

## **BAB II**

### **SISTEM EKSITASI STATIS PLTA BAKARU**

#### **2.1 Umum**

Sistem eksitasi generator sinkron adalah pemberian arus searah pada belitan medan yang terdapat pada rotor. Apabila kumparan medan yang telah diberi eksitasi diputar dengan kecepatan tertentu, maka kumparan yang terdapat pada stator akan terinduksi oleh fluks-fluks magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan sehingga akan dihasilkan tegangan listrik bolak-balik. Besarnya tegangan yang dihasilkan tergantung kepada besarnya arus eksitasi dan putaran yang diberikan pada rotor. Semakin besar arus eksitasi dan putaran, maka akan semakin besar tegangan yang akan dihasilkan oleh sebuah generator.

Diakibatkan kumparan medan terletak pada rotor yang berputar, maka dibutuhkan satu metode untuk menghubungkannya. Penggunaan slip ring dan sikat adalah salah satu solusinya. Penggunaan slipring dan sikat menimbulkan masalah karena menambah biaya perawatan mesin serta menyebabkan rugi-rugi daya yang cukup besar akibat adanya drop tegangan. Untuk mengatasi masalah ini maka digunakanlah penguatan statis.

Berdasarkan cara penyaluran arus searah pada rotor generator sinkron, sistem eksitasi terdiri atas dua jenis yaitu sistem eksitasi dengan

menggunakan sikat (brush excitation) dan sistem eksitasi tanpa sikat (brushless excitation).

Sistem eksitasi dengan menggunakan sikat terbagi atas:

- a. Sistem Eksitasi Konvensional (menggunakan generator arus DC)
- b. Sistem Eksitasi Statis

Sedangkan sistem eksitasi dengan tanpa sikat terdiri atas:

- a. Sistem eksitasi dengan menggunakan baterai
- b. Sistem eksitasi dengan menggunakan Permanent Magnet Generator

Untuk generator sinkron berkapasitas besar penguat tanpa sikat digunakan untuk mensuplai arus DC ke belitan medan yang terdapat pada rotor. Penguat tanpa sikat ini merupakan sebuah generator arus bolak-balik yang memiliki poros yang sama dengan generator sinkron. Generator penguat ini memiliki belitan jangkar di rotor dan belitan medan di stator. Keluaran dari generator penguat disearahkan oleh penyearah kemudian disuplai pada rotor generator sinkron.

## **2.2 Peralatan Yang Digunakan**

PLTA Bakaru menggunakan generator buatan Meidensha Corporation Japan. Generator ini menggunakan sistem eksitasi statis yang berfungsi untuk memberikan arus searah pada belitan medan pada rotor.

Spesifikasi generator yang digunakan pada PLTA Bakaru adalah sebagai berikut :

- Rated output : 70000 kVA
- Rated voltage : 11.0 kV
- Rated current : 3674 A
- Frequency : 50 Hz
- Power Factor : 0.9
- Speed : 500 rpm

#### Medan Generator

- No-load Excitation Voltage ( $U_f$ ) : 112 V
- No-Load Excitation Current ( $I_f$ ) : 435 A
- Nominal Excitation Voltage ( $U_{Fn}$ ) : 187 V
- Nominal Excitation Current ( $I_{Fn}$ ) : 725 A
- Max. Cont. Excitation Current : 755 A
- Max. Cont. Excitation Voltage : 195 V
- Nominal Ceiling Voltage ( $U_c$ ) : 446 V

#### Excitation System

- Name Manufacture : Meidensha
- Number : 2 units
- Type of System : Static ( YATXSR.441/881)
- Rated Excitation Capacity : 196 kW
- Rated Excitation Voltage : 245 V
- Rated Excitation Current : 800 A

### **2.2.1 Exciter Transformer (Transformator Eksitasi)**

Berfungsi untuk merubah tegangan dari terminal generator arus bolak-balik yang dibangkitkan untuk eksitasi melalui Thyristor converter. Secara prinsip trafo eksitasi mentransformasi tegangan terminal generator ke nilai yang dibutuhkan untuk mensuplai sirkuit converter. Tegangan sekunder transformator ditentukan oleh permintaan tegangan tertinggi sistem eksitasi dan oleh arus maksimum yang dibutuhkan lilitan penguatan generator. Spesifikasi yang digunakan pada PLTA Bakaru adalah sebagai berikut :

