

**MODUL PEMBELAJARAN**

**KODE : MTK 15**

# **PANEL BUSBAR**

BIDANG KEAHLIAN : KETENAGALISTRIKAN  
PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK TRANSMISI



PROYEK PENGEMBANGAN PENDIDIKAN BERORIENTASI KETERAMPILAN HIDUP  
**DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN**  
**DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH**  
**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**  
**2003**

## KATA PENGANTAR

Bahan ajar ini disusun dalam bentuk modul/paket pembelajaran yang berisi uraian materi untuk mendukung penguasaan kompetensi tertentu yang ditulis secara sequensial, sistematis dan sesuai dengan prinsip pembelajaran dengan pendekatan kompetensi (*Competency Based Training*). Untuk itu modul ini sangat sesuai dan mudah untuk dipelajari secara mandiri dan individual. Oleh karena itu walaupun modul ini dipersiapkan untuk peserta diklat/siswa SMK dapat digunakan juga untuk diklat lain yang sejenis.

Dalam penggunaannya, bahan ajar ini tetap mengharapkan asas keluwesan dan keterlaksanaannya, yang menyesuaikan dengan karakteristik peserta, kondisi fasilitas dan tujuan kurikulum/program diklat, guna merealisasikan penyelenggaraan pembelajaran di SMK. Penyusunan Bahan Ajar Modul bertujuan untuk menyediakan bahan ajar berupa modul produktif sesuai tuntutan penguasaan kompetensi tamatan SMK sesuai program keahlian dan tamatan SMK.

Demikian, mudah-mudahan modul ini dapat bermanfaat dalam mendukung pengembangan pendidikan kejuruan, khususnya dalam pembekalan kompetensi kejuruan peserta diklat.

Jakarta, 01 Desember 2003  
Direktur Dikmenjur,

Dr. Ir. Gator Priowirjanto  
NIP 130675814

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
PETA KEDUDUKAN MODUL .....	iv
I PENDAHULUAN .....	1
A. Deskripsi .....	1
B. Prasyarat .....	2
C. Petunjuk Penggunaan Modul .....	3
D. Tujuan Akhir.....	4
E. Standar Kompetensi.....	5
F. Cek Kemampuan .....	7
II PEMBELAJARAN .....	8
A. RENCANA BELAJAR SISWA .....	8
B. KEGIATAN BELAJAR. ....	8
<b>KEGIATAN BELAJAR 1</b> .....	10
A. Tujuan Kegiatan .....	10
B. Uraian Materi .....	10
C. Rangkuman .....	20
D. Tes Formatif .....	20
E. Jawaban Tes Formatif .....	20
F. Lembar Kerja .....	21
<b>KEGIATAN BELAJAR 2</b> .....	22
A. Tujuan Kegiatan .....	22
B. Uraian Materi .....	22
C. Rangkuman .....	36
D. Tes Formatif .....	36
E. Jawaban Tes Formatif .....	37
F. Lembar Kerja .....	38

<b>KEGIATAN BELAJAR 3</b>	38
A. Tujuan Kegiatan .....	38
B. Uraian Materi .....	38
C. Rangkuman .....	45
D. Tes Formatif .....	45
E. Jawaban Tes Formatif .....	45
F. Lembar Kerja .....	46
<b>KEGIATAN BELAJAR 4</b>	47
A. Tujuan Kegiatan .....	47
B. Uraian Materi .....	47
C. Rangkuman .....	65
D. Tes Formatif .....	65
E. Jawaban Tes Formatif .....	65
F. Lembar Kerja .....	66
III EVALUASI .....	67
KUNCI JAWABAN .....	68
IV PENUTUP .....	71
DAFTAR PUSTAKA .....	72
LAMPIRAN	

**I. PENDAHULUAN 1**

**DESKRIPSI MODUL 1**

**PRASYARAT 2**

**PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL 3**

**TUJUAN AKHIR 4**

**STANDAR KOMPETENSI 5**

**TES AWAL 7**

**II. PEMBELAJARAN 8**

**A. Rencana Belajar Peserta Diklat 8**

**B. Kegiatan Belajar 8**

**KEGIATAN BELAJAR 1 9**

**PENGANTAR TEORI BUS BAR**

**A. Sistim Busbar / ril 9**

**c. Rangkuman 1 20**

**b. Tugas 1 20**

**c. Tes Formatif 1 20**

**d. Kunci Jawaban Formatif 20**

**e. Lembar Kerja 1 21**

**KEGIATAN BELAJAR 2 22**

**APLIKASI BUSBAR PADA GARDU INDUK**

**A. Sistem Hubungan Rangkaian Sisi Primer 22**

**1. Busbar di Gardu Induk Penurun Tegangan 22**

**2. Gardu Induk Penaik Tegangan 24**

**B. Sistim Hubungan Rangkaian Sisi Sekunder 25**

**1. Gardu Induk Penurun Tegangan 25**

**2. Gardu Induk Penaik Tegangan 26**

**C. Sistim Hubungan Rangkaian Sisi Tersier 26**

- 1. Gardu Induk Penurun Tegangan 26**
- 2. Gardu Induk Penaik Tegangan 28**
- D. Sistim Hubungan Yang Lain 28**
  - 1. Sistim Hubungan Titik Netral 28**
- E. Sistim Hubungan Transformator Tegangan 29**
- F. Sistim Hubungan Arrester 29**
- G. Perlengkapan Gardu Induk 32**
- H. Peralatan Hubung, Switchgear 33**
  - 1. Saklar 33**
- a. Rangkuman Unit kegiatan belajar 2 36**
- b. Tugas 2 36**
- f. Kunci Jawaban Formatif 37**
- g. Lembar Kerja 2 37**
- KEGIATAN BELAJAR 3 38**
- KOMPONEN UTAMA BUSBAR**
  - A. Jenis busbar pemisah 38**
  - B. Posisi Peralatan 38**
  - C. Operasi Kerja Busbar Pemisah 39**

**D. Peralatan Penunjang yang Terkait dengan Busbar 42**

**E. Rangkuman Unit kegiatan belajar 3 45**

**F. Tugas 3 45**

**G. Tes Formatif 45**

**H. Kunci Jawaban Formatif 45**

**I. Lembar Kerja 3 46**

**KEGIATAN BELAJAR 4 47**

**PEMELIHARAAN BUSBAR**

**A. Persiapan Pengoperasian 47**

**C. Pemeliharaan Kelengkapan Lain Busbar 50**

**D. Persiapan Pengoperasian Pemeliharaan Kseluruhan 53**

i. mberian tegangan kembali dilakukan setelah ada perintah dari Piket.

**E . Pelaksanaan Pemeliharaan 54**

**F. Pemeliharaan Komponen yang Terkait dengan Busbar 57**

**1. JADWAL HARIAN 58**

**2. JADWAL MINGGUAN 59JADWAL BULANAN 60**

**4. JADWAL SETIAP 6 BULANAN 60**

**5. JADWAL TAHUNAN 61**

**6. JADWAL LEBIH DARI SATU TAHUN 63**

**G. Rangkuman Unit kegiatan belajar 4 65**

**H. Tugas 4 65**

**I. Tes Formatif 65**

**J. Kunci Jawaban Formatif 65**

**K. Lembar Kerja 4 66**

**III. EVALUASI 67**

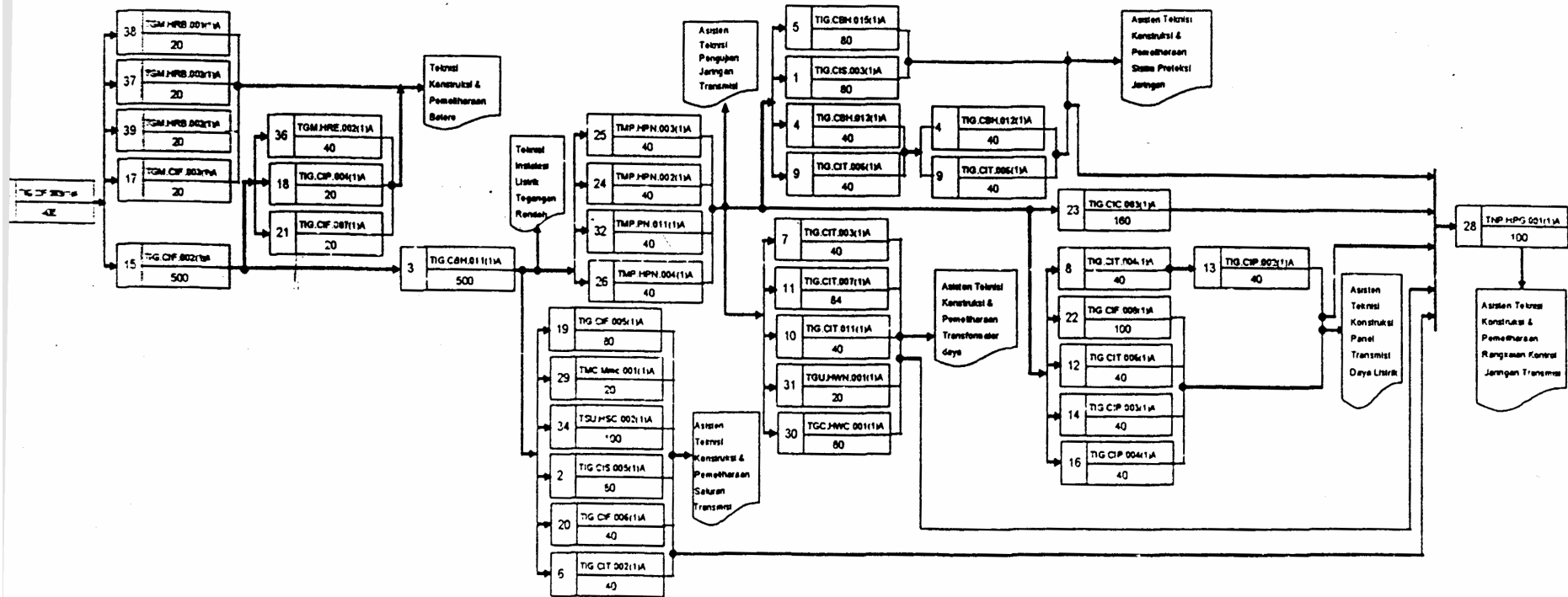
**KUNCI JAWABAN 68**

**IV. PENUTUP 71**

**DAFTAR PUSTAKA 72**



## PETA KEDUDUKAN MODUL



**Keterangan :**

Nomor Kompetensi dari daftar keseluruhan kompetensi program keahlian teknik  = Outlet

