

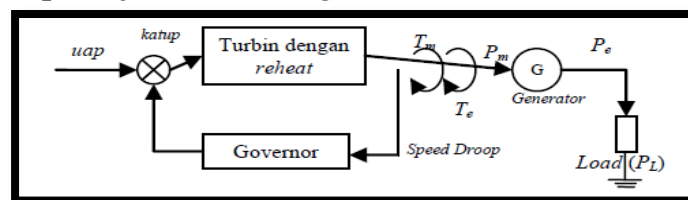
## BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 *Load Sharing* Pada Operasi Paralel Generator di PLTU Suralaya

#### 4.1.1 Umum

Unit Pembangkit (UP) Suralaya merupakan salah satu unit Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang dimiliki oleh PT Indonesia Power. PLTU Suralaya berada di kecamatan Pulo Merak, Kota Cilegon, Banten dan memiliki luas  $\pm 254$  ha. PT Indonesia Power memiliki delapa unit pembangkit tenaga listrik. Diantara pusat pembangkit yang lain, unit pembangkit Suralaya memiliki kapasitas yang terbesar dan juga merupakan pembangkit paling besar di Indonesia dengan kapasitas 3.400 Mega Watt (MW). PLTU Suralaya terdiri dari 7 unit pembangkitan dengan daya yang berbeda. Unit 1 sampai unit 4 memiliki daya masing-masing 400 MW dan unit 5 sampai unit 7 masing-masing 600 MW tiap unitnya. Beroperasi PLTU Suralaya akan menambah kapasitas dan keandalan tenaga listrik dipulau Jawa-Bali yang terhubung dalam sistem interkoneksi Jawa-Bali. Untuk sistem yang memerlukan kontinuitas pelayanan yang tinggi, maka sistem *load sharing* yang digunakan pada generator sinkron PLTU Suralaya menggunakan AGLC (*Automatic Generator Loading Control*) dengan menggunakan sistem *speed droop* dan *isochronous* yaitu dengan batasan normal yaitu  $50 \pm 0,5$  Hz dan batasan normal *power factor* 0,85 % sampai mendekati 1%. Hal ini dikarenakan generator yang digunakan pada PLTU Suralaya unit 1 sampai unit 4 merupakan generator yang mempunyai kapasitas yang sangat besar 400 MW dan memerlukan kontinuitas pelayanan yang sangat tinggi karena dioperasikan operasi beban besar Jawa-Bali.

#### 4.1.2 Prinsip Kerja *Load Sharing* Generator Paralel Unit 1-4



Gambar 4.1 blok diagram sistem pembangkit listrik

Pada governor menerima umpan balik negatif berasal kecepatan output dari turbin. Hal itu itu turbin memberikan respon dengan merubah posisi dari katub untuk meberikan input uap pada turbin uap, karena itu kecepatan pada turbin dapat dikendalikan. Maka dari itu besarnya kecepatan turbin akan berpengaruh terhadap *speed droop* dan berdampak terhadap beban generator dan frekuensi.

#### 4.1.3 Peralatan PLTU Suralaya

Peralatan utama pada pembangkit listrik yang digunakan dala *load shaarng* dan spesifikasinya sebagai berikut :

##### 4.1.3.1 Data Turbin Uap (*Steam Turbine*)

Turbin uap menggunakan media air sebagai fluida kerjanya. Untuk pembangkit tenaga listrik dengan menggunakan bahan bakar batubara. Prinsip dari turbin ini adalah untuk mengkonversi energi panas dari uap menjadi energi gerak yang yang memanfaatkan putaran rotor

Berikut ini adalah spesifikasi dari turbin pada unit 1 sampai 4 Pembangkit Listrik Tenaga Uap Suralaya :

**Tabel 4.1** spesifikasi dari Turbin pada unit 1-4 PLTU Suralaya

No	Parameter Teknis	Data Teknis
1	Pabrik pembuat	<i>Mitsubishi Electric, Corporation, Japan</i>
2	Tipe	<i>Tendem Compound Quardruple, Exhaust Condensing Reheat</i>
3	Kapasitas	600 MW

**Tabel 4.1** spesifikasi dari Turbin pada unit 1-4 PLTU Suralaya (Lanjutan)

No	Parameter Teknis	Data Teknis
4	Tekanan uap masuk	169 kg/cm <sup>2</sup>
5	Tekanan uap keluar	68 mmHg. Abs
6	Temperatur uap masuk	538 Oc
7	Kecepatan putaran	3000 rpm
8	Jumlah tingkat	3 tingkat
9	Turbin tekanan tinggi	10 sudu
10	Turbin tekanan rendah	7 sudu
11	Turbin tekanan rendah 1	2 x 7
12	Turbin tekanan rendah 2	2 x 7

#### 4.1.3.2 Data Generator

Generator berfungsi untuk menghasilkan daya listrik yang di transmisikan ke jaringan interkoneksi Jawa-Bali dan untuk pemakainya sendiri dalam mengoperasikan peralatan-peralatan bantu, instalasi, penerangan, peralatan kontrol, rele proteksi dan lain sebagainya.

Berikut ini adalah spesifikasi dari generator pada unit 1 sampai 4 Pembangkit Listrik Tenaga Uap Suralaya :

**Tabel 4.2** spesifikasi dari generator pada unit 1-4 PLTU Suralaya

No	Parameter Teknis	Data Teknis
1	Pabrik pembuat	<i>Mitsubishi Electric, Japan</i>
2	Kecepatan putaran	3000 rpm
3	Jumlah Fasa	3
4	Frekwensi	50 Hz
5	Tegangan	23 KV
6	KVA keluaran	471 MVA
7	Kw	400.350 KW
8	Arus	11.823 A
9	Factor daya	0.85
10	Rasio hubung singkat	0.5
11	Media Pendingin	Gas hidrogen
12	Tekanan gas 2	4 kg/cm <sup>2</sup>
13	Volume gas	80 m <sup>3</sup>
14	Tegangan penguat medan	500 V
15	Kumparan	Y

#### 4.1.3.3 Penyearah (*Rotating Rectifier*)

*Rotating recitifier* merupakan rangkaian penyearah gelombang penuh tiga fasa yang menyearahkan keluarantegangan bolak-balik dari *exciter*. Keluaran dari *exciter* disearahkan sebelum disuplai sebelum sebagai sumber eksitasi pada generator utama.

Berikut ini adalah spesifikasi dari *rotating rectifier* pada unit 1 sampai 4 Pembangkit Listrik Tenaga Uap Suralaya :

**Tabel 4.3** spesifikasi dari penyearah pada unit 1-4 PLTU Suralaya

No	Parameter Teknis	Data Teknis
1	Pabrik pembuat	<i>Mitsubishi Electric, Corporation, Japan</i>
2	Tipe	Penyearah silikon
3	KW keluaran	2400 KW
4	Tegangan	500 V
5	Arus	400 A

#### 4.1.3.4 Penguatan Medan (*Main Exciter*)

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

Berikut ini adalah spesifikasi dari *main exciter* pada unit 1 sampai 4 Pembangkit Listrik Tenaga Uap Suralaya :

**Tabel 4.4** spesifikasi dari penguat medan pada unit 1-4 PLTU Suralaya

No	Parameter Teknis	Data Teknis
1	Pabrik pembuat	<i>Mitsubishi Electric Corporation, Corporation, Japan</i>
2	Tipe	<i>Permanent magnet field</i>
3	Kva Keluaran	30 Kva
4	Tegangan	170 V

#### 4.1.3.5 Data Eksitasi

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

Berikut ini adalah spesifikasi dari eksitasi pada unit 1 sampai 4 Pembangkit Listrik Tenaga Uap Suralaya :

**Tabel 4.5** spesifikasi dari eksitasi pada unit 1-4 PLTU Suralaya

Parameter Teknis	Data Teknis
Pabrik pembuat	<i>Mitsubishi Electric, Corporation, Japan</i>
Tipe	<i>Totally Enclosed</i>
Serial	81EF1410
KW Keluaran	2400 KW
Tegangan	500 V
Arus	6 A
Kecepatan putaran	3000 rpm

#### **4.1.4 Data Paralel Generator Unit 1-4**

##### **4.1.4.1 Generator Unit 1**

Data yang dianalisis dalam pembahasan ini yaitu data harian generator sinkro di PLTU Suralaya unit 1.

Dibawah ini merupakan data *load shaaring* yang diambil selama 10 hari dengan waktu yang sama yaitu tgl 1 januari- 10 januari 2018 pukul 09.00 WIB

**Tabel 4.6** Data Operasi Harian Operasi PLTU 1 Januari Hingga-  
10 Januari 2016 Pukul 09.00 WIB Unit 1

No	Daya Aktif (MW)	Daya Reatif (Mvar)	F (Hz)	Exiter Field (KV)	Exiter Field (KA)	Arus Jangkar (KA)	Vout Generator (KV)	Pf
1	251,9178	10,97999	50,3470	29,61149	26,85403	6,53837	22,15756	0,987
2	391,5515	178,0504	50,09	57,89812	49,70747	10,611387	23,331723	0,912
3	398,6809	182,2111	49,723	59,41031	50,81189	10,82078	23,320307	0,9417
4	325,1789	183,7369	50,288	53,47281	46,36866	9,10547	23,586100	0,89
5	239,3103	147,3455	50,3813	43,12807	38,23105	6,87542	23,500503	0,8692
6	188,4166	187,6628	50,4732	45,99822	40,53194	6,52223	23,540387	0,8519
7	199,9189	132,7485	50,4321	39,01537	34,84622	5,909927	23,375080	0,8537
8	357,0597	176,6017	50,234	55,45467	47,86875	9,64254	23,418433	0,91
9	395,023	160,0848	50,083	56,01174	48,34138	10,4771	22,157567	0,913
10	373,7988	160,3556	50,143	54,15839	46,84536	9,89503	23,477233	0,9118

#### 4.1.4.2 Generator Unit 2

Data yang dianalisis dalam pembahasan ini yaitu data harian generator sinkro di PLTU Suralaya unit 2.



Dibawah ini merupakan data *load shaaring* yang diambil selama 10 hari dengan waktu yang sama yaitu tgl 1 januari- 10 januari 2018 pukul 09.00 WIB

**Tabel 4.7** Data Operasi Harian Operasi PLTU 1 Januari Hingga-10 Januari 2016 Pukul 09.00 WIB Unit 2

No	Daya Aktif (MW)	Daya Reatif (Mvar)	F (Hz)	Exiter Field (KV)	Exiter Field (KA)	Arus Jangkar (KA)	Vout Generator (KV)	Pf
1	256,7522	22,57872	50,3956	30,68609	27,79278	6,678819	21,850407	0,87364
2	398,5258	152,0489	49,5539	51,30402	47,09711	10,636083	23,18433	0,938833
3	338,6776	183,5681	50,298	52,86678	46,52830	9,510159	23,371063	0,882813
4	364,1194	188,2029	50,2365	56,35828	48,76373	10,023933	23,599260	0,891889
5	207,2448	169,3818	50,4056	41,00629	39,10854	6,55960	23,611177	0,859297
6	381,5634	41,57712	50,143	42,48294	37,37683	9,715592	22,743403	0,902741
7	289,0438	26,83767	50,314	31,9097	30,20466	7,346108	22,716800	0,882183
8	393,9098	188,8112	50,0641	59,05649	50,76723	10,700	23,571083	0,902741
9	390,7427	178,5256	50,0942	56,87487	49,47439 194	10,45656	23,5009	0,913433
10	252,5058	182,1913	50,3956	47,00176	42,28503	7,62416	23,605323	0,86149

#### 4.1.4.3 Generator Unit 3

Data yang dianalisis dalam pembahasan ini yaitu data harian generator sinkro di PLTU Suralaya unit 3.

