509.02	1006.37	58.66	15.08
16.00	14.11	2492.90	1013.53	58.61	15.72
17.00	14.07	2470.44	976.18	58.80	12.23
18.00	13.96	2513.92	976.40	59.08	12.50
19.00	13.88	2510.38	976.40	59.02	12.70
20.00	13.91	2537.05	976.43	59.03	12.48
21.00	13.97	2513.51	976.34	58.94	11.92
22.00	14.00	2496.57	976.31	59.09	11.95
23.00	14.06	2478.54	976.06	58.85	12.44

Tabel 4. 4 Data Operasi Harian PLTA Unit Pembangkitan Mrica Unit 1
27 Januari 2019

Waktu	V _{out} Generator (kV)	Arus Jangkar (kA)	Arus Eksitasi (A)	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)
00.00	14.07	2464.88	976.34	58.78	11.89
01.00	14.08	2467.96	966.43	58.99	10.62
02.00	14.11	2461.97	966.78	58.37	10.43
03.00	14.13	2463.53	973.94	58.71	10.53
04.00	14.14	2442.37	966.62	58.64	10.34
05.00	14.04	2478.15	966.46	58.87	10.56
06.00	13.93	2480.98	944.47	58.56	8.62
07.00	13.95	2469.96	946.81	58.68	9.14
08.00	13.83	2500.13	946.71	58.74	9.53
09.00	13.78	2502.90	939.75	59.09	9.07
10.00	13.87	2517.44	946.81	57.31	9.45
11.00	14.05	2445.39	958.68	35.30	11.55
12.00	14.03	1555.94	865.47	57.35	12.74
13.00	13.98	2433.84	976.25	57.34	12.94
14.00	13.99	2431.37	966.43	58.69	11.75
15.00	14.01	2473.81	974.09	58.62	11.39
16.00	14.01	2471.02	976.59	58.67	12.24
17.00	13.80	2481.78	986.37	58.50	13.08
18.00	13.74	2516.62	966.5	58.67	12.20

Tabel 4.4 Data Operasi Harian PLTA UP Mrica Unit 1 27 Januari 2019
(Lanjutan)

Waktu	V _{out} Generator (kV)	Arus Jangkar (kA)	Arus Eksitasi (A)	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)
19.00	13.80	2528.23	966.34	58.39	11.94
20.00	14.12	2520.88	983.87	58.32	13.56
21.00	14.33	2537.50	1045.37	58.65	20.11
22.00	14.19	2505.92	1006.06	58.23	20.20
23.00	14.18	2466.86	1007.16	58.20	20.17

Untuk mempermudah pada proses analisis, maka akan dibuatkan perhitungan mengenai GGL Induksi (E_a) dan hubungan perbandingannya.

4.3 GGL Induksi

Untuk menentukan tegangan terinduksi atau GGL alternator, kenali terlebih dahulu karakteristik dari generator tersebut. Pada PLTA UP Mrica, digunakan generator sinkron dengan tipe kutub menonjol karena kecepatan putar dari generator sinkron PLTA UP Mrica yang rendah, yakni hanya 388 rpm. Karakteristik generator sinkron kutub menonjol sendiri adalah memiliki kecepatan 119-399 rpm dan biasa dipakai pada PLTA. Lalu, pada *nameplate* generator menunjukkan bahwa alternator memiliki tegangan tertinggal (*lagging*) dan memiliki hubungan Y.

Dari alasan di atas, maka dipakai rumus sebagai berikut.

$$E_a = V + I_a R_a + jI_d X_d + jI_q X_q$$

Dan parameter lain yakni:

$$X_q = 0,66 \text{ p.u}$$

$$R_a = 0,0083 \Omega$$

$$X_d = 1,09 \text{ p.u}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(V_T \sin \phi + I_a X_q)}{(V_T \cos \phi + I_a R_a)}$$

$$I_a = I_d + jI_q$$

$$I_d = I_a \sin \theta$$

$$I_q = I_a \cos \theta$$

Setelah mengetahui karakteristik dari alternator yang digunakan, maka masukkan data operasi harian yang telah dicatat saat penelitian.

Data tanggal 25 Januari 2019 pukul 00.00 WIB

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(V_T \sin \varphi + I_a X_q)}{(V_T \cos \varphi + I_a R_a)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(8,077134 \sin 9,77712 + 2,43682 \cdot 0,66)}{(8,077134 \cos 9,77712 + 2,43682 \cdot 0,0083)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(1,37163 + 1,60830)}{(7,95982 + 0,02023)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{2,97993}{7,98005}$$

$$\theta = \tan^{-1} 0,37342$$

$$\theta = 20,47664^\circ$$

$$I_q = I_a \cos \theta$$

$$I_q = 2,43682 \cos 20,47664$$

$$I_q = 2,28285 \text{ kA}$$

$$I_d = I_a \sin \theta$$

$$I_d = 2,43682 \sin 20,47664$$

$$I_d = 0,85246 \text{ kA}$$

$$E_a = V + I_a R_a + jI_d X_d + jI_q X_q$$

$$E_a = 8,077314 + (2,43682 \cdot 0,0083) + (j0,85246 \cdot 1,09) \\ + (j2,28285 \cdot 0,66)$$

$$E_a = 8,097359 + (j0,92919) + (j1,50668)$$

$$E_a = 8,097359 + (j2,43587)$$

$$E_a = \sqrt{(8,097359)^2 + (2,43587)^2} < \text{arc tan} \frac{2,43587}{8,097359}$$

$$E_a = 8,45581 < \text{arc tan} 0,30082$$

$$E_a = 8,45581 \text{ kV} < 16,74234^\circ$$

Data tanggal 25 Januari 2019 pukul 01.00 WIB

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(V_T \sin \varphi + I_a X_q)}{(V_T \cos \varphi + I_a R_a)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(8,071360 \sin 9,68481 + 2,44254 \cdot 0,66)}{(8,071360 \cos 9,68481 + 2,44254 \cdot 0,0083)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(1,35782 + 1,61207)}{(7,95633 + 0,020731)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{2,96991}{7,97660}$$

$$\theta = \tan^{-1} 0,37233$$

$$\theta = 20,42167^\circ$$

$$I_q = I_a \cos \theta$$

$$I_q = 2,43682 \cos 20,421665$$

$$I_q = 2,28903 \text{ kA}$$

$$I_d = I_a \sin \theta$$

$$I_d = 2,43682 \sin 20,42166$$

$$I_d = 0,852267 \text{ kA}$$

$$E_a = V + I_a R_a + j I_d X_d + j I_q X_q$$

$$E_a = 8,071360 + (2,44254 \cdot 0,0083) + (j2,28903 \cdot 1,09) \\ + (j0,852267 \cdot 0,66)$$

$$E_a = 8,091634 + (j0,92897) + (j1,51076)$$

$$E_a = 8,091634 + (j2,43973)$$

$$E_a = \sqrt{(8,091634)^2 + (2,43973)^2} < \arctan \frac{2,43973}{8,091634}$$

$$E_a = 8,451438 < 16,77871^\circ$$

Data tanggal 25 Januari 2019 pukul 02.00 WIB

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(V_T \sin \varphi + I_a X_q)}{(V_T \cos \varphi + I_a R_a)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(8,08291 \sin 9,64021 + 2,49748 \cdot 0,66)}{(8,08291 \cos 9,64021 + 2,49748 \cdot 0,0083)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(1,353569 + 1,648334)}{(7,96876 + 0,020729)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{3,00191}{7,98949}$$

$$\theta = \tan^{-1} 0,37573$$

$$\theta = 20,59279^\circ$$

$$I_q = I_a \cos \theta$$

$$I_q = 2,49748 \cos 20,59279$$

$$I_q = 2,33790 \text{ kA}$$

$$I_d = I_a \sin \theta$$

$$I_d = 2,49748 \sin 20,59279$$

$$I_d = 0,878423 \text{ kA}$$

$$E_a = V + I_a R_a + j I_d X_d + j I_q X_q$$

$$E_a = 8,08291 + (2,49748 \cdot 0,0083) + (j 0,878423 \cdot 1,09) \\ + (j 2,33790 \cdot 0,66)$$

$$E_a = 8,10364 + (j 0,95748) + (j 1,54301)$$

$$E_a = 8,10364 + (j 2,50049)$$

$$E_a = \sqrt{(8,10364)^2 + (2,50049)^2} < \text{arc tan} \frac{2,50049}{8,10364}$$

$$E_a = 8,48064 < 17,14838^\circ$$

Data tanggal 25 Januari 2019 pukul 04.00 WIB

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(V_T \sin \varphi + I_a X_q)}{(V_T \cos \varphi + I_a R_a)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(8,00207 \sin 5,14554 + 2,5091 \cdot 0,66)}{(8,00207 \cos 5,14554 + 2,5091 \cdot 0,0083)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(0,71768 + 1,65601)}{(7,96960 + 0,020825)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{2,37368}{7,99066}$$

$$\theta = \tan^{-1} 0,29705$$

$$\theta = 16,54443^\circ$$

$$I_q = I_a \cos \theta$$

$$I_q = 2,5091 \cos 16,54443$$

$$I_q = 2,40522 \text{ kA}$$

$$I_d = I_a \sin \theta$$

$$I_d = 2,5091 \sin 16,54443$$

$$I_d = 0,71449 \text{ kA}$$

$$E_a = V + I_a R_a + j I_d X_d + j I_q X_q$$

$$E_a = 8,00207 + (2,5091 \cdot 0,0083) + (j0,71449 \cdot 1,09) \\ + (j2,40522 \cdot 0,66)$$

$$E_a = 8,02290 + (j0,77879) + (j1,587446)$$

$$E_a = 8,02290 + (j2,36624)$$

$$E_a = \sqrt{(8,02290)^2 + (2,36624)^2} < \arctan \frac{2,36624}{8,02290}$$

$$E_a = 8,36457 < 16,43265^\circ$$

Data tanggal 26 Januari 2019 pukul 00.00 WIB

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(V_T \sin \varphi + I_a X_q)}{(V_T \cos \varphi + I_a R_a)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(8,198377 \sin 17,73479 + 2,48062 \cdot 0,66)}{(8,198377 \cos 17,73479 + 2,48062 \cdot 0,0083)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(2,49732 + 1,63721)}{(7,08876 + 0,020589)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{4,13452}{7,82935}$$

$$\theta = \tan^{-1} 0,52808$$

$$\theta = 27,83766^\circ$$

$$I_q = I_a \cos \theta$$

$$I_q = 2,48062 \cos 27,83766$$

$$I_q = 2,19355 \text{ kA}$$

$$I_d = I_a \sin \theta$$

$$I_d = 2,48062 \sin 27,83766$$

$$I_d = 1,15837 \text{ kA}$$

$$E_a = V + I_a R_a + j I_d X_d + j I_q X_q$$

$$E_a = 8,198377 + (2,48062 \cdot 0,0083) + (j1,15837 \cdot 1,09) \\ + (j2,19355 \cdot 0,66)$$

$$E_a = 8,21897 + (j1,26262) + (j1,44774)$$

$$E_a = 8,21897 + (j2,71036)$$

$$E_a = \sqrt{(8,21897)^2 + (2,71036)^2} < \arctan \frac{2,71036}{8,21897}$$

$$E_a = 8,65433 < 18,25098^\circ$$

Data tanggal 26 Januari 2019 pukul 01.00 WIB

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(V_T \sin \varphi + I_a X_q)}{(V_T \cos \varphi + I_a R_a)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(8,094454 \sin 11,57619 + 2,49964 \cdot 0,66)}{(8,094454 \cos 11,57619 + 2,49964 \cdot 0,0083)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(1,62432 + 1,64976)}{(7,92803 + 0,02075)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{3,27408}{7,95054}$$