← Nomor Kode Kompetensi  
 ← Jam Pencapaian Kompetensi

## **I. PENDAHULUAN**

### **DESKRIPSI MODUL**

Modul ini secara formal diberi judul “Pemeliharaan Busbar” yang didalamnya memuat secara sistematis tentang pengertian busbar, komponen-komponen, cara pengoperasian sampai pada langkah-langkah pemeliharaan yang harus dilakukan. Substansi materi yang ditonjolkan bersifat teoritis praktis dengan prosentase praktis jauh lebih besar. Materi modul terkait erat dengan materi modul yang lain seperti, PMT dan Pemisah, serta Gardu Induk. Diharapkan peserta diklat setelah mempelajari struktur modul dengan benar dapat melakukan praktek kerja lapangan yang sesuai atau mempunyai kompetensi yang memadai apabila diterjunkan parkatek kerja di Gardu Induk. Manfaat kompetensi materi ini secara makro dapat bekerja sebagai operator di Gardu induk atau industri terkait lainnya.

Pengetahuan : Memahami secara komprehensif pemeliharaan bus bar sebagai satu kestuan dari instalasi Gardu Induk

Keterampilan : Melakukan proses pemeliharaan dan pengukuran langsung bus bar di lapangan

Sikap : Mampu melakukan mengidentifikasi berbagai peralatan sesuai SOP yang ada

## **PRASYARAT**

Untuk mempelajari modul ini diharapkan siswa telah memperoleh mata diklat :

1. Gambar Listrik
2. Instalasi Listrik Dasar
3. Standar Nasional Instalasi Listrik
4. Teknik Listrik

## **PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL**

### **1. Bagi Siswa**

- 📖 Unit modul ini hendaknya dipelajari sesuai urutan aktivitas yang diberikan yaitu setelah mempelajari isi materi pelajaran pada kegiatan belajar, kerjakan soal, soal pada latihan di bagian akhir setiap unit kegiatan belajar. Kemudian hasilnya dibandingkan dengan kunci jawaban yang ada.
- 📖 Sebaiknya modul ini dipelajari secara berkelompok , tetapi jika tidak memungkinkan sdr. Dapat mempelajari sendiri.
- 📖 Sdr harus mempelajari modul ini secara sistematis artinya sdr. dapat terus mempelajari unit berikutnya apabila bagian unit sebelumnya telah difahami dengan baik.

### **2. Bagi Guru**

Guru sebagai fasilitator perlu pula membaca modul dan memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- 📖 Unit modul ini terdiri dari beberapa unit kegiatan belajar.
- 📖 Sebelum membaca modul ini perlu difahami terlebih dahulu yakni tujuan pembelajaran dan satuan kompetensi yang harus dicapai
- 📖 Struktur modul terdiri dari pendahuluan yang meliputi tujuan, ruang lingkup, prasyarat, dan evaluasi. Kemudian bagian pembelajaran yang memuat secara detail materi yang harus diajarkan.

## **TUJUAN AKHIR**

Setelah mempelajari modul ini diharapkan peserta diklat :

1. Memahami dengan baik pengertian, peralatan utama, cara kerja dan pemeliharaan busbar dalam system tenaga listrik.
2. Mampu mengoperasikan busbar dalam ruang lingkup kerja tertentu
3. Dapat melakukan pemeliharaan busbar sesuai Standar Operasi Pekerjaan (SOP) industri

## **STANDAR KOMPETENSI**

Kode Kompetensi : TIG. CIP. 002 (1) A

Unit Kompetensi : Pemasangan Panel

Ruang Lingkup :

Unit Kompetensi ini berkaitan dengan pemahaman tentang prosedur pemeliharaan Bus Bar. Pekerjaan ini meliputi identifikasi peralatan bus bar, over haul PMS dan PMT serta peralatan lain dengan pengerjaan sesuai standar.

Sub Kompetensi 1 :

Memahami prosedur pemeliharaan bus bar

KUK :

1. Masing-masing komponen dapat diidentifikasi sesuai gambar dan teknik yang berlaku di pasaran tentang bus bar.
2. Prosedur/instruksi kerja pemeliharaan dapat dijelaskan sesuai dengan standar dengan baik dalam bidang teknik transmisi

Sub Kompetensi 2 :

Mempersiapkan pelaksanaan pemeliharaan bus bar

KUK :

1. Kebutuhan perlengkapan kerja untuk pemeliharaan diidentifikasi sesuai dengan kebutuhan pemeliharaan
2. Perlengkapan kerja untuk pemeliharaan disiapkan sesuai kebutuhan prosedur pemeliharaan

Sub Kompetensi 3 :

Melaksanakan pemeliharaan bus bar

KUK :

1. Kontak-kontak pemisah, jalur penghubung dan peralatan pelengkap bus bar lainnya dibongkar sesuai dengan rencana kerja
2. Peralatan-peralatan tersebut kemudian dibersihkan dan disesuaikan dengan standar
3. Peralatan yang telah dilakukan pemeliharaan dipasang kembali sesuai dengan rencana kerja dan prosedur kerja perusahaan.

Kode Modul : MTK 15

## **TES AWAL**

Untuk mengetahui sampai sejauh mana kesiapan awal peserta diklat berkaitan dengan materi modul ini, maka akan diajukan pertanyaan-pertanyaan berikut :

1. Jelaskan system hubungan yang ada pada gardu induk !
2. Jelaskan perbedaan pemisah dan PMT ?
3. Sebutkan komponen-komponen yang ada pada gardu induk yang satu sama lain saling berhubungan ?
4. Jelaskan perbedaan gardu induk dan gardu hubung ?



## **II. PEMBELAJARAN**

### **A. Rencana Belajar Peserta Diklat**

Rencana pembelajaran dilakukan dalam dua bentuk pertama dalam bentuk tatap muka di kelas yang diarahkan pada pencapaian kompetensi pemahaman selam 4 janm per minggu. Jenis pembelajaran ini menghabiskan 40 % dari seluruh kompetensi yang akan di capai. Sedangkan model pendekatan kedua adalah melakukan kegiatan lapangan baik dalam bentuk simulasi komputer maupun langsung ke lokasi/industri terkait seperti praktek kerja lapangan dan sebagainya.

### **B. Kegiatan Belajar**

Dalam tahap kegiatan belajar guru diharapkan dapat mendorong serta membangun iklim yang baik sehingga proses pembelajarn secara mandiri dapat berlangsung dengan benar sesuai dengan proses dan mekanisme standar sehingga dihasilkan sebuah produk kegiatan belajar yang optimal.

1. Kegiatan Belajar 1, Pengantar Teori Busbar
  - a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran : Setelah mempelejari modul ini diharapkan peserta diklat memahami secara komprehensif definisi, komponen, cara kerja dan pemeliharaan busbar.
2. Kegiatan Belajar 2, Aplikasi Busbar Pada Gardu Induk
  - a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran : Setelah me mpelajari unit kegiatan belajar 2 modul ini diharapkan peserta diklat memahami secara komprehensif tentang aplikasi bus secara umum di gardu induk
3. Kegiatan Belajar 3, Komponen Utama Busbar
  - a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran : Setelah mempelajari unit kegiatan belajar 2 modul ini diharapkan peserta diklat memahami secara komprehensif tentang peralatan-peralatan utama pada busbar.

