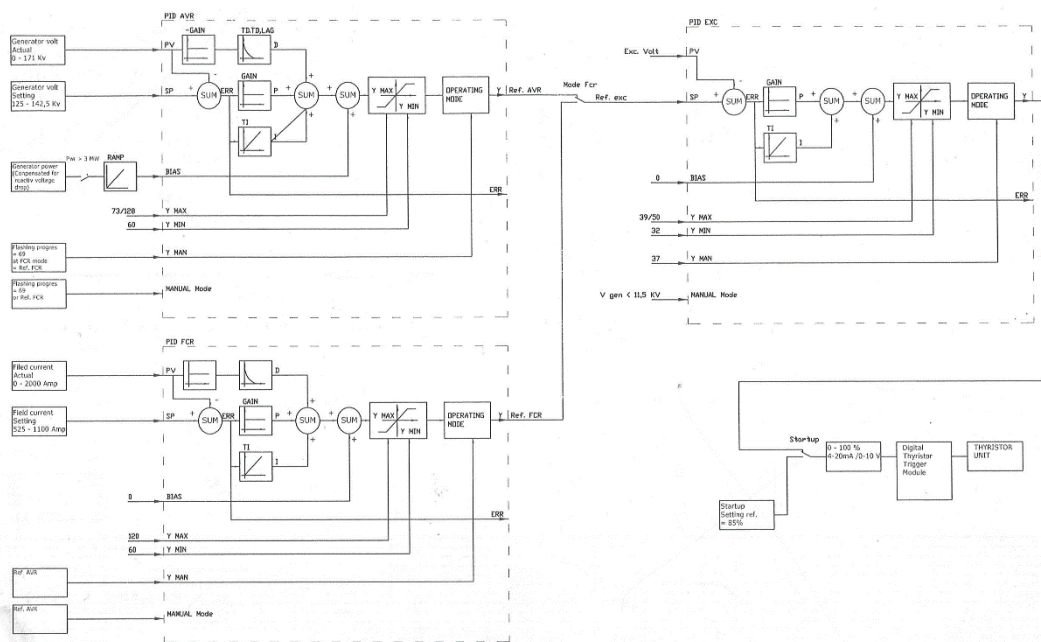


## BAB IV

### PEMBAHASAN DAN ANALISIS

#### 4.1 Sistem Eksitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman

Secara geografis PLTA Panglima Besar Soedirman berkedudukan di hulu sungai Serayu yang termasuk wilayah kabupaten Banjarnegara, propinsi Jawa Tengah yaitu kurang lebih 8 km sebelah barat kota Banjarnegara. PLTA Panglima Besar Soedirman merupakan salah satu di antara PLTA di Jawa Tengah yang dibangun guna menunjang kebutuhan energi listrik di Jawa-Bali. Terdapat tiga unit generator pada pembangkit PLTA Panglima Besar Soedirman dengan kapasitas 3 x 60 MW menghasilkan energi listrik sebesar 580.000.000 KWH



pertahun.

Sistem eksitasi yang digunakan pada PLTA Panglima Besar Soedirman yaitu menggunakan jenis sistem eksitasi *brush excitation* atau sistem eksitasi menggunakan sikat dengan tipe statis. Pada jenis ini sistem eksitasi menggunakan *slip ring* dan *carbon brush* sebagai penyalur arus eksitasi pada generator. Pada sistem eksitasi PLTA Panglima Besar Soedirman juga menggunakan tegangan keluaran generator itu sendiri sebagai sumber eksitasi, sehingga tidak membutuhkan generator tambahan. Namun saat dalam kondisi mati dan akan dioperasikan untuk injeksi awalan pada generator menggunakan *battery*. Dimana pada proses ini generator belum mampu menghasilkan tegangan keluaran sebagai sumber eksitasi. Oleh karena itu dibutuhkanlah *battery* yaitu sebagai injeksi awalan. Setelah putaran generator mencapai 90% secara otomatis akan memutuskan arus eksitasi dari *battery* dan generator sudah bekerja dengan penguatan dari keluarannya sendiri.

## **4.2 Peralatan Sistem Eksitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman**

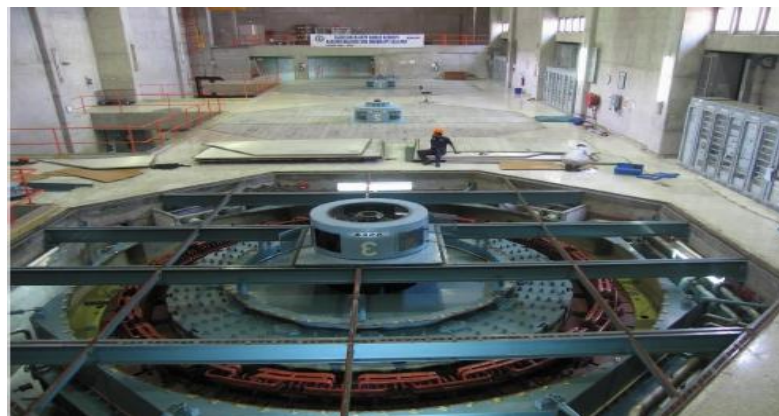
Dimana peralatan utama yang digunakan pada PLTA Panglima Besar Soedirman dalam sistem eksitasi maupun spesifikasi dapat dilihat sebagai berikut:

### **4.2.1 Generator**

Generator berfungsi sebagai penghasil daya listrik yang ditransmisikan ke jaringan interkoneksi Jawa-Bali dan sekaligus digunakan sendiri dalam pengoperasian pada peralatan-peralatan bantu, peralatan kontrol instalasi penerangan dan lain sebagainya. Berikut ini spesifikasi dan gambar yang digunakan pada PLTA Panglima Besar Soedirman.

Tabel 4.1 Spesifikasi Generator di PLTA Panglima Besar Soedirman

Item	Spesifikasi
Merk	ASEA
Type	GGSS 4230 Z
Rated Capacity	67010 Kva
Rated Current	13800 A
Xs	0,36 Pu
Excitation	160 V 1170 A
Rated Speed	230,8 rpm
Stator Current	2800 A
Run Away Speed	388 rpm
Stored Energy Constant	5.55 Ws/VA
Insulation Class	Stator F, Rotor F
Standards IEC 34-1 (19983)	



Gambar 4.2 Generator pada PLTA Panglima Besar Soedirman

#### 4.2.2 Battery

*Battery* berfungsi sebagai sumber penguatan awalan generator pada PLTA Panglima Besar Soedirman. Dimana pada proses awalan ketika akan beroperasi generator belum mampu menghasilkan tegangan sendiri sebagai sumber eksitasi. Oleh karena itu dibutuhkanlah *battery* yaitu sebagai pensuplai awalan. Adapun pada PLTA Panglima Besar Soedirman *battery* yang digunakan yaitu Nickel Cadmium Alkaline dengan berjumlah 86 buah yang disusun secara seri. Dimana total jumlah tegangannya yaitu sebesar 121 V, sehingga setiap *battery* mempunyai tegangan yaitu 1,4 V. Berikut ini adalah spesifikasi dan gambar *battery* yang digunakan di PLTA Panglima Besar Soedirman:

Tabel 4.2 Spesifikasi *Batteray* di PLTA Panglima Besar Soedirman

Item	Spesifikasi
<i>Battery</i> 110 VDC	BAAI & BAA2 di Power House
Pabrik	Marathon Battery Company
Jenis	Nickel Cadmium Alkaline MP220 kapasitas 220 Ah pada 5 jam
Type Sel	86 Sel x 2
Tegangan minimum/ Set	1,00 V
Tegangan Normal/ Set	1,41
Pengisian	1. Normal : 44 A 2. Terapung : 1,41 V/ Set 3. Cepat : 1,60 V/ Set

Tabel 4.2 Spesifikasi *Batteray* di PLTA Panglima Besar Soedirman (lanjutan)

Item	spesifikasi
Level diatas Plat	6,2 cm
Isi Elektrolit	3,91 liter
Jenis Elektrolit	KOH+LIOH
BJ pada 31°	1. Normal : 1,180 2. Minimum : 1,195 3. Maxsimun : 1,140