$$\theta = \tan^{-1} 0,41181$$

$$\theta = 22,38216^\circ$$

$$I_q = I_a \cos \theta$$

$$I_q = 2,49964 \cos 22,38216$$

$$I_q = 2,31133 \text{ kA}$$

$$I_d = I_a \sin \theta$$

$$I_d = 2,49964 \sin 22,38216$$

$$I_d = 0,95182 \text{ kA}$$

$$E_a = V + I_a R_a + j I_d X_d + j I_q X_q$$

$$E_a = 8,094454 + (2,49964 \cdot 0,0083) + (j 0,95182 \cdot 1,09) + (j 2,31133 \cdot 0,66)$$

$$E_a = 8,11520 + (j 1,03748) + (j 1,52547)$$

$$E_a = 8,11520 + (j 2,56296)$$

$$E_a = \sqrt{(8,11520)^2 + (2,56296)^2} < \arctan \frac{2,56296}{8,11520}$$

$$E_a = 8,51030 < 17,5273^\circ$$

Data tanggal 26 Januari 2019 pukul 02.00 WIB

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(V_T \sin \varphi + I_a X_q)}{(V_T \cos \varphi + I_a R_a)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(8,11755 \sin 11,68423 + 2,49611 \cdot 0,66)}{(8,11755 \cos 11,68423 + 2,49611 \cdot 0,0083)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(1,64395 + 1,64743)}{(7,949341 + 0,02072)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{3,29138}{7,97006}$$

$$\theta = \tan^{-1} 0,41297$$

$$\theta = 22,43907^\circ$$

$$I_q = I_a \cos \theta$$

$$I_q = 2,49611 \cos 22,43907$$

$$I_q = 2,30712 \text{ kA}$$

$$I_d = I_a \sin \theta$$

$$I_d = 2,49611 \sin 22,43907$$

$$I_d = 0,95276 \text{ kA}$$

$$E_a = V + I_a R_a + jI_a X_d + jI_q X_q$$

$$E_a = 8,11755 + (2,49611 \cdot 0,0083) + (j0,95276 \cdot 1,09) \\ + (j2,30712 \cdot 0,66)$$

$$E_a = 8,13827 + (j1,03852) + (j1,52269)$$

$$E_a = 8,13827 + (j2,56122)$$

$$E_a = \sqrt{(8,13827)^2 + (2,56122)^2} < \text{arc tan} \frac{2,56122}{8,13827}$$

$$E_a = 8,53178 < 17,46945^\circ$$

Data tanggal 26 Januari 2019 pukul 03.00 WIB

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(V_T \sin \varphi + I_a X_q)}{(V_T \cos \varphi + I_a R_a)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(8,14642 \sin 11,66823 + 2,4811 \cdot 0,66)}{(8,14642 \cos 11,66823 + 2,4811 \cdot 0,0083)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(1,64757 + 1,6375)}{(7,978071 + 0,02059)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{3,28509}{7,99866}$$

$$\theta = \tan^{-1} 0,41071$$

$$\theta = 22,32824^\circ$$

$$I_q = I_a \cos \theta$$

$$I_q = 2,4811 \cos 22,32824$$

$$I_q = 2,29507 \text{ kA}$$

$$I_d = I_a \sin \theta$$

$$I_d = 2,4811 \sin 22,32824$$

$$I_d = 0,94260 \text{ kA}$$

$$E_a = V + I_a R_a + j I_d X_d + j I_q X_q$$

$$E_a = 8,14642 + (2,4811 \cdot 0,0083) + (j0,94260 \cdot 1,09) \\ + (j2,29507 \cdot 0,66)$$

$$E_a = 8,16701 + (j1,02743) + (j1,51475)$$

$$E_a = 8,16701 + (j2,54219)$$

$$E_a = \sqrt{(8,16701)^2 + (2,54219)^2} < \text{arc tan} \frac{2,54219}{8,16701}$$

$$E_a = 8,55352 < 17,29004^\circ$$

Data tanggal 27 Januari 2019 pukul 00.00 WIB

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(V_T \sin \varphi + I_a X_q)}{(V_T \cos \varphi + I_a R_a)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(8,12332 \sin 11,4355 + 2,46488 \cdot 0,66)}{(8,12332 \cos 11,4355 + 2,46488 \cdot 0,0083)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(1,61056 + 1,62682)}{(7,96206 + 0,02046)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{3,23738}{7,98252}$$

$$\theta = \tan^{-1} 0,40556$$

$$\theta = 22,07546^\circ$$

$$I_q = I_a \cos \theta$$

$$I_q = 2,46488 \cos 22,07546$$

$$I_q = 2,28417 \text{ kA}$$

$$I_d = I_a \sin \theta$$

$$I_d = 2,46488 \sin 22,07546$$

$$I_d = 0,92637 \text{ kA}$$

$$E_a = V + I_a R_a + j I_d X_d + j I_q X_q$$

$$E_a = 8,12332 + (2,46488 \cdot 0,0083) + (j 0,92637 \cdot 1,09) \\ + (j 2,28417 \cdot 0,66)$$

$$E_a = 8,14378 + (j 1,00974) + (j 1,50756)$$

$$E_a = 8,16701 + (j 2,51730)$$

$$E_a = \sqrt{(8,16701)^2 + (2,51730)^2} < \arctan \frac{2,51730}{8,16701}$$

$$E_a = 8,52396 < 17,17675^\circ$$

Data tanggal 27 Januari 2019 pukul 01.00 WIB

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(V_T \sin \varphi + I_a X_q)}{(V_T \cos \varphi + I_a R_a)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(8,12909 \sin 10,20566 + 2,46796 \cdot 0,66)}{(8,12909 \cos 10,20566 + 2,46796 \cdot 0,0083)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(1,44033 + 1,62885)}{(8,00047 + 0,02048)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{3,06918}{8,02096}$$

$$\theta = \tan^{-1} 0,38265$$

$$\theta = 20,93911^\circ$$

$$I_q = I_a \cos \theta$$

$$I_q = 2,46796 \cos 20,93911$$

$$I_q = 2,30497 \text{ kA}$$

$$I_d = I_a \sin \theta$$

$$I_d = 2,46796 \sin 20,93911$$

$$I_d = 0,88198 \text{ kA}$$

$$E_a = V + I_a R_a + j I_d X_d + j I_q X_q$$

$$E_a = 8,12909 + (2,46796 \cdot 0,0083) + (j 0,88198 \cdot 1,09) + (j 2,30497 \cdot 0,66)$$

$$E_a = 8,14378 + (j 0,96136) + (j 1,52128)$$

$$E_a = 8,14378 + (j 2,48265)$$

$$E_a = \sqrt{(8,14378)^2 + (2,48265)^2} < \text{arc tan } \frac{2,48265}{8,14378}$$

$$E_a = 8,51934 < 16,94260^\circ$$

Data tanggal 27 Januari 2019 pukul 02.00 WIB

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(V_T \sin \varphi + I_a X_q)}{(V_T \cos \varphi + I_a R_a)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(8,14642 \sin 10,13113 + 2,46197 \cdot 0,66)}{(8,14642 \cos 10,13113 + 2,46197 \cdot 0,0083)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(1,43297 + 1,6290)}{(8,01939 + 0,02043)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{3,057867}{8,03983}$$

$$\theta = \tan^{-1} 0,38033$$

$$\theta = 20,8238^\circ$$

$$I_q = I_a \cos \theta$$

$$I_q = 2,46197 \cos 20,8238$$

$$I_q = 2,30114 \text{ kA}$$

$$I_d = I_a \sin \theta$$

$$I_d = 2,46197 \sin 20,8238$$

$$I_d = 0,875218 \text{ kA}$$

$$E_a = V + I_a R_a + j I_d X_d + j I_q X_q$$

$$E_a = 8,12909 + (2,46197 \cdot 0,0083) + (j 0,875218 \cdot 1,09) + (j 2,30114 \cdot 0,66)$$

$$E_a = 8,16685 + (j 0,95399) + (j 1,51875)$$

$$E_a = 8,16685 + (j 2,472747)$$

$$E_a = \sqrt{(8,16685)^2 + (2,472747)^2} < \text{arc tan} \frac{2,472747}{8,16685}$$

$$E_a = 8,53299 < 16,84518^\circ$$

Data tanggal 27 Januari 2019 pukul 03.00 WIB

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(V_T \sin \varphi + I_a X_q)}{(V_T \cos \varphi + I_a R_a)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(8,15796 \sin 10,16824 + 2,46353 \cdot 0,66)}{(8,15796 \cos 10,16824 + 2,46353 \cdot 0,0083)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{(1,44019 + 1,62592)}{(8,02983 + 0,02044)}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{3,06612}{8,05027}$$

$$\theta = \tan^{-1} 0,38087$$

$$\theta = 20,85045^\circ$$

$$I_q = I_a \cos \theta$$

$$I_q = 2,46353 \cos 20,85045$$

$$I_q = 2,30219 \text{ kA}$$

$$I_d = I_a \sin \theta$$

$$I_d = 2,46353 \sin 20,85045$$

$$I_d = 0,87684 \text{ kA}$$

$$E_a = V + I_a R_a + j I_d X_d + j I_q X_q$$

$$E_a = 8,15796 + (2,46353 \cdot 0,0083) + (j 0,87684 \cdot 1,09) + (j 2,30219 \cdot 0,66)$$

$$E_a = 8,17841 + (j 0,95576) + (j 1,51945)$$

$$E_a = 8,17841 + (j 2,47521)$$

$$E_a = \sqrt{(8,17841)^2 + (2,47521)^2} < \arctan \frac{2,47521}{8,17841}$$

$$E_a = 8,54476 < 16,83854^\circ$$

Tabel 4. 5 Data Operasi Harian PLTA Unit Pembangkitan Mrica Unit 1 25 Januari 2019 dan GGL Induksi

Waktu	V _{out} Generator (kV)	Arus Jangkar (A)	Arus Eksitasi (A)	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	GGL Induksi (kV)
00.00	13.99	2436.82	949.25	58.09	10.01	8.45580776
01.00	13.98	2442.54	949.09	58.01	9.90	8.451438274
02.00	14.00	2497.48	966.65	58.99	10.02	8.48064883
03.00	13.86	2509.10	917.12	59.19	5.33	8.364572383
04.00	13.87	2492.66	917.09	59.13	5.37	8.365211856
05.00	13.78	2507.64	919.49	59.43	6.00	8.326677401
06.00	13.70	2518.66	905.06	59.45	4.79	8.275010598
07.00	13.83	2505.46	911.03	59.05	5.38	8.347643174
08.00	13.59	2540.61	907.65	59.38	5.51	8.229567976
09.00	14.10	2570.98	1055.25	58.88	19.92	8.643882429
10.00	14.05	2572.88	1062.91	58.96	20.35	8.620678215
11.00	14.01	2591.73	1055.25	58.95	20.34	8.606890936
12.00	14.20	2553.67	1065.43	59.18	19.95	8.690316614
13.00	14.01	2560.72	1037.84	58.91	18.79	8.582701029
14.00	13.89	2595.54	1035.25	59.09	18.45	8.529217546
15.00	13.93	2580.14	1033.18	58.89	17.97	8.541156832
16.00	14.00	2538.86	1033.12	58.94	18.21	8.564091108
17.00	14.08	2535.09	1037.87	59.27	18.15	8.604588804
18.00	14.10	2537.19	1028.25	58.99	17.68	8.613286552
19.00	14.16	2541.80	1045.65	59.11	18.82	8.655864725
20.00	14.18	2473.70	1033.03	57.47	18.33	8.640470467
21.00	14.23	2467.44	1037.74	57.62	18.41	8.665457288
22.00	14.23	2517.56	1045.5	59.04	18.34	8.680875819
23.00	14.28	2530.80	1055.38	59.22	19.11	8.718330816

Tabel 4. 6 Data Operasi Harian PLTA Unit Pembangkitan Mrica Unit 1 26 Januari 2019 dan GGL Induksi

Waktu	V _{out} Generator (kV)	Arus Jangkar (A)	Arus Eksitasi (A)	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	GGL Induksi (kV)
00.00	14.20	2480.62	1015.78	58.91	18.84	8.65433392
01.00	14.02	2499.64	976.37	59.12	12.11	8.510303122

Tabel 4.6 Data Operasi Harian PLTA UP Mrica unit 1 26 Januari 2019
(Lanjutan)