Dibawah ini merupakan data *load shaaring* yang diambil selama 10 hari dengan waktu yang sama yaitu tgl 1 januari- 10 januari 2018 pukul 09.00 WIB

**Tabel 4.8** Data Operasi Harian Operasi PLTU 1 Januari Hingga-10 Januari 2016 Pukul 09.00 WIB Unit 3

No	Daya Aktif (MW)	Daya Reatif (Mvar)	F (Hz)	Exiter Field (KV)	Exiter Field (KA)	Arus Jangkar (KA)	Vout Generator (KV)	Pf (%)
1	262,5092	31,73932	50,3631	31,6868	29,02913	6,849579	22,326433	0,86841
2	382,2193	173,1846	50,1482	56,22766	49,11693	10,362117	23,490577	0,9173
3	389,2368	154,9603	50,0932	55,01235	47,7018	10,385010	23,387003	0,931689
4	311,9586	159,1223	50,2415	49,41171	43,6138	8,5861	23,652723	0,872813
5	187,9005	164,6732	50,4432	43,13351	38,70207	6,104027	23,809340	0,85934
6	186,7678	43,86994	50,4756	28,48745	26,23655	4,832398	22,982750	0,853739
7	290,4532	59,98494	50,2920	36,45272	33,13345	7,447500	23,074070	0,88353
8	393,5507	168,5971	50,092	56,94223	49,49044	10,48659	23,66910	0,937565
9	385,2884	166,3136	50,1160	57,1689	49,08282	10,29426	23,617751	0,93716
10	233,4563	138,1037	50,412	41,83907	37,55214	6,68441	23,559087	0,86292

#### 4.1.4.4 Generator Unit 4

Data yang dianalisis dalam pembahasan ini yaitu data harian generator sinkro di PLTU Suralaya unit 4.

Dibawah ini merupakan data *load shaaring* yang diambil selama 10 hari dengan waktu yang sama yaitu tgl 1 januari- 10 januari 2018 pukul 09.00 WIB

**Tabel 4.9** Data Operasi Harian Operasi PLTU 1 Januari Hingga-10

No	Daya Aktif (MW)	Daya Reatif (Mvar)	F (Hz)	Exiter Field (KV)	Exiter Field (KA)	Arus Jangkar (KA)	Vout Generator (KV)	Pf
1	323,0244	24,55393	50,295	38,97251	32,51007	8,410943	22,227460	0,884313
2	395,0063	172,4107	50,084	63,88911	49,20271	10,59818	23,418140	0,938382
3	391,5083	166,1258	50,098	62,54103	48,21157	10,47406	23,363613	0,938987
4	393,9805	159,8616	50,093	62,62505	47,9051	10,39228	23,532227	0,93787
5	236,4535	171,5191	50,4012	51,25179	40,62423	7,103822	23,743153	0,853929
6	346,5126	51,00787	50,2468	44,045	35,5903	8,809716	22,894943	0,871889
7	332,1179	37,5319	50,2746	40,43673	33,54153	8,457361	22,843029	0,884313
8	396,4018	176,9776	49,97	64,59464	49,49942	10,57606	23,641758	0,938382
9	396,8042	177,2283	49,93	65,03978	50,07362	10,59511	23,607972	0,93898
10	400,7636	154,986	49,923	61,35637	47,67521	10,52689	23,504027	0,94928

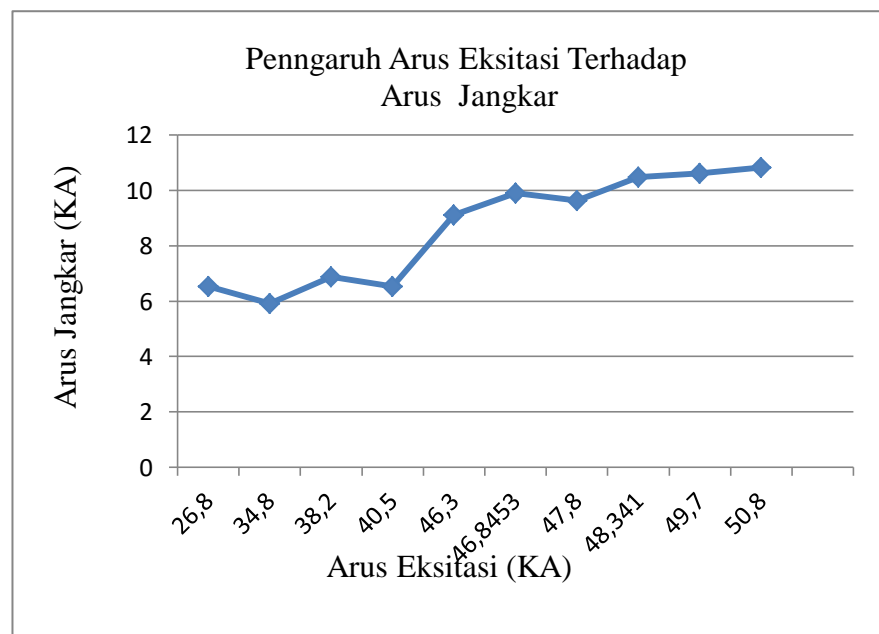
Januari 2016 Pukul 09.00 WIB Unit 4

## 4.2 Analisis Data

### 4.2.1 Hubungan Arus Eksitasi Terhadap Arus Jangkar

Selama pengambilan data operasi harian yang akan dilakukan dalam identifikasi, analisis, dan evaluasi sistem eksitasi generator 1-4 sinkron di PLTU Suralaya. Maka dapat diambil dari data di atas yaitu mengenai hubungan arus jangkar terhadap arus eksitasi generator paralel. Dari tabel generator 1-4 dapat dibuat kurva hubungan antara arus eksitasi dan arus jangkar

#### 4.2.1.1 Generator 1

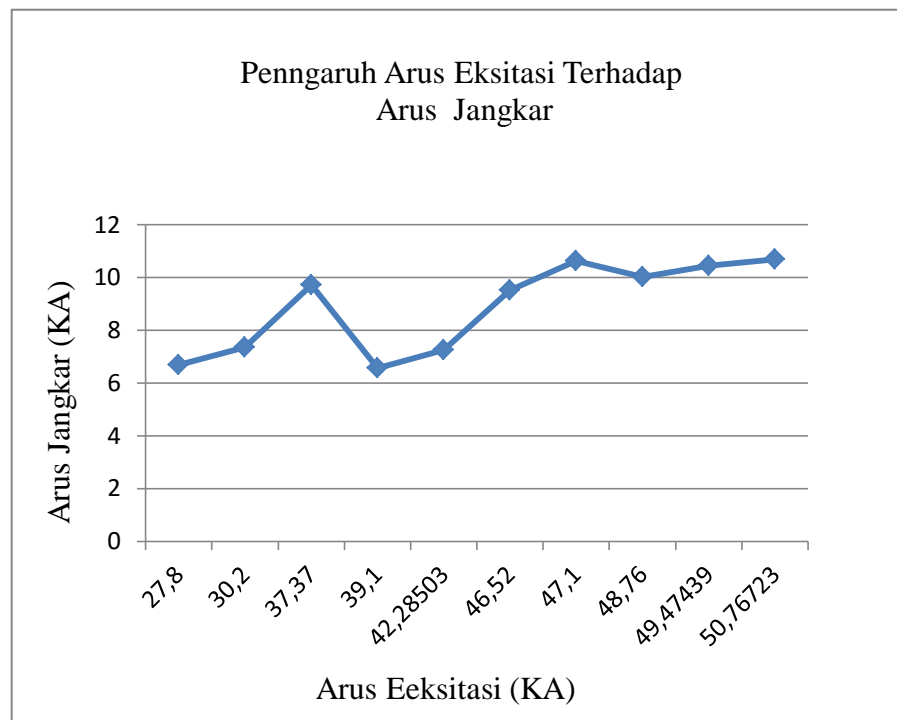


**Gambar 4.2** Grafik Pengaruh Arus Eksitasi terhadap Arus Jangkar Unit 1

Pada grafik hubungan antara arus jangkar ( $I_a$ ) terhadap arus eksitasi ( $I_f$ ) maka dapat dianalisa dan disimpulkan bahwa semakin tinggi arus jangkar generator sinkron maka semakin tinggi pula arus eksitasi, dan sebaliknya, maka pada grafik tersebut berbanding lurus atau sebanding. Hal tersebut merupakan nilai arus eksitasi tersebut berubah-ubah sesuai dengan nilai eksitasi yang di injeksikan

kumparan rotor pada generator. Dalam data ini arus eksitasi pun terdapat penurunnya terhadap arus jangkar disebabkan oleh pembebanan pada konsumen selalu berubah-ubah besar atau kecil sehingga dari grafik dapat dilihat naik ataupun turunnya arus eksitasi.

#### 4.2.1.2 Generator 2

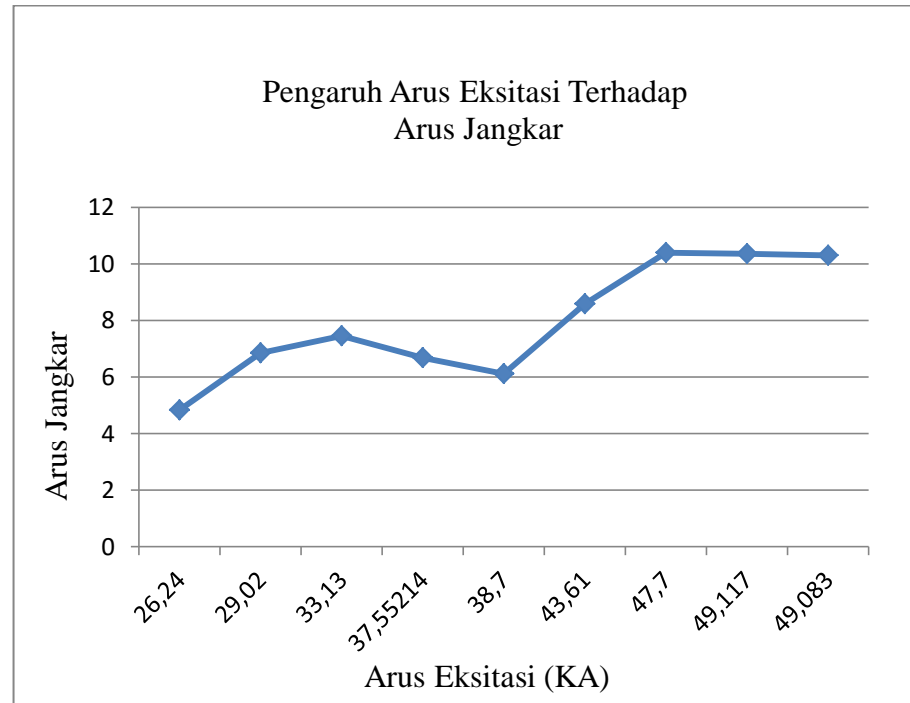


**Gambar 4.3** Grafik Pengaruh Arus Eksitasi terhadap Arus Jangkar Unit 2

Pada grafik hubungan antara arus jangkar ( $I_a$ ) terhadap arus eksitasi ( $I_f$ ) maka dapat dianalisa dan disimpulkan bahwa semakin tinggi arus jangkar generator sinkron maka semakin tinggi pula arus eksitasi, dan sebaliknya, maka pada grafik tersebut berbanding lurus atau sebanding. Hal tersebut merupakan nilai arus eksitasi berubah-ubah sesuai dengan nilai eksitasi yang di injeksikan kumparan rotor pada generator. Dalam data ini arus eksitasi pun terdapat penurunnya terhadap arus jangkar disebabkan oleh pembebanan pada konsumen selalu berubah-ubah besar atau kecil

sehingga dari grafik dapat dilihat naik ataupun turunnya arus eksitasi.