Gambar 4.3 *Battery* PLTA Panglima Besar Soedirman

#### 4.2.3 *Battery charger*

Pada PLTA Panglima Besar Soedirman untuk pengisian *battery* menggunakan dua jenis yaitu *boost charging* dan *floating charging*. Untuk pengisian menggunakan *boost charging* ini membutuhkan tambahan pengisian pada jam-jam pemeliharaan, dimana pengisian menggunakan jenis ini cukup untuk melayani selama satu hari. Agar tidak terjadinya pengisian secara berlebihan maka pada peralatan *battery* tersebut dilengkapi dengan otomatis

yang dapat memutuskan apabila telah terisi penuh. Sedangkan pengisian dengan menggunakan jenis *floating charging*, *battery* terus menerus dihubungkan dengan sumber pengisian *battery* dan beban. Berikut ini gambar dari *Battery charger* yang digunakan pada PLTA Panglima Besar Soedirman:



Gambar 4.4 *Battery charger*

#### **4.2.4 Automatic Voltage Regulator (AVR)**

Pada generator PLTA Panglima Besar Soedirman fungsi dari AVR yaitu untuk menjaga tegangan generator agar tetap konstan, oleh karena itu *output* tegangan generator akan stabil dan tidak terpengaruh akibat adanya perubahan beban. Secara umum prinsip kerja dari AVR yaitu mengatur pada arus penguatan. Ketika pada saat keluaran generator di bawah nominal tegangan generator, maka AVR akan memperbesar pada arus penguatan. Dengan hal ini apabila terjadinya perubahan tegangan keluaran generator dapat distabilkan oleh AVR dengan cara otomatis, hal ini dikarenakan AVR sudah dilengkapi dengan alat pembatas penguat maksimum dan minimum yang dapat bekerja secara otomatis.

#### **4.2.5 Thyristor Rectifier**

*Thyristor rectifier* merupakan peralatan yang mempunyai fungsi yaitu sebagai penyearah tegangan tiga fasa *output* dari trafo eksitasi 280 VAC menjadi 110 VDC. Dimana nilai 110 VDC ini lah yang digunakan sebagai masukan pada generator sinkron sebagai sumber arus eksitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman. Dengan menggunakan penyearah ini, maka besarnya arus eksitasi dapat diatur dengan cara mengatur sudut penyalaan *thyristor*. Berikut ini adalah gambar dari *thyistor rectifier* yang ada di PLTA Panglima Besar Soedirman:



Gambar 4.5 *Thyristor rectifier*

#### **4.2.6 Excitation Transformer**

*Excitation transformer* yaitu berfungsi untuk menurunkan tegangan keluaran dari 13,8 kV tiga fasa menjadi tegangan 280 VAC, yang kemudian akan disearahkan dan diturunkan lagi menjadi tegangan 110 VDC. dimana nantinya diserahkan dan akan menjadi sumber eksitasi generator. Berikut ini

merupakan spesifikasi dan gambar *transformer* eksitasi yang digunakan pada PLTA Panglima Besar Soedirman

Tabel 4.3 Spesifikasi *Excitation Tranformator* di PLTA Panglima Besar Soedirman

Item	Spesifikasi
Type	DXHK Class PT 50 Hz Dyn11
Rated Current	26,4 A/1086 A
Grated of insulation	F
Rated Impedance Volt%	5.7
Protective System IP00 Duration of Short Circuit Max sec	2
Type of Cooling	AN
LV-CT	200 0/1A/30 VA
Class	10P10
Total Weight	2400Kg



Gambar 4.6 *Excitation Tranformator* pada PLTA Panglima Besar Soedirman



#### **4.2.7 Field Current Regulator (FCR)**

*Field current regulator* atau sering disebut juga dengan FCR yaitu merupakan salah satu alat pengatur sistem eksitasi yang digunakan apabila AVR tidak dapat berfungsi yang dikarenakan adanya gangguan atau ketika tegangan real yaitu kurang dari nilai nominalnya. Dimana FCR ini menggunakan arus sebagai referensi dalam penguatan.

Secara umum FCR mempunyai sistem kontrol yang menghubungkan selalu dengan generator. Seperti halnya lilitan *shunt* yang terpasang trafo arus (CT) yang digunakan pada generator yaitu sebagai detektor arus yang mentransformasikan dari arus primer (besar) menuju arus yang sekunder (kecil) yaitu sebagai penguatan atau proteksi yang terhubung dengan FCR. Dengan melalui kompensator arus tersebut selanjutnya arus medan yang terukur pada lilitan *shunt* sesuai dengan referensi dan akan dibandingkan oleh FCR, dan selanjutnya FCR tersebut akan mengirimkan sinyal pada *thyristor* atau SCR sehingga beroperasi dimana untuk mengubah arus AC (bolak-balik) menjadi arus DC (searah) yaitu sebagai penguatan medan pada rotor.

#### **4.2.8 Sikat Arang Yang Digunakan Pada PLTA Panglima Besar**

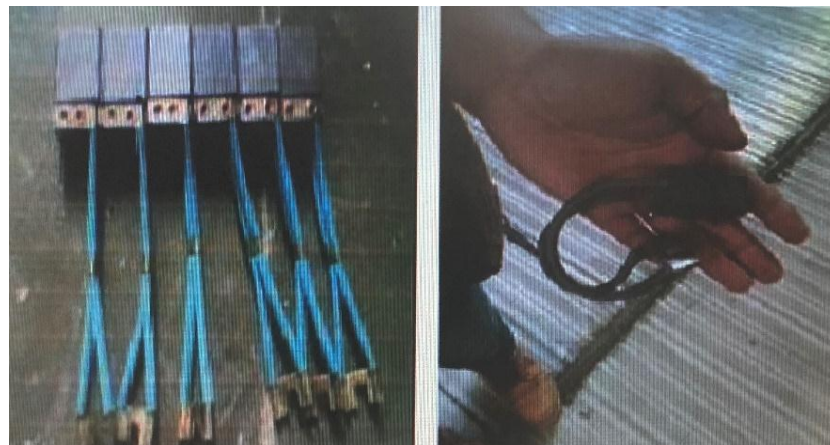
##### **Soedirman**

Pada umumnya sikat arang yang digunakan di generator terbuat dari *carbon*, logam mulia, *graphite*, atau dikombinasikan dari matrial tersebut. Sikat arang berfungsi untuk mengalirkan arus searah dari rotor benda yang berputar ke

benda yang diam ataupun sebaliknya. Berikut ini dapat dilihat spesifikasi dan gambar sikat arang yang digunakan pada PLTA Panglima Besar Soedirman:

Tabel 4.4 Spesifikasi Sikat Arang pada PLTA Panglima Besar Soedirman

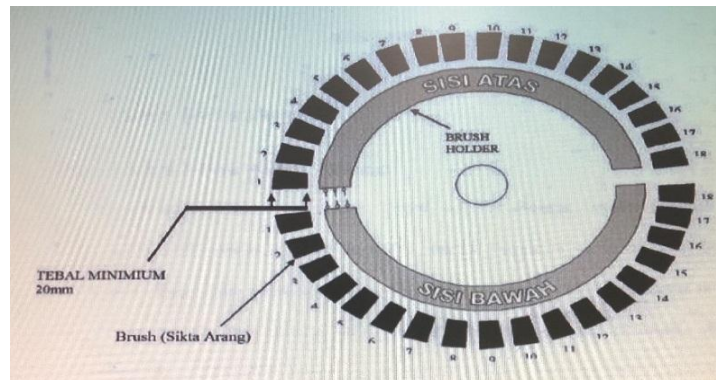
Item	Spesifikasi
Material	Electro Graphite
Size	60 x 32 x 20 (mm)
Grade	E14
Resistivity	20 mΩ/cm
Current Density	12 A/cm <sup>2</sup>
Max Surface Speed	50 m/s



Gambar 4.7 Sikat Arang

Sikat arang yang digunakan pada PLTA Panglima Besar Soedirman yaitu berjumlah 36 buah. Dimana 18 buah terdapat dibagian (+) atau bagian atas, dan dan 18 buah terdapat pada bagian (-) atau bagian bawah dari cincin geser. Adapun ukuran standar panjang sikat arang sesuai dengan pabrikan pembuatan generator ASEA adalah 60 mm hingga 20 mm. Apabila panjang sikat arang

sudah mencapai 20 mm, maka sikat tersebut harus diganti. Berikut ini dapat dilihat gambar ilustrasi posisi sikat arang pada generator PLTA Panglima Besar Soedirman.



Gambar 4.8 Ilustrasi Posisi Sikat Arang pada Generator  
PLTA Panglima Besar Soedirman

Berikut ini merupakan parameter dalam menentukan sikat arang pada sistem eksitasi generator PLTA Panglima Besar Soedirman.