Waktu	V _{out} Generator (kV)	Arus Jangkar (A)	Arus Eksitasi (A)	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	GGL Induksi (kV)
02.00	14.06	2496.11	986.53	59.09	12.22	8.531775921
03.00	14.11	2481.10	986.28	59.27	12.24	8.553521619
04.00	14.13	2482.08	986.37	59.11	12.45	8.566788123
05.00	13.97	2490.20	968.99	59.02	11.39	8.473757433
06.00	13.93	2516.53	981.31	59.31	13.04	8.475164512
07.00	14.11	2498.73	1005.94	59.32	14.05	8.574702085
08.00	13.98	2524.58	1003.59	59.05	14.67	8.519411573
09.00	13.87	2556.03	996.09	59.30	13.88	8.464681858
10.00	13.87	2541.75	995.93	58.93	14.19	8.462642491
11.00	14.05	2548.50	1037.90	58.71	18.50	8.597660472
12.00	14.05	2499.24	995.62	58.88	14.67	8.548229402
13.00	14.05	2516.10	1013.24	58.58	14.83	8.556427153
14.00	14.01	2507.25	1006.09	58.40	15.34	8.535953248
15.00	14.05	2509.02	1006.37	58.66	15.08	8.555645659
16.00	14.11	2492.90	1013.53	58.61	15.72	8.587374548
17.00	14.07	2470.44	976.18	58.80	12.23	8.528729178
18.00	13.96	2513.92	976.40	59.08	12.50	8.486285855
19.00	13.88	2510.38	976.40	59.02	12.70	8.443441557
20.00	13.91	2537.05	976.43	59.03	12.48	8.467574989
21.00	13.97	2513.51	976.34	58.94	11.92	8.486798115
22.00	14.00	2496.57	976.31	59.09	11.95	8.497023289
23.00	14.06	2478.54	976.06	58.85	12.44	8.527818113

Tabel 4. 7 Data Operasi Harian PLTA Unit Pembangkitan Mrica Unit 1 27
Januari 2019

Waktu	V _{out} Generator (kV)	Arus Jangkar (kA)	Arus Eksitasi (A)	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	GGL Induksi (kV)
00.00	14.07	2464.88	976.34	58.78	11.89	8.523964196
01.00	14.08	2467.96	966.43	58.99	10.62	8.51934361
02.00	14.11	2461.97	966.78	58.37	10.43	8.532990333
03.00	14.13	2463.53	973.94	58.71	10.53	8.544768754
04.00	14.14	2442.37	966.62	58.64	10.34	8.541593753
05.00	14.04	2478.15	966.46	58.87	10.56	8.500702292
06.00	13.93	2480.98	944.47	58.56	8.62	8.424940653
07.00	13.95	2469.96	946.81	58.68	9.14	8.436648729
08.00	13.83	2500.13	946.71	58.74	9.53	8.385083583

Tabel 4.7 Data Operasi Harian PLTA UP Mrica Unit 1 27 Januari 2019
(Lanjutan)

Waktu	V _{out} Generator (kV)	Arus Jangkar (A)	Arus Eksitasi (A)	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	GGL Induksi (kV)
09.00	13.78	2502.90	939.75	59.09	9.07	8.354176865
10.00	13.87	2517.44	946.81	57.31	9.45	8.414277676
11.00	14.05	2445.39	958.68	35.30	11.55	8.562502699
12.00	14.03	1555.94	865.47	57.35	12.74	8.256360646
13.00	13.98	2433.84	976.25	57.34	12.94	8.4753395
14.00	13.99	2431.37	966.43	58.69	11.75	8.467725328
15.00	14.01	2473.81	974.09	58.62	11.39	8.490432179
16.00	14.01	2471.02	976.59	58.67	12.24	8.496589374
17.00	13.80	2481.78	986.37	58.50	13.08	8.393785413
18.00	13.74	2516.62	966.5	58.67	12.20	8.36620977
19.00	13.80	2528.23	966.34	58.39	11.94	8.401176588
20.00	14.12	2520.88	983.87	58.32	13.56	8.586109735
21.00	14.33	2537.50	1045.37	58.65	20.11	8.756593676
22.00	14.19	2505.92	1006.06	58.23	20.20	8.670013617
23.00	14.18	2466.86	1007.16	58.20	20.17	8.649150002

4.3.1 Analisis Pengaruh Beban terhadap Tegangan Terminal (Vt)

Naik turunnya beban yang dikehendaki oleh konsumen, dapat mempengaruhi tegangan terminal (Vt) pada generator. Perubahan tersebut dapat dibuatkan grafik seperti di bawah.

Tabel 4. 8 Tabel nilai Beban (Ia) dan Tegangan Terminal (Vt) 25 Januari 2019

Beban (kA)	Tegangan Terminal (v)
2.43682	8.077134032
2.44254	8.071360527
2.49748	8.082907537
2.5091	8.002078462
2.49266	8.007851967
2.50764	7.955890419

Tabel 4.8 Tabel Nilai Beban (Ia) dan Tegangan Terminal (Vt) 25 Januari 2019
(Lanjutan)

2.51866	7.909702376
2.50546	7.984757946
2.54061	7.846193817
2.57098	8.140642591
2.57288	8.111775064
2.59173	8.088681043
2.55367	8.198377645
2.56072	8.088681043
Beban (kA)	Tegangan Terminal (v)
2.59554	8.019398978
2.58014	8.042493
2.53886	8.082907537
2.53509	8.12909558
2.53719	8.140642591
2.5418	8.175283623
2.4737	8.186830634
2.46744	8.215698161
2.51756	8.215698161
2.5308	8.244565688

Tabel 4. 9 Tabel nilai Beban (Ia) dan Tegangan Terminal (Vt) 26 Januari 2019

Beban (kA)	Tegangan Terminal (v)
2.48062	8.198377645
2.49964	8.094454548
2.49611	8.11754857

Tabel 4.9 Tabel nilai Beban (Ia) dan Tegangan Terminal (Vt) 26 Januari 2019
(Lanjutan)

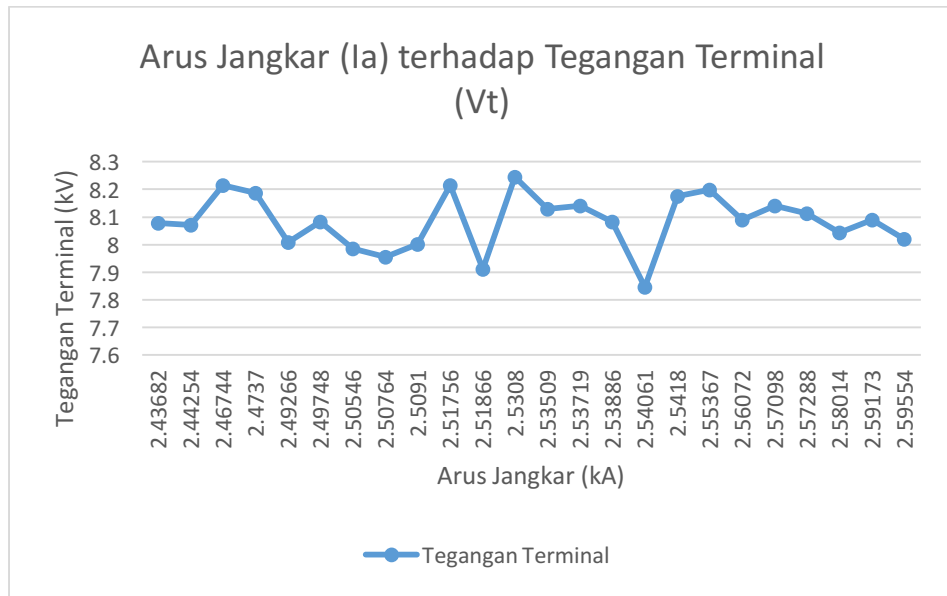
Beban (kA)	Tegangan Terminal (v)
2.4811	8.146416097
2.48208	8.157963107
2.4902	8.065587021
2.51653	8.042493
2.49873	8.146416097
2.52458	8.071360527
2.55603	8.007851967
2.54175	8.007851967
2.5485	8.111775064
2.49924	8.111775064
2.5161	8.111775064
2.50725	8.088681043
2.50902	8.111775064
2.4929	8.146416097
2.47044	8.123322075
2.51392	8.059813516
2.51038	8.013625473
2.53705	8.030945989
2.51351	8.065587021
2.49657	8.082907537
2.47854	8.11754857

Tabel 4. 10 Tabel nilai Beban (Ia) dan Tegangan Terminal (Vt) 27 Januari 2019

Beban (kA)	Tegangan Terminal (v)
2.46488	8.123322075

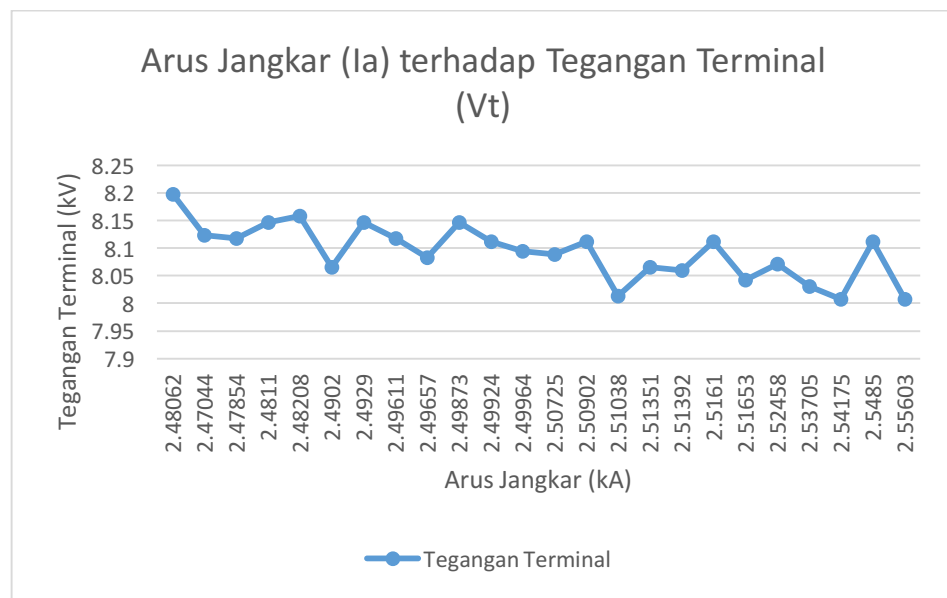
Tabel 4.10 Tabel nilai Beban (Ia) dan Tegangan Terminal (Vt) 27 Januari 2019
(Lanjutan)

Beban (kA)	Tegangan Terminal (v)
2.46796	8.12909558
2.46197	8.146416097
2.46353	8.157963107
2.44237	8.163736613
2.47815	8.106001559
2.48098	8.042493
2.46996	8.05404001
2.50013	7.984757946
2.5029	7.955890419
2.51744	8.007851967
2.44539	8.111775064
1.55594	8.100228053
2.43384	8.071360527
2.43137	8.077134032
2.47381	8.088681043
2.47102	8.088681043
2.48178	7.96743743
2.51662	7.932796397
2.52823	7.96743743
2.52088	8.152189602
2.5375	8.273433215
2.50592	8.19260414
2.46686	8.186830634