4. Kegiatan Belajar 4, Pemeliharaan Busbar
  - a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran : Setelah mempelajari unit kegiatan belajar 4 modul ini diharapkan peserta diklat memahami secara komprehensif tentang pemeliharaan bus dengan seluruh komponen penunjangnya

# **KEGIATAN BELAJAR 1**

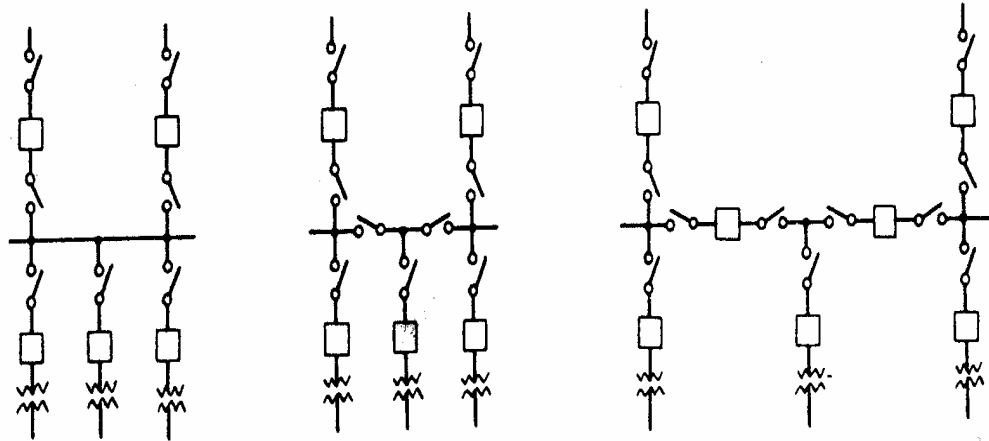
## **PENGANTAR TEORI BUS BAR**

### **A. Sistim Busbar / ril**

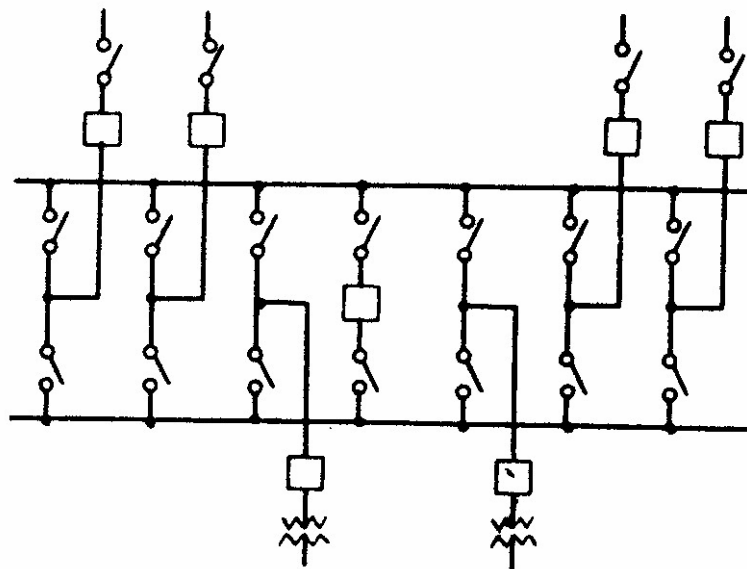
Semua peralatan G.I. dihubungkan pada dan mengelilingi busbar; corak dasar dari hubungan rangkaian dalam G.I. ditentukan oleh sistim busbarnya. Dalam sistim busbar ada busbar tunggal (single bus), busbar ganda (multiple bus) dan ring gelang (ring bus). Kadang-kadang busbar mungkin dapat dihilangkan sesuai dengan komposisi sistim tenaga listrik.

#### **1. Busbar Tunggal**

Busbar tunggal (Gbr.1(a)) adalah sistim Busbar yang paling sederhana. Karena hanya memerlukan sedikit peralatan dan ruang maka dari segi ekonomis sistim ini sangat menguntungkan. Sistim ini dipakai untuk G.I. skala kecil yang hanya mempunyai sedikit saluran keluar dan tidak memerlukan pindah-hubungan sistim tenaga. Namun, jika terjadi gangguan pada ril, isolator pada sisi ril, pemutus beban dan peralatan diantaranya, maka pelayanan aliran tenaga listrik akan terputus sama sekali. Jika dipandang perlu mencegah pemutusan pelayanan total, maka dipasang pemutus beban dan pemisah bagian (section) seperti pada Gbr.1 (b) dan 1 (c); komposisi dari sistim tenaga harus disesuaikan seperlunya.



Gambar. 1.1 Busbar Tunggal

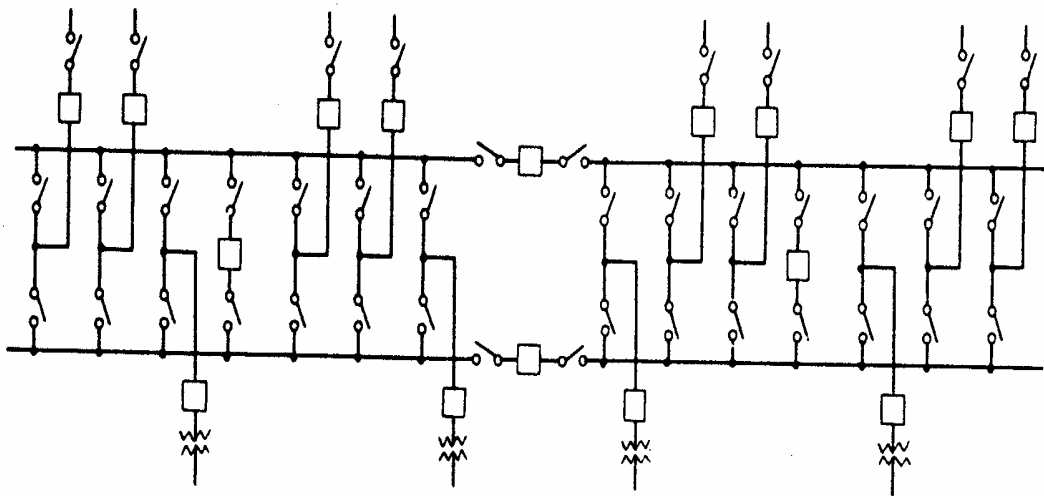


Gambar. 1.2 Busbar ganda Standar

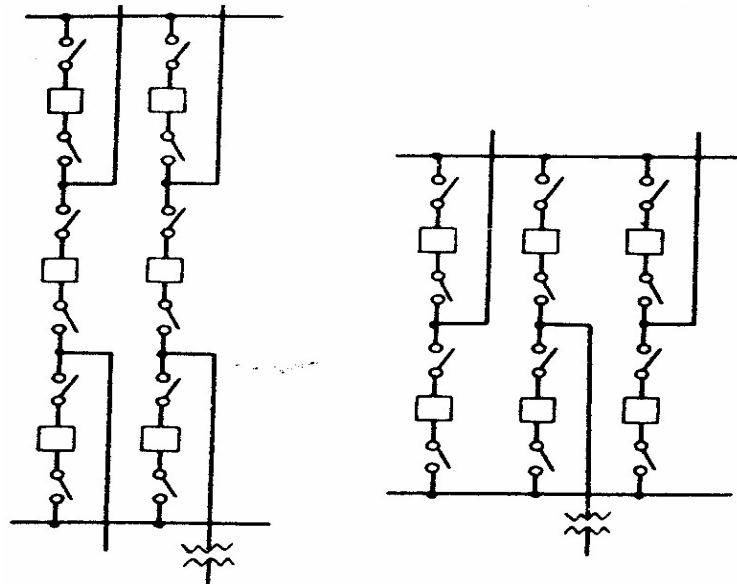
## 2. Busbar Ganda/ril ganda

Busbar ganda terdiri dari dua ril, tiga ril atau empat ril; kedua jenis terkahir ini tidak lazim dipakai. Gbr. 2 menunjukkan ril-rangkap standar, dengan pemutus beban penghubung ril yang dipasang di antara kedua ril tadi. Sistem ini memerlukan lebih banyak isolator, ril, bangunan konstruksi baja dan ruang

dibandingkan dengan ril tunggal. Tapi dengan ini pemeriksaan alat dan operasi sistim tenaga menjadi lebih mudah. Tidak bekerjanya satu ril tidak diikuti dengan tidak bekerjanya transformator atau saluran transmisi. Di Jepang bila dipakai saluran transmisi rangkap (*double circuit*), maka biasanya rangkaian pertama dihubungkan dengan ril A dan rangkaian kedua dengan ril B, sehingga beban kedua rangkaian itu seimbang. Dengan cara demikian maka dimungkinkan untuk membatasi pemutusan pelayanan dan arus hubung-singkat dengan membuka pemutus beban penghubung kedua ril itu bila gangguan terjadi pada salah satu rangkaian. Juga bila ril A dan ril B dikerjakan terpisah maka dimungkinkan beroperasinya sistim tenaga yang berlainan. Oleh karena itu sistim dua ril ini pada umumnya dipakai pada G.I. yang kedudukannya penting dalam sistim tenaga.