1. Densitas Arus (*Current Corrying Capacity*)

Densitas arus (*Current Carrying Capacity*) setiap sikat arang berbeda hal yang dipengaruhi dengan luas penampang, kondisi operasi, beban penyusun, operasi yang terus-menerus atau sering berhenti, kecepatan dan faktor lainnya. Pada densitas arus (*Current Carrying Caoacity*) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan rumus sebagai berikut:

Dimana:

D = Densitas arus (A/cm<sup>2</sup>)

I = Arus eksitasi (A)

$h$  = Tinggi atau ketebalan sikat (cm)

$n$  = Jumlah sikat

$w$  = Lebar sikat arang (cm)

## 2. Keausan Sikat Arang

Bila tingkat keausan sikat arang sangat rendah, dapat diartikan bahwa sikat arang tersebut mempunyai tingkat kekerasan (*hardness*) yang sangat tinggi. Hal tersebut akan menimbulkan keausan pada cincin geser. Keausan sikat arang ini terjadi dikarenakan beberapa kondisi, seperti *brush pressure* (tekanan sikat arang), *surface speed* (kecepatan permukaan), suhu, dan kondisi cincin geser. Penggunaan sikat arang yang pendek dapat menimbulkan aliran listrik ke rotor berkurang, hal tersebut dikarenakan tekanan pegas sikat arang yang melemah. Berkurangnya aliran tersebut memicu kemagnetan rotor berkurang, sehingga listrik yang dihasilkan oleh generator menurun.

## 3. Tahanan (*Resistivity*)

Tahanan (*resistivity*) pada volume tertentu material sikat dapat dialiri oleh arus. Pada tahanan sikat mempunyai satuan ohm/Cm. Untuk mengukur tahanan sikat dapat dilakukan dengan persamaan berikut:

Dimana:

$R$  = Tahanan sikat (*resistivity*) ( $\Omega$  /cm)

$E$  = Tegangan eksitasi (A)

$I$  = Arus eksitasi (A)

- W = Lebar sikat arang (cm)
- $\ell$  = Panjang sikat arang (cm)
- h = Tinggi atau ketebalan sikat arang (cm)

### 4.3 Mekanisme Kerja pada PLTA Panglima Besar Soedirman

Berdasarkan studi dan pengamatan yang telah dilakukan pada PLTA Panglima Besar Soedirman bahwa generator menggunakan jenis *brush excitation*, dimana medan magnet yang digunakan sebagai pembangkitan tegangan induksi didapat yaitu dengan cara menginjeksikan arus DC pada kumparan medan yang ada pada rotor digenerator dengan menggunakan *slip ring* dan *carbon brush*.

Pada PLTA Panglima Besar Soedirman sistem eksitasi menggunakan jenis tipe statis, dimana arus eksitasi diperoleh dari tegangan keluar generator itu sendiri. Tegangan keluaran yang dihasilkan oleh generator sinkron di PLTA Panglima Besar Soedirman sebesar 13,8 kV tiga fasa bolak-balik. Sehingga pada tegangan keluaran generator tersebut perlu disearahkan terlebih dulu, karena arus yang diperlukan pada sistem eksitasi merupakan tegangan searah (DC). Dimana tegangan searah inilah yang akan diinjeksikan pada kumparan medan rotor generator. Generator sinkron yang digunakan pada PLTA Panglima Besar Soedirman terdapat *carbon brush* sebanyak 36 buah yang dihubungkan ke *slip ring* yang berfungsi untuk menyalurkan arus DC.

Tegangan terminal keluaran generator 13,8 kV tiga fasa AC tersebut diturunkan nilainya dengan menggunakan *transformer step down* menjadi tegangan sebesar 280 VAC tiga fasa. Selanjutnya tegangan keluaran dari

*transformer step down* sebesar 280 VAC 3 fasa ini akan disearahkan dan diturunkan lagi hingga mendapat tegangan searah sebesar 110 VDC. Dimana alat yang digunakan sebagai penyearah dan menurunkan tegangan keluaran dari *transformater step down* yaitu *thyristor rectifier*, yang mana berfungsi sebagai *converter AC to DC* atau mengubah dari AC menjadi DC. Tegangan keluaran 110 VDC ini yang akan diinjeksikan pada kumparan medan rotor generator dengan menggunakan *carbon brush* dan *slip ring* sebagai media pembangkitan medan magnet pada motor generator.

Namun pada kondisi awalan generator belum mampu menghasilkan tegangan keluaran yang digunakan sebagai sistem eksitasi. Oleh karena itu digunakanlah *battery* sebagai sumber energi untuk sistem eksitasinya. Pada proses ini lah yang disebut juga dengan *field flashing*. Dimana pada proses ini akan menginjeksikan arus yang berasal dari *battery* pada rotor dengan mengaktifkan *field circuit breaker* atau FCB yang ada. Dengan adanya arus yang diinjeksikan dari *battery* tersebut, maka generator akan menghasilkan tegangan keluaran. Setelah tegangan keluaran telah mencapai 90% dari nilai tegangan nominalnya maka *battery* tersebut secara otomatis akan terputus.

Untuk pengaturan besar atau kecilnya arus eksitasi yang diinjeksikan pada rotor generator yaitu menggunakan *automatic voltage regulator* (AVR). Dimana AVR ini akan mengontrol sistem *switching* sistem eksitasi dengan cara mengatur nilai arus maupun tegangan yang diinjeksikan pada gerbang terminal di *thyristor*.

#### 4.4 Gangguan Eksitasi

Berikut ini dapat dilihat tabel mengenai gangguan eksitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman

Tabel 4.5 Gangguan Eksitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman (lanjutan)

Gejala	Masalah	Solusi
Tidak naik pada tegangan generator	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Eksitasi</li><li>2. Kesalahan polaritas pada suplai awalan</li><li>3. CB medan buka / tidak tepat menutup</li><li>4. Tidak sesuai dengan putaran nominal</li><li>5. Generator mengalami hubung singkat</li><li>6. Terjadi kerusakan volt generator</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Melakukan pemeriksaan eksitasi awalan (nilai dan polaritasnya) periksa sirkuit lengkapnya</li><li>2. Naikkan pada kecepatan dan lakukan pemeriksaan pada kontak speed</li><li>3. Lakukan pemeriksaan pada fungsi CB medan <i>circuit</i> kontrol</li><li>4. Naikan pada kecepatan putaran unit dan lakukan pemeriksaan pada kontak speed</li></ol>

Tabel 4.5 Gangguan Eksitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman (lanjutan)

Gejala	Masalah	Solusi
		<ol style="list-style-type: none"> <li>Ubah beban dan atasi hubung singkat</li> <li>Ubah pada mode manual.</li> </ol>
Pada beban tidak seimbang	<ol style="list-style-type: none"> <li>Pada statik putaran kecepatan berbeda</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Pastikan generator dalam kondisi baik</li> </ol>
Tidak stabil pada beban reaktif dan tidak seimbang	<ol style="list-style-type: none"> <li>Salah fasa CT/PT atau salah polaritas</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Melakukan pemeriksaan pengawatan sirkuit sensor dan terminal CT</li> </ol>
Pada tegangan terminal terlalu rendah	<ol style="list-style-type: none"> <li>Pada putaran tidak dalam nominalnya</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Menaikan kecepatan putaran</li> </ol>
Pada tegangan tidak terkontrol atau terlalu tinggi	<ol style="list-style-type: none"> <li>Pada proteksi MCB rangkaian sensor mati</li> <li>Terjadi kerusakan pada AVR</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Nyalakan MCB dan serta periksa pada sirkuit sensor</li> <li>Melakukan pemeriksaan AVR, terminal kabel, serta lain-lainnya.</li> </ol>



#### 4.5 Perawatan Eksitasi

Perawatan disini meliputi inspeksi, pengujian, pengaturan, dan perbaikan. Adapun dalam pekerjaan inpeksi dibagi lagi dalam beberapa pekerjaan diantaranya yaitu : inspeksi harian, inspeksi berkala (bulanan/tahun) dan inspeksi darurat.

Pada inspeksi harian bisanya dilakukan dalam kondisi mesin sedang beroperasi, semua diperiksa bertujuan untuk mengetahui apabila ada yang mengalami kerusakan. Jika ada yang mengalami kerusakan maka akan dilakukan perbaikan secara langsung. Perawatan secara berkala biasanya dilakukan agar mencegah timbulnya gangguan yang dapat menyebabkan kerugian. Sedangkan inpeksi darurat dilakukan bila terjadi permasalahan yang tidak diduga. Berikut ini merupakan tabel perawatan eksitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman.