- Type : natural air cooling
- Rated Output capacity : 510 kVA
- Primary Voltage : 11 kV
- Secondary Voltage : 440 V
- Primary / Secondary Connection : star – delta
- Insulation Class : H
- Impedance : 9.88 %

### **2.2.2 Current Transformer (for excitation)**

Merupakan suatu komponen transformer yang berfungsi untuk menurunkan arus eksitasi. Berikut spesifikasi CT:

- Company's name : TOKO
- Number : 3 pcs / unit
- Type : Single Phase Molded Type
- Rated Voltage : 12 kV
- Rated Burden : 40 VA
- Ration : 5000 / 5 A

### 2.2.3 Potential Transformer

Merupakan suatu komponen yang berfungsi untuk menurunkan tegangan pada generator yang kemudian menghasilkan tegangan yang bisa di deteksi oleh AVR untuk mengetahui output generator. Berikut spesifikasi PT:

➤ Manufacture's name	: TOKO	
➤ Number	: 12 Pcs.	6 Psc.
➤ Type	: Single Phase	Molded type
➤ Rated Voltage	: 12 kv	12 kv
➤ Ration	:11000/110	11000/110

### 2.2.4 Thyristor

Tipe penyearah dari thyristor converter adalah jenis kontrol jembatan penuh 3 phasa. Terdapat 3 elemen paralel dan 1 elemen seri untuk lengan konverter. Elemen-elemen thyristor meliputi surge absorbers, fuse, dan gate pulse transformer diletakkan dalam satu kotak dan konverter terdiri dari 9 kotak. Berikut spesifikasinya:

➤ Type of Rectifier	: 3 phase full Bridge
➤ Thyristor	: 503 PA 160
➤ Reverse Voltage	: 1600 V
➤ Averige on State Current	: 500 A
➤ Number of Series	: 1
➤ Number of Parallel	: 3
➤ Cooling	: Forced Air

### **2.2.5 Field flashing**

Tegangan terminal generator penguatan – shunt tidak dapat dihasilkan sendiri karena tegangan sisa generator terlalu rendah. Untuk itu dibutuhkan suplai arus sentak dari sumber terpisah kepada lilitan penguatan selama sekitar 10 detik. Sekitar 20 % dari arus eksitasi tak berbeban generator diambil dari stasiun battere sebagai arus sentak. Arus di atas dapat menaikkan tegangan terminal generator ke nilai yang normal. Proses ini disebut juga sebagai initial excitation. Berikut spersifikasinya :

- Power Source : DC 110 V
- Current : 90 A , 10 Sec

### **2.2.6 Automatic Voltage Regulator**

AVR adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengatur atau menstabilkan tegangan keluaran yang di gunakan pada generator.

- Type : Solid State
- Range of Voltage adjuster : -20 -0 - + 10 %
- Range of Manual Adjuster : 30-105 %
- Number of cells in one set : 90 cells
- Rated capacity : 400 Ah
- Rated changing current : 80 A

Prinsip kerja dari AVR adalah mengatur arus penguatan (excitacy) pada exciter. Apabila tegangan output generator di bawah tegangan nominal tegangan generator, maka AVR akan memperbesar arus penguatan (excitacy) pada exciter. Dan juga sebaliknya apabila tegangan output Generator melebihi tegangan nominal generator maka AVR akan

mengurangi arus penguatan (excitacy) pada exciter. Input AVR adalah tegangan terminal generator dan arus yang berada pada titik netral belitan stator.

Output dari AVR adalah sinyal kontrol yang meng-energise kontrol phasa dari thyristor. Error signal diolah di gerbang jembatan thyristor dimana bertindak merubah output jembatan thyristor untuk menjaga arus penguatan untuk menghasilkan tegangan generator kembali normal.