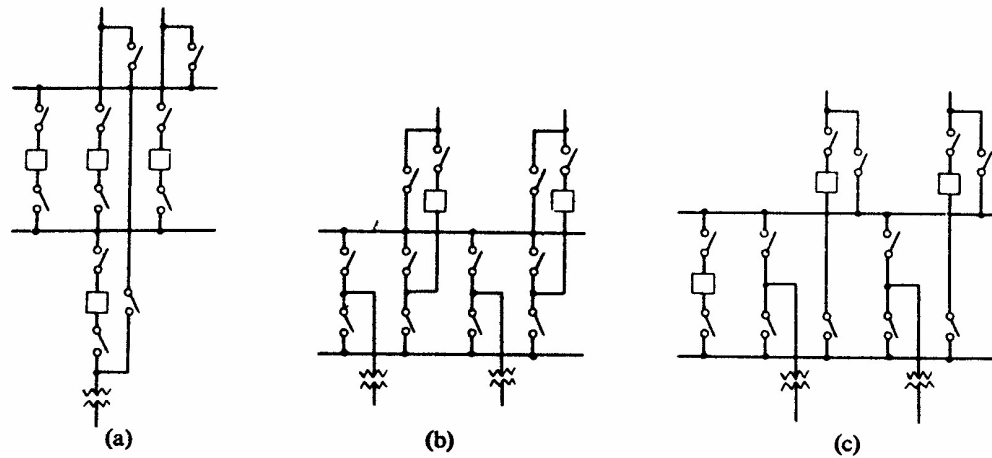


Gambar. 1.3 Busbar Rangkap (Sistim 4-Bagian)



Gambar. 1.4 Busbar rangkap

Pada G.I. di mana terdapat pemusatan banyak saluran transmisi dan dimana diperlukan keandalan yang sangat tinggi, maka dipasanglah pemutus beban bagian pada setiap ril seperti terlihat pada Gbr.1. 3. Di sini G.I. itu terbagi menjadi dua bagian yang bekerja terpisah, sehingga akibat-akibat gangguan pada ril dikurangi. Gbr.1.4 menunjukkan ril rangkap (ganda) jenis lain. Gbr. 1.4 adalah apa yang disebut sistim 2-pemutus-beban, dengan dua-ril standar (Gbr.1. 2), pada sistim ini saluran transmisi dan transformator tidak usah terhenti selama pemutus-tenaga diperiksa atau diperbaiki. Dan dalam keadaan gangguan ril, gangguan itu dapat ditiadakan dengan tidak mempengaruhi komposisi sistim tenaga. Di balik keuntungan-keuntungan tadi, sistim ini mempunyai kerugian-kerugian bahwa ia memerlukan banyak pemutus-tenaga, pemisah dan ruang serta sirkit kontrol dan pengamannya menjadi sangat kompleks. Oleh karena itu sistim ini sampai sekarang belum dipakai di Jepang.

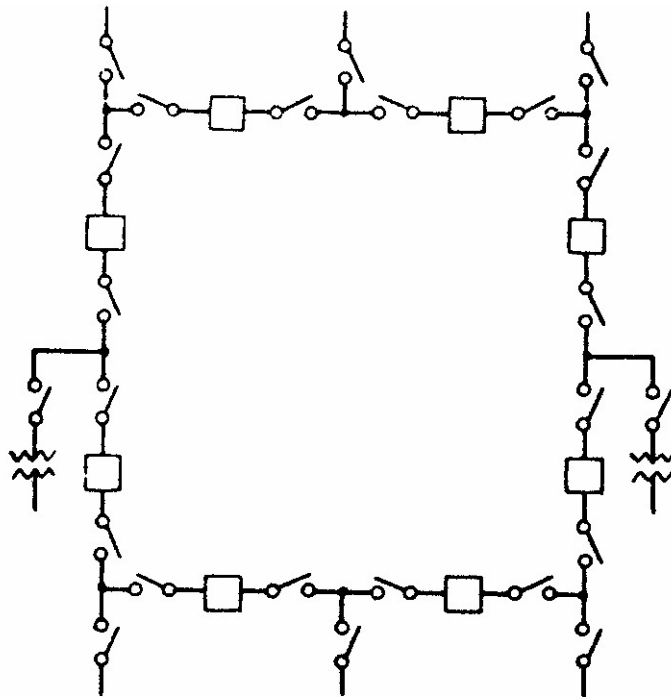


Gbr. 1.5 Busbar Rangkap (Sistim Inspeksi)

Gbr. 1.5 juga menunjukkan sistim dua-ril jenis lain, yang disebut sistim ril inspeksi (*inspection bus*) atau sistim ril pindah (*transfer bus*) atau sistim ril pembantu (*auxiliary bus*). Di sini sebuah ril, yaitu ril inspeksi tadi ditambahkan pada ril tunggal, sehingga memudahkan melakukan pemeriksaan (inspeksi) atas ril atau pemutus beban, meskipun ia tidak dapat bekerja seperti sistim dua-ril standar. Sistim ini juga dipakai untuk mengurangi jumlah pemutus-tenaga, jika jumlah rangkaian yang dihubungkan tidak banyak. Sistim ini dapat diperluas dengan mudah menjadi sistim dua-ril standar bila kelak jumlah sirkit hubungan menjadi besar.

### 3. Ril Gelang

Gbr. 6 adalah sebuah contoh ril gelang. Ril gelang hanya memerlukan ruang yang kecil dan baik untuk pemutusan sebagian dari pelayanan dan pemeriksaan pemutus beban. Sistim ini jarang dipakai di Jepang karena mempunyai kerugian bahwa dari segi operasi sistim tenaga ia tidak begitu leluasa seperti sistim rua-ril; lagi pula rangkaian kontrol dan pengamanannya menjadi lebih kompleks, dan kapasitas arus dari alat-alat yang terpasang seri harus lebih besar.

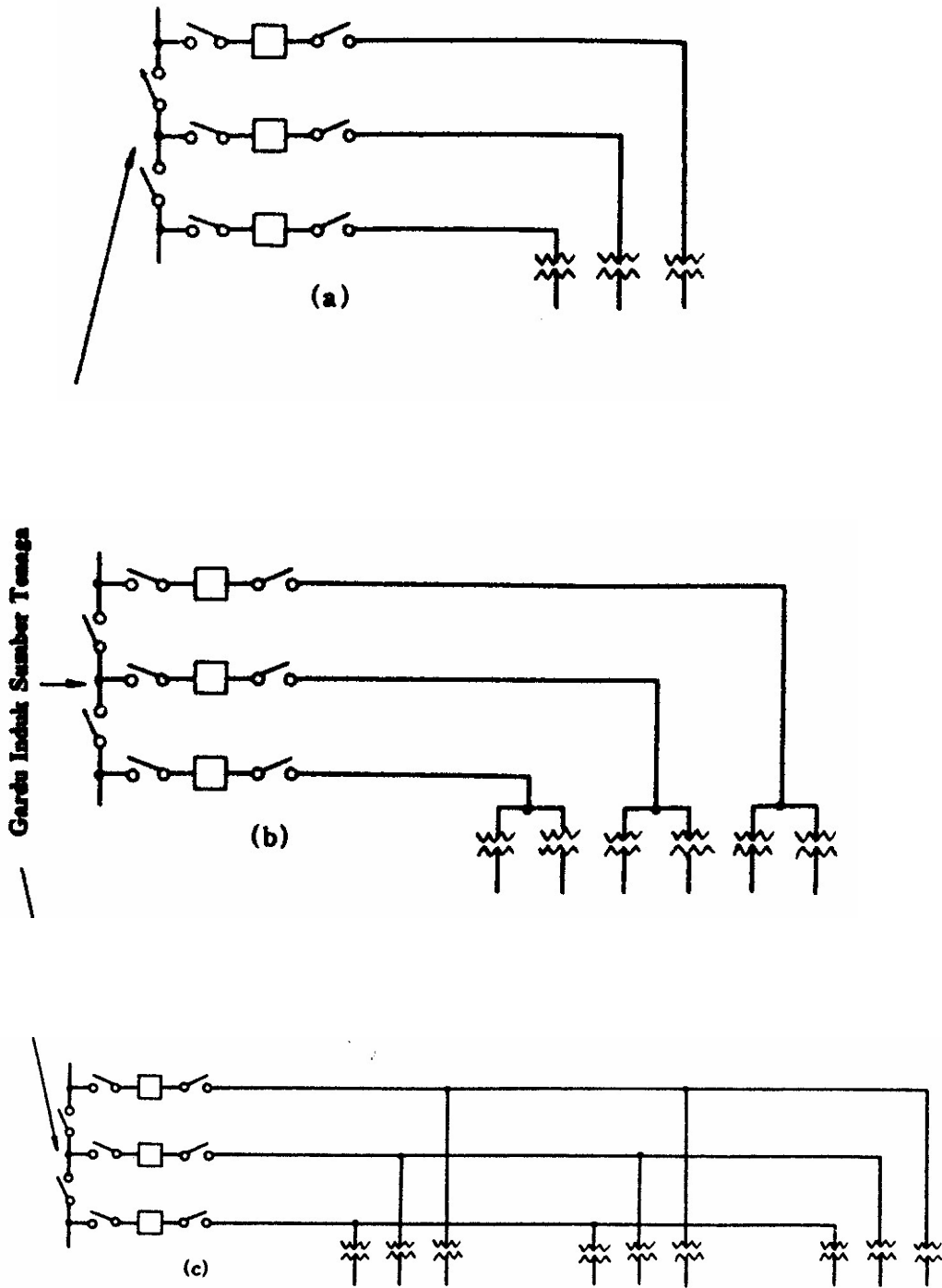


Gb.1.6 Busbar Gelang

#### 4. Sistem Tanpa Ril

Akhir-akhir ini, sistem unit (periksa Gbr.1.2) dengan menghilangkan ril mulai banyak dipakai karena adanya kemajuan dalam keandalan alat-alat, meluasnya sistem transmisi bawah tanah di kota-kota, dan penyederhanaan instalasi karena sukarnya memperoleh tanah.