Tabel 4.6 Tabel Perawatan Eksitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman

Peralatan Eksitasi	Jenis Perawatan	Catatan
1. Thyristor Converter	1. Penggantian maupun pembersihan filter udara kubikel 2. Pembersihan dengan vakum kubikel konverter	
2. Field Breaker	1. Pemeriksaan <i>fuse</i> pada proteksi	

Tabel 4.6 Tabel Perawatan Eksitasi pada PLTA Panglima Besar Soedirman (lanjutan)

Peralatan Eksitasi	Jenis Perawatan	Catatan
3. Trafo eksitasi, kubikel peralatan kontrol	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mengamati dan pemeriksaan pada mekanisme kerja rotor, koil pelepas pegas penutup, pelepas arus lebih.</li> <li>2. Melakukan pembersihan pada peralatan eksitasi.</li> <li>3. Melakukan pemeriksaan beban lebih, kerusakan isolasi, keausan sikat, dan kerusakan lainnya.</li> </ol>	

#### 4.6 Analisis Karakteristik Sistem Eksitasi Generator Sinkron pada PLTA

##### Panglima Besar Soedirman

Pada analisis karakteristik sistem eksitasi generator sinkron yaitu mengunakan data berupa operasi harian pada PLTA Panglima Besar Soedirman. Dimana data tersebut yang dianalisis berupa arus eksitasi, tegangan generator, daya beban dan arus jangkar. Berikut ini adalah tabel hasil rata-rata operasi harian pada PLTA Panglima Besar Soedirman tanggal 28 Mei – 27 Juni tahun 2018.

Tabel 4.7 Operasi harian Pada PLTA Panglima Besar Soedirman

Waktu Hari ke-	Frekuensi (Hz)	Tegangan Terminal (KV)	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Arus Eksitasi (A)	Arus Generator (A)	Faktor Daya
1	50,13	13,63	31,75	9,51	547,24	1326,09	0,93
2	50,15	13,64	31,93	10,24	549,43	1327,12	0,93
3	50,14	13,65	32,63	10,43	551,64	1329,74	0,94
4	50,13	13,62	31,46	9,57	546,84	1324,83	0,94
5	50,11	13,61	30,40	9,47	544,38	1322,61	0,94
6	50,10	13,60	30,17	9,53	543,13	1320,74	0,93
7	50,15	13,66	33,24	10,27	553,76	1337,14	0,94
8	50,24	13,73	36,96	10,64	571,93	1403,26	0,93
9	50,23	13,74	37,29	11,26	574,20	1421,86	0,93
10	50,27	13,78	40,14	11,19	593,27	1442,36	0,93
11	50,25	13,77	39,98	10,78	581,94	1438,89	0,93
12	50,16	13,67	33,91	10,10	554,75	1339,81	0,93
13	50,17	13,68	34,29	11,23	557,43	1365,84	0,93
14	50,19	13,69	34,86	11,49	561,21	1370,06	0,94
15	50,19	13,70	35,17	11,57	561,87	1387,01	0,93
16	50,26	13,76	39,26	11,58	579,74	1438,16	0,94

17	50,25	13,75	38,97	10,69	578,24	1434,74	0,94
18	50,20	13,71	35,93	10,64	562,38	1387,08	0,94

Tabel 4.7 Operasi harian Pada PLTA Panglima Besar Soedirman (lanjutan)

Waktu Hari ke-	Frekuensi (Hz)	Tegangan Terminal (KV)	Daya Aktif (MW)	Daya Reaktif (MVAR)	Arus Eksitasi (A)	Arus Generator (A)	Faktor Daya
19	50,21	13,72	36,24	11,43	564,91	1390,53	0,93
20	50,32	13,86	45,11	11,60	643,17	1557,85	0,94
21	50,31	13,85	44,34	11,39	639,74	1554,74	0,93
22	50,32	13,84	43,97	9,21	637,14	1545,31	0,93
23	50,37	13,90	48,26	10,46	686,93	1645,25	0,94
24	50,39	13,89	47,36	10,34	684,14	1619,16	0,94
25	50,28	13,80	41,26	10,22	608,24	1451,03	0,93
26	50,30	13,81	42,28	11,39	614,74	1473,43	0,93
27	50,29	13,82	42,97	11,49	617,01	1499,41	0,93
28	50,28	13,79	40,93	11,56	607,24	1450,92	0,93
29	50,31	13,83	43,18	10,55	631,27	1504,30	0,93
30	50,34	13,87	45,96	10,77	647,78	1566,22	0,94
31	50,36	13,88	46,21	11,19	651,87	1571,10	0,94

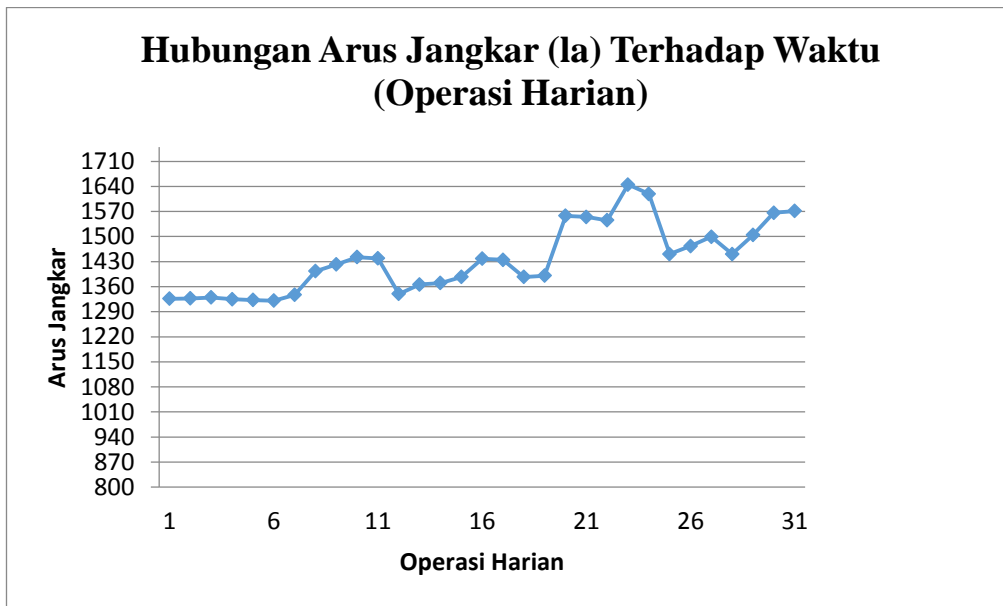
Dari tabel operasi harian di atas yang digunakan sebagai proses analisis dan perhitungan yang mencakup frekuensi, tegangan terminal, daya aktif, daya reaktif, arus eksitasi, arus jangkar, dan faktor daya.

#### **4.6.1 Hubungan Arus Jangkar dan Arus Eksitasi Terhadap Operasi Harian**

Data operasi harian di atas yang digunakan dalam menganalisis karakteristik sistem eksitasi generator sinkron pada PLTA Panglima Besar Soedirman. Karakteristik yang akan dianalisis pertama yaitu hubungan antara arus jangkar ( $I_a$ ) dan arus eksitasi ( $I_f$ ) terhadap waktu (operasi harian). Adapun untuk mempermudah dalam menganalisis hubungan antara arus jangkar ( $I_a$ ) dan arus eksitasi ( $I_f$ ) terhadap waktu (operasi harian) dapat dibuat grafik seperti berikut ini:

##### **4.6.1.1 Hubungan Arus Jangkar ( $I_a$ ) Terhadap Waktu (Operasi Harian)**

Dari tabel hubungan arus jangkar terhadap waktu (operasi harian) pada PLTA Panglima Besar Soedirman, nilai arus jangkar pada generator yang telah ada dapat dianalisis. Salah satu cara untuk mempermudah dalam menganalisis yaitu dengan membuat grafik seperti berikut ini:



Gambar 4.9 Grafik Hubungan Arus Jangkar ( $I_a$ ) Terhadap Waktu (Operasi Harian)

