



**MODUL MATA KULIAH  
TRANSMISI DAYA ARUS SEARAH  
ELT.521/2 SKS**

Penyusun :

1. *Drs. Bambang Trisno, MSIE.*
2. *Drs. Edy Burnawi Fik Han*
3. *Ir. Chris Timotius*

Program Studi : **LISTRIK TENAGA**  
Jurusan : **PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO**

KERJASAMA PPPG TEKNOLOGI BANDUNG  
dengan  
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN  
INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
BANDUNG  
1995

## MODUL 1

### TRANSMISI ARUS SEARAH (DC)

#### POKOK BAHASAN : FUNGSI, MANFAAT DAN KELEMAHAN TRANSMISI ARUS SEARAH

##### Tujuan Umum :

*Mahasiswa memiliki pengetahuan mengenai peralatan, fungsi, manfaat dan kelemahan dari transmisi arus searah (DC) serta perbandingannya dengan transmisi arus bolak-balik (AC).*

##### Tujuan Khusus :

- 1). Mahasiswa mampu menjelaskan peralatan, fungsi, manfaat dan kelemahan transmisi Arus Searah
- 2). Mahasiswa mampu menguraikan penggunaan Transmisi Arus Searah dan Arus Bolak - balik.

##### Petunjuk Pengerjaan :

1. Untuk membahas modul ini diharapkan mahasiswa telah menguasai konsep-konsep dasar Rangkaian Listrik (Segi Tiga Daya) , Transmisi Arus Bolak Balik (AC) dan Gardu Induk tenaga listrik.
2. Pemahaman dan pemecahan masalah modul ini, diharapkan membuka buku-buku pustaka yang disarankan sebagai buku pegangan.
3. Setelah membahas bagian ini, kerjakan soal yang ada pada lembaran Tugas.

##### Buku Pegangan

1. Adamson, C, And N. G. Hingorani, *High Voltage Direct Current Power Transmission*, Garraway Ltd., London, 1969.
2. B.L. Theraja, *Electrical Technology*, Prentice-Hall Indian 1988 (Hal 1031 sd. selesai)
3. Arismunandar, *Teknik Tenaga Listrik*, Jilid 2 ,Pradnya Paramita, Jakarta, 1989.
4. B.M Weedy, *Power Electric*, Wiley and Son, halaman 397, New York 1985.
5. William D. Stevenson, *Analisa Sistem Tenaga*, Jakarta-Erlangga 1987.

## MATERI :

### **Pendahuluan**

Pengiriman daya arus bolak balik dan arus searah dalam jumlah kapasitas besar (lebih atau sama dengan 500 kV) untuk jarak jauh (jarak kritisnya antara 550 - 750 km) memiliki beberapa keuntungan dan kelemahan. Terutama untuk arus bolak balik (AC) meskipun reaktansi-reaktansi induktif seri dapat dikurangi dengan menggunakan kapasitor-kapasitor seri sepanjang saluran (line) sehingga batas stabilitas daya dapat ditingkatkan, namun pertimbangan ekonomis disini sangat penting. Sebab untuk rentang dan panjang transmisi diatas 550 - 750 km memungkinkan penggunaan arus searah (DC) lebih ekonomis dan ini pun didukung oleh biaya pemakaian peralatan yang murah.

### **Manfaat Transmisi Arus Searah**

Dalam hal ini terdapat dua hal alasan pemanfaatan arus searah untuk rentang transmisi jarak jauh . Yaitu sebagai berikut:

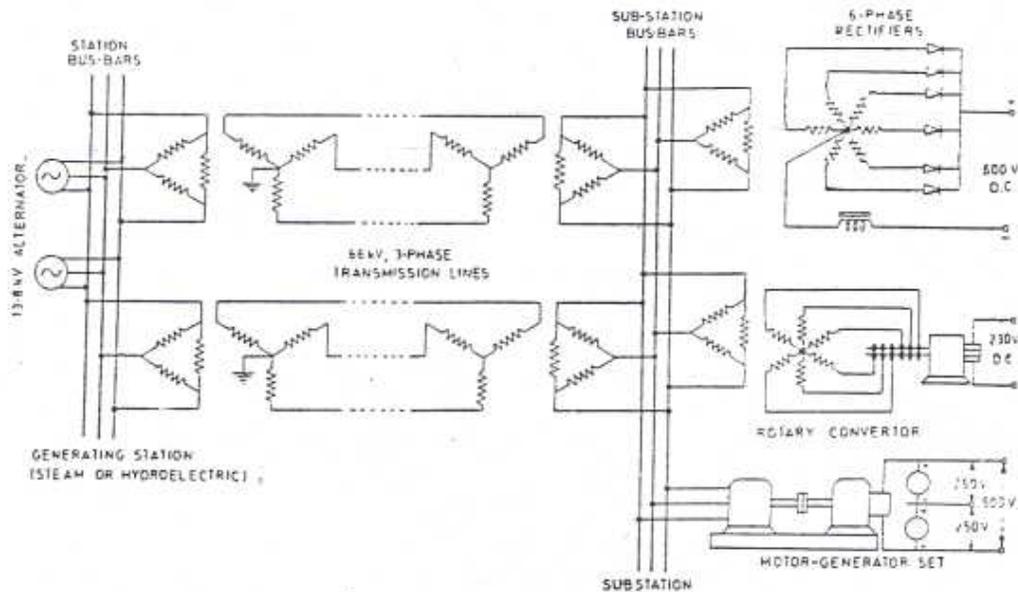
- a. Transmisi arus searah dengan kabel-kabel bawah tanah biasanya digunakan pada daerah-daerah yang lingkungannya tidak memungkinkan pemakaian transmisi udara (Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)). Seperti kabel-kabel bawah laut yang melintasi selat.  
Sebagai contoh berikut ini suatu perbandingan antara pemakaian arus Bolak-balik dan Arus Searah untuk kabel-kabel bawah tanah.  
Enam rentang kabel 275 kV, berpenampang 3 inch<sup>2</sup> dalam dua kelompok yang masing-masing terdiri dari tiga kabel dalam formasi horizontal (lebar total trench 5,2 m) dalam tanah yang mempunyai resistivitas 120<sup>0</sup> C cm/W memiliki suatu kapasitas Arus Bolak-balik 1520 MVA. Kemudian dibandingkan dengan dua kabel Arus Searah 500 kV memiliki kapasitas 1600 MW dengan lebar Trench hanya 0,68 m.
- b. Untuk interkoneksi sistem transmisi yang berkapasitas besar dan melalui link-link berkapasitas kecil. Sehingga bila terjadi perbedaan frekuensi antara kedua sistem besar itu , disamping keperluan sistem pengendalian transfer daya untuk lin arus searah, maka untuk hal ini digunakan link Asinkron atau fiexsibel untuk mengatasinya.

Keuntungan lainnya dari pemanfaatan arus searah ini (DC) adalah :

Kerugian Korona pada lin DC untuk tegangan yang sama pada harga puncak atau ekuivalen dengan tegangan AC adalah jauh lebih kecil dibanding lin AC. Hal ini penting bukan saja karena menghindari kerugian daya, tetapi juga karena terhindar dari interferensi yang ditimbulkan seperti yang terjadi pada saluran-saluran radio dan televisi pada lin AC.

Dalam penelitian-penelitian menunjukkan bahwa tingkat gangguan pada suatu sistem AC dan sistem DC yang beroperasi, maka link-link yang menggunakan sistem

AC: banyak mengalami gangguan dibanding sistem DC. Hal ini terjadi akibat perubahan daya MVA pada interkoneksi jarak jauh yang melebihi kemampuan CB - CB (Circuit Breaker = Pemutus Tenaga (PMT)) yang terpasang. Berikut ini adalah salah satu jenis rangkaian sistem tenaga DC yang diperoleh dari perubahan (konversi) daya AC.



Gambar 1. Jaringan sistem DC hasil perubahan sistem AC

### Kelemahan Transmisi Arus Searah

Adapun kelemahan dari penggunaan Arus Searah pada Transmisi jarak jauh adalah :

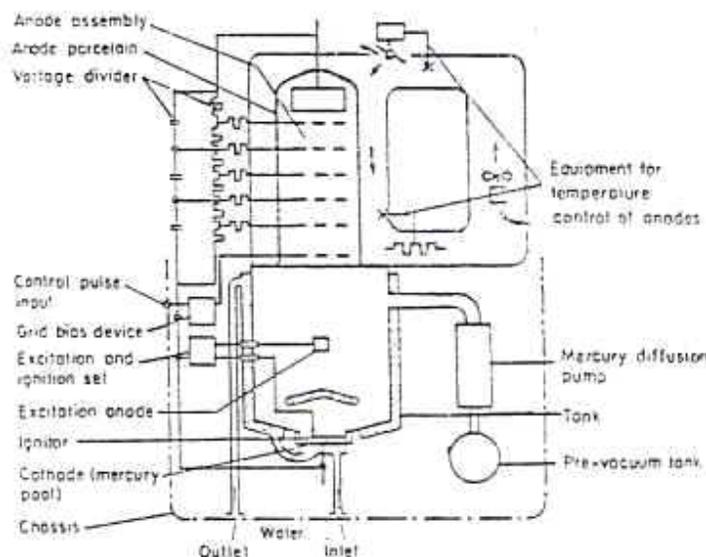
- a. Semakin banyak kondisi pemutusan rangkaian apabila arus tidak menjadi nol yaitu dua kali satu siklus. Maka switching tidak dilakukan pada link DC namun dipengaruhi dengan penggunaan rectifier-rectifier dan inverter-inverter terminal. Sehingga hal ini sangat membatasi pembentukan suatu sistem DC yang terinterkoneksi dengan tee-junction. Meskipun pemecahan hal ini dapat dilakukan melalui multiple-links dengan stasiun konverter yang dihubungkan secara seri maupun paralel satu sama lain serta menggunakan katup-katup sebagai switch-switch. Namun pertimbangan-pertimbangan ekonomis akan menjadi persoalan penting.