Gb. 1.7 Sistem tanpa Busbar

## **1. Kebijakan dalam Pemilihan Sistem Hubungan Rangkaian**

Sistem hubungan harus dipilih secara ekonomis dan rasional, dengan memperhatikan:

(a) kebolehjadian (*probability*) gangguan, seringnya dilakukan pemeriksaan dan pembangunan untuk perluasan kelak, termasuk antara lain, keandalan alat-alat jenis G.I., keadaan sekitarnya, dan kecepatan kenaikan beban; dan (b) sukar atau mudahnya pemutusan pelayanan, termasuk faktor-faktor antara lain, komposisi sistem tenaga, seringnya bekerja dan derajat kepentingan G.I. itu, dan tingkatan pelayanan dalam daerah beban.

Karena sistem hubungan rangkaian dalam G.I. ini ada hubungannya dengan komposisi sistem tenaga dan sistem pengamanan ril, perlu dipilih hubungan rangkaian yang serasi dengan seluruh sistem tenaga. Hubungan rangkaian yang rumit dan tidak perlu harus dihindari. Hubungan rangkaian harus dibuat sesederhana mungkin dengan memakai peralatan yang keandalannya tinggi.

### **a. Pertimbangan dari Segi Gangguan**

Karena arus hubung-singkat harus diputuskan oleh pemutus-beban, untuk memisahkan sejauh mungkin bagian yang terganggu dari bagian sistem yang sehat, maka biasanya dipasang pemutus-beban pada setiap transformator, setiap saluran transmisi dan rangkaian di antara setiap ril. Namun dalam beberapa keadaan, adanya pemutus-beban mungkin hanya memberi keuntungan yang kecil saja pada operasi dan pengamanan. Oleh karena itu dalam perencanaan hubungan pemutus-beban, keseimbangan antara seringnya terjadi gangguan terhadap alat-alat yang diamankan dan terhadap pemutus-beban itu sendiri, berkurangnya mutu pelayanan tenaga listrik karena pemeriksaan pemutus tenaga dan pertimbangan ekonomi keseluruhan, harus diperhatikan, karena kadang-kadang ternyata bahwa beberapa pemutus tenaga dapat dihilangkan.

**b. Pertimbangan dari Segi Pemeriksaan**

Jika suatu alat akan mengalami pemeriksaan, pemisahny harus dibuka, dan alat itu terputus dari rangkaian. Dalam Gbr.1-6 pemisah pada kedua sisi pemutus beban adalah untuk pemeriksaan (*inspection*) pemutus beban itu. Kadang-kadang dipasang pula pemisah by-pass untuk pemeriksaan pemutus tenaga atau alat pengatur tegangan (*voltage regulator*). Namun, akhir-akhir ini dengan adanya perkembangan pada sambungan yang dapat dipindah dalam keadaan kerja (*hot-line removable terminal*) dan adanya kemajuan dalam keandalan peralatan, pemisah ini sudah mulai ditiadakan agar konstruksi G.I. menjadi lebih ekonomis. Untuk mengurangi pemutusam pelayanan tenaga akibat adanya pemeriksaan peralatan, maka harus dipertimbangkan pemakaian jumlah peralatan yang lebih banyak, misalnya trafo ganda (multi bank), saluran transmisi atau distribusi dengan rangkaian ganda atau ril rangkap. Karena sistim ini memerlukan investasi yang besar, perlu ditinjau tingkatan pelayanan (*service level*) dari daerah asuhan itu, karakteristik dari kebutuhan tenaga, dan seringnya dilakukan pemeriksanaan peralatan (termasuk saluran transmisi). Kemudian ditentukan sistim hubungan rangkaian G.I. yang rasional dan ekonomis dilihat dari segi keseluruhan sistim.

**c. Pertimbangan dari Segi Konstruksi**

Peralatan yang dipasang pada pembangunan tahap pertama jarang sekali merupakan peralatan yang sudah final. Dengan naiknya kebutuhan, transformator harus ditambah, Oleh karena itu, sejak permulaan proyek, sudah harus dipertimbangkan hubungan dan tata ruang (*lay-out*) peralatan sedemikian sehingga perluasan kelak dimungkinkan. Pada umumnya pemutusan pelayanan lebih sering terjadi pada ril tunggal dibandingkan dengan ril ganda. Tetapi, seperti sudah diterangkan di atas, harus ditinjau baik sukar atau mudahnya pemutusan pelayanan ataupun mudahnya konstruksi; kemudian baru dipilih sistim hubungan rangkaian yang cocok.

## **2. Peralatan Hubungan Pasangan Luar**

Saklar dengan trafo dan rel (busbar), penangkap petir dan sebagainya dapat dipasang diluar, atau dikebun switchgear pasangan luar pada dasarnya ada tiga macam :

### **a. Macam satuan (unit type)**

Macam ini merupakan satu unit yang dapat diperbanyak menurut kebutuhan. Rel elektrik tergantung, tegangan primer : 23-34,5 kV atau 46-49 kV. Konstruksi sederhana dan ongkos penanaman modal relatif lebih ringan. Gambar melukiskan salah satu contoh.

### **b. Macam Gelung**

Konstruksinya terdiri dari kisi-kisi atau batang-batang yang dihubungkan satu sama lain membentuk bangunan konstruksi tiang-tiang yang menopang rel elektrik, saklar, isolator, konduktor, penangkap petir, trafo ukur. Rel elektrik macamnya tergantung atau duduk. Sedangkan pemutus daya dan trafo tenaga dipasang di tanah. Konstruksi ini digunakan untuk tegangan lebih dari 90 kV tidak memerlukan ruangan banyak, tapi menggunakan konstruksi besi yang mahal.

### **c. Macam Pasangan di Tanah**

Konstruksi switchyard ini tidak banyak menggunakan konstruksi tiang besi untuk menopang rel elektrik dan alat lainnya. Alat dan rel elektriknya ditopang tidak berapa jauh dari atas tanah, sehingga secara keseluruhan ekonomis dalam penggunaan besi. Tiang besi hanya dipergunakan untuk saluran jala-jala masuk dan keluar.

Gardu induk ini adlaah dari macam : mixed phase. Penghematan dalam pemindahan tanah didapat dengan jalan mengaturnya secara bertangga. Sentral elektrik dijalankan dari jauh (remote control) dari suatu ruangan pengontrol tunggal, baik untuk sentral elektrik maupun untuk gardu induk luar. Letaknya dekat pada gardu induk luar. Energi elektrik disalurkan melalui dua saluran transmisi 150 kV, satu ke Jakarta (Cawang) dan yang lainnya ke Bandung (Cigereleng). Di Cawang dan Cigereleng tegangan diturunkan menjadi 70 kV, untuk dibagikan pada jaringan setempat (dari brochure : Jatiluhur).

**c. Rangkuman 1**

Busbar sebagai salah satu peralatan penting di GI mempunyai persoalan teknik yang cukup rumit terutama hal ini berkaitan dengan proses pemeliharaan yang harus dilakukan secara prosedural. Semua peralatan G.I. dihubungkan pada dan mengelilingi busbar; corak dasar dari hubungan rangkaian dalam G.I. ditentukan oleh sistem busbarnya. Dalam sistem busbar ada busbar tunggal (single bus), busbar ganda (multiple bus) dan ring gelang (ring bus). Kadang-kadang busbar mungkin dapat dihilangkan sesuai dengan komposisi sistem tenaga listrik.

**b. Tugas 1**

1. Jelaskan peralatan apa saja yang ada di GI yang terkait dengan bus bar ?
2. Lakukan pengamatan langsung terhadap busbar di lapangan kemudian lakukan identifikasi komponen terkait langsung ?

Buat laporan teknis yang berkaitan dengan proses pemeliharaan rutin dari lapangan (GI)

**c. Tes Formatif 1**

1. Sebutkan jenis-jenis standar busbar yang ada selama ini ?
2. Sebutkan fungsi utama dari PMT dan PMS
3. Jelaskan perbedaan mendasar busbar tunggal dan rangkap !