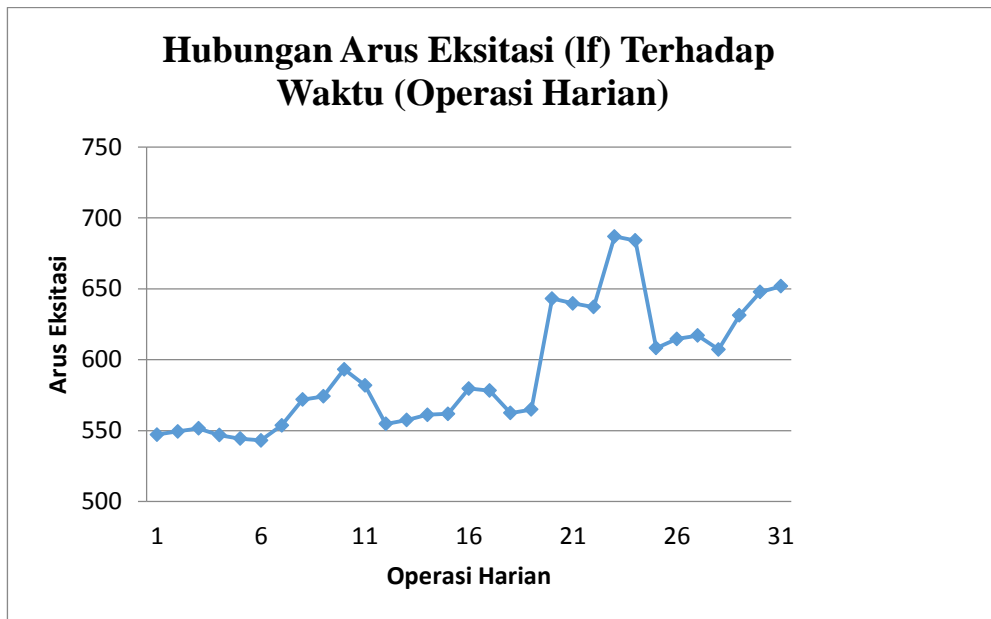
Berdasarkan 4.9 bahwa nilai hubungan arus jangkar terhadap waktu (operasi harian) tidak tetap atau tidak stabil. Sehingga dapat mengalami kenaikan maupun sebaliknya. Pada PLTA Panglima Besar Soedirman nilai arus jangkar ( $I_a$ ) yaitu berkisaran 1320,74 A hingga 1645,25 A. Dari nilai tersebut sudah terlihat bahwa arus jangkar yang disuplai arus eksitasi setiap harinya tidak tetap atau tidak stabil. Dimana pada grafik 4.9 oprasi harian PLTA panglima Besar Soedirman pada tanggal 28 Mei – 27 Juni tahun 2018 nilai arus jangkarnya tertinggi mencapai 1645,25 A pada hari ke 23 sedangkan nilai terendahnya 1320,74 A pada hari ke 6. Ketidak tetatap nilai arus jangkar tersebut dikarenakan besarnya nilai arus jangkar sangat dipengaruhi oleh nilai arus eksitasi. Semakin besarnya arus eksitasi yang disuplai pada generator sinkron, maka arus jangkar pada generator sinkron akan semakin besar pula,

begitu pun untuk sebaliknya ketika arus eksitasi yang disuplai berkurang, maka suplai pada arus jangkar juga akan berkurang.

Pada grafik diatas terlihat adanya ketidak tetapan ataupun ketidak stabilan (fluktuasi) pada arus jangkar, hal tersebut disebabkan karena pada kondisi pembebanan yang selalu mengalami perubahan pada saat beroperasi. walaupun terjadi ketidak tetapan ataupun ketidak stabilan (fluktuasi) performa generator masih dikatakan bekerja dengan baik, pada sistem ini juga telah disinkronkan terhadap jaringan sehingga sistem yang memberikan atau mensuplai permintaan beban dan arus eksitasi menyesuaikan pada nilai pembebanan yang sekaligus juga akan mempengaruhi nilai pada arus jangkar. Adapun ketika permintaan beban yang semakin besar, maka nilai eksitasi diperbesar pula sehingga pada rotor generator akan berputar semakin kencang.

#### **4.6.1.2 Hubungan Arus Eksitasi (If) Terhadap Waktu (Operasi Harian)**

Dari tabel hubungan arus eksitasi terhadap waktu (operasi harian) pada PLTA Panglima Besar Soedirman nilai arus eksitasi dapat diamati dan dianalisis. Berikut ini untuk mempermudah dalam memahami serta menganalisis dapat dibuat grafik yaitu sebagai berikut:



Gambar 4.10 Grafik Hubungan Arus Eksitasi (If) Terhadap Waktu (Operasi Harian)

Berdasarkan grafik 4.10 hubungan arus eksitasi (If) terhadap waktu (operasi harian) pada PLTA Panglima Besar Soedirman, bahwa nilai arus eksitasinya tidak tetap atau tidak setabil. Dimana nilai arus eksitasinya berkisaran mencapai 543,13 A hingga 686,93 A. Besarnya arus eksitasi sangat berpengaruh pada arus jangkar, oleh karena itu semakin besarnya nilai arus eksitasi yang disuplai pada generator sinkron, maka semakin besar pula nilai arus jangkarnya. Demikian pada sebaliknya apabila suplai arus eksitasi semakin kecil, maka arus jangkar juga akan semakin kecil.

Pada PLTA Panglima Besar Soedirman nilai sistem eksitasinya tanggal 28 Mei – 27 Juni tahun 2018 tidak tetap atau tidak stabil, dimana nilai arus eksitasi tertinggi yaitu mencapai 686,93 A pada hari ke 23 sedangkan untuk nilai terendahnya 543,13 A pada hari ke 6. Hal tersebut dikarenakan pada



kondisi pembebanan yang sering mengalami perubahan setiap waktu, sehingga menimbulkan ketidak tetapan pada arus eksitasi. walaupun terjadi ketidak tetapan ataupun ketidak stabilan (fluktuasi) performa generator pada PLTA Panglima Besar Soedirman masih dikatakan bekerja dengan baik, pada sistem ini juga telah disinkronkan terhadap jaringan sehingga sistem yang memberikan atau mensuplai permintaan beban dan arus eksitasi akan menyesuaikan pada nilai pembebanan yang sekaligus juga akan mempengaruhi nilai pada arus jangkar. Adapun ketika permintaan beban yang semakin besar, maka nilai eksitasi diperbesar pula sehingga pada rotor generator akan berputar semakin kencang.

#### 4.6.2 Pengaruh Ketidaktetapan (Fluktuasi) Tegangan

Tegangan yang baik adalah tegangan yang mempunyai ketetapan nilai yang stabil, namun apabila terjadi ketidaktetapan pada nilai tegangan maka hal tersebut menjadi sesuatu hal yang tidak dapat dihindari, akan tetapi dapat diminimalisir.

Adapun untuk menentukan nilai GGL ( $E_a$ ) dipengaruhi juga oleh nilai reaktansi jangkar. Nilai reaktansi jangkar tersebut ditentukan berdasarkan pada resistansi jangkar dan arus jangkar sehingga menyebabkan timbulnya *drop* tegangan. Namun hal tersebut dapat diabaikan dikarenakan nilai dari reaktansi jangkar yang sangat kecil. Dalam mencari nilai dari GGL induksi ( $E_a$ ) dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$E_a = V + (jX_s I_a) \quad (\text{Volt}) \dots \dots \dots (4.1)$$

Berdasarkan data oprasi harian pada PLTA Panglima Besar Soedirman dan spesifikasi generator yang digunakan, maka dapat digunakan untuk menentukan impedensi ( $Z_{base}$ ) yaitu dengan persamaan berikut:

$$X_s = 0,36 \text{ Pu}$$

$$V = 13,8 \text{ kV} = 13800 \text{ Volt}$$

$$I = 2800 \text{ A}$$

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

$$= \frac{13800 / \sqrt{3}}{2800}$$

$$= 2,85 \Omega$$

$$X_s (\text{Ohm}) = 0,36 \times 2,85$$

$$= 1,02 \Omega$$

Dari data harian diketahui sebagai berikut:

$$\text{- Hari pertama } V_t = 13,63 \text{ kV} = 13630$$

$$I_a = 1326,09$$

$$\text{Maka diperoleh } E_a = V + jI_a X_s$$

$$= 13630 + (1326,09 \times 1,02)$$

$$= 13630 + (1352,61)$$

$$= 13696,95 < 5,6$$

$$= 13,69 \text{ kV}$$

Jadi, hasil dari perhitungan di atas pada hari pertama nilai GGL induksi pada PLTA Panglima Besar Soedirman yaitu sebesar 13,69 kV