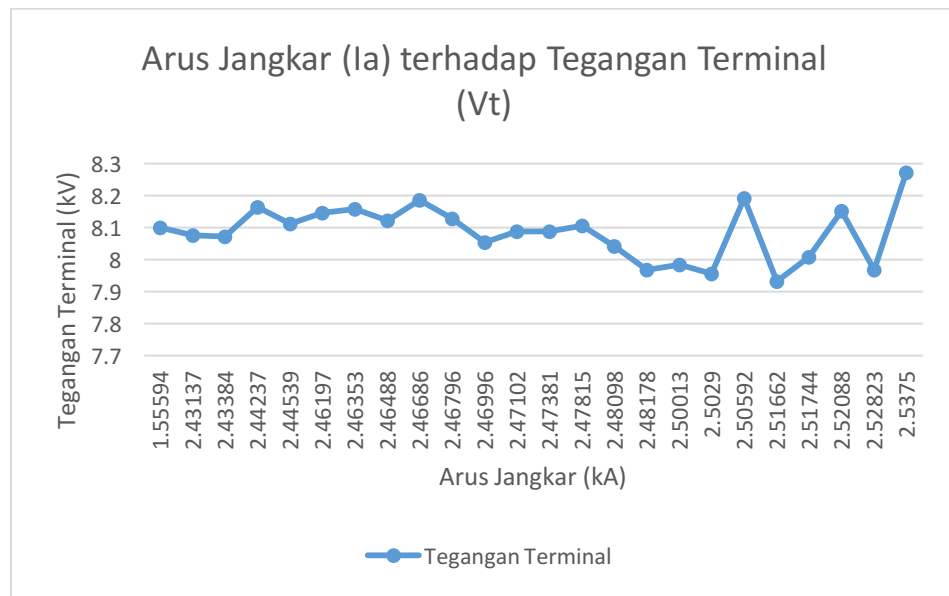
Gambar 4. 2 Grafik Pengaruh Beban terhadap Tegangan Terminal

Jumat, 25 Januari 2019



Gambar 4. 3 Grafik Pengaruh Beban terhadap Tegangan Terminal

Sabtu, 26 Januari 2019



Gambar 4. 4 Grafik Pengaruh Beban terhadap Tegangan Terminal
Minggu, 27 Januari 2019

Berdasarkan data grafik di atas, didapat hubungan antara beban (I_a) terhadap tegangan output generator (V_t) pada PLTA UP Mrica, bahwa nilai beban tertinggi pada hari Jumat 25 Januari 2019 adalah 2,6 kA dengan nilai tegangan terminal 8,02 kV, sedangkan nilai terendah dari beban adalah 2,4 kA dengan nilai tegangan terminal 8,02 kV, sedangkan nilai terendah dari beban adalah 2,48 kA dengan nilai tegangan terminal 8,2 kV. Nilai beban tertinggi pada hari Sabtu 26 Januari 2019 adalah 2,6 kA dengan nilai tegangan terminal 8,01 kV, sedangkan nilai terendah dari beban adalah 2,48 kA dengan nilai tegangan terminal 8,2 kV. Nilai beban tertinggi pada hari Minggu 27 Januari 2019 adalah 2,5 kA dengan nilai tegangan terminal 8,3 kA, sedangkan nilai terendah dari beban adalah 1,6 kA dengan nilai tegangan terminal 8,1 kV.

Dari data di atas menunjukkan bahwa naik turunnya beban dapat mempengaruhi nilai tegangan terminal (V_t) atau tegangan *output* generator. Semakin tinggi nilai pembebanan atau naiknya permintaan konsumen, maka tegangan *output* akan menjadi rendah. Begitu pula sebaliknya, apabila nilai pembebanan semakin kecil atau turunnya permintaan konsumen, maka tegangan *output* pada generator akan naik.

Semakin besar permintaan beban (I_a) maka, semakin besar *drop* tegangan yang terjadi semakin tinggi, sehingga saat beban naik, tegangan terminal akan turun.

4.3.2 Analisis Pengaruh Beban Terhadap GGL Induksi (E_a)

Berubah-ubahnya beban setiap waktu menyebabkan perubahan arus yang mengalir pada kumparan jangkar. Dimana perubahan arus stator atau arus jangkar (I_a) dapat mempengaruhi nilai dari GGL induksi. Dari pengaruh perubahan ini, dapat dibuatkan hubungan antara beban (arus jangkar) terhadap GGL induksi (E_a) melalui grafik dibawah.

Tabel 4. 11 Tabel nilai Beban (I_a) dan GGL Induksi (E_a) 25 Januari 2019

Beban (kA)	GGL Induksi (kV)
2.43682	8.45580776
2.44254	8.451438274
2.49748	8.48064883
2.5091	8.364572383
2.49266	8.365211856
2.50764	8.326677401
2.51866	8.275010598
2.50546	8.347643174
2.54061	8.229567976
2.57098	8.643882429
2.57288	8.620678215
2.59173	8.606890936
2.55367	8.690316614
2.56072	8.582701029
2.59554	8.529217546
2.58014	8.541156832
2.53886	8.564091108

Tabel 4.11 Tabel nilai Beban (Ia) dan GGL Induksi (Ea) 25 Januari 2019
(Lanjutan)

Beban (kA)	GGL Induksi (kV)
2.53509	8.604588804
2.53719	8.613286552
2.5418	8.655864725
2.4737	8.640470467
2.46744	8.665457288
2.51756	8.680875819
2.5308	8.718330816

Tabel 4. 12 Tabel nilai Beban (Ia) dan GGL Induksi (Ea) 26 Januari 2019

Beban (kA)	GGL Induksi (kV)
2.43682	8.65433392
2.44254	8.510303122
2.49748	8.531775921
2.5091	8.553521619
2.49266	8.566788123
2.50764	8.473757433
2.51866	8.475164512
2.50546	8.574702085
2.54061	8.519411573
2.57098	8.464681858
2.57288	8.462642491
2.59173	8.597660472
2.55367	8.548229402
2.56072	8.556427153
2.59554	8.535953248
2.58014	8.555645659
2.53886	8.587374548

Tabel 4.12 Tabel nilai Beban (Ia) dan GGL Induksi (Ea) 26 Januari 2019
(Lanjutan)

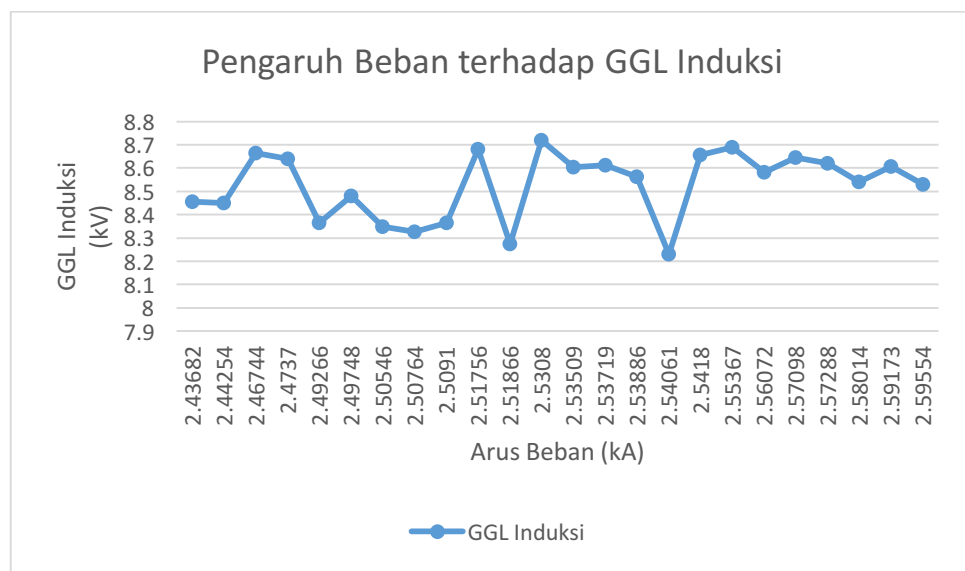
Beban (kA)	GGL Induksi (kV)
2.53509	8.528729178
2.53719	8.486285855
2.5418	8.443441557
2.4737	8.467574989
2.46744	8.486798115
2.51756	8.497023289
2.5308	8.527818113

Tabel 4. 13 Tabel nilai Beban (Ia) dan GGL Induksi (Ea) 27 Januari 2019

Beban (kA)	GGL Induksi (kV)
2.43682	8.523964196
2.44254	8.51934361
2.49748	8.532990333
2.5091	8.544768754
2.49266	8.541593753
2.50764	8.500702292
2.51866	8.424940653
2.50546	8.436648729
2.54061	8.385083583
2.57098	8.354176865
2.57288	8.414277676
2.59173	8.562502699
2.55367	8.256360646
2.56072	8.4753395
2.59554	8.467725328
2.58014	8.490432179
2.53886	8.496589374

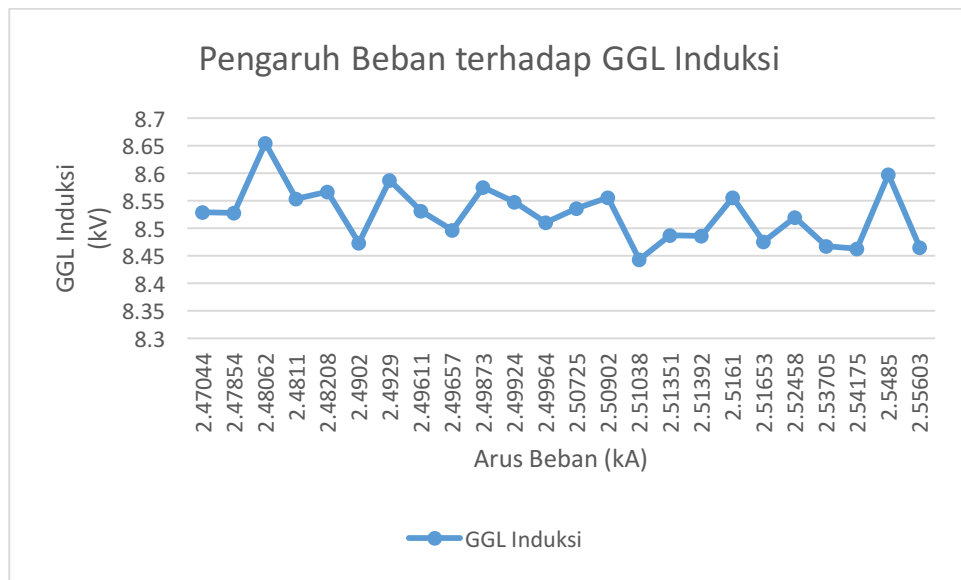
Tabel 4.13 Tabel nilai Beban (Ia) dan GGL Induksi (Ea) 27 Januari 2019
(Lanjutan)

Beban (kA)	GGL Induksi (kV)
2.53509	8.393785413
2.53719	8.36620977
2.5418	8.401176588
2.4737	8.586109735
2.46744	8.756593676
2.51756	8.670013617
2.5308	8.649150002



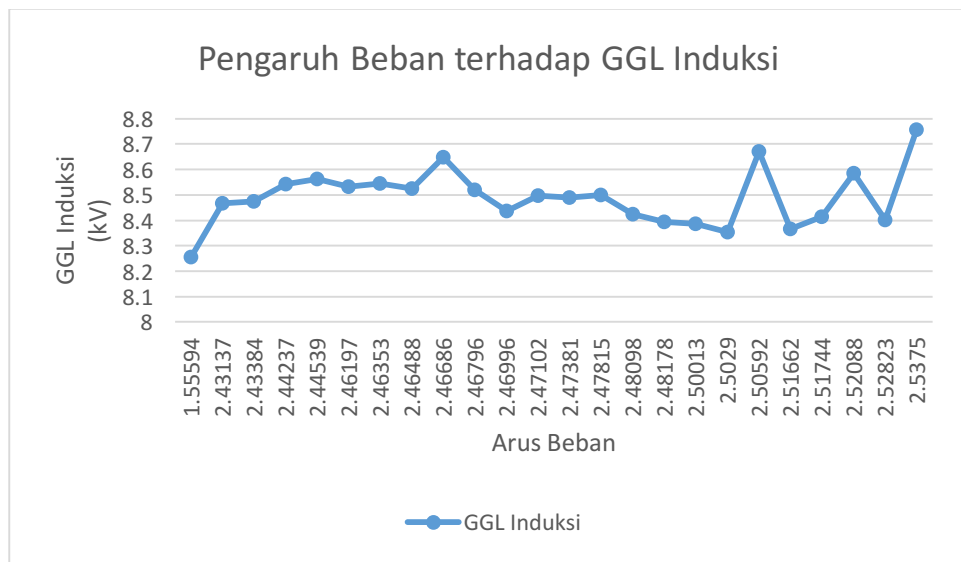
Gambar 4. 5 Grafik Pengaruh Beban terhadap GGL Induksi