**d. Kunci Jawaban Formatif**

1. Busbar meliputi : busbar tunggal, busbar rangkap dan busbar gelang
2. PMT : berfungsi untuk memutuskan busbar yang terhubung dengannya dalam keadaan berbeban
3. PMS : memutuskan seluruh busbar yang terhubung dengannya dalam keadaan off load.
4. Busbar tunggal terdiri dari komponen penghubung keluar masuk hanya satu bagian , sehingga jenis ini cocok untuk GI dengan skala kecil

Busbar rangkap terdiri dari dua bagian system yang dua arah, mempunyai konektor in/out ganda atau double

**e. Lembar Kerja 1**

Untuk melakukan pengayaan substansi materi yang telah disajikan, maka peserta diklat wajib melakukan tugas terstruktur yakni melakukan survey lapangan terhadap industri terkait. Untuk itu peserta didik setelah tuntas dengan modul diharuskan secara langsung cek in lapangan dan mengisi form berikut :

No	Uraian Kegiatan	Kompetensi/Subkompetensi yg akan dicapai	Tempat	Pembimbing Lapangan

## **KEGIATAN BELAJAR 2**

### **APLIKASI BUSBAR PADA GARDU INDUK**

#### **A. Sistem Hubungan Rangkaian Sisi Primer**

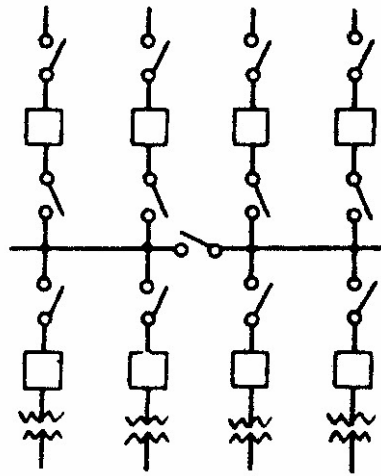
Dalam G.I. pada umumnya rangkaian tenaga disebut sebagai rangkaian primer, sekunder dan tersier, sesuai dengan arah aliran tenaga. Pada gardu induk penurun tegangan (step-down substation) urutan tegangannya adalah tegangan tinggi, tegangan menengah dan tegangan rendah. Pada G.I. penaik tegangan (step-up) sisi primernya adalah rangkaian tegangan generator, sisi sekundernya adalah rangkaian tegangan transmisi, dan jika transformatornya mempunyai lilitan tersier, maka inilah yang merupakan sisi tersiernya.

#### **1. Busbar di Gardu Induk Penurun Tegangan**

Pada G.I. di mana dihubungkan banyak saluran penghubung (*tie line*), banyak dipakai sistem dua-busbar standar. Kadang-kadang dipakai juga pemutus beban bagian (*section circuit breaker*) pada busbar, jika direncanakan banyak saluran transmisi pada perluasan kelak (Gbr.1.3). Jika saluran transmisinya hanya berjumlah kira-kira 4 rangkaian, busbar tunggal dengan pemisah bagian (*section disconnect switch*) sering dipakai (lihat Gbr.2.1). Jika kelak diharapkan banyak rangkaian hubungan, maka busbar rangkap (atau busbar tunggal yang kelak dapat diubah menjadi ril rangkap) kadang-kadang dipakai juga. Pemutus beban kadang-kadang ditiadakan atau sistem ril inspeksi seperti yang dipakai.

Jika saluran transmisinya terdiri dari dua rangkaian dipakai ril tunggal (seperti Gbr.2.1) dan pemutus beban pada saluran keluar atau pemutus beban bagian (*section circuit breaker*) dapat ditiadakan. Gbr.2.1 dan (b) pada umumnya dipakai

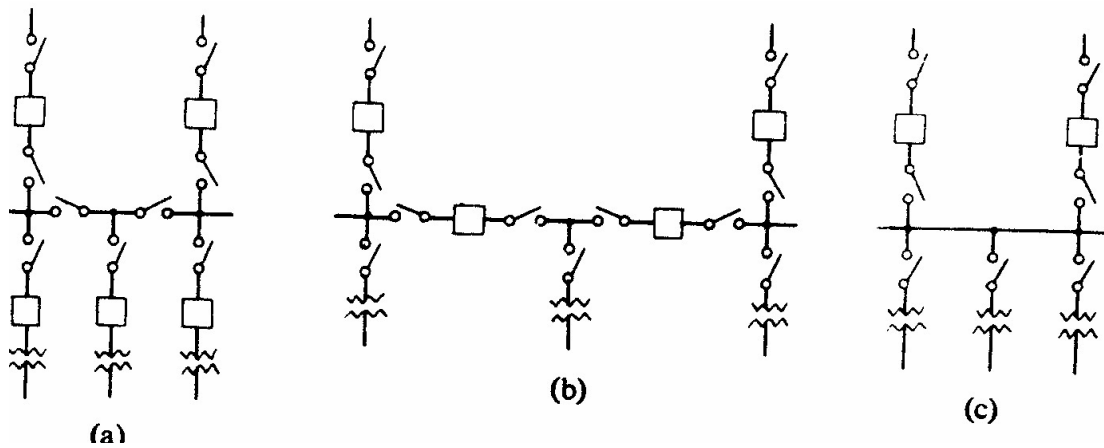
untuk sistem penerima rangkaian rangkap paralel atau sistem penerima rangkaian tertutup (*loop*). Gbr.9(c)-(e) dipakai untuk sistem penerima rangkaian tunggal. Perbandingan antara kedua sistem itu diperlihatkan dalam Tabel 2. Ini adalah contoh-contoh untuk 3 transformator; untuk 2 transformator, sistem dari Gbr..2.1 berubah menjadi seperti Gbr..2.2 dan untuk satu transformator sistem dari Gbr.2.1, (e) berubah menjadi seperti Gbr.2.2 dan (c). Sistem penerima rangkaian tunggal umumnya berbentuk seperti Gbr.2.2



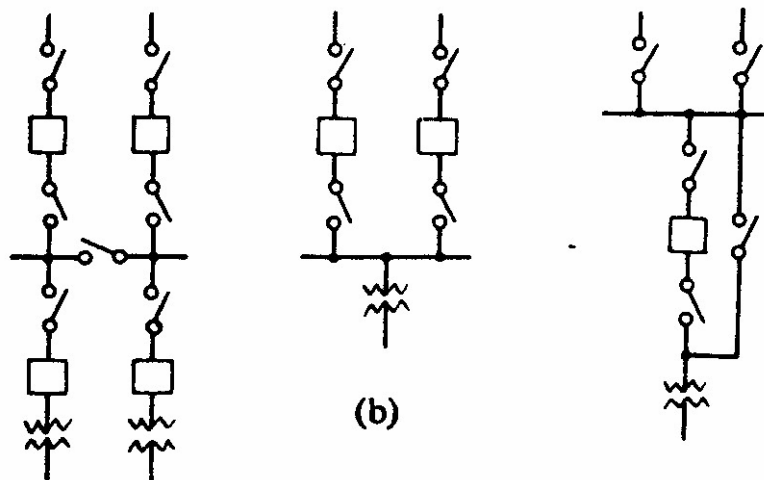
Gambar 2.1 Sistem rangkaian penerima

Pada saluran transmisi bawah-tanah, kadang-kadang dipakai sistem unit seperti Gbr.1.7; kedua ril dan pemutus tenaga untuk penerimaan ditiadakan. Ini dipakai di G.I. di pusat kota; jika terjadi gangguan pada transformator atau saluran transmisi, pemutus beban dari G.I. pengirim dibuka, dan jika perlu pemutus tenaga sisi sekunder dari transformator dibuka juga.





Gbr. 2.2 Dua Rangkaian Penerima dengan Tiga Transformator



Gambar 2.3 Dua rangkaian penerima

## 2. Gardu Induk Penaik Tegangan

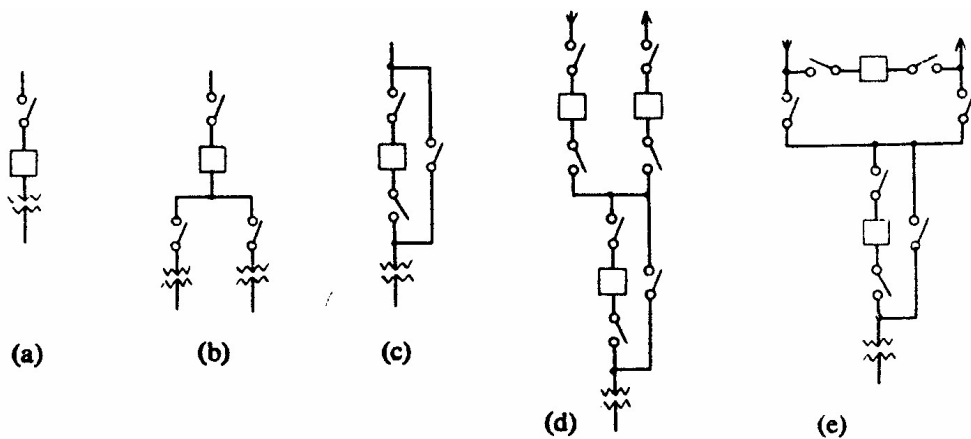
G.I. penaik tegangan pada umumnya dibangun bersama-sama dengan pusat listrik (*power station*). Tegangan sisi primernya umumnya sama dengan tegangan generator. Jika kapasitas generatornya kecil dan jumlahnya agak banyak, daya yang dibangkitkan dikumpulkan melalui ril rangkap atau ril tunggal dan tegangan dinaikkan oleh trafo. Tetapi akhir-akhir ini dengan makin besarnya kapasitas generator sistim ini diganti dengan sistim unit; dalam hal ini ril dan pemutus tenaga di sisi primer ditiadakan.