- b. Transformasi tegangan harus dilakukan pada sisi AC.
- c. Rectifier dan Inverter menyerap daya reaktif dan ini harus dipasang secara lokal.
- d. Stasiun-stasiun konversi DC jauh lebih mahal dibandingkan substasiun-substasiun AC konvensional.

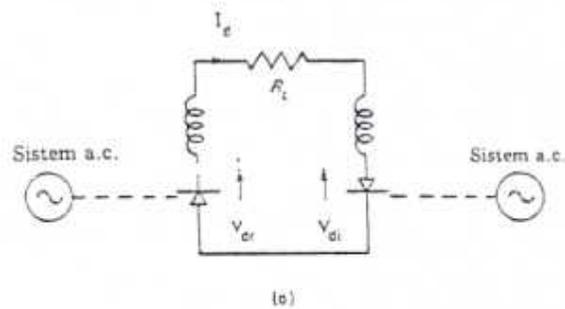
Sebagai penjelasan, bahwa pada masa lalu konversi tegangan-tinggi menggunakan katup busur mercury (*Mercury-arc valve*). Hal ini dimungkinkan karena beberapa persyaratan berikut :

- (a). Alat ini harus mampu menahan tegangan-tegangan puncak invers yang tinggi antara katoda dan anoda pada saat tidak melakukan konduksi.
- (b). Apabila suatu tegangan negatif yang kecil dikenakan pada grid, katup tersebut tidak boleh melakukan konduksi dengan tegangan positif pada anoda. Waktu pengapian harus dapat dikontrol secara akurat dengan menggunakan grid itu.
- (c). Busur antara anoda dan katoda harus stabil dan tidak mengalami self-quenching.

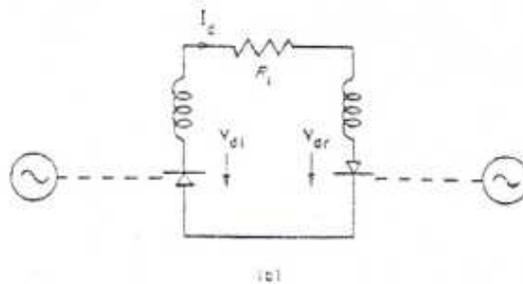
Selama bertahun-tahun telah dilakukan penelitian untuk mengembangkan katup-katup untuk tegangan tinggi yang digunakan pada link-link transmisi. Gambar berikut ini (Gambar. 3 (a) dan (b)) merupakan diagram bentuk dasar katup-katup yang dimaksud.



Gambar 2. Penampang Katup Busur Mercury



Gambar 3 (a). Penyajian simbolik dua sistem arus AC yang dihubungkan dengan sebuah link arus DC  $V_{dr}$  = Tegangan searah pada Rectifier,  $V_{di}$  = tegangan searah pada inverter.



Gambar 3. (b) Sistem seperti pada (a) tetapi aliran daya dibalik

Pada sistem-sistem yang lebih baru digunakan Thyristor-thyristor solid state, namun dalam modul ini tidak akan dibahas.

Pada ujung-ujung lin DC diperlukan sebuah konverter yang bekerja sebagai rectifier atau penyearah (AC ke DC) atau sebagai inverter (transfer daya dari DC ke AC) Katup-katup pada sisi pengirim suatu link menyearahkan arus AC untuk menyediakan arus DC yang disalurkan ke inverter. Selanjutnya di sisi penerima

ini arus DC diubah kembali menjadi arus AC yang kemudian diumpankan ke dalam sistem AC yang disambungkan (Gambar 3.a). Ini perlu karena arus searah hanya dapat mengalir ke satu arah (anoda ke katoda dalam katup-katup). Sehingga untuk membalikkan arah (atau tanda) daya, arah tegangan harus dibalikkan.

Bentuk gelombang arus AC disuntikkan oleh inverter ke dalam sisi penerima sistem AC dan diambil oleh rectifier dalam bentuk trapesium. Dengan demikian akan menghasilkan bukan saja suatu gelombang sinus fundamental tetapi juga harmonik dari suatu order yang tergantung dari jumlah katup. Untuk sebuah jembatan enam katup ordernya adalah  $6n \pm 1$ , yaitu 5, 7, 11, 13 dan seterusnya. Filter-filter digabungkan untuk menyelaraskan harmonik sampai yang kedua puluh - lima. Dengan semakin besarnya rating-rating thyristor maka semakin banyak katup merkuri yang dapat digantikan dengan thyristor. Dalam modul ini istilah 'katup' diartikan sebagai pemakaian peralatan 'solid state'.

### Tugas

- 1). Setelah selesai membaca modul ini, tugas saudara adalah mencoba melakukan beberapa studi banding untuk penggunaan transmisi Arus Searah di Indonesia. Apakah Keperluan transmisi DC sudah mendesak dibutuhkan di Indonesia? Berikan alasan.
- 2). Buatlah jaringan lain untuk perubahan Transmisi AC menjadi transmisi DC? Serta jelaskan pula peralatan atau komponen - komponen yang dipergunakan dalam transmisi arus searah.