Jumat, 25 Januari 2019



Gambar 4. 6 Grafik Pengaruh Beban terhadap GGL Induksi

Sabtu, 26 Januari 2019



Gambar 4. 7 Grafik Pengaruh Beban terhadap GGL Induksi

Minggu, 27 Januari 2019

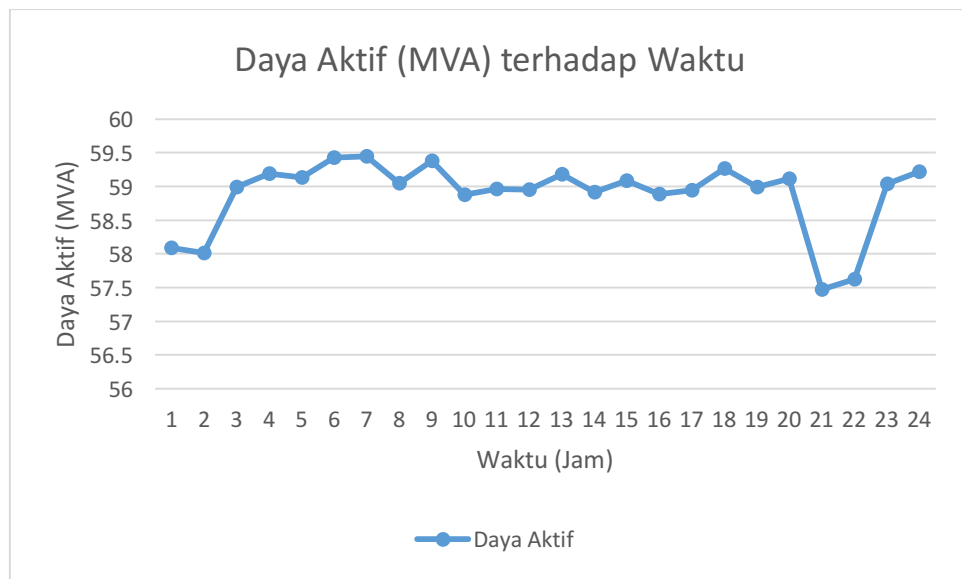
Berdasarkan data grafik diatas, didapat hubungan antara beban (I_a) terhadap GGL Induksi (E_a) pada PLTA UP Mrica, bahwa nilai beban tertinggi pada hari Jumat 25 Januari 2019 adalah 2,59 kA dengan nilai

tegangan induksi 8,53 kV, sedangkan nilai terendah dari beban adalah 2,4 kA dengan nilai tegangan induksi 8,45 kV. Nilai beban tertinggi pada hari Sabtu 26 Januari 2019 adalah 2,55 kA dengan nilai tegangan induksi 8,46 kV, sedangkan nilai terendah dari beban adalah 2,48 kA dengan nilai tegangan induksi 8,53 kV. Nilai beban tertinggi pada hari Minggu 27 Januari 2019 adalah 2,54 kA dengan nilai tegangan induksi 8,76 kV, sedangkan nilai terendah dari beban adalah 1,55 kA dengan nilai tegangan induksi 8,26 kV.

Saat nilai beban semakin besar, maka GGL Induksi (E_a) juga semakin besar. Saat arus beban (I_a) naik, tegangan terminal (V_t) turun. Untuk menjaga kestabilan tegangan terminal, maka tegangan terinduksi (E_a) naik. Begitu pula sebaliknya.

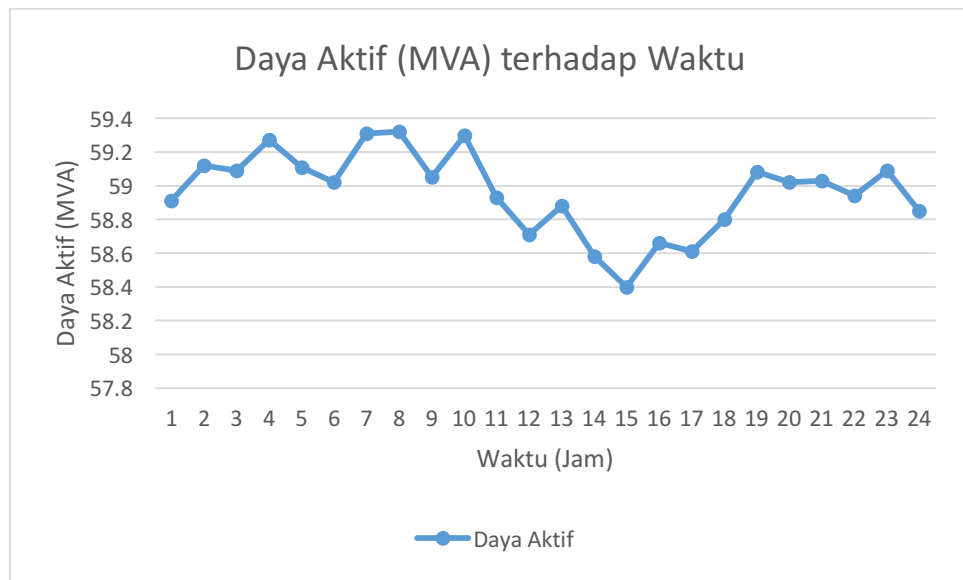
4.3.3 Analisis Pengaruh Beban Terhadap Waktu

Didapatnya hubungan antara arus jangkar (I_a) dan waktu karena arus jangkar akan berubah setiap waktu (jam) sesuai dengan tabel data operasi harian pada PLTA UP Mrica unit 1. Akan dibuat grafik berdasarkan sifat beban terhadap waktu, yakni beban aktif dan beban reaktif sebagai berikut.

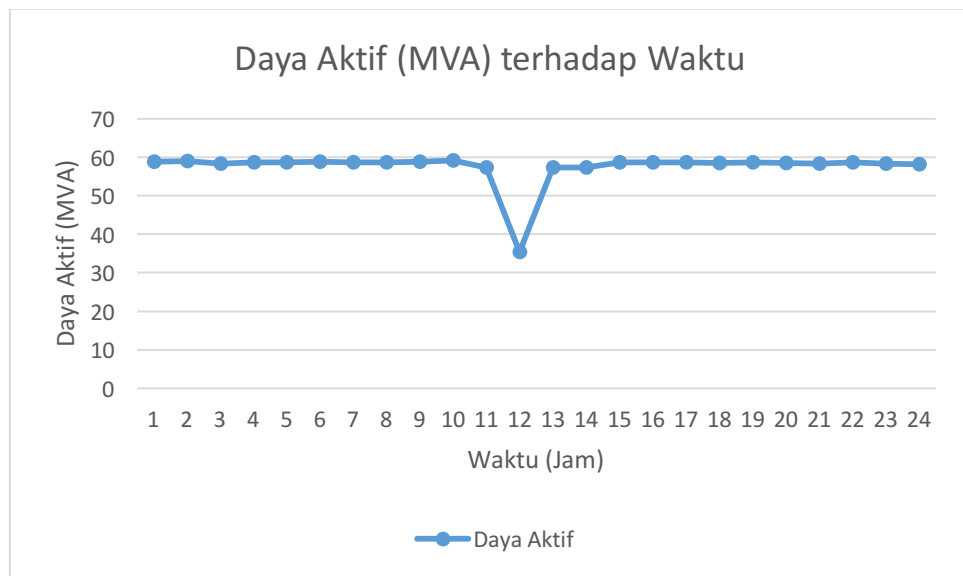


Gambar 4. 8 Grafik Pengaruh Daya Aktif (MVA) terhadap Waktu

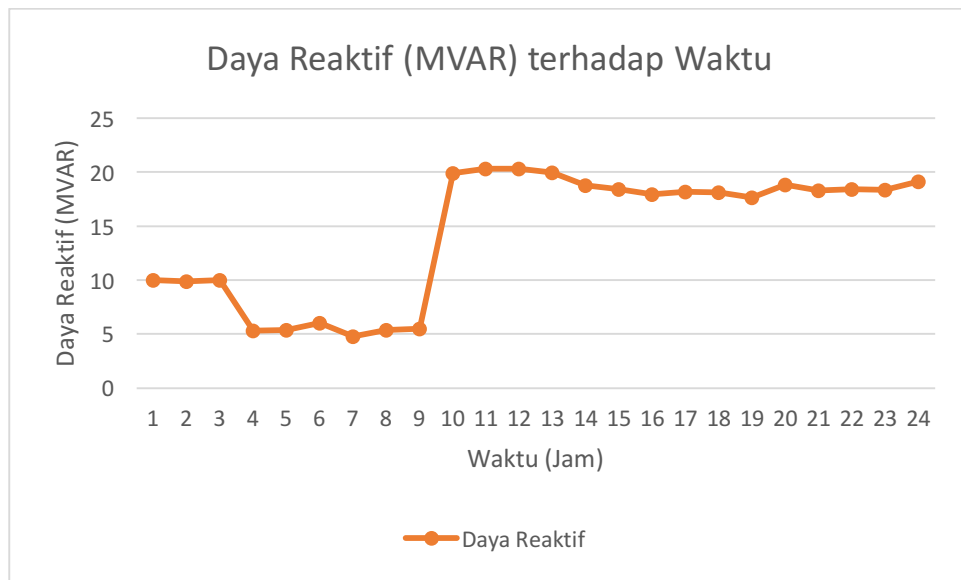
Jumat, 25 Januari 2019



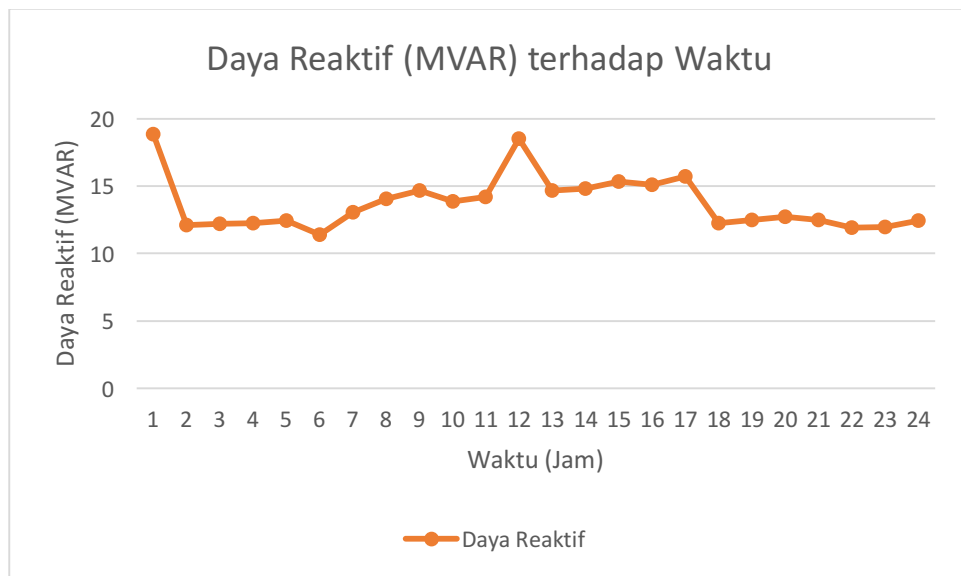
Gambar 4. 9 Grafik Pengaruh Daya Aktif (MVA) terhadap Waktu
Sabtu, 26 Januari 2019