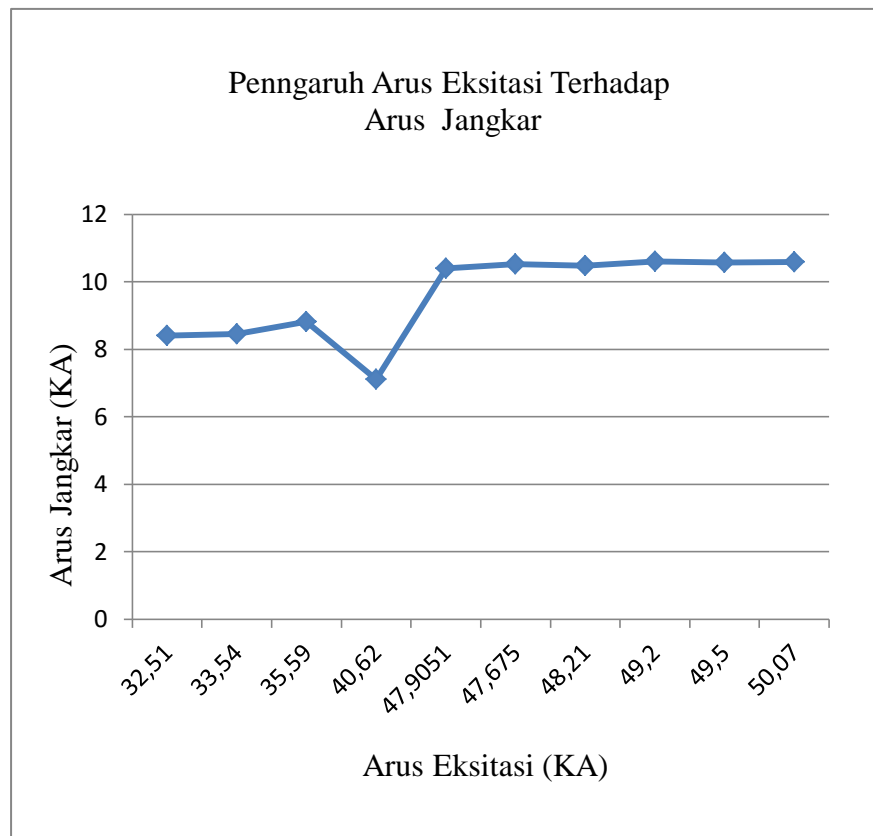
#### 4.2.1.3 Generator 3



**Gambar 4.4** Kurva Pengaruh Arus Eksitasi terhadap Arus Jangkar Unit 3

Pada grafik hubungan antara arus jangkar ( $I_a$ ) terhadap arus eksitasi ( $I_f$ ) maka dapat dianalisa dan disimpulkan bahwa semakin tinggi arus jangkar generator sinkron maka semakin tinggi pula arus eksitasi, dan sebaliknya, maka pada grafik tersebut berbanding lurus atau sebanding. Hal tersebut merupakan nilai arus eksitasi tersebut berubah-ubah sesuai dengan nilai eksitasi yang di injeksikan kumparan rotor pada generator. Dalam data ini arus eksitasi pun terdapat penurunnya terhadap arus jangkar disebabkan oleh pembebanan pada konsumen selalu berubah-ubah besar atau kecil sehingga dari grafik dapat dilihat naik ataupun turunnya arus eksitasi.

#### 4.2.1.4 Generator 4



**Gambar 4.5** Grafik Pengaruh Arus Eksitasi terhadap Arus Jangkar Unit 4

Pada grafik hubungan antara arus jangkar ( $I_a$ ) terhadap arus eksitasi ( $I_f$ ) maka dapat dianalisa dan disimpulkan bahwa semakin tinggi arus jangkar generator sinkron maka semakin tinggi pula arus eksitasi, dan sebaliknya, maka pada grafik tersebut berbanding lurus atau sebanding. Hal tersebut merupakan nilai arus eksitasi tersebut berubah-ubah sesuai dengan nilai eksitasi yang di injeksikan kumparan rotor pada generator. Dalam data ini arus eksitasi pun terdapat penurunnya terhadap arus jangkar disebabkan oleh pembebanan pada konsumen selalu berubah-ubah besar atau kecil sehingga dari grafik dapat dilihat naik ataupun turunnya arus eksitasi.

## 4.2.2 Pengaruh fluktuasi tegangan

Pada fluktuasi tegangan maka dicari terlebih dahulu ggl induksi ( $E_a$ ) dengan menggunakan persamaan perhitungan dibawah ini :

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

Untuk menentukan ggl induksi maka salah satunya dilakukan oleh reaksi jangkar dan reaktansi jangkar sehingga akan terjadinya jatuh tegangan. Namun pada praktiknya diabaikan karena hasil nilainya sangat kecil, karena itu untuk mencari nilai dari ggl induksi dengan menggunakan rumus dibawah ini :

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

Pada data operasi harian PLTU Suralaya tabel dengan spesifikasi dari generator unit 1-4 , maka data spesifikasi yang dibutuhkan adalah :

$$X_s : 0,26 \text{ pu}$$

$$V : 23 \text{ kv} = 23000$$

$$I : 11.823 \text{ A}$$

Dari data di atas dapat ditentukan impedensi ( $Z_{base}$ ) dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Z_{base} &= \frac{v_{base}/\sqrt{3}}{I_{base}} \\ &= \frac{23000/\sqrt{3}}{11,823} \\ &= 1,123 \Omega \end{aligned}$$

$$X_s \text{ (dalam ohm)} = 0.26 \text{ pu} \times 1,12 \Omega$$

$$= 0,3 \Omega$$

### 4.2.2.1 Generator 1

Data ke-1	$V_t$	= 22.157kV
	$I_a$	= 6.53837kA
	$E_a$	= $V + jI_a X_s$
		= $22.157 + (j6.5387 \times 0.3)$
		= $22.157 + j1961,511$



$$= 22.244 < 5.06^0$$

$$= 22.244 \text{ kV}$$

Data ke-2

$$\begin{aligned} V_t &= 23.331 \text{ kV} \\ I_a &= 10.61138 \text{ kA} \\ E_a &= V + jI_a X_s \\ &= 23.331 + (j10.61138 \times 0.3) \\ &= 23.331 + j3183,42 \\ &= 23.547 < 7.77^0 \\ &= 23.547 \text{ kV} \end{aligned}$$

Data ke-3

$$\begin{aligned} V_t &= 23.320 \text{ kV} \\ I_a &= 10.82078 \text{ kA} \\ E_a &= V + jI_a X_s \\ &= 23.320 + (j10.82078 \times 0.3) \\ &= 23.320 + j3246,3 \\ &= 23.545 < 7.92^0 \\ &= 23.545 \text{ kV} \end{aligned}$$

Data ke-4

$$\begin{aligned} V_t &= 23.586 \text{ kV} \\ I_a &= 9.1054 \text{ kA} \\ E_a &= V + jI_a X_s \\ &= 23.586 + (j9.1054 \times 0.3) \\ &= 23.586 + j2731,62 \\ &= 23.743 < 6.61^0 \\ &= 23.743 \text{ kV} \end{aligned}$$

Data ke-5

$$\begin{aligned} V_t &= 23.500 \text{ kV} \\ I_a &= 6.87542 \text{ kA} \\ E_a &= V + jI_a X_s \\ &= 23.500 + (j6.87542 \times 0.3) \end{aligned}$$

$$= 23.500 + j 2062,63$$

$$= 23.591 < 5.02$$

$$= 23.591 \text{ kV}$$

Data ke-6     $V_t = 23.540 \text{ kV}$

$$I_a = 6.5223 \text{ kA}$$

$$E_a = V + jI_a X_s$$

$$= 23.540 + (j6.5223 \times 0.3)$$

$$= 23.540 + j1956,7$$

$$= 23.621 < 4.75^0$$

$$= 23.621 \text{ kV}$$

Data ke-7     $V_t = 23.375 \text{ kV}$

$$I_a = 5.909 \text{ kA}$$

$$E_a = V + jI_a X_s$$

$$= 23375 + (j5.909 \times 0.3)$$

$$= 23.375 + j1772,7$$

$$= 24.601 < 4.13^0$$

$$= 24.601 \text{ kV}$$

Data ke-8     $V_t = 23,41843 \text{ Kv}$

$$I_a = 9,64254 \text{ KA}$$

$$E_a = V + jI_a X_s$$

$$= 23628 + (j9.64254 \times 0.3)$$

$$= 23628 + j2892,76$$

$$= 23.805 < 6.98$$

$$= 23.805 \text{ kV}$$

Data ke-9     $V_t = 22,157 \text{ kV}$

$$I_a = 10,4771 \text{ KA}$$

$$E_a = V + jI_a X_s$$

$$= 22.157 + (j10,4771 \times 0.3)$$

$$\begin{aligned}
&= 22.157 + j3143,13 \\
&= 22.378 < 8.07^0 \\
&= 22.378 \text{ kV}
\end{aligned}$$

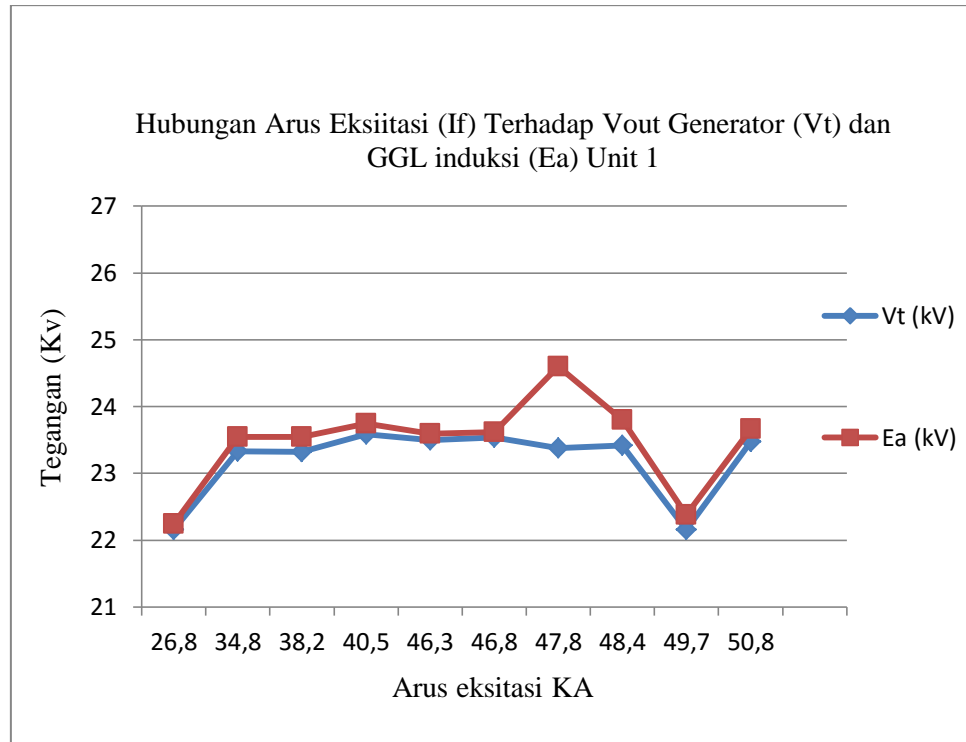
Data ke-10

$$\begin{aligned}
V_t &= 23.4772 \text{ Kv} \\
I_a &= 9.89503 \text{ KA} \\
E_a &= V + jI_a X_s \\
&= 23.4772 + (j9.89503 \times 0.3) \\
&= 23.4772 + j2968,51 \\
&= 23.664 < 7.21^0 \\
&= 23.664 \text{ kV}
\end{aligned}$$