- Hari kedua  $V_t = 13,64 \text{ kV} = 13640$

$$I_a = 1327,12$$

Maka diperoleh  $E_a = V + jI_a X_s$

$$= 13640 + (1327,12 \times 1,02)$$

$$= 13640 + (1353,66)$$

$$= 13707,0 < 5,6$$

$$= 13,70 \text{ kV}$$

Jadi, hasil dari perhitungan di atas pada hari kedua nilai GGL induksi PLTA Panglima Besar Soedirman yaitu sebesar 13,70 kV

- Hari ketiga  $V_t = 13,65 \text{ kV} = 13650$

$$I_a = 1329,74$$

Maka diperoleh  $E_a = V + jI_a X_s$

$$= 13650 + (1329,74 \times 1,02)$$

$$= 13650 + (1356,33)$$

$$= 13717,22 < 5,6$$

$$= 13,71 \text{ kV}$$

Jadi, hasil dari perhitungan di atas pada hari ketiga nilai GGL induksi PLTA Panglima Besar Soedirman yaitu sebesar 13,71 kV

$$\text{- Hari keempat } V_t = 13,62 \text{ kV} = 13620$$

$$I_a = 1324,83$$

$$\text{Maka diperoleh } E_a = V + jI_a X_s$$

$$= 13620 + (1324,83 \times 1,02)$$

$$= 13620 + (1351,32)$$

$$= 13686,87 < 5,6$$

$$= 13,68 \text{ kV}$$

Jadi, hasil dari perhitungan di atas pada hari keempat nilai GGL induksi PLTA Panglima Besar Soedirman yaitu sebesar 13,68 kV

$$\text{- Hari kelima } V_t = 13,61 \text{ kV} = 13610$$

$$I_a = 1322,61$$

$$\text{Maka diperoleh } E_a = V + jI_a X_s$$

$$= 13610 + (1322,61 \times 1,02)$$

$$= 13610 + (1349,06)$$

$$= 13676,69 < 5,6$$

$$= 13,67 \text{ kV}$$

Jadi, hasil dari perhitungan di atas pada hari kelima nilai GGL induksi PLTA Panglima Besar Soedirman yaitu sebesar 13,67 kV

Untuk perhitungan hari ke-6 hingga hari ke-31 GGL induksi dapat dilakukan dengan menggunakan rumus persamaan yang sama seperti di atas. Dari perhitungan yang telah dilakukan sehingga dapat dibuat tabel seperti berikut ini:

Tabel 4.8 Hasil perhitungan GGL Induksi (Ea) pada PLTA Panglima Besar Soedirman

Waktu Hari ke-	Frekuensi (Hz)	Tegangan Terminal (kV)	Arus Eksitasi (A)	Arus Generator (A)	GGL Induksi (kV)
1	50,13	13,63	547,24	1326,09	13,69
2	50,15	13,64	549,43	1327,12	13,70
3	50,14	13,65	551,64	1329,74	13,71
4	50,13	13,62	546,84	1324,83	13,68

Tabel 4.8 Hasil perhitungan GGL Induksi (Ea) pada PLTA Panglima Besar Soedirman (lanjutan)

Waktu Hari ke-	Frekuensi (Hz)	Tegangan Terminal (kV)	Arus Eksitasi (A)	Arus Generator (A)	GGL Induksi (kV)
5	50,11	13,61	544,38	1322,61	13,67
6	50,10	13,60	543,13	1320,74	13,66

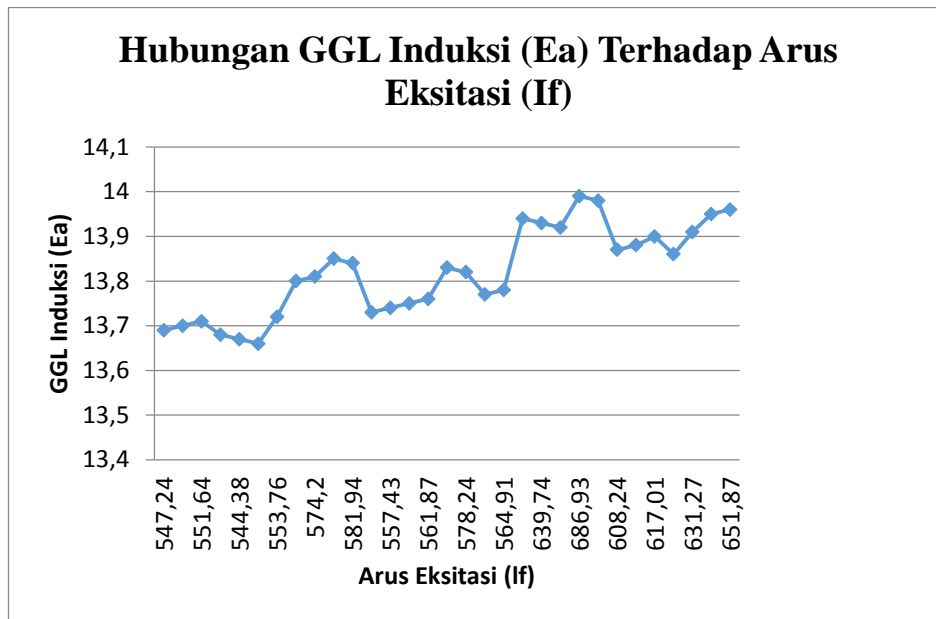
7	50,15	13,66	553,76	1337,14	13,72
8	50,24	13,73	571,93	1403,26	13,80
9	50,23	13,74	574,20	1421,86	13,81
10	50,27	13,78	593,27	1442,36	13,85
11	50,25	13,77	581,94	1438,89	13,84
12	50,16	13,67	554,75	1339,81	13,73
13	50,17	13,68	557,43	1365,84	13,74
14	50,19	13,69	561,21	1370,06	13,75
15	50,19	13,70	561,87	1387,01	13,76
16	50,26	13,76	579,74	1438,16	13,83
17	50,25	13,75	578,24	1434,74	13,82
18	50,20	13,71	562,38	1387,08	13,77
19	50,21	13,72	564,91	1390,53	13,78
20	50,32	13,86	643,17	1557,85	13,94
21	50,31	13,85	639,74	1554,74	13,93
22	50,32	13,84	637,14	1545,31	13,92

Tabel 4.8 Hasil perhitungan GGL Induksi ( $E_a$ ) pada PLTA Panglima Besar Soedirman (lanjutan)

Waktu Hari ke-	Frekuensi (Hz)	Tegangan Terminal (kV)	Arus Eksitasi (A)	Arus Generator (A)	GGL Induksi (kV)
23	50,37	13,90	686,93	1645,25	13,99
24	50,39	13,89	684,14	1619,16	13,98

25	50,28	13,80	608,24	1451,03	13,87
26	50,30	13,81	614,74	1473,43	13,88
27	50,29	13,82	617,01	1499,41	13,90
28	50,28	13,79	607,24	1450,92	13,86
29	50,31	13,83	631,27	1504,30	13,91
30	50,34	13,87	647,78	1566,22	13,95
31	50,36	13,88	651,87	1571,10	13,96

#### 4.6.2.1 Hubungan GGL Induksi ( $E_a$ ) Terhadap Arus Eksitasi ( $I_f$ )



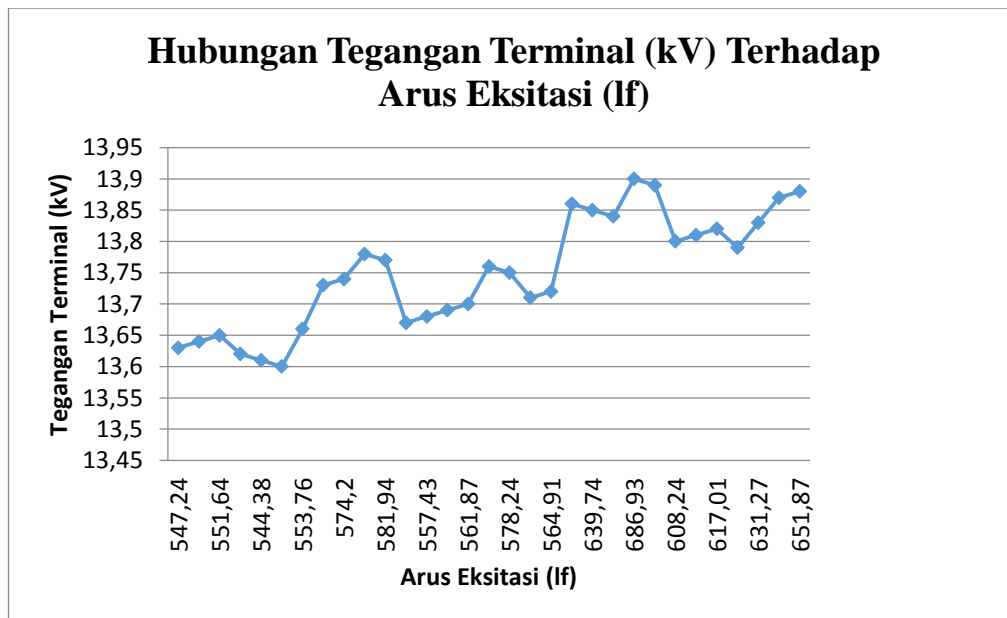
Gambar 4.11 Grafik Hubungan GGL Induksi (Ea) Terhadap Arus Eksitasi (If)