#### Optional Equipment of AVR

a. Armature Overcurrent Limiter (OCL)

Unit ini menyediakan proteksi terhadap over current di armatur selama beban lebih di generator.

b. Lagging Reactive Power Limiter (LAG VARL)

Ketika daya reaktif lagging meningkat melewati Lag Var Limit, LAG VARL menurunkan arus eksitasi secara otomatis sehingga daya reaktif lagging kembali ke batas normal.

c. Leading Reactive Power Limiter (LEAD VARL)

Ketika daya reaktif leading meningkat melewati batasan, LEAD VARL menambah arus eksitasi secara otomatis sehingga daya reaktif leading kembali ke batas normal.

d. Power Slip Stabilizer (PSS)

Unit ini berfungsi untuk meningkatkan performa power system dynamic.

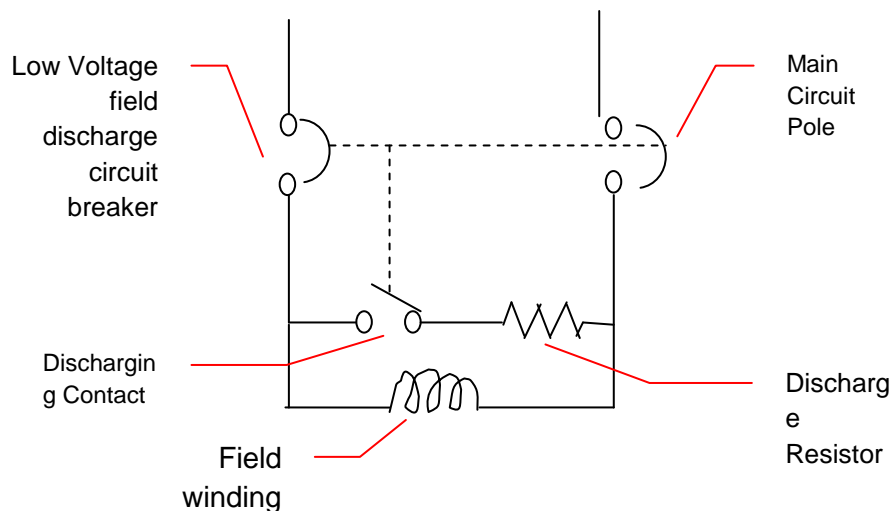
e. Automatic Power Factor Regulator (APFR)

Dengan menggunakan kontrol daya reaktif (AQR) yang terletak di papan sirkuit, power factor generator secara otomatis dikontrol dengan men-set “B” dari  $Q = BP$ .

### 2.2.7 Sistem Pemutus Tenaga Medan

Pemutus tenaga medan memiliki dua fungsi, yaitu :

- Kontak utama, Berfungsi untuk membuka kontak dan pengisian penguatan tegangan.
- Discharge kontak, Untuk menghilangkan induksi transien tegangan tinggi pada waktu kontak membuka yang mana untuk mencegah dielectric tegangan tembus pada peralatan.



Gambar 2.1 Kerangka pemutus tenaga medan

### 2.2.8 Power Supply Unit

Sumber tenaga untuk kontrol sistem eksitasi disuplai dari 2 unit yaitu battere dan arus DC yang disearahkan untuk meningkatkan keandalan dari sumber tenaga kontrol. Berikut spesifikasinya :