## B. Sistem Hubungan Rangkaian Sisi Sekunder

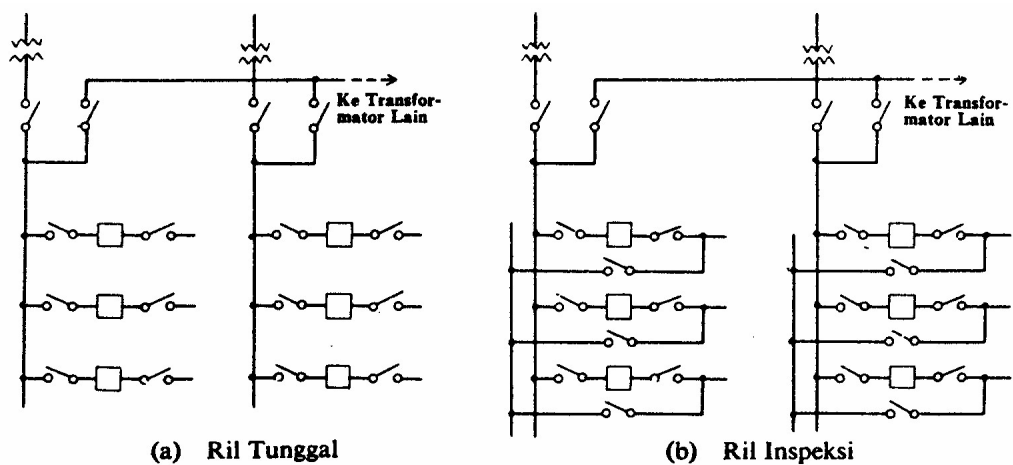
### 1. Gardu Induk Penurun Tegangan

Pada G.I. di mana dihubungkan banyak SUTT, yang umum dipakai di Jepang adalah ril rangkap standar. Pemisah bagian umumnya dipakai jika saluran transmisinya lebih banyak, kapasitas transformatornya lebih besar dan jika saluran transmisi dari pusat listrik dihubungkan pada sisi sekunder. Jika yang dihubungkan saluran transmisi bawah tanah maka dapat dipakai pula sistem yang sama seperti saluran udara. Jika G.I. bawah-tanah adalah sistem unit, umumnya dipakai sistem ril tunggal yang dilengkapi dengan pemisah bagian (*section switch*).

Untuk sisi sekunder G.I. distribusi sistem yang lazim dipakai adalah ril tunggal atau ril inspeksi; contohnya terlihat pada Gbr.12.



Gbr. 2.4 Satu Rangkaian Penerima dengan Satu atau Dua Transformator



Gbr. 2.5 Sistem Hubungan Sisi Sekunder

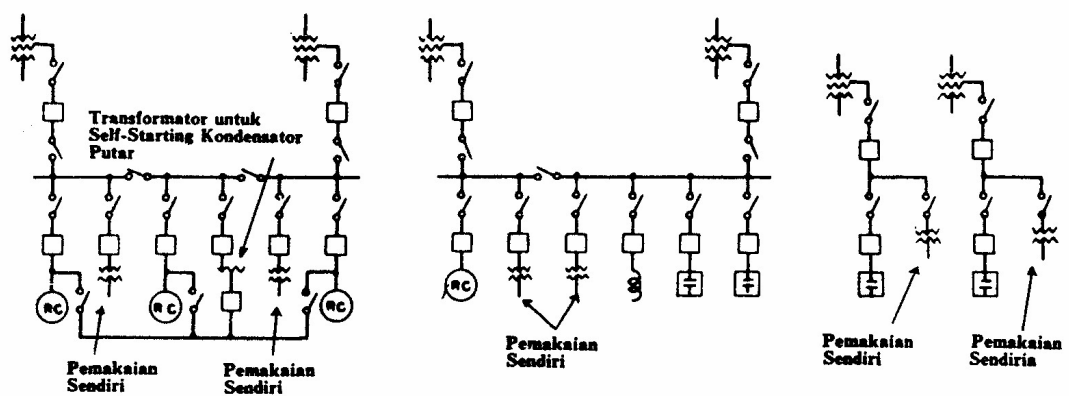
## 2. Gardu Induk Penaik Tegangan

Hubungan sekunder pada G.I. penaik tegangan hampir serupa dengan hubungan primer pada G.I. penurun tegangan. Pada P.L.T.U. yang besar kini kadang-kadang dipakai sistim ril gelang.

### C. Sistim Hubungan Rangkaian Sisi Tersier

#### 1. Gardu Induk Penurun Tegangan

Alat pengubah fasa, transformator untuk mulai menggerakkan (start) kondensator putar dan transformator pemakaian sendiri dihubungkan dengan sisi tersier. Pada umumnya saluran transmisi dan distribusi tidak dihubungkan dengan sisi tersier. Waktu skala sistim tenaga itu masih kecil, alat pengubah fasa pada suatu G.I. besar pengaruhnya terhadap sistim tenaga itu. Karena itu kerja paralel dari sisi tersier dimungkinkan, dan kombinasi dari alat pengubah fasa dan transformator-transformator dapat dilakukan secara leluasa.



Gbr. 2.6 Sistim Hubungan Sisi Tersier

Tetapi dengan makin besarnya skala sistim tenaga kapasitas transformator menjadi besar, sehingga arus hubung-singkat tersiernya akan menjadi sangat besar jika bekerja paralel. Karena itu pada setiap transformator sekarang dipasang masing-masing sebuah alat pengubah fasa, agar supaya arus hubung-singkat tersier dapat dibatasi dan supaya hubungan sisi tersier menjadi lebih sederhana (periksa Gbr.13). Namun, perlu diusahakan agar kondensator putar yang terhubung pada suatu transformator utama dapat diasut (start) dari transformator utama lainnya, sebab kondensator putar ini kadang-kadang dipakai untuk transmisi percobaan suatu saluran transmisi dan pengujian kuat dielektrik transformator utama. Kondensator statis dan reaktor shunt dibagi dalam beberapa kelompok untuk pengaturan kapasitas kerjanya sesuai dengan kapasitas sistim tenaga. Pada setiap kelompok dipasang pemutus beban atau pemisah beban (*load switch*). Bisa dipakai pemisah beban, maka untuk pengamanan terhadap gangguan, dipakai pemutus beban untuk beberapa kelompok bersama-sama. Kondensator statis dan reaktor shunt sekarang dipakai sampai tegangan 77 kV; alat-alat ini kadang-kadang dihubungkan melalui pemutus beban langsung ke ril sekunder (sampai tegangan 77 kV). Transformator pemakaian sendiri dilengkapi dengan perlengkapan yang memungkinkan pindah-hubungan (*charge over*) dengan lebih dari dua transformator utama, untuk memperhitungkan kemungkinan matinya satu transformator utama. Cara lain adalah dengan mengadakan lebih dari dua transformator pemakaian sendiri yang masing-masing dapat dihubungkan dengan satu transformator utama. Karena besarnya arus hubung-singkat, tidak cocoknya tegangan dan sukarnya diperoleh tenaga cadangan, maka tidak ada saluran transmisi dan distribusi yang dihubungkan dengan sisi tersier. Rangkaian tersier pada umumnya tidak dipakai pada G.I. untuk distribusi.

Sistim hubungan tersier hendaknya dipilih sesederhana mungkin dengan memperhatikan keandalan dan sistim pengamanan peralatan serta persoalan operasi dan pemeliharannya, sebab kapasitas hubung-singkat dan arus nominal sisi tersier itu pada umumnya sangat besar; lagi pula ril, pemutus beban dan peralatan lain untuk sisi tersier sangat mahal pada G.I. yang besar kapasitasnya.

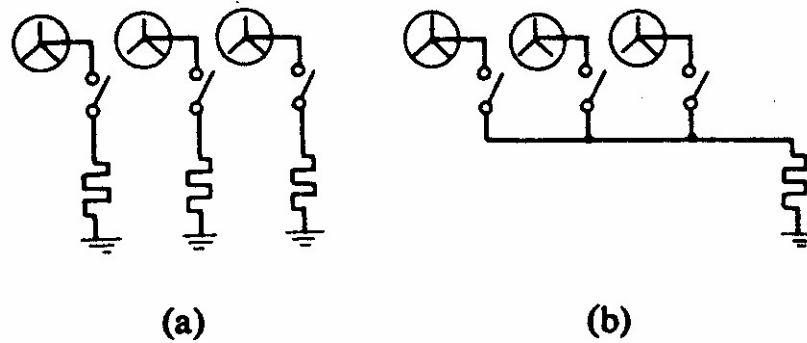
## 2. Gardu Induk Penaik Tegangan

Meskipun rangkaian tersier biasanya tidak dapat dipakai pada gardu induk penaik tegangan, tapi ada kalanya rangkaian tersier dipakai juga, yaitu untuk menghubungkan gardu dengan rangkaian pemakaian sendiri, saluran transmisi atau saluran distribusi.

### D. Sistim Hubungan Yang Lain

#### 1. Sistim Hubungan Titik Netral

Tentang titik netral suatu transformator, ada berbagai sistim, antara lain pembumian efektif (atau pengetanahan langsung), pengetanahan tidak efektif (pengetanahan tahanan, pengetanahan kumparan Petersen), atau tanpa pembumian (termasuk pengetanahan melalui transformator tegangan), sesuai dengan pembumian sistim tenaganya. Pada sistim pengetanahan efektif, titik netral dari semua transformator ditanahkan langsung. Cara pengetanahan langsung dari hanya sebagian transformator saja kadang-kadang dipakai juga, yaitu untuk membatasi arus gangguan tanah; ini disebut pembumian sebagian (*partial grounding*). Pada sistim pembumian tidak efektif, titik netral dari pusat listrik dan G.I. yang bekerja sebagai sisi sumber ditanahkan. Ada dua kasus: (a) di mana titik netral dari semua transformator ditanahkan seperti terlihat pada Gbr.14 (a); dan (b) di mana titik netral dari transformator dihubungkan ke alat pengetanahan melalui ril netral, jika terdapat banyak transformator, seperti terlihat pada Gbr.14 (b). Hubungan seperti pada Gbr. 14 (a) itu diperlukan bila G.I. itu terbagi dua oleh ril dan bekerja dengan sistim yang berlainan. Jika transformatornya tidak mempunyai titik netral, maka titik netral dapat diperoleh dengan transformator pengetanahan. Titik netral dari kondensator putar umumnya ditanahkan melalui tahanan, sedang titik netral kondensator statik dan reaktor shunt tidak ditanahkan.