Untuk perhitungan ggl induksi pada tanggal 1 januari sampai 10 januari 2018, maka dapat dibuat tabel perhitungan ggl induksi unit 1 sebagai berikut :

**Tabel 4.10** perhitungan ggl induksi Unit 1

No	Arus Jangkar (A)	Vout Generator (kV)	Arus Eksitasi (A)	Ea (kV)
1	6,53837	22,15756	26,85403	22.244
2	10,611387	23,331723	49,70747	23.547
3	10,82078	23,320307	50,81189	23.545
4	9,10547	23,586100	46,36866	23.743
5	6,87542	23,500503	38,23105	23.591
6	6,52223	23,540387	40,53194	23.621
7	9,64254	23,375080	34,84622	24.601
8	10,4771	23,418433	47,86875	23.805
9	9,89503	22,157567	48,34138	22.378
10	6,3899	23,477233	46,84536	23.664



**Gambar 4.6** Grafik Hubungan Arus Eksitasi ( $I_f$ ) Terhadap ( $V_t$ ) dan GGL induksi ( $E_a$ ) Unit 1

Didasari pada drafik diatas maka dapat dilihat semakin besar arus eksitasi semakin besar pula nilai ggl induksi ( $E_a$ ), kenaikan ini juga dipengaruhi oleh tegangan terminal atau tegangan keluaran pada generator ( $V_t$ ) yang nilainya berubah-ubah. Bahwa hal ini naiknya arus eksitasi juga akan naiknya tegangan terminal dan itu berarti arus eksitasi ( $I_f$ ) berguna untuk menjaga kestabilan tegangan dari tegangan terminal. Tegangan terminal yang sebelumnya rendah karena perubahan beban dapat pula distabilkan dengan caramemperkuat arus penguatan medan pada generator rotor sinkron.

Terlihat pada kurva diatas baik arus eksitasi terhadap tegangan terminal dan ggl induksi yaitu berbanding lurus. Agar membangkitkan tegangan tegangan terminal selain menaikkan putaran rotor yaitu dengan cara lain dengan menggunakan cara meningkatkan penguat medan magnet pada rotor generator. Namun pada kondisi pada putaran rotor

selalu konstan atau terjaga , maka untuk menaikkan tegangan terminal dengan cara meningkatkan arus eksitasi pada rotor generator sinkron.

Pada kurva diatas terdapat penurunan ggl induksi atau tegangan terminal terhadap arus eksitasi yang disebabkan oleh nilai pembebanan yang naik sehingga pada medan magnet putaran rotor bekerja lebih besar.

#### 4.2.2.2 Generator 2

Data ke-1	$V_t$	= 21.850 kV
	$I_a$	= 6.678819 KA
	$E_a$	= $V + jI_a X_s$
		= $21.850 + (j6.678819 \times 0.3)$
		= $21.850 + j2003,65$
		= $21.951 < 5.24^0$
		= 21.951 kV

Data ke-2	$V_t$	= 23.184 kV
	$I_a$	= 10.636 kA
	$E_a$	= $V + jI_a X_s$
		= $23.184 + (j10.636 \times 0.3)$
		= $23.184 + j3190,8$
		= $23.403 < 7.84^0$
		= 23.403 kV

Data ke-3	$V_t$	= 23.371 kV
	$I_a$	= 9.5101 kA
	$E_a$	= $V + jI_a X_s$
		= $23.371 + (j9.5101 \times 0.3)$
		= $23.371 + j2853,03$
		= $23.545 < 6.96^0$
		= 23.545 kV

$$\begin{aligned}
 \text{Data ke-4} \quad V_t &= 23.599 \text{ kV} \\
 I_a &= 10.0239 \text{ KA} \\
 E_a &= V + jI_a X_s \\
 &= 23599 + (j10.0239 \times 0.3) \\
 &= 23599 + j3007,2 \\
 &= 23.789 < 7.26^0 \\
 &= 23.789 \text{ kV}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Data ke-5} \quad V_t &= 23.611 \text{ kV} \\
 I_a &= 6.55960 \text{ kA} \\
 E_a &= V + jI_a X_s \\
 &= 23.611 + (j6.55960 \times 0.3) \\
 &= 23.611 + j1967,88 \\
 &= 23.692 < 4.76^0 \\
 &= 23.692 \text{ kV}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Data ke-6} \quad V_t &= 22.743 \text{ kV} \\
 I_a &= 9.715596 \text{ kA} \\
 E_a &= V + jI_a X_s \\
 &= 22.743 + (j9.715596 \times 0.3) \\
 &= 22.743 + j2914,678 \\
 &= 22.929 < 7.31^0 \\
 &= 22.929 \text{ kV}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Data ke-7} \quad V_t &= 22.716 \text{ kV} \\
 I_a &= 7.34610 \text{ kA} \\
 E_a &= V + jI_a X_s \\
 &= 22716 + (j7.34610 \times 0.3) \\
 &= 22716 + j2203,83
 \end{aligned}$$

$$= 22.822 < 5.54^0$$

$$= 22.822 \text{ kV}$$

Data ke-8

$$\begin{aligned} V_t &= 23.571083 \text{ kV} \\ I_a &= 10.700 \text{ kA} \\ E_a &= V + jI_a X_s \\ &= 23.571 + (j10.700 \times 0.3) \\ &= 23.571 + j3210 \\ &= 23.788 < 7.75^0 \\ &= 23.788 \text{ kV} \end{aligned}$$

Data ke-9

$$\begin{aligned} V_t &= 23.5009 \text{ kV} \\ I_a &= 10.45656 \text{ kA} \\ E_a &= V + jI_a X_s \\ &= 23.501 + (j10.45656 \times 0.3) \\ &= 23.501 + j3136,97 \\ &= 23.709 < 7.61^0 \\ &= 23.709 \text{ kV} \end{aligned}$$

Data ke-10

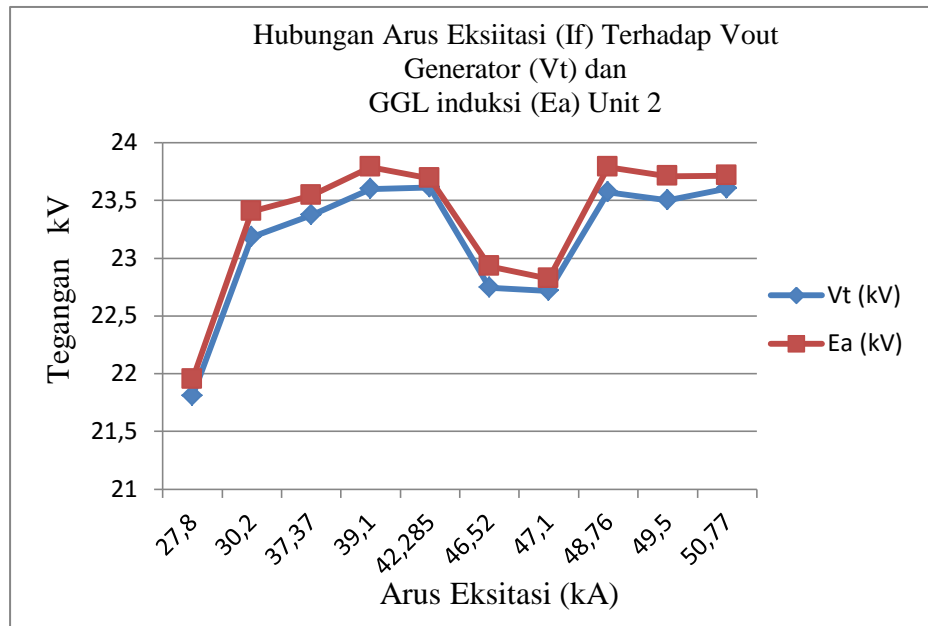
$$\begin{aligned} V_t &= 23.6053 \text{ kV} \\ I_a &= 7.62416 \text{ kA} \\ E_a &= V + jI_a X_s \\ &= 23.605 + (j7.62416 \times 0.3) \\ &= 23.605 + j2287,26 \\ &= 23.715 < 5.54^0 \\ &= 23.715 \text{ kV} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan ggl induksi pada tanggal 1 januari sampai 10 januari 2018, maka dapat dibuat tabel perhitungan ggl induksi unit 2 sebagai berikut :

**Tabel 4.11** perhitungan ggl induks Unit 2

No	Arus Jangkar (A)	Vout Generator (kV)	Arus Eksitasi (kA)	Ea (kV)
1	6,678819	21,850407	27,79278374	21.951
2	10,636083	23,18433	47,09711456	23.403
3	9,510159	23,371063	46,52830887	23.545
4	10,023933	23,599260	48,76373291	23.789
5	6,55960	23,611177	39,1085434	23.692
6	9,715592	22,743403	37,37683487	22.929
7	7,346108	22,716800	30,20466805	22.822
8	10,700	23,571083	50,76723	23.788
9	10,45656	23,5009	49,47439194	23.709
10	7,62416	23,605323	42,28503	23.715





**Gambar 4.7** Grafik Hubungan Arus Eksitasi ( $I_f$ ) Terhadap ( $V_t$ ) dan GGL Induksi ( $E_a$ ) Unit 2

Didasari pada drafik diatas maka dapat dilihat maka semakin besar arus eksitasi semakin besar pula nilai ggl induksi ( $E_a$ ), kenaikan ini juga dipengaruhi oleh tegangan terminal atau tegangan keluaran pada generator ( $V_t$ ) yang nilainya berubah-ubah. Bahwa hal ini naiknya arus eksitasi juga akan naiknya tegangan terminal dan itu berarti arus eksitasi ( $I_f$ ) berguna untuk menjaga kestabilan tegangan dari tegangan terminal. Tegangan terminal yang sebelumnya rendah karena perubahan beban dapat pula distabilkan dengan caramemperkuat arus penguatan medan pada generator rotor sinkron.

Terlihat pada kurva diatas baik arus eksitasi terhadap tegangan terminal dan ggl induksi yaitu berbanding lurus. Agar membangkitkan tegangan tegangan terminal selain menaikan putaran rotor yaitu dengan cara lain dengan menggunakan cara meningkatkan penguat medan magnet pada rotor generator. Namun pada kondisi pada putaran rotor selalukonstan atau terjaga , maka untuk menaikan tegangan terminal dengan cara meningkatkan arus eksitasi pada rotor generator sinkron.

Pada kurva diatas terdapat penurunan ggl induksi atau tegangan terminal terhadap arus eksitasi yang disebabkan oleh nilai pembebanan yang naik sehingga pada medan magnet putaran rotor bekerja lebih besar.