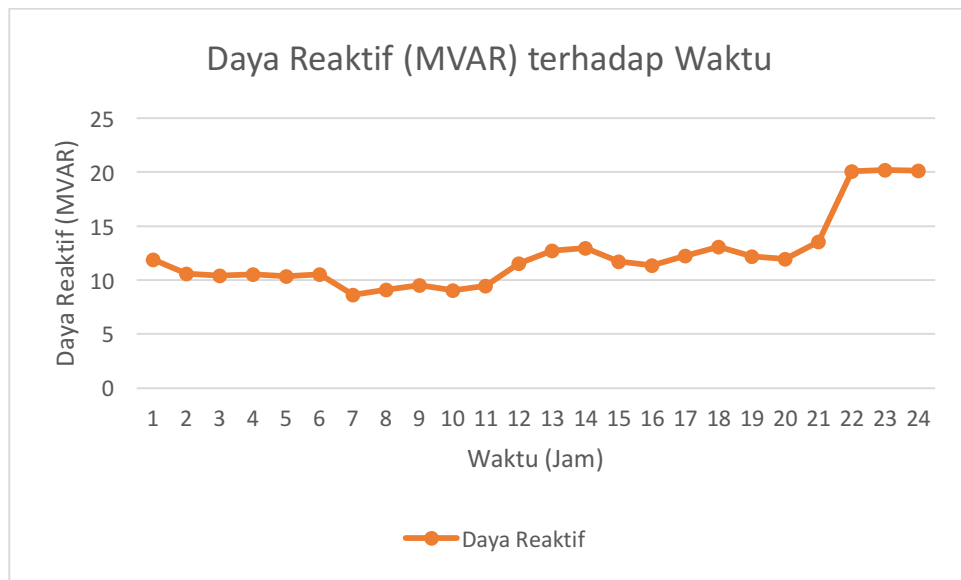
Gambar 4. 10 Grafik Pengaruh Daya Aktif (MVA) terhadap Waktu
Minggu, 27 Januari 2019



Gambar 4. 11 Grafik Pengaruh Daya Reaktif (MVAR) terhadap Waktu
Jumat, 25 Januari 2019



Gambar 4. 12 Grafik Pengaruh Daya Reaktif (MVAR) terhadap Waktu
Sabtu, 26 Januari 2019



Gambar 4. 13 Grafik Pengaruh Daya Reaktif (MVAR) terhadap Waktu Minggu, 27 Januari 2019

Dari grafik hubungan di atas, dapat dibandingkan beban terhadap waktu. Diperlihatkan bahwa setiap hari beban berbeda kondisi. Saat hari Jum'at dan Sabtu yakni pada tanggal 25 Januari 2019 dan 26 Januari 2019 terjadi fluktuasi pada daya aktif (MVA) maupun reaktif (MVAR) yang signifikan. Pada saat pagi hari, yakni pukul 04.00-08.00 daya aktif (MVA) bernilai tinggi dikarenakan aktivitas konsumen telah dimulai. Sedangkan pada pukul 06.00-10.00 daya reaktif (MVAR) akan tinggi dikarenakan mesin-mesin industri mulai bekerja untuk *starting*. Pada pukul 11.00-14.00 daya aktif mulai turun, karena pada waktu tersebut merupakan jam istirahat. Daya aktif akan melonjak naik lagi pada pukul 17.00-21.00 karena konsumen menggunakan beban untuk penerangan.

Sedangkan saat hari Minggu, 27 Januari 2019 tidak ada fluktuasi yang terjadi secara signifikan, baik beban aktif maupun reaktif. Karena pada hari minggu, sebagian pabrik libur atau istirahat.

4.3.4 Analisis Pengaruh Arus Eksitasi (I_f) terhadap GGL Induksi (E_a)

Berubah-ubahnya GGL Induksi akibat beban yang terjadi, dapat mempengaruhi nilai tegangan terminal (V_t). Untuk menjaga nilai tegangan terminal tersebut dalam keadaan konstan, maka diatur nilai arus eksitasi (I_f) untuk mengubah nilai GGL Induksi (E_a) dan tegangan terminal (V_t). Maka akan dibuatkan grafik hubungan antara Arus Eksitasi terhadap GGL Induksi.

Tabel 4. 14 Nilai Arus Eksitasi (I_f) dan GGL Induksi 25 Januari 2019

Arus Eksitasi (A)	GGL Induksi (kV)
949.25	8.523964196
949.09	8.51934361
966.65	8.532990333
917.12	8.544768754
917.09	8.541593753
919.49	8.500702292
905.06	8.424940653
911.03	8.436648729
907.65	8.385083583
1055.25	8.354176865
1062.91	8.414277676
1055.25	8.562502699
1065.43	8.256360646
1037.84	8.4753395
1035.25	8.467725328
1033.18	8.490432179
1033.12	8.496589374
1037.87	8.393785413

Tabel 4.14 Nilai Arus Eksitasi (If) dan GGL Induksi 25 Januari 2019
(Lanjutan)

Arus Eksitasi (A)	GGL Induksi (kV)
1028.25	8.36620977
1045.65	8.401176588
1033.03	8.586109735
1037.74	8.756593676
1045.5	8.670013617
1055.38	8.649150002

Tabel 4. 15 Nilai Arus Eksitasi (If) dan GGL Induksi 26 Januari 2019

Arus Eksitasi (A)	GGL Induksi (kV)
1015.78	8.65433392
976.37	8.510303122
986.53	8.531775921
986.28	8.553521619
986.37	8.566788123
968.99	8.473757433
981.31	8.475164512
1005.94	8.574702085
1003.59	8.519411573
996.09	8.464681858
995.93	8.462642491
1037.90	8.597660472
995.62	8.548229402
1013.24	8.556427153
1006.09	8.535953248
1006.37	8.555645659

Tabel 4.15 Nilai Arus Eksitasi (If) dan GGL Induksi 26 Januari 2019
(Lanjutan)

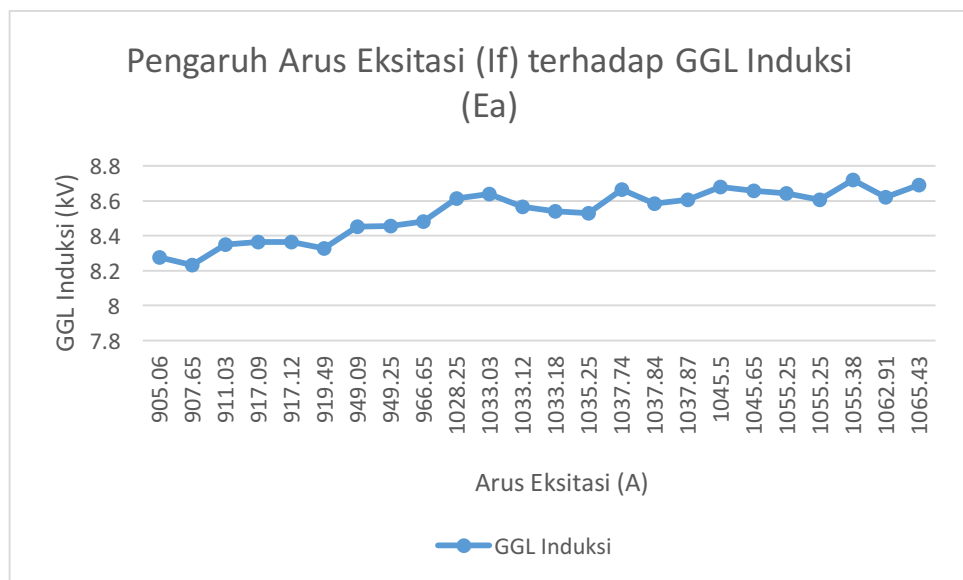
Arus Eksitasi (A)	GGL Induksi (kV)
1013.53	8.587374548
976.18	8.528729178
976.40	8.486285855
976.40	8.443441557
976.43	8.467574989
976.34	8.486798115
976.31	8.497023289
976.06	8.527818113

Tabel 4. 16 Nilai Arus Eksitasi (If) dan GGL Induksi 27 Januari 2019

Arus Eksitasi (A)	GGL Induksi (kV)
976.34	8.523964196
966.43	8.51934361
966.78	8.532990333
973.94	8.544768754
966.62	8.541593753
966.46	8.500702292
944.47	8.424940653
946.81	8.436648729
946.71	8.385083583
939.75	8.354176865
946.81	8.414277676
958.68	8.562502699
865.47	8.256360646
976.25	8.4753395

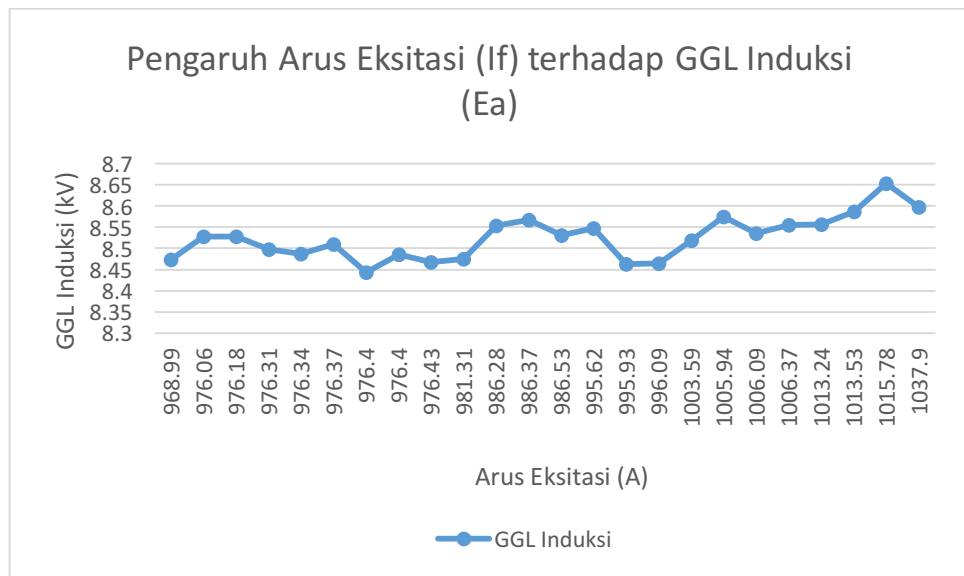
Tabel 4.16 Nilai Arus Eksitasi (I_f) dan GGL Induksi 27 Januari 2019
(Lanjutan)

Arus Eksitasi (A)	GGL Induksi (kV)
966.43	8.467725328
974.09	8.490432179
976.59	8.496589374
986.37	8.393785413
966.5	8.36620977
966.34	8.401176588
983.87	8.586109735
1045.37	8.756593676
1006.06	8.670013617
1007.16	8.649150002



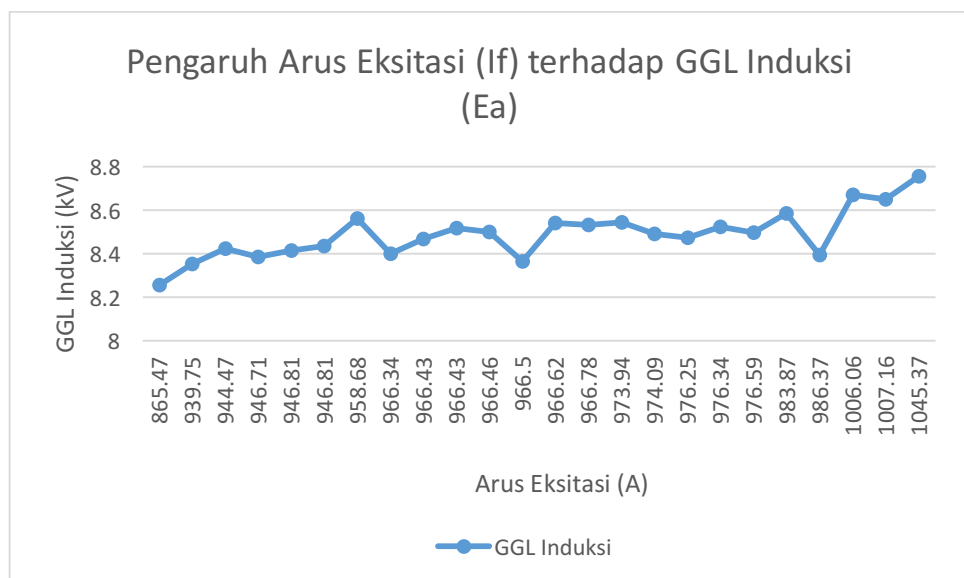
Gambar 4. 14 Grafik Pengaruh Arus Eksitasi (I_f) terhadap GGL Induksi
(E_a)

Jumat, 25 Januari 2019



Gambar 4. 15 Grafik Pengaruh Arus Eksitasi (I_f) terhadap GGL Induksi (E_a)

Sabtu, 26 Januari 2019



Gambar 4. 16 Grafik Pengaruh Arus Eksitasi (I_f) terhadap GGL Induksi (E_a)

Minggu, 27 Januari 2019

Berdasarkan data grafik diatas, didapat hubungan antara arus eksitasi (I_f) terhadap GGL induksi (E_a) pada PLTA UP Mrica, bahwa nilai arus

eksitasi tertinggi pada hari Jumat 25 Januari 2019 adalah 1065,43 A dengan nilai tegangan induksi 8,69 kV, sedangkan nilai terendah dari arus eksitasi adalah 905,05 A dengan nilai tegangan induksi 8,27 kV. Nilai arus eksitasi tertinggi pada hari Sabtu 26 Januari 2019 adalah 1037,9 A dengan nilai tegangan induksi 8,59 kV, sedangkan nilai terendah dari arus eksitasi adalah 968,99 A dengan nilai tegangan induksi 8,47 kV. Nilai arus eksitasi tertinggi pada hari Minggu 27 Januari 2019 adalah 1045,37 A dengan nilai tegangan induksi 8,75 kV, sedangkan nilai terendah dari arus eksitasi adalah 865,47 A dengan nilai tegangan induksi 8,25 kV.