Ketika mengalami perubahan pada nilai arus eksitasi di generator, maka akan terlihat pengaruh hubungan GGL Induksi (Ea) terhadap arus eksitasi (If) pada generator sinkron di PLTA Panglima Besar Soedirman. Berdasarkan grafik 4.11 di atas menunjukkan hubungan GGL induksi (Ea) Terhadap arus eksitasi (If) bahwa semakin besar arus eksitasi (If) maka nilai GGL induksi (Ea) juga akan semakin besar. Dimana pada grafik di atas menunjukkan nilai GGL induksinya tertinggi yaitu mencapai 13,99 kV dengan arus eksitasinya sebesar 686,93 A pada hari ke 23, sedangkan nilai terendahnya yaitu 13,66 kV dengan arus eksitasi sebesar 543,13 A pada hari ke 6. Pada kecepatan putaran magnet mempengaruhi pada nilai GGL induksi, oleh karena itu ketika nilai GGL induksi turun, maka dapat dinaikkan dengan cara memperbesar arus eksitasi. Sehingga akan mempercepat putaran medan magnet dan nilai pada GGL induksi akan menjadi naik.



Pada grafik di atas juga menunjukkan adanya fluktuasi, dimana nilai GGL induksi ( $E_a$ ) yang mengalami penurunan dan kenaikan secara tiba-tiba. Hal ini disebabkan adanya perubahan nilai pembebanan yang diberikan setiap waktunya terhadap kebutuhan beban. Akibat adanya perubahan nilai pembeban tersebut sehingga mempengaruhi nilai dari arus eksitasi ( $I_f$ ).

#### 4.6.2.2 Hubungan Tegangan Terminal (kV) Terhadap Arus Eksitasi ( $I_f$ )



Gambar 4.12 Grafik Hubungan Terminal (kV) Terhadap Arus Eksitasi ( $I_f$ )

Dengan berubahnya nilai pada arus eksitasi juga akan terlihat hubungan antara tegangan terminal (kV) terhadap arus eksitasi ( $I_f$ ) pada generator sinkron di PLTA Panglima Besar Soedirman. Berdasarkan grafik 4.12 di atas menunjukkan hubungan tegangan terminal (kV) terhadap arus eksitasi ( $I_f$ ) pada PLTA Panglima Besar Soedirman bahwa naiknya arus eksitasi akan mengakibatkan tegangan terminal menjadi naik, hal ini berarti arus eksitasi sangat berguna untuk menjaga

agar tegangan terminal tetap stabil. Dimana pada grafik di atas menunjukkan nilai tegangan terminal tertinggi mencapai 13,9 kV dengan nilai arus eksitasi sebesar 686,93 A. Sedangkan pada nilai terendahnya mencapai 13,6 kV dengan nilai arus eksitasi sebesar 543,13 A. Tegangan terminal generator terjadi diakibatkan karena adanya kumparan yang berputar di dalam medan magnet sehingga menimbulkan GGL induksi, ketika nilai tegangan terminal yang mulanya rendah dikarenakan perubahan beban, dapat dinaikkan yaitu dengan cara memperbesar arus eksitasi sehingga akan mempercepat putaran pada medan magnet yang akan menjadikan nilai tegangan terminal menjadi naik. Terlihat bahwa hubungan antara tegangan terminal terhadap arus eksitasi yaitu berbanding lurus.

Dalam sistem penyediaan tenaga listrik mempunyai presentase standar yang telah ditetapkan. Dimana pada PLN bahwa titik suplai presentasinya berkisaran +5% dan -10% sedangkan menurut ANSI berkisaran +4% dan 4% dalam kondisi normal (Tobing,2010).

Untuk mengetahui nilai presentase tegangan suplai pada generator sinkron di PLTA Panglima Besar Soedirman menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% = \frac{V_{out} \text{ Generator}}{\text{Rated Voltage}} \times 100\% \dots\dots\dots(4.2)$$

Setelah melakukan perhitungan tersebut dengan menggunakan rumus di atas dan didapatkan hasilnya, dari hasil tersebut dikurangi 100% agar diperoleh presentase tegangan suplai. Hasil dari presentase tegangan suplai generator sinkron tersebut apakah sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan PLN maupun ANSI.

Berikut ini perhitungan dari rumus di atas dengan menggunakan spesifikasi dari generator dan tabel 4.10 operasi harian pada PLTA Panglima Besar Soedirman. Dimana dari spesifikasi generator diketahui *rated voltagenya* sebagai berikut:

$$\text{Rated Voltage} = 13.8 \text{ kV} = 13800 \text{ V}$$

Data dari tabel 4.10 diketahui sebagai berikut:

- Data hari pertama:  $V_{out} \text{ generator} = 13,63 \text{ kV} = 13630 \text{ V}$

Maka diperoleh

$$\begin{aligned} \% &= \frac{V_{out} \text{ Generator}}{\text{Rated Voltage}} \times 100\% \\ &= \frac{13630}{13800} \times 100\% \\ &= 98,79\% \\ &= -1,21\% \text{ (kurang dari } 100\%) \end{aligned}$$

Jadi, hasil dari perhitungan di atas pada hari pertama nilai presentase *supply* di PLTA Panglima Besar Soedirman yaitu sebesar -1,21%

- Data hari kedua:  $V_{out} \text{ generator} = 13,64 \text{ kV} = 13640 \text{ V}$

Maka diperoleh

$$\begin{aligned} \% &= \frac{V_{out} \text{ Generator}}{\text{Rated Voltage}} \times 100\% \\ &= \frac{13640}{13800} \times 100\% \end{aligned}$$

$$= 98,84\%$$

$$= -1,16\% \text{ (kurang dari 100\%)}$$

Jadi, hasil dari perhitungan di atas pada hari pertama nilai presentase *supply* di PLTA Panglima Besar Soedirman yaitu sebesar -1,16%

- Data hari ketiga:  $V_{out} \text{ generator} = 13,65 \text{ kV} = 13650 \text{ V}$

Maka diperoleh

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

$$= \frac{13650}{13800} \times 100\%$$

$$= 98,91\%$$

$$= -1,09\% \text{ (kurang dari 100\%)}$$

Jadi, hasil dari perhitungan di atas pada hari pertama nilai presentase *supply* di PLTA Panglima Besar Soedirman yaitu sebesar -1,09%

- Data hari keempat:  $V_{out} \text{ generator} = 13,62 \text{ kV} = 13620 \text{ V}$

Maka diperoleh

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

$$= \frac{13620}{13800} \times 100\%$$

$$= 98,69\%$$

$$= -1,31\% \text{ (kurang dari 100\%)}$$

Jadi, hasil dari perhitungan di atas pada hari pertama nilai presentase *supply* di PLTA Panglima Besar Soedirman yaitu sebesar -1,31%

- Data hari kelima:  $V_{out} \text{ generator} = 13,61 \text{ kV} = 13610 \text{ V}$

Maka diperoleh

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

$$= \frac{13610}{13800} \times 100\%$$

$$= 98,62\%$$

$$= -1,38\% \text{ (kurang dari 100\%)}$$

Jadi, hasil dari perhitungan di atas pada hari pertama nilai presentase *supply* di PLTA Panglima Besar Soedirman yaitu sebesar -1,38%

Untuk perhitungan presentase tegangan *supply* generator sinkron pada hari ke-6 hingga hari ke-31 dapat dilakukan dengan menggunakan rumus persamaan yang sama seperti diatas. Dari perhitungan yang telah dilakukan sehingga dapat dibuat tabel seperti berikut ini.