#### 4.2.2.3 Generator 3

$$\begin{aligned}
 \text{Data ke-1} \quad V_t &= 22.32 \text{ kV} \\
 I_a &= 6.84957 \text{ kA} \\
 E_a &= V + jI_a X_s \\
 &= 22.326 + (j6.84957 \times 0.3) \\
 &= 22.326 + j 2,054 \\
 &= 22,420365 \angle 5,258^\circ \\
 &= 22,4203 \text{ kV}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Data ke-2} \quad V_t &= 23.490 \text{ Kv} \\
 I_a &= 10.36211 \text{ KA} \\
 E_a &= V + jI_a X_s \\
 &= 23.490 + (j10.36211 \times 0.3) \\
 &= 23.490 + j 3,108633 \\
 &= 23.6948 \angle 7.53863^\circ \\
 &= 23.694 \text{ kV}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Data ke-3} \quad V_t &= 23.387 \text{ Kv} \\
 I_a &= 10.38501 \text{ A} \\
 E_a &= V + jI_a X_s \\
 &= 23.387 + (j10.38501 \times 0.3) \\
 &= 23.387 + j 3.115 \\
 &= 23.5935 \angle 7.58678^\circ \\
 &= 23.593 \text{ kV}
 \end{aligned}$$

$$\text{Data ke-4} \quad V_t = 23.652 \text{ kV}$$

$$\begin{aligned}
 I_a &= 8.596481 \text{ KA} \\
 E_a &= V + jI_a X_s \\
 &= 23.652 + (8.596481 \times 0.3) \\
 &= 23.652 + j 2.5789 \\
 &= 23.79218 \angle 6.22267^\circ \\
 &= 23.7921 \text{ Kv}
 \end{aligned}$$

Data ke-5

$$\begin{aligned}
 V_t &= 23.809 \text{ Kv} \\
 I_a &= 6.104027 \text{ K A} \\
 E_a &= V + jI_a X_s \\
 &= 23.809 + (j6.104027 \times 0.3) \\
 &= 23.809 + j 1.831208 \\
 &= 23.87931 \angle 4.3980^\circ \\
 &= 23.8793 \text{ Kv}
 \end{aligned}$$

Data ke-6

$$\begin{aligned}
 V_t &= 23.982 \text{ Kv} \\
 I_a &= 4.832398 \text{ A} \\
 E_a &= V + jI_a X_s \\
 &= 22.982 + (j4.832398 \times 0.3) \\
 &= 22.982 + j1,4497 \\
 &= 23.0276 \angle 3.60924^\circ \\
 &= 23.027 \text{ KkV}
 \end{aligned}$$

Data ke-7

$$\begin{aligned}
 V_t &= 23.074 \text{ Kv} \\
 I_a &= 7.4475 \text{ K A} \\
 E_a &= V + jI_a X_s \\
 &= 23.074 + (j7.4475 \times 0.3) \\
 &= 23.074 + j 2.234250 \\
 &= 23.181919 \angle 5.530695^\circ \\
 &= 23.1819 \text{ Kv}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Data ke-8} \quad V_t &= 23.669910 \text{ Kv} \\
 I_a &= 10,48659 \text{ A} \\
 E_a &= V + jI_a X_s \\
 &= 23.669 + (j 10,48659 \times 0.3) \\
 &= 23.669 + j 3.145977 \\
 &= 23.8771 \angle 7.56879^\circ \\
 &= 23.877 \text{ kV}
 \end{aligned}$$

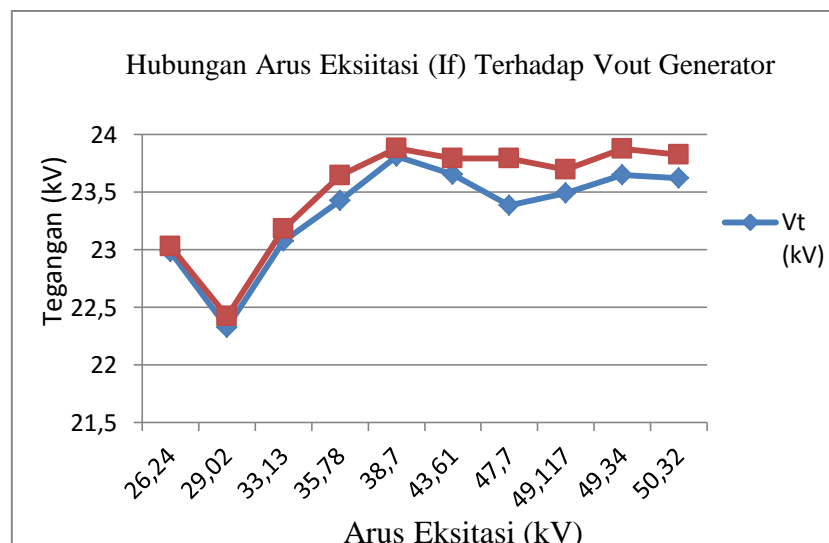
$$\begin{aligned}
 \text{Data ke-9} \quad V_t &= 23.617751 \text{ kV} \\
 I_a &= 10.48659 \text{ kA} \\
 E_a &= V + jI_a X_s \\
 &= 23.617 + (j 10.48659 \times 0.3) \\
 &= 23.617 + j3,145 \\
 &= 23.82548 \angle 3.145^\circ \\
 &= 23.825 \text{ kV}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Data ke-10} \quad V_t &= 23.559 \text{ kV} \\
 I_a &= 6.68441 \text{ kA} \\
 E_a &= V + jI_a X_s \\
 &= 23.559 + (j 6.68441 \times 0.3) \\
 &= 23.559 + j 2.00 \\
 &= 23.6437 \angle 4.85239^\circ \\
 &= 23.643 \text{ kV}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan ggl induksi pada tanggal 1 januari sampai 10 januari 2018, maka dapat dibuat tabel perhitungan ggl induksi unit 3 sebagai berikut :

**Tabel 4.12** perhitungan ggl induks Unit 3

No	Arus Jangkar (A)	Vout Generator (kV)	Arus Eksitasi (A)	Ea (kV)
1	6,849579	22,326433	29,02913	22,4203
2	10,362117	23,490577	49,11693	23.694
3	10,385010	23,387003	47,7018	23.59
4	8,586481	23,652723	43,6138	23.7921
5	6,104027	23,809340	38,70207	23.8793
6	4,832398	22,982750	26,23655	23.027
7	7,447500	23,074070	33,13345	23.1819
8	10,335037	23,6496	49,33848	23.877
9	10,7844	23,622820	50,31749	23.825
10	5,565369	23,425413	35,78968	23.643



**Gambar 4.8** Grafik Hubungan Arus Eksitasi (If) Terhadap (Vt) dan GGL induksi (Ea) Unit 3

Didasari pada drafik diatas maka dapat dilihat maka semakin besar arus eksitasi semakin besar pula nilai ggl induksi ( $E_a$ ), kenaikan ini juga dipengaruhi oleh tegangan terminal atau tegangan keluaran pada generator ( $V_t$ ) yang nilainya berubah-ubah. Bahwa hal ini naiknya arus eksitasi juga akan naiknya tegangan terminal dan itu berarti arus eksitasi ( $I_f$ ) berguna untuk menjaga kestabilan tegangan dari tegangan terminal. Tegangan terminal yang sebelumnya rendah karena perubahan beban dapat pula distabilkan dengan caramemperkuat arus penguatan medan pada generator rotor sinkron.

Terlihat pada kurva diatas baik arus eksitasi terhadap tegangan terminal dan ggl induksi yaitu berbanding lurus. Agar membangkitkan tegangan tegangan terminal selain menaikan putaran rotor yaitu dengan cara lain dengan menggunakan cara meningkatkan penguat medan magnet pada rotor generator. Namun pada kondisi pada putaran rotor selalu konstan atau terjaga , maka untuk menaikan tegangan terminal dengan cara meningkatkan arus eksitasi pada rotor generator sinkron.

Pada kurva diatas terdapat penurunan ggl induksi atau tegangan terminal terhadap arus eksitasai yang disebabkan oleh nilai pembebanan yang naik sehinggalapada medan magnet putaran rotor bekerja lebih besar.

#### 4.2.2.4 Generator 4

Data ke-1	$V_t$	= 22.227 Kv
	$I_a$	= 8.2410943 KA
	$E_a$	= $V + jI_a X_s$
		= $22.227 + (j 8.2410943 \times 0.3)$
		= $22.227 + j 2.4723$
		= $22.36407 \angle 2.4723^\circ$
		= 22.36407 kV

Data ke-2	$V_t$	= 23.418 Kv
	$I_a$	= 10.59818 KA

$$\begin{aligned}
E_a &= V + jI_a X_s \\
&= 23.418 + (j 10.59818 \times 0.3) \\
&= 23.418 + j 3.1794 \\
&= 23.632844 \angle 7.731623^\circ \\
&= 23.632 \text{ Kv}
\end{aligned}$$

Data ke-3

$$\begin{aligned}
V_t &= 23.363 \text{ Kv} \\
I_a &= 10.47406 \text{ KA} \\
E_a &= V + jI_a X_s \\
&= 23.363 + (j 10.47406 \times 0.3) \\
&= 23.363 + j 3.142218 \\
&= 23.5733 \angle 7.66^\circ \\
&= 23.573 \text{ Kv}
\end{aligned}$$

Data ke-4

$$\begin{aligned}
V_t &= 23.532 \text{ Kv} \\
I_a &= 10.39228 \text{ A} \\
E_a &= V + jI_a X_s \\
&= 23.532 + (j 10.39228 \times 0.3) \\
&= 23.532 + j 3.1176 \\
&= 23.7376 \angle 7.546793 \\
&= 23.737 \text{ Kv}
\end{aligned}$$

Data ke-5

$$\begin{aligned}
V_t &= 23.743 \text{ Kv} \\
I_a &= 7.103822 \text{ kA} \\
E_a &= V + jI_a X_s \\
&= 23.743 + (j 7.103822 \times 0.3) \\
&= 23.743 + j 2.131147 \\
&= 23.838453 \angle 5.129065^\circ \\
&= 23.838
\end{aligned}$$

Data ke-6

$$\begin{aligned}
V_t &= 22.894 \text{ Kv} \\
I_a &= 8.809761 \text{ kA}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
E_a &= V + jI_a X_s \\
&= 22.894 + (j 8.809761 \times 0.3) \\
&= 22.894 + j 2.6427 \\
&= 23.046021 \angle 2.6427^\circ \\
&= 23.046 \text{ kV}
\end{aligned}$$

Data ke-7

$$\begin{aligned}
V_t &= 22.843 \text{ Kv} \\
I_a &= 8.457361 \text{ A} \\
E_a &= V + jI_a X_s \\
&= 22.843 + (j 8.457361 \times 0.3) \\
&= 22.843 + j 2.564 \\
&= 22.9864 \angle 6.404327^\circ \\
&= 22.986 \text{ kV}
\end{aligned}$$

Data ke-8

$$\begin{aligned}
V_t &= 23.641 \text{ kV} \\
I_a &= 10.576 \text{ kA} \\
E_a &= V + jI_a X_s \\
&= 23.641 + (j 10.576 \times 0.3) \\
&= 23.641 + j 3.1728 \\
&= 23.8529 \angle 7.64385^\circ \\
&= 23.852 \text{ kV}
\end{aligned}$$

Data ke-9

$$\begin{aligned}
V_t &= 23.6079 \text{ Kv} \\
I_a &= 10.59511 \text{ A} \\
E_a &= V + jI_a X_s \\
&= 23.615 + (j 10.70986 \times 0.3) \\
&= 23.615 + j 3.2129 \\
&= 23.8325561 \angle 7.7477212^\circ \\
&= 23.832 \text{ Kv}
\end{aligned}$$