Dari data di atas, dapat dilihat bahwa semakin besar arus eksitasi maka semakin besar pula GGL induksi yang dihasilkan. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga tegangan terminal (V_t) tetap pada nilai yang diinginkan.

GGL induksi (E_a) akan berbanding lurus dengan fluks, dan fluks itu sendiri bergantung pada arus searah atau arus eksitasi yang dialirkan pada rotor. Semakin besar arus eksitasi yang diberikan pada rotor, maka semakin besar fluks yang dihasilkan.

4.3.5 Hubungan Arus Jangkar (I_a) Terhadap Arus Eksitasi (I_f)

Berubahnya beban dari waktu ke waktu dapat mempengaruhi nilai dari tegangan terminal (V_t) dan juga GGL Induksi. Sedangkan arus eksitasi (I_f) dapat mempengaruhi nilai GGL Induksi yang terjadi. Akibatnya terdapat hubungan antara arus beban (I_a) terhadap arus eksitasi (I_f). Dari dua nilai ini, dapat dibuat grafik sebagai berikut.

Tabel 4. 17 Nilai Arus Jangkar (I_a) dan Arus Eksitasi (I_f) 25 Januari 2019

Arus Jangkar (A)	Arus Eksitasi (A)
2436.82	949.25
2442.54	949.09
2497.48	966.65

Tabel 4.17 Nilai Arus Jangkar (Ia) dan Arus Eksitasi (If) 25 Januari 2019

(Lanjutan)

Arus Jangkar (A)	Arus Eksitasi (A)
2509.1	917.12
2492.66	917.09
2507.64	919.49
2518.66	905.06
2505.46	911.03
2540.61	907.65
2570.98	1055.25
2572.88	1062.91
2591.73	1055.25
2553.67	1065.43
2560.72	1037.84
2595.54	1035.25
2580.14	1033.18
2538.86	1033.12
2535.09	1037.87
2537.19	1028.25
2541.8	1045.65
2473.7	1033.03
2467.44	1037.74
2517.56	1045.5
2530.8	1055.38

Tabel 4. 18 Nilai Arus Jangkar (Ia) dan Arus Eksitasi (If) 26 Januari 2019

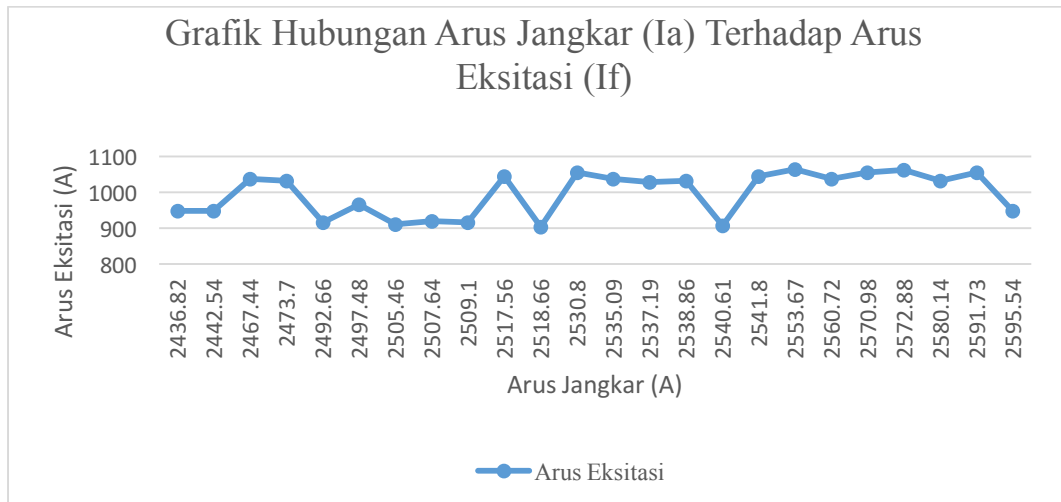
Arus Jangkar (A)	Arus Eksitasi (A)
2480.62	1015.78

Tabel 4.18 Nilai Arus Jangkar (Ia) dan Arus Eksitasi (If) 26 Januari 2019
(Lanjutan)

Arus Jangkar (A)	Arus Eksitasi (A)
2499.64	976.37
2496.11	986.53
2481.1	986.28
2482.08	986.37
2490.2	968.99
2516.53	981.31
2498.73	1005.94
2524.58	1003.59
2556.03	996.09
2541.75	995.93
2548.5	1037.90
2499.24	995.62
2516.1	1013.24
2507.25	1006.09
2509.02	1006.37
2492.9	1013.53
2470.44	976.18
2513.92	976.40
2510.38	976.40
2537.05	976.43
2513.51	976.34
2496.57	976.31
2478.54	976.06

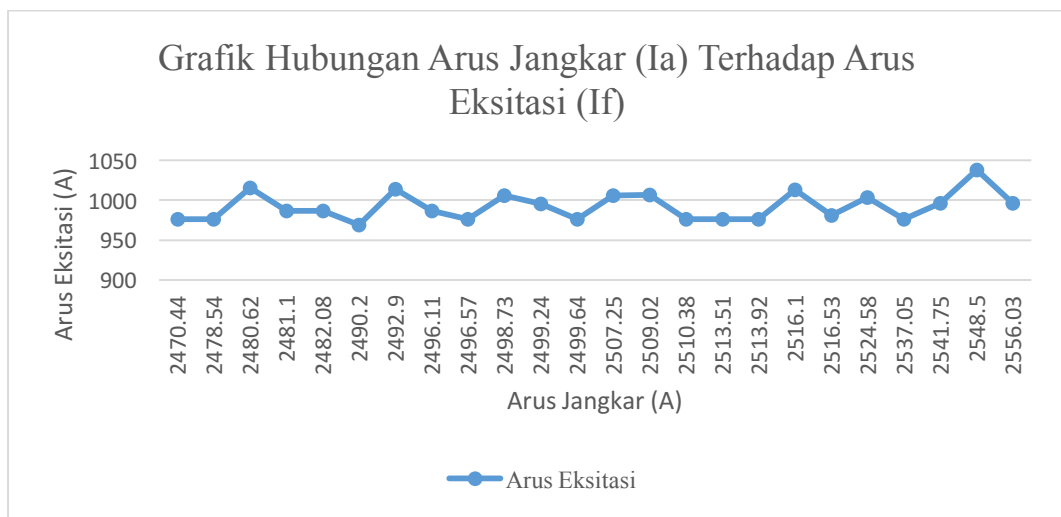
Tabel 4. 19 Nilai Arus Jangkar (Ia) dan Arus Eksitasi (If) 27 Januari 2019

Arus Jangkar (A)	Arus Eksitasi (A)
246488	976.34
246796	966.43
246197	966.78
246353	973.94
244237	966.62
247815	966.46
248098	944.47
246996	946.81
250013	946.71
25029	939.75
251744	946.81
244539	958.68
155594	865.47
243384	976.25
243137	966.43
247381	974.09
247102	976.59
248178	986.37
251662	966.5
252823	966.34
252088	983.87
25375	1045.37
250592	1006.06
246686	1007.16



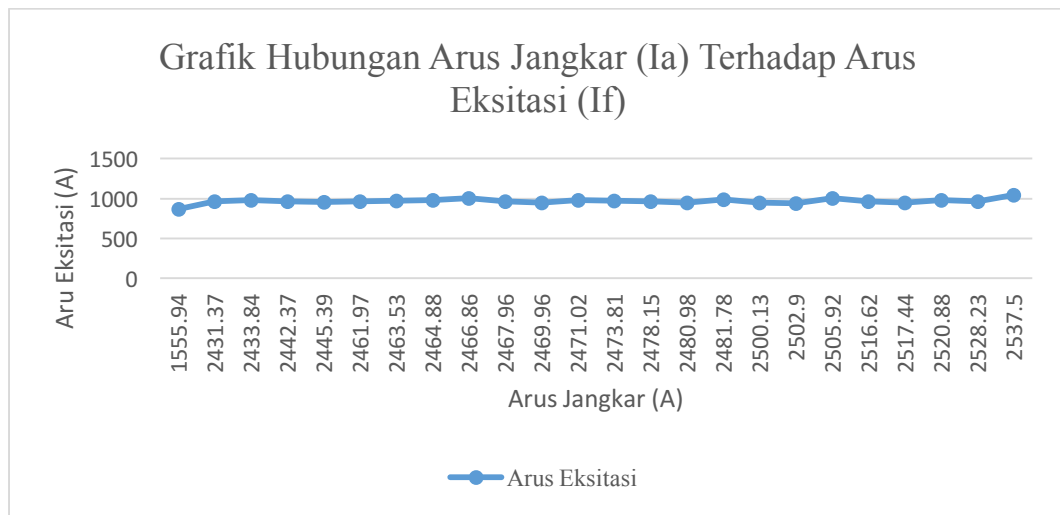
Gambar 4. 17 Grafik Hubungan Arus Jangkar terhadap Arus Eksitasi

Jumat, 25 Januari 2019



Gambar 4. 18 Grafik Hubungan Arus Jangkar terhadap Arus Eksitasi

Sabtu, 26 Januari 2019



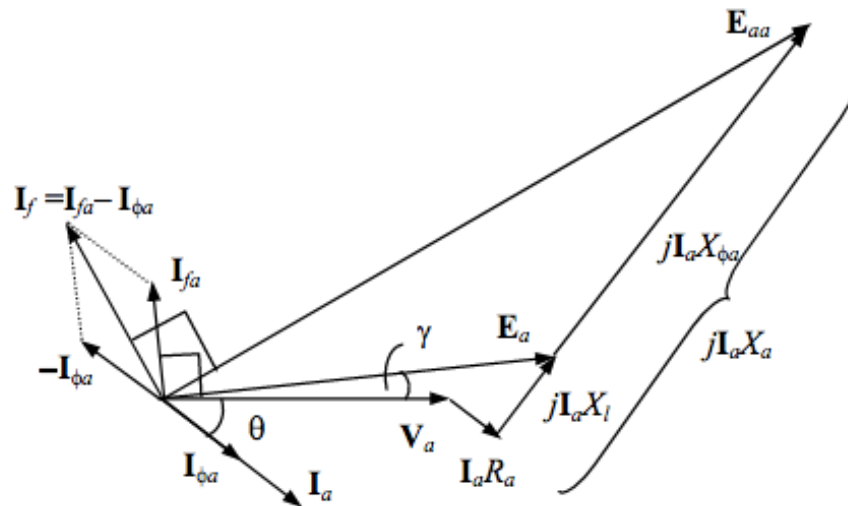
Gambar 4. 19 Grafik Hubungan Arus Jangkar terhadap Arus Eksitasi
Minggu, 27 Januari 2019

Berdasarkan data grafik di atas, didapat hubungan antara beban (I_a) terhadap arus eksitasi (I_f) pada PLTA UP Mrica, bahwa nilai beban tertinggi pada hari Jumat 25 Januari 2019 adalah 2595,54 A dengan nilai arus eksitasi 949,03 A, sedangkan nilai terendah dari beban adalah 2436,82 A dengan nilai arus eksitasi 949,03 A. Nilai beban tertinggi pada hari Sabtu 26 Januari 2019 adalah 2556,03 A dengan nilai arus eksitasi 996,03 A, sedangkan nilai terendah dari beban adalah 2470,44 A dengan nilai arus eksitasi 976,18 A. Nilai beban tertinggi pada hari Minggu 27 Januari 2019 adalah 2537,5 A dengan nilai arus eksitasi 1045,37 A, sedangkan nilai terendah dari beban adalah 1555,94 A dengan nilai tegangan terminal 865,47 A.