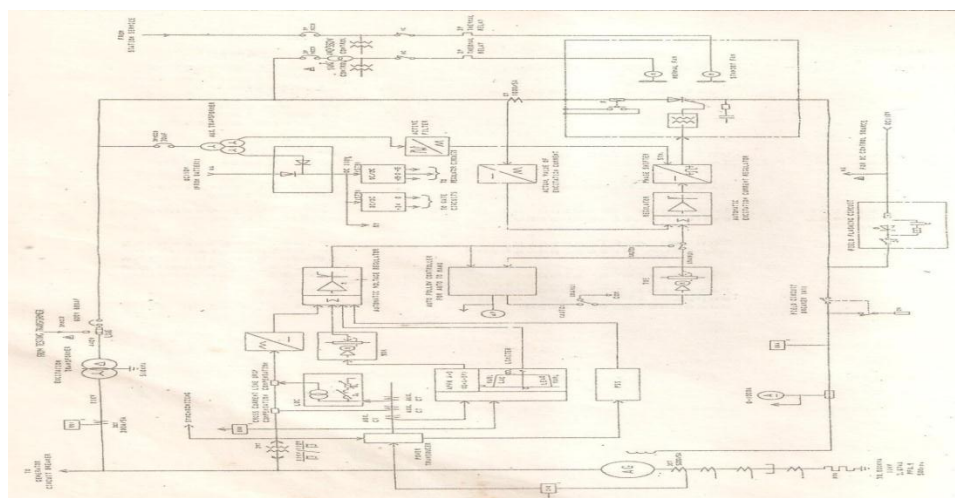


- Manufaktur : Yuasa battery
- Number : 1 set
- Type : Ni-Cd Alkaline
- Number of cells in one set : 90 cells
- Rated capacity : 400 Ah

## 2.3 Operasional Sistem Eksitasi Statis PLTA Bakaru

Sistem eksitasi statis PLTA Bakaru menggunakan peralatan eksitasi yang tidak bergerak (static) artinya peralatan eksitasi tidak ikut berputar bersama dengan rotor generator sinkron.

Sistem eksitasi statis (static excitation system) PLTA Bakaru atau disebut self excitation PLTA Bakaru merupakan sistem eksitasi yang tidak memerlukan generator tambahan sebagai sumber eksitasi generator utama. Sumber eksitasi pada sistem ini berasal dari tegangan output generator itu sendiri yang disearahkan terlebih dahulu menggunakan penyearah thyristor. Blok diagram umum sistem eksitasi statis PLTA Bakaru adalah berikut :



Gambar 2.2 Static Excitation Block Diagram

Dalam kondisi *normal starting generator* terdapat 7 *sequence starting*, dimana proses eksitasi berada pada urutan kelima. Dalam *sequence* eksitasi terdapat 2 mode, yakni mode AVR dan MVR. Untuk mode AVR (posisi setter 90R) terdapat beberapa urutan penyalaan sebagai berikut:

- 1) Pada saat putaran turbin mencapai 80 % dari putaran nominal yaitu sekitar 400 rpm, maka suplai DC 110 Volt, 90 A, masuk ke kumparan eksitasi rotor untuk memberikan *flashing current* selama maksimal 10 detik, tergantung dari tegangan terminal generator. Jika *flashing current* lebih dari 10 detik maka akan dideteksi sebagai gangguan. Fungsi *flashing current* adalah untuk membangkitkan tegangan terminal awal generator.
- 2) Setelah tegangan terminal generator mencapai  $\pm 80$  % tegangan normal yaitu sekitar 8,8 kV maka sirkuit eksitasi awal dari baterai lepas dan eksitasi selanjutnya dihasilkan dari trafo eksitasi. Kontrol arus eksitasi dilakukan oleh AVR bersama komponen lainnya.
- 3) Saat tegangan terminal generator mencapai  $\pm 11$  kV maka *sequence* eksitasi selesai.

Keseluruhan *sequence* eksitasi (mode AVR) di atas berlangsung kurang dari 7 detik. Dimana semua langkah di atas haruslah berurutan, berarti langkah 2 tidak dapat dieksekusi jika langkah 1 belum selesai. Setiap gangguan dalam *sequence* ini dapat memancing relay 86-1 aktif.

Mode MVR atau *Manual Voltage Regulator* digunakan dalam kondisi *line charging*. Kondisi *line charging* adalah proses pengisian tegangan ke sistem transmisi setelah terjadi *black out*. Pada kondisi *black out*, saluran

transmisi memiliki daya reaktif yang besar akibat dari efek kapasitif saluran transmisi.

Mode MVR ditentukan oleh posisi manual setter 70E. Perbedaan mode MVR dan mode AVR adalah pada mode MVR arus eksitasi dapat diatur secara manual oleh operator dengan memperhatikan tegangan terminal generator. Range kontrol MVR adalah 30 – 105 % dari arus eksitasi maximum.