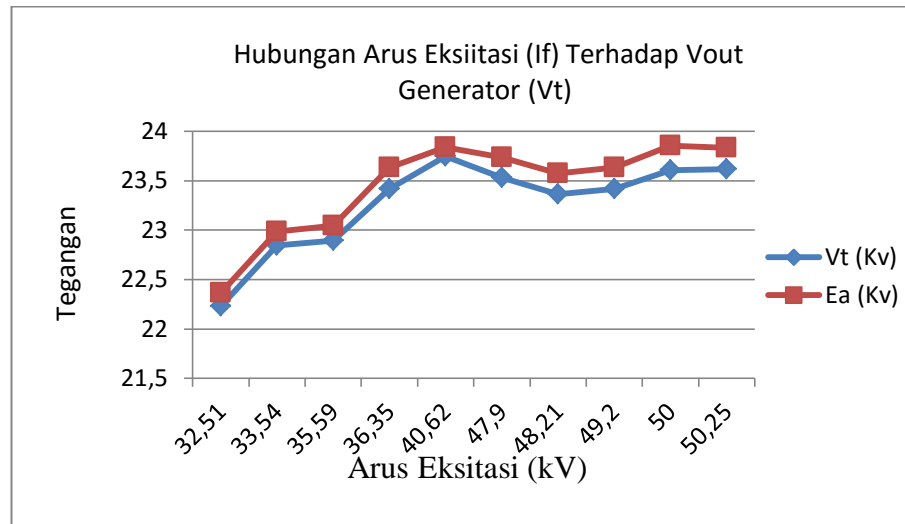


$$\begin{aligned}
 \text{Data ke-10} \quad V_t &= 23.504027 \text{ Kv} \\
 I_a &= 10.52689 \text{ A} \\
 E_a &= V + jI_a X_s \\
 &= 23.5047 + (j 10.52689 \times 0.3) \\
 &= 23.5047 + j 3.1578 \\
 &= 23.7158 \angle 7.6517^\circ \\
 &= 23.7158 \text{ Kv}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan ggl induksi pada tanggal 1 januari sampai 10 januari 2018, maka dapat dibuat tabel perhitungan ggl induksi unit 4 sebagai berikut :

**Tabel 4.13** perhitungan ggl induks Unit 4

No	Arus Jangkar (A)	Vout Generator (kV)	Arus Eksitasi (A)	Ea (kV)
1	8,410943	22,227460	32,51007	22.364
2	10,59818	23,418140	49,20271	23.632
3	10,47406	23,363613	48,21157	23.573
4	10,39228	23,532227	47,9051	23.737
5	7,103822	23,743153	40,62423	23.838
6	8,809716	22,894943	35,5903	23.046
7	8,457361	22,843029	33,54153	22.986
8	10,70986	23,604131	50,00523	23.852
9	10,70986	23,615468	50,24524	23.832
10	5,507392	23,415043	36,35569	23.715



**Gambar 4.10** Grafik Hubungan Arus Eksitasi ( $I_f$ ) Terhadap ( $V_t$ ) dan GGL induksi ( $E_a$ ) Unit 4

Didasari pada drafik diatas maka dapat dilihat maka semakin besar arus eksitasi semakin besar pula nilai ggl induksi ( $E_a$ ), kenaikan ini juga dipengaruhi oleh tegangan terminal atau tegangan keluaran pada generator ( $V_t$ ) yang nilainya berubah-ubah. Bahwa hal ini naiknya arus eksitasi juga akan naiknya tegangan terminal dan itu berarti arus eksitasi ( $I_f$ ) berguna untuk menjaga kestabilan tegangan dari tegangan terminal. Tegangan terminal yang sebelumnya rendah karena perubahan beban dapat pula distabilkan dengan cara memperkuat arus penguatan medan pada generator rotor sinkron.

Terlihat pada kurva diatas baik arus eksitasi terhadap tegangan terminal dan ggl induksi yaitu berbanding lurus. Agar membangkitkan tegangan tegangan terminal selain menaikkan putaran rotor yaitu dengan cara lain dengan menggunakan cara meningkatkan penguat medan magnet pada rotor generator. Namun pada kondisi pada putaran rotor selalu konstan atau terjaga, maka untuk menaikkan tegangan terminal dengan cara meningkatkan arus eksitasi pada rotor generator sinkron.

Pada kurva diatas terdapat penurunan ggl induksi terhadap arus eksitasi yang disebabkan oleh nilai pembebanan yang naik sehinggalah medan magnet putaran rotor bekerja lebih besar.

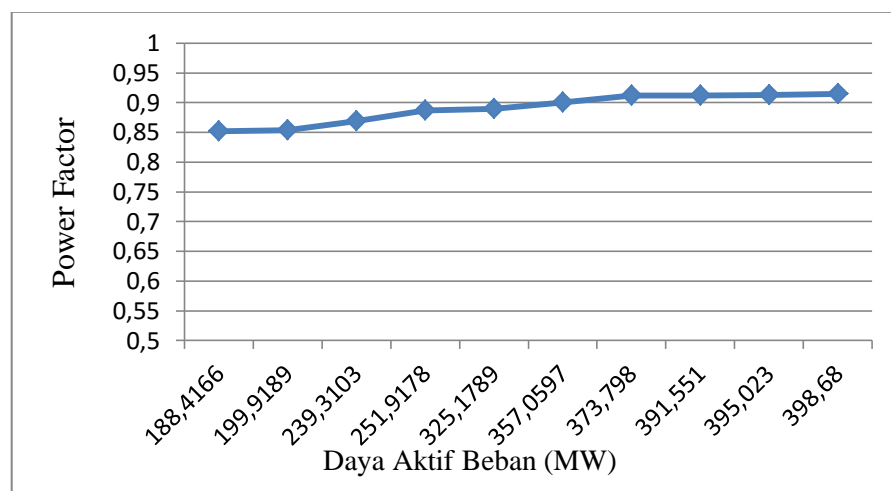
## 4.2.3 Hubungan *Power Factor* Terhadap Daya Aktif

### 4.2.3.1 Generator Unit 1

Untuk Hubungan *power factor* terhadap Daya aktif Unit 1 pada tanggal 1 januari sampai 10 januari 2018, maka dapat dibuat tabel dengan daya aktif dari nilai rendah sampai nilai daya aktif besar yaitu sebagai berikut :

**Tabel 4.14** Hubungan *power factor* terhadap Daya aktif Unit 1

Daya Aktif (Mw)	<i>Power Factor</i> (%)
188,4166	0,8519
199,9189	0,8537
239,3103	0,8692
251,9178	0,987
325,1789	0,89
357,0597	0,91
373,798	0,9118
391,551	0,912
395,023	0,913
398,680	0,9417



**Gambar 4.10** Grafik Hubungan *Power factor* terhadap daya aktif unit 1

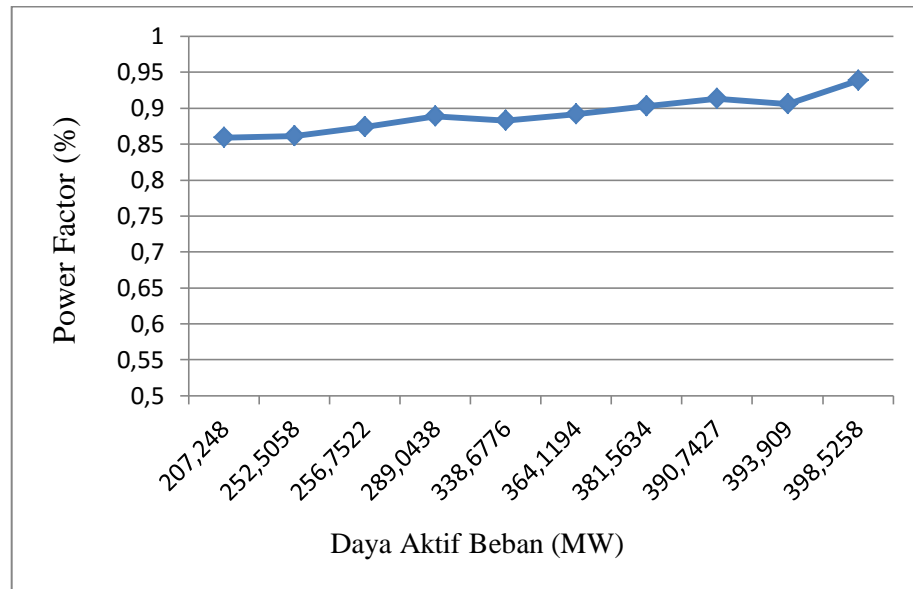
Pada Gambar 4.10 grafik memperlihatkan perbandingan hasil dari *power factor* terhadap daya aktif pada beban generator untuk unit 1, maka dari nilai beban yang terkecil yaitu 188,4166 MW sampai dengan beban yang terbesar 398,68 MW dan Pf dari nilai nilai yang terkecil 0,8519 % sampai pf nilai yang terbesar yaitu 0,9417 %, maka didapatkan hasil perbandingan yaitu semakin besar daya aktif semakin besar pula *power factor* berarti daya aktif berbanding lurus dengan *power factor* % dan bahwa hasil tersebut sesuai dengan batasan normal *power factor* pada generator PLTU Suralaya yaitu 0,85%- 1% tidak melebihi ataupun kurang dari batasan normal *power factor*.

#### 4.2.3.2 Generator Unit 2

Untuk Hubungan *power factor* terhadap Daya aktif Unit 2 pada tanggal 1 januari sampai 10 januari 2018, maka dapat dibuat tabel dengan daya aktif dari nilai rendah sampai nilai daya aktif besar yaitu sebagai berikut :

**Tabel 4.15** Hubungan *power factor* terhadap Daya aktif

<b>Daya Aktif (Mw)</b>	<b>Power Factor (%)</b>
207,248	0,859297
252,5058	0,86149
256,7522	0,873642
289,0438	0,88853
338,6776	0,882813
364,1194	0,891889
381,5634	0,902741
390,7427	0,913433
393,909	0,906059
398,5258	0,938331



**Gambar 4.11** Grafik Hubungan *Power factor* terhadap daya aktif

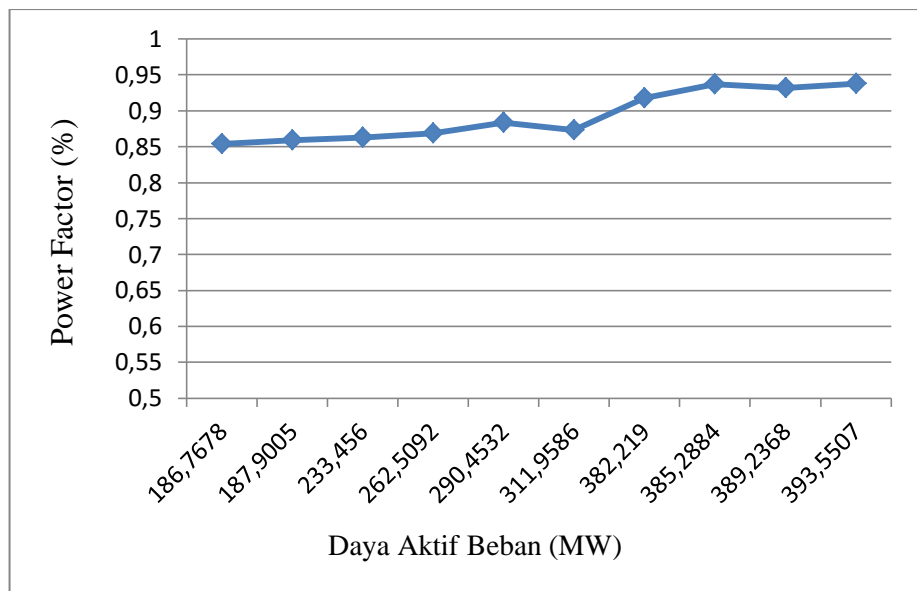
Pada Gambar 4.11 grafik memperlihatkan perbandingan hasil dari *power factor* terhadap daya aktif pada beban generator untuk unit 2, maka dari nilai beban yang terkecil yaitu 207,248 MW sampai dengan beban yang terbesar 398,5258 MW dan Pf dari nilai nilai yang terkecil 0,859297 % sampai pf nilai yang terbesar yaitu 0,93833 %, maka didapatkan hasil perbandingan yaitu semakin besar daya aktif semakin besar pula *power factor* berarti daya aktif berbanding lurus dengan *power factor* % dan bahwa hasil tersebut sesuai dengan batasan normal *power factor* pada generator PLTU Suralaya yaitu 0,85%- 1% tidak melebihi ataupun kurang dari batasan normal *power factor*.