Dari data di atas, dapat dilihat bahwa semakin besar arus jangkar (I_a) maka semakin besar pula arus eksitasinya (I_f). Di mana saat terjadi pembebanan yang besar, maka AVR secara otomatis menaikkan arus eksitasi agar tegangan keluaran (V_t) tetap konstan. Sama halnya apabila beban yang dilayani turun, maka AVR akan mengatur arus eksitasi menjadi rendah.

Pada grafik di atas juga dapat dilihat fluktuasi atau terjadinya ketidakstabilan. Ada beberapa kemungkinan yang dapat dianalisis dari peristiwa tersebut, yakni :

1. Point pertama terjadinya perubahan tarikan beban akibat starting mesin berputar yang bersifat sesaat dan memiliki nilai signifikan.
2. Point kedua adanya reaksi jangkar yang terjadi pada generator. Untuk menentukan reaksi jangkar yang terjadi, dapat diperhatikan gambar berikut:



Di mana $X_{\phi a}$ adalah reaksi jangkar dengan rumus $\frac{k_v}{k_i}$, dimana k_i dan k_v adalah kemiringan dari kurva tersebut. Semakin besar reaktansi jangkar yang terjadi, maka semakin besar GGL induksi yang dihasilkan. Sebagai perhitungan adalah data pada hari Jumat pukul 00.00 dan 01.00. Dapat dilihat terjadi kenaikan.

Untuk hari Jumat pukul 00.00 $\frac{16,67}{18,19} = 0,91643$ dan pukul 01.00 $\frac{16,58}{18,19} = 0,91148$

3. Dan point terakhir lantaran terjadinya kejenuhan inti besi saat diberikan arus eksitasi berlebih, di mana meskipun nilai arus eksitasi dinaikkan nilai tegangan terinduksi tidak mampu naik lagi karena inti besi yang jenuh.

4.4 Tegangan Regulasi

4.4.1 Prosentase Tegangan Regulasi Generator Sinkron Unit 1 PLTA UP Mrica.

Berubah-ubahnya tegangan terminal (V_t) dapat dipengaruhi oleh beban yang berubah-ubah. Agar tegangan keluaran (V_t) mendekati ideal, maka diaturlah

arus eksitasi (I_f). Untuk mengetahui nilai prosentase tegangan regulasi pada generator sinkron PLTA UP Mrica unit 1, maka digunakan rumus regulasi tegangan sebagai berikut.

$$VR = \left(\frac{V_{nl} - V_{fl}}{V_{fl}} \times 100\% \right)$$

$$V_{nl} = \sqrt{(V + I R_a)^2 + (I X_S)^2}$$

$$I = \frac{\text{daya (VA)}}{\text{tegangan (V)}}$$

Penggunaan rumus di atas, digunakan untuk melihat berapa susut tegangan (drop tegangan) yang terjadi.

$$I = \frac{67010 \text{ kVA}}{13800 \text{ V}}$$

$$I = 4855,79710 \text{ A}$$

$$I \cdot R_a = 4855,79710 \cdot 0,0083$$

$$I \cdot R_a = 40,30311$$

$$I \cdot X_S = 4855,79710 \cdot 0,22$$

$$I \cdot X_L = 1068,27536$$

$$V_{nl} = \sqrt{(13800 + 40,30311)^2 + (1068,27536)^2}$$

$$V_{nl} = \sqrt{192695203 + 1141212,25}$$

$$V_{nl} = 13881,4698 \text{ v}$$

Data hari Jum'at 25 Januari 2019 pukul 00.00

$$VR = \frac{V_{nl} - V_{fl}}{V_{fl}} \times 100\%$$

$$VR = \frac{13881,4698 - 13990}{13990} \times 100\%$$

$$= -0,77577\%$$

Data hari Jum'at 25 Januari 2019 pukul 01.00

$$VR = \frac{V_{nl} - V_{fl}}{V_{fl}} \times 100\%$$

$$VR = \frac{13881,4698 - 13980}{13980} \times 100\%$$

$$= -0,70479\%$$

Data hari Sabtu 26 Januari 2019 pukul 00.00

$$VR = \frac{V_{nl} - V_{fl}}{V_{fl}} \times 100\%$$

$$VR = \frac{13881,4698 - 14200}{14200} \times 100\%$$

$$= -2,24317\%$$

Data hari Sabtu 26 Januari 2019 pukul 01.00

$$VR = \frac{V_{nl} - V_{fl}}{V_{fl}} \times 100\%$$

$$VR = \frac{13881,4698 - 14020}{14020} \times 100\%$$

$$= -0,98809\%$$

Data hari Minggu 27 Januari 2019 pukul 00.00

$$VR = \frac{V_{nl} - V_{fl}}{V_{fl}} \times 100\%$$

$$VR = \frac{13881,4698 - 14070}{13990} \times 100\%$$

$$= -1,33994\%$$

Data hari Minggu 27 Januari 2019 pukul 01.00

$$VR = \frac{V_{nl} - V_{fl}}{V_{fl}} \times 100\%$$

$$VR = \frac{13881,4698 - 14080}{13990} \times 100\%$$

$$= -1,41001\%$$

Untuk perhitungan hari dan jam selanjutnya dapat digunakan rumus yang sama. Perhitungan tersebut akan dibuatkan tabel sebagai berikut.

Tabel 4. 20 Data Prosentase Tegangan Regulasi Jumat 25 Januari 2019

Vt Tanpa Beban (V)	Vt Berbeban (V)	Prosentase Regulasi (%)
13881,4698	13990	-0.775770149
13881,4698	13980	-0.704794305
13881,4698	14000	-0.846644599
13881,4698	13860	0.154904446
13881,4698	13870	0.082694709
13881,4698	13780	0.73635527
13881,4698	13700	1.32459676
13881,4698	13830	0.372160204
13881,4698	13590	2.144736984
13881,4698	14100	-1.549859885
13881,4698	14050	-1.199503515
13881,4698	14010	-0.917417872
13881,4698	14200	-2.243170731
13881,4698	14010	-0.917417872
13881,4698	13890	-0.061412843
13881,4698	13930	-0.348386532
13881,4698	14000	-0.846644599
13881,4698	14080	-1.410015936
13881,4698	14100	-1.549859885
13881,4698	14160	-1.967021496

Tabel 4.20 Data Prosentase Tegangan Regulasi Jumat 25 Januari 2019 (Lanjutan)

Vt Tanpa Beban (V)	Vt Berbeban (V)	Prosentase Regulasi (%)
13881,4698	14180	-2.105290859
13881,4698	14230	-2.449263836
13881,4698	14230	-2.449263836
13881,4698	14280	-2.790828038

Tabel 4. 21 Data Prosentase Tegangan Regulasi Sabtu 26 Januari 2019

GGL Induksi (kV)	Vt (kV)	Prosentase Regulasi (%)
13881,4698	14200	-2.243170731
13881,4698	14020	-0.988090184
13881,4698	14060	-1.269774138
13881,4698	14110	-1.619633195
13881,4698	14130	-1.758883538
13881,4698	13970	-0.633716849
13881,4698	13930	-0.348386532
13881,4698	14110	-1.619633195
13881,4698	13980	-0.704794305
13881,4698	13870	0.082694709
13881,4698	13870	0.082694709
13881,4698	14050	-1.199503515
13881,4698	14050	-1.199503515
13881,4698	14005	-0.882043869
13881,4698	14010	-0.917417872
13881,4698	14050	-1.199503515
13881,4698	14110	-1.619633195
13881,4698	14070	-1.339944875
13881,4698	13960	-0.562537563

Tabel 4.21 Data Prosentase Tegangan Regulasi Sabtu 26 Januari 2019 (Lanjutan)

Vt Tanpa Beban (V)	Vt Berbeban (V)	Prosentase Regulasi (%)
13881,4698	13880	0.010589021
13881,4698	13910	-0.205105995
13881,4698	13970	-0.633716849
13881,4698	14000	-0.846644599
13881,4698	14060	-1.269774138

Tabel 4. 22 Data Prosentase Tegangan Regulasi Minggu 27 Januari 2019

GGL Induksi (kV)	Vt (kV)	Prosentase Regulasi (%)
13881,4698	14070	-1.339944875
13881,4698	14080	-1.410015936
13881,4698	14110	-1.619633195
13881,4698	14130	-1.758883538
13881,4698	14140	-1.828360989
13881,4698	14040	-1.129132791
13881,4698	13930	-0.348386532
13881,4698	13950	-0.491256228
13881,4698	13830	0.372160204
13881,4698	13780	0.73635527
13881,4698	13870	0.082694709
13881,4698	14050	-1.199503515
13881,4698	14030	-1.058661752
13881,4698	13980	-0.704794305
13881,4698	13990	-0.775770149
13881,4698	14010	-0.917417872
13881,4698	14010	-0.917417872
13881,4698	13800	0.590360552

Tabel 4.22 Data Prosentase Tegangan Regulasi Minggu 27 Januari 2019
(Lanjutan)

Vt Tanpa Beban (V)	Vt Berbeban (V)	Prosentase Regulasi (%)
13881,4698	13740	1.029619768
13881,4698	13800	0.590360552
13881,4698	14120	-1.689307676
13881,4698	14330	-3.13000868
13881,4698	14190	-2.174279379
13881,4698	14180	-2.105290859

Dari tabel di atas, dapat dilihat prosentase nilai regulasi tegangan pada generator sinkron PLTA UP Mrica unit 1. Dari nilai prosentase regulasi tegangan di atas, didapat nilai antara -3% hingga 0,7%. Saat tegangan regulasi (VR) bernilai negatif (-) menandakan beban bersifat kapasitif di mana tegangan terminal (Vt) melebihi tegangan tanpa beban (Vnl). Untuk beban kapasitif, maka arus akan mendahului tegangan sebesar 90° . Fluksi yang dihasilkan oleh arus jangkar akan searah dengan fluksi arus medan sehingga reaksi jangkar yang terjadi akan *magnetising* artinya reaksi jangkar akan menguatkan fluksi arus medan. Dengan terjadinya penguatan fluksi medan di kumparan medan generator, maka akan terjadinya kenaikan tegangan terminal generator (Vt). Untuk menjaga agar tegangan agar tegangan terminal generator ini stabil pada nilai yang telah ditentukan, maka arus eksitasi yang diinjeksikan ke kumparan medan di rotor akan dikurangi.

Sedangkan saat tegangan regulasi (VR) bernilai (+) menandakan beban bersifat induktif di mana tegangan terminal (Vt) kurang dari tegangan tanpa beban (Vnl). Untuk beban induktif, arus akan tertinggal 90° dari tegangan. Hal ini menyebabkan fluksi yang dihasilkan oleh arus jangkar akan melawan fluksi arus medan. Dengan kata lain, reaksi jangkar akan *demagnetizing*, artinya pengaruh reaksi jangkar akan melemahkan fluksi arus medan. Agar tegangan keluaran generator (Vt) menjadi stabil, maka dilakukan pembahan arus eksitasi yang diinjeksikan ke kumparan medan.