Tabel 4.9 Presentase Tegangan *Supply* Generator Sinkron di  
PLTA Panglima Besar Soedirman

Hari ke	Vout Generator (KV)	Presentase Tegangan <i>Supply</i>
1.	13,63	-1,21%
2.	13,64	-1,16%
3.	13,65	-1,09%
4.	13,62	-1,31%
5.	13,61	-1,38%
6.	13,60	-1,45%
7.	13,66	-1,02
8.	13,73	-0,51%
9.	13,74	-0,44%
10.	13,78	-0,15%
11.	13,77	-0,22%
12.	13,67	-0,95%
13.	13,68	-0,87%
14.	13,69	-0,8%
15.	13,70	-0,73%
16.	13,76	-0,29%
17.	13,75	-0,37%

18.	13,71	-0,66%
-----	-------	--------

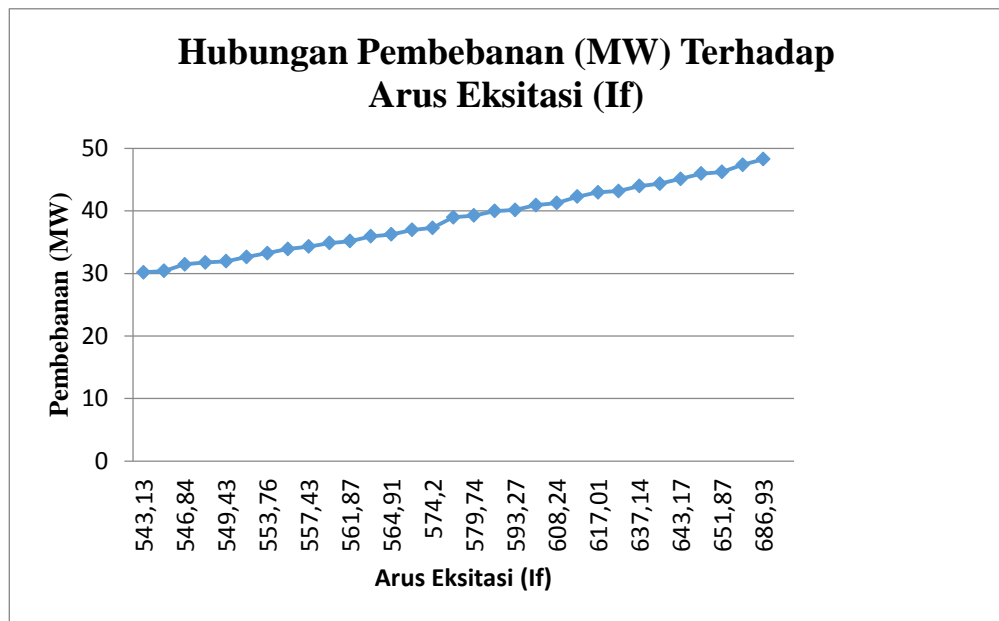
Tabel 4.9 Presentase Tegangan *Supply* Generator Sinkron di  
PLTA Panglima Besar Soedirman

Hari ke	Vout Generator (KV)	Presentase Tegangan <i>Supply</i>
19.	13,72	-0,58%
20.	13,86	+0,45%
21.	13,85	+0,36%
22.	13,84	+0,28%
23.	13,90	+0,72%
24.	13,89	+0,65%
25.	13,80	+0%
26.	13,81	+0,07%
27.	13,82	+0,14%
28.	13,79	-0,08%
29.	13,83	+0,21%
30.	13,87	+0,5%
31.	13,88	+0,57%

Berdasarkan tabel 4.12 di atas dapat dilihat nilai presentase fluktuasi tegangan *supply* pada generator sinkron di PLTA Paglima Besar Soedirman selama melakukan penelitian. Dari perhitungan dan data operasi harian generator sinkron

di atas, dapat disimpulkan bahwa performa generator sinkron di PLTA Panglima Besar Soedirman masih bekerja dalam keadaan aman sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh PLN dan ANSI.

#### 4.6.2.3 Hubungan Pembebanan (MW) Terhadap Arus Eksitasi (If)



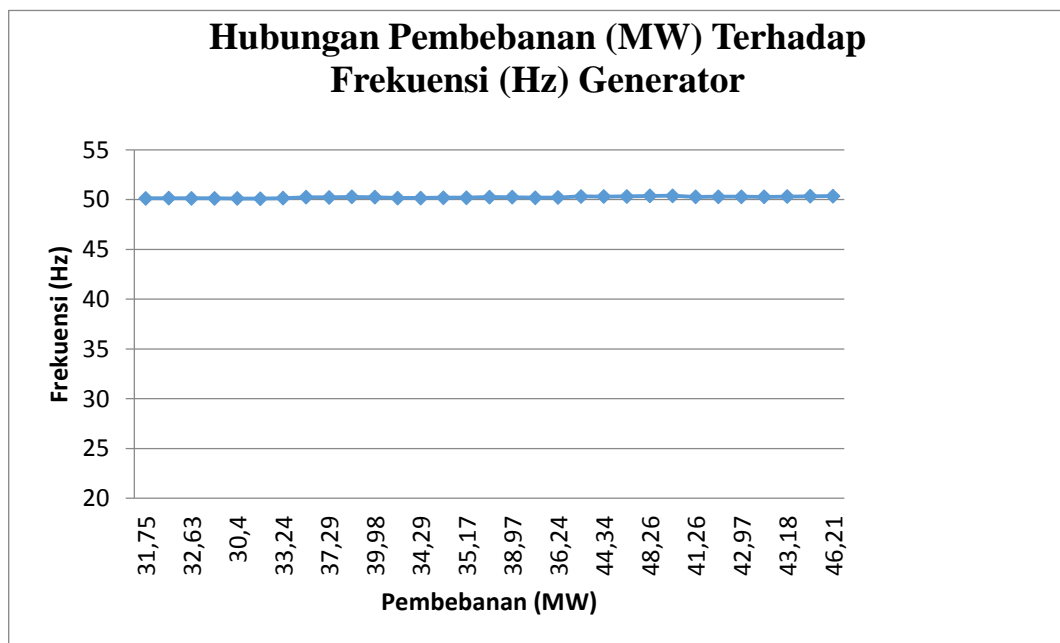
Gambar 4.13 Grafik Hubungan Pembebanan (MW) Terhadap Arus Eksitasi (If)

Arus eksitasi dan tegangan terminal sangatlah berkaitan dengan pembebanan. Hal ini dikarenakan apabila pembebanan menjadi naik, maka tegangan jaringannya akan turun. Turunnya tegangan jaringan juga akan mengakibatkan turunnya tegangan terminal. Oleh sebab itu dibutuhkanlah penambahan arus eksitasi agar tegangan terminalnya masih berada pada nilai nominalnya. Dari grafik 4.13 di atas menunjukkan bahwa semakin besar nilai pembebanan (MW), maka nilai pada arus eksitasi (If) yang disuplai generator sinkron juga akan naik. Hal tersebut dilakukan agar tegangan terminal menjadi stabil.



Pada grafik 4.13 operasi harian PLTA panglima Besar Soedirman tanggal 28 Mei – 27 Juni tahun 2018 nilai pembebanan terendahnya mencapai 30,17 MW dan nilai eksitasinya sebesar 543,13 A pada hari ke 6 sedangkan nilai tertinggiya mencapai 48,26 MW dengan nilai eksitasinya sebesar 686,93 A pada hari ke 23. Ketidak tetapan pada nilai pembebanan tersebut dikarenakan pembebanan yang mengalami perubahan setiap waktunya dari kebutuhan pembebanan.

#### 4.6.2.4 Hubungan Pembebanan (MW) Terhadap frekuensi (Hz) Generator



Berdasarkan grafik 4.14 di atas pada hubungan pembebanan (MW) terhadap frekuensi (Hz) generator pada PLTA Panglima Besar Soedirman, bahwa nilai frekuensinya yaitu relatif stabil pada angka 50 Hz. Dimana nilai tertinggiya

mencapai 48,26 MW dengan nilai frekuensi sebesar 50,37 Hz dan nilai terendahnya 30,17 MW dengan nilai frekuensinya sebesar 50,10 Hz. Dari grafik di atas juga menunjukkan perubahan pembebanan akan mempengaruhi nilai pada frekuensi, namun tidak terjadi perubahan yang signifikan. Dimana nilai frekuensinya masih tetap stabil pada angka 50 Hz. Nilai frekuensi harus dijaga agar tetap stabil, karena apabila terjadi perubahan pada nilai frekuensi maka akan berdampak juga pada perubahan kecepatan putaran motor. Kualitas listrik yang baik mempunyai frekuensi yang tetap stabil, oleh sebab itu nilai frekuensi harus tetap dikontrol agar tetap stabil sehingga tidak melebihi nilai ketetapan yang sudah ditentukan.