#### 4.2.3.3 Generator Unit 3

Untuk Hubungan *power factor* terhadap Daya aktif Unit 3 pada tanggal 1 januari sampai 10 januari 2018, maka dapat dibuat tabel dengan daya aktif dari nilai rendah sampai nilai daya aktif besar yaitu sebagai berikut :

**Tabel 4.16** Hubungan *power factor* terhadap Daya aktif

Daya Aktif (Mw)	Power Factor (%)
186,7678	0,853739
187,9005	0,85934
233,456	0,86292
262,5092	0,86841
290,4532	0,88353
311,9586	0,872813
382,219	0,91736
385,2884	0,93716
389,2368	0,931689
393,5507	0,937565



**Gambar 4.12** Grafik Hubungan *Power factor* terhadap daya aktif Unit 3

Pada Gambar 4.13 grafik memperlihatkan perbandingan hasil dari *power factor* terhadap daya aktif pada beban generator untuk unit 3, maka dari nilai beban yang terkecil yaitu 186,7678 MW sampai dengan beban

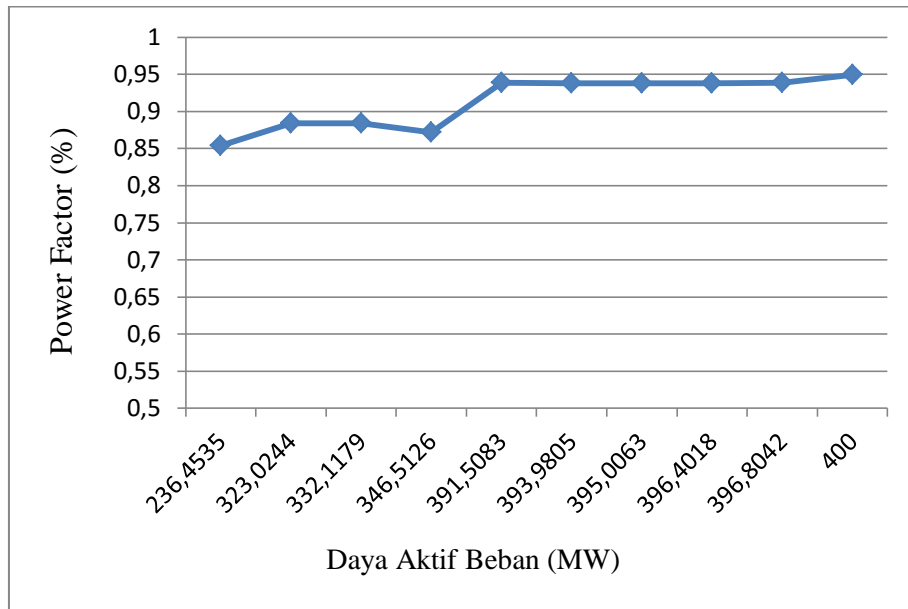
yang terbesar 393,5507 MW dan Pf dari nilai nilai yang terkecil 0,853739% sampai pf nilai yang terbesar yaitu 1 %, maka didapatkan hasil perbandingan yaitu semakin besar daya aktif semakin besar pula *power factor* berarti daya aktif berbanding lurus dengan *power factor* % dan bahwa hasil tersebut sesuai dengan batasan normal *power factor* pada generator PLTU Suralaya yaitu 0,85% - 0,95% tidak melebihi ataupun kurang dari batasan normal *power factor*

#### 4.2.3.4 Generator Unit 4

Untuk Hubungan *power factor* terhadap Daya aktif Unit 4 pada tanggal 1 januari sampai 10 januari 2018, maka dapat dibuat tabel dengan daya aktif dari nilai rendah sampai nilai daya aktif besar yaitu sebagai berikut :

**Tabel 4.17** Hubungan *power factor* terhadap Daya aktif

Daya Aktif (Mw)	PF %
236,4535	0,8539292
323,0244	0,884313
332,1179	0,884313
346,5126	0,871889
391,5083	0,938987
393,9805	0,937987
395,0063	0,938384
396,4018	0,938382
396,8042	0,93898
400	0,94928



**Gambar 4.13** Grafik Hubungan *Power factor* terhadap daya aktif Unit 4

Pada Gambar 4.14 grafik memperlihatkan perbandingan hasil dari *power factor* terhadap daya aktif pada beban generator untuk unit 3, maka dari nilai beban yang terkecil yaitu 236,4535 MW sampai dengan beban yang terbesar 400 MW dan Pf dari nilai nilai yang terkecil 0,8539% sampai pf nilai yang terbesar yaitu 0,94928%, maka didapatkan hasil perbandingan yaitu semakin besar daya aktif semakin besar pula *power factor* berarti daya aktif berbanding lurus dengan *power factor* % dan bahwa hasil tersebut sesuai dengan batasan normal *power factor* pada generator PLTU Suralaya yaitu 0,85% - 1% tidak melebihi ataupun kurang dari batasan normal *power factor*.

#### 4.2.4 Pembagian beban (*Load Shaaring*) *Isochronous*

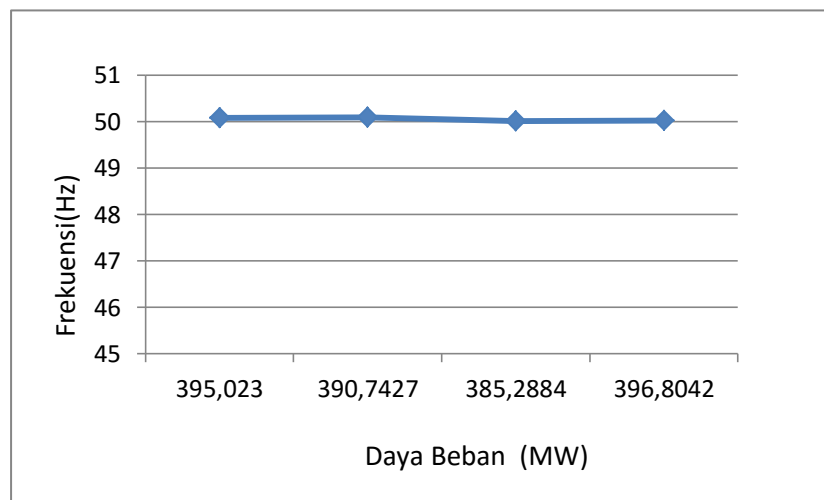
Untuk Pembagian beban (*Load Shaaring*) *Isochronous* Unit 1-4 maka dapat ditemukan pada pengoperasiannya pada 9 januari 2018, maka dapat dibuat tabel *load sharing* sistem *ishocronous* sebagai berikut :



**Tabel 4.18** perhitungan ggl induks Unit 1-4

Gene rator	Daya Aktif (MW)	Daya Reatif (Mvar)	F (Hz)	Turbin Speed (rpm)	Vout Generator
1	391,5515	178,0504	50,0604	3000,25	23,331723
2	398,5258	152,0489	50,0341 4	2994,32 9	23,371063
3	382,2193	173,1846	50,0482 2	2999,38 8	23,490577
4	395,0063	172,4107	50,0012 5	2999,8	23,418140

#### 4.2.4.1 Frekuensi *Sinkron Isochronous*



**Gambar 4.14** Grafik Frekuensi Sinron *Ishocronous*

Berdasarkan data analisis yang didapat dengan waktu yang bersamaan yakni pada tanggal 9 januari 2018, pukul 09.00 WIB dari generator 1 sampai 4 dengan daya aktif dari 385,2884MW – 395,0053 MW mendapatkan frekwensi yang tetap atau konstan itu dikarenakan governor keempat enginernya mempertahankan atau menstabilkan kecepatan engine selalu tetap dengan frekwensi 50 Hz, sesuai pada metode *ishocronous* .

#### 4.2.4.2 Prosentase Pembagian Beban (*Load Sharing*) *Isochronous*

Generator 1

$$\begin{aligned} &= \frac{395,023}{395,023+390,7427+385,2884+396,8042} \times 100\% \\ &= 25,195\% \end{aligned}$$

Generator 2

$$\begin{aligned} &= \frac{390,7427}{395,023+390,7427+385,2884+396,8042} \times 100\% \\ &= 24,93\% \end{aligned}$$

Generator 3

$$\begin{aligned} &= \frac{385,2884}{395,023+390,7427+385,2884+396,8042} \times 100\% \\ &= 24,574\% \end{aligned}$$

Generator 4

$$\begin{aligned} &= \frac{396,8042}{395,023+390,7427+385,2884+396,8042} \times 100\% \\ &= 25,309\% \end{aligned}$$

Berdasarkan data evaluasi perhitungan *load sharing* sistem isochronous pada generator yang paralel prosentase yang dihasilkan hampir sama dibandingkan data yang lain dapat ditentukan melalui frekuensi 50 hz sehingga pada frekuensi tidak melebihi batas normal frekuensi ataupun kurang dari batas normal frekuensi tersebut. beban masing masing generator yang dihasilkan hampir sama, karena generator memperahankan kesetaraannya dalam pembebananya dikarenakan mempertahankan frekuensinya, pada PLTU suralaya sistem pembagian beban dengan sistem otomatis kontrol.

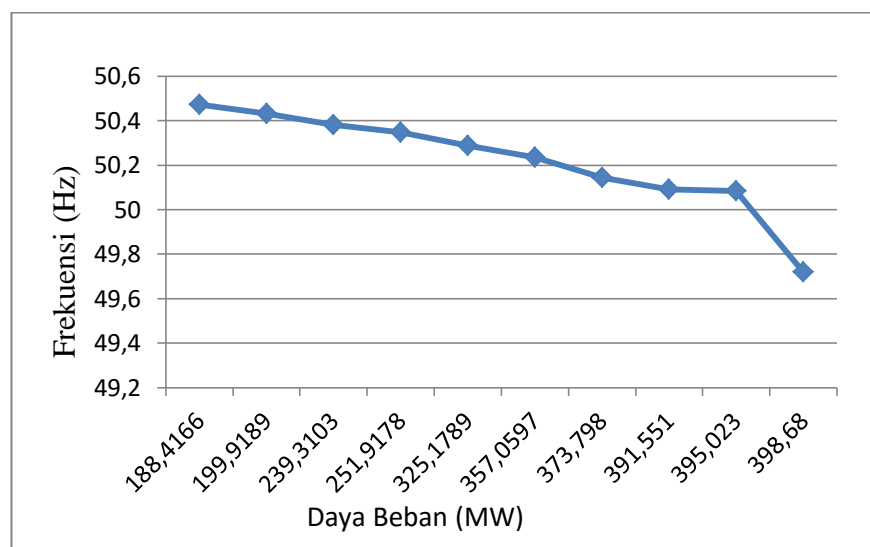
## 4.2.5 Pembagian beban *Speed Droop* Generator Terhadap Frekuensi

### 4.2.5.1 Pengaruh Beban Terhadap Frekuensi Unit 1

Untuk Pembagian beban (*Load Shaaring*) *Isochronous* Unit 1 maka dapat ditemukan pada pengoperasiannya pada tanggal 1 januari sampai 10 januari 2018, maka dapat dibuat tabel *load sharing* sistem *speed droop* sebagai berikut :

**Tabel 4.19** Beban terhadap frekuensi unit 1

Frekuensi (Hz)	Beban (Mw)
50,4732	188,4166
50,4321	199,9189
50,3813	239,3103
50,3470	251,9178
50,288	325,1789
50,234	357,0597
50,143	373,798
50,09	391,551
50,083	395,023
49,723	398,680



**Gambar 4.15** Grafik Frekuensi Sincron *speeddroop* Unit 1

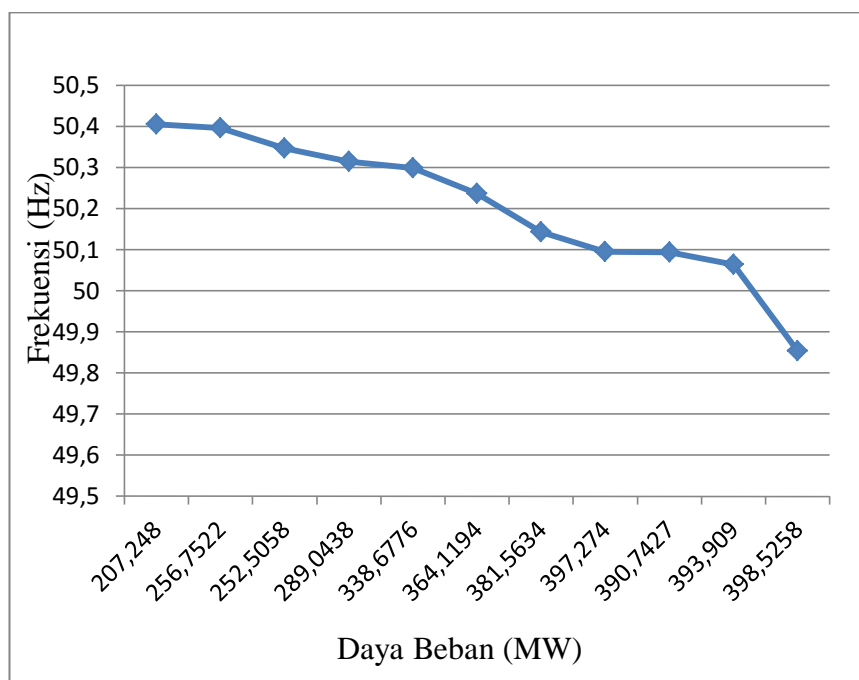
Dari gambar kurva pada generator unit 1 hubungan antara frekuensi dengan beban, maka data yang diperoleh ataupun data yang dapat dibuktikan dengan kurva diatas yaitu yang menunjukkan sistem *speed droop* yaitu semakin besar frekuensi maka semakin kecil bebannya. Maka data tersebut dapat dibuktikan dengan kebenarannya, hal ini sesuai dari hasil real lapangan pada frekuensi 50,473 Hz dengan beban generator 188,4166 MW, kemudian saat nilai frekuensi turun menjadi 49,723 Hz maka bebannya akan naik menjadi 398,68 MW. Dari pembuktian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai frekuensi maka semakin kecil nilai beban generator ataupun sebaliknya, hal ini terjadi ketika beban berubah-ubah dengan demikian hasil frekuensi dengan beban yang ada pada generator unit 1 sesuai dengan teori *load sharing* yang mengacu pada sistem *speed droop*.

#### 4.2.5.2 Pengaruh Beban Terhadap Frekuensi Unit 2

Untuk Pembagian beban (*Load Shaaring*) *Isochronous* Unit 2 maka dapat ditemukan pada pengoperasiannya pada tanggal 1 januari sampai 10 januari 2018, maka dapat dibuat tabel *load sharing* sistem *speed droop* sebagai berikut :

**Tabel 4.20** Beban terhadap frekuensi unit 2

Frekuensi (Hz)	Beban (Mw)
50,40563	207,248
50,39562	256,7522
50,347	252,5058
50,314	289,0438
50,298	338,6776
50,2365	364,1194
50,143	381,5634
50,0942	390,7427
50,06414	393,909
49,5539	398,5258



**Gambar 4.16** Grafik Frekuensi Sinkron *speeddroop* Unit 2

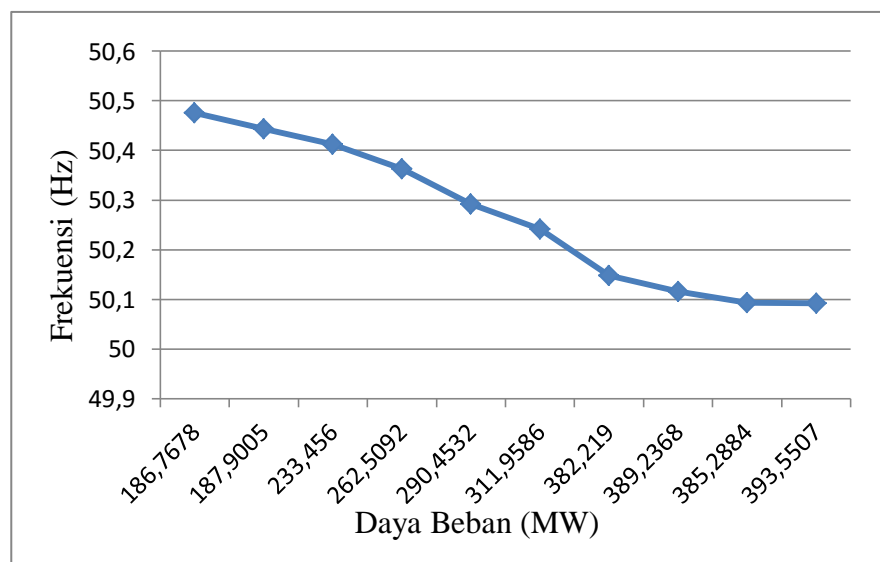
Dari gambar kurva pada generator unit 2 hubungan antara frekuensi dengan beban, maka data yang diperoleh ataupun data yang dapat dibuktikan dengan kurva diatas yaitu yang menunjukkan sistem *speed droop* yaitu semakin besar frekuensi maka semakin kecil beban nya. Maka data tersebut dapat dibuktikan dengan kebenarannya, hal ini sesuai dari hasil real lapangan pada frekuensi 50,4 Hz dengan beban generator 207,248MW, kemudian saat nilai frekuensi turun menjadi 49,55 Hz maka bebannya akan naik menjadi 398,5258 MW. Dari pembuktian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai frekuensi maka semakin kecil nilai beban generator ataupun sebaliknya, hal ini terjadi ketika beban berubah-ubah dengan demikian hasil frekuensi dengan beban yang ada pada generator unit 2 sesua dengan teori *load sharing* yang mengacu pada sistem *speed droop*.

### 4.2.5.3 Pengaruh Beban Terhadap Frekuensi Unit 3

Untuk Pembagian beban (*Load Shaaring*) *Isochronous* Unit 3 maka dapat ditemukan pada pengoperasiannya pada tanggal 1 januari sampai 10 januari 2018, maka dapat dibuat tabel *load sharing* sistem *speed droop* sebagai berikut :

**Tabel 4.21** Beban terhadap frekuensi unit 3

Frekuensi (Hz)	Beban (Mw)
50,4756	186,7678
50,4432	187,9005
50,412	233,456
50,3631	262,5092
50,29202	290,4532
50,24150	311,9586
50,0822	382,219
50,01604	385,2884
50,0932	389,2368
50,092	393,5507



**Gambar 4.17** Grafik Frekuensi sinkron *speeddroop* Unit 3

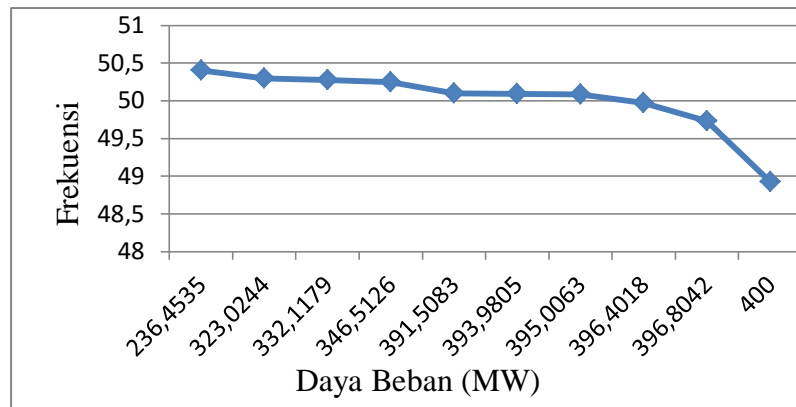
Dari gambar kurva pada generator unit 3 hubungan antara frekuensi dengan beban, maka data yang diperoleh ataupun data yang dapat dibuktikan dengan kurva diatas yaitu yang menunjukkan sistem *speed droop* yaitu semakin besar frekuensi maka semakin kecil bebannya. Maka data tersebut dapat dibuktikan dengan kebenarannya, hal ini sesuai dari hasil real lapangan pada frekuensi 50,47 Hz dengan beban generator 186,7678 MW, kemudian saat nilai frekuensi turun menjadi 50,09Hz maka bebannya akan naik menjadi 393,5507MW. Dari pembuktian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai frekuensi maka semakin kecil nilai beban generator ataupun sebaliknya, hal ini terjadi ketika beban berubah-ubah dengan demikian hasil frekuensi dengan beban yang ada pada generator unit 3 sesuai dengan teori *load sharing* yang mengacu pada sistem *speed droop*.

#### 4.2.5.4 Pengaruh Beban Terhadap Frekuensi Unit 4

Untuk Pembagian beban (*Load Sharing*) *Isochronous* Unit 4 maka dapat ditemukan pada pengoperasiannya pada tanggal 1 januari sampai 10 januari 2018, maka dapat dibuat tabel *load sharing* sistem *speed droop* sebagai berikut :

**Tabel 4.22** Beban terhadap frekuensi unit 4

Frekuensi (Hz)	Beban (Mw)
50,4012	236,4535
50,295	323,0244
50,2746	332,1179
50,2468	346,5126
50,098	391,5083
50,093	393,9805
50,084	395,0063
50,0321	396,4018
50,0231	396,8042
49,923	400



**Gambar 4.18** Grafik Frekuensi *Sincron speeddroop* Unit 4

Dari gambar kurva pada generator unit 4 hubungan antara frekuensi dengan beban, maka data yang diperoleh ataupun data yang dapat dibuktikan dengan kurva diatas yaitu yang menunjukkan sistem *speed droop* yaitu semakin besar frekuensi maka semakin kecil beban nya. Maka data tersebut dapat dibuktikan dengan kebenarannya, hal ini sesuai dari hasil real lapangan pada frekuensi 50,4 Hz dengan beban generator 236 MW, kemudian saat nilai frekuensi turun menjadi 49,8 Hz maka bebannya akan naik menjadi 400 MW. Dari pembuktian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai frekuensi maka semakin kecil nilai beban generator ataupun sebaliknya, hal ini terjadi ketika beban berubah-ubah dengan demikian hasil frekuensi dengan beban yang ada pada generator unit 4 sesua dengan teori *load sharing* yang mengacu pada sistem *speed droop*.