Gbr. 2.7 Sistem Hubungan Titik Netral

**E. Sistem Hubungan Transformator Tegangan**

Transformator tegangan dihubungkan pada ril atau saluran cabang dengan memperhatikan sistem pengamanan dan kontrol, beban dari meter, rele pengaman, dan sebagainya. Transformator ini biasanya dihubungkan langsung dengan rangkaian utama tanpa pemisah. Memasang transformator arus pada kedua sisi pemutus beban adalah sangat ideal dipandang dari segi pengamanan, karena dengan demikian tidak terdapat daerah yang tak dilindungi (*blind spot*). Tetapi ini banyak memerlukan transformator arus, dan karenanya sangat mahal. Oleh karena itu letak pemasangan transformator arus dipilih, dengan memperhatikan kebolehjadian gangguan, ekonomi, dan pentingnya pengamanan. Pada umumnya transformator arus dipasang hanya pada satu sisi dari pemutus beban. Pengamanan terhadap daerah mati dipercayakan kepada pengamanan cadangan dari rele pengaman.

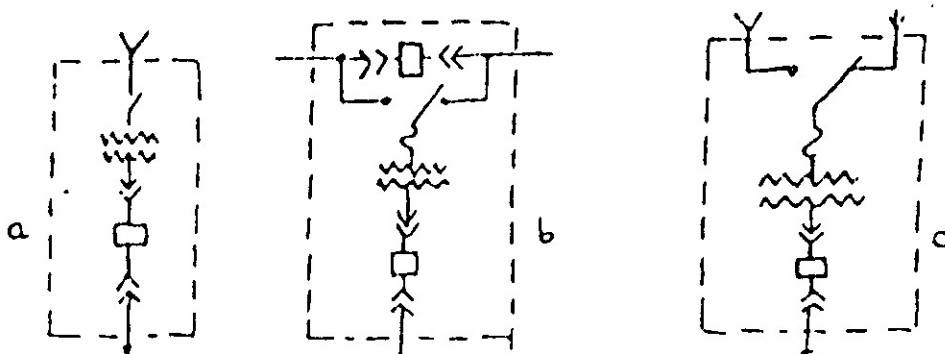
**F. Sistem Hubungan Arrester**

Arrester pada umumnya dipasang pada setiap transformator utama dalam G.I. skala besar, dan dipasang pada ril dalam G.I. kecil. Karena adanya kemajuan dalam keandalan arrester, akhir-akhir ini arrester dihubungkan langsung dengan rangkaian utama tanpa pemisah. Pemisah harus dipasang jika daerahnya mengandung garam dan berdebu, sehingga arrester itu harus sering dibuka untuk membersihkan permukaan isolatornya, memberinya gemuk silikon (*silicon compound grease*), atau bila arrester dihubungkan pada ril tunggal.

Untuk mendapatkan gambaran tentang hubungan-hubungan dalam suatu gardu induk ataupun dalam distribusi sekunder dipakai diagram atau bagan. Kita telah mengenal bagan garis tunggal, diagram balok atau disebut juga block-diagram, yang melukiskan diagram hubungan dengan sederhana; kawat tiga fasa misalnya dilukis hanya dengan garis tunggal dan tanda ///. Diagram bagan, atau schematic diagram, merupakan diagram hubungan dari sumber elektrik, pengontrolan, alat ukurnya. Ada lagi yang disebut diagram rangkaian, circuit diagram, yang melukiskan secara detail hubungan alat dan pengawat, sehingga kita dapat mengikuti aliran arus dalam rangkaiannya. Diagram jaringan (*network diagram*) melukiskan aliran energi elektrik dalam suatu daerah tertentu, sedangkan diagram instalasi (*installation diagram*) melukiskan distribusi dalam rumah atau bangunan.

Maka untuk melukiskan diagram jaringan dalam suatu gardu induk kita jumpai macam-macam diagram :

- a. Gardu Induk sumber tunggal, single feeder substation



Gambar 2.8 Gardu induk rangkaian tunggal

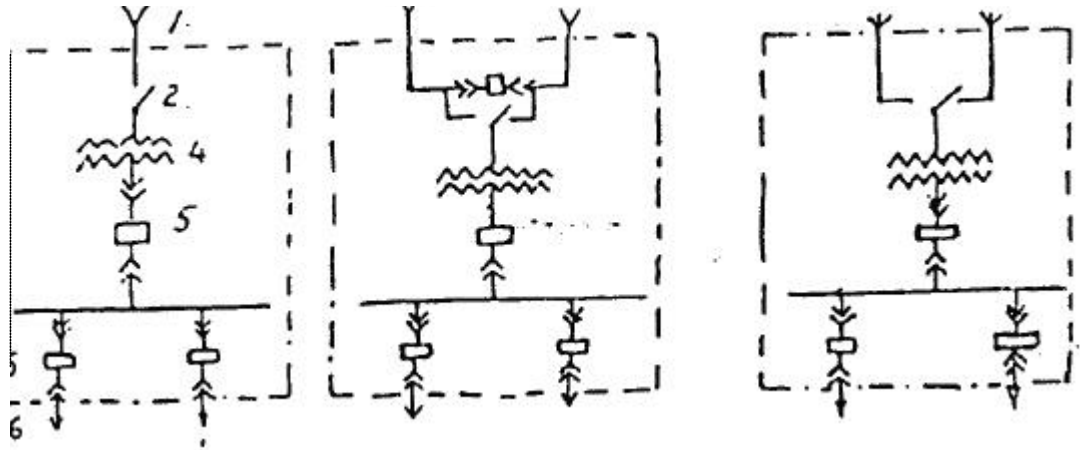
Pada diagram itu digambarkan :

- (1) kawat masuk
- (2) saklar pemutus daya (load-break switch)
- (3) sekering, fuse (protective link)
- (4) trafo tenaga, trafo gardu induk
- (5) saklar minyak pemutus daya minyak (disconnecting type circuit breaker)
- (6) keluar, rangkaian beban
- (7) penangkal petir

- (8) meter watt-jam (watt-hour meter)
- (9) tegangan rendah pemutus hubung bekerja karena panas
- (10) dibumikan

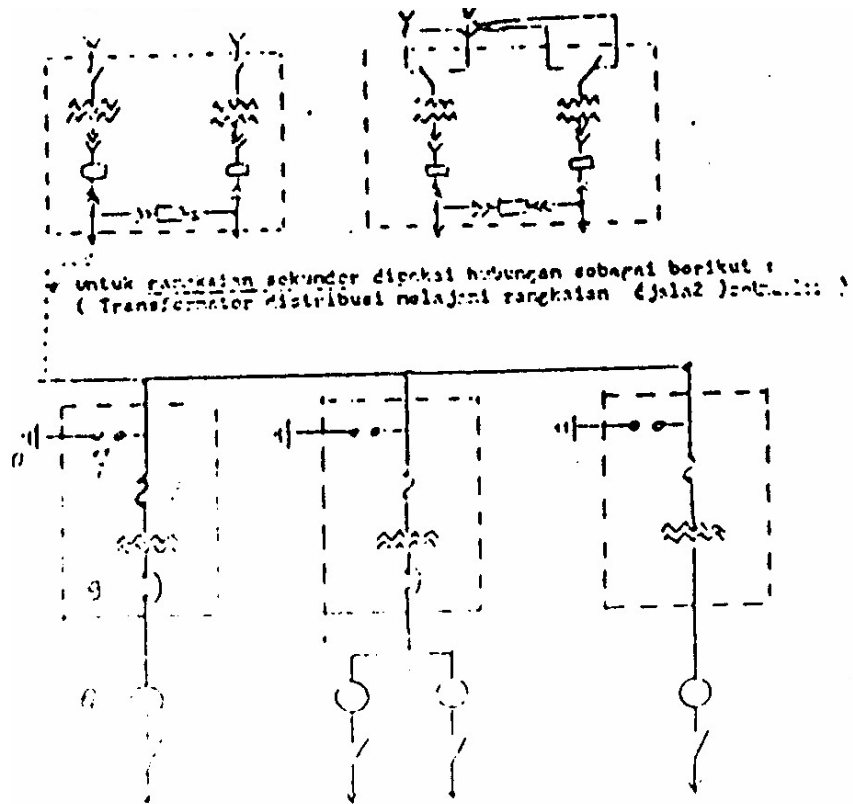
b. Gardu Induk dengan dua sumber, two feeder substation

B.1 Radial



Gambar 2.9 Sistem radial dengan dua sumber

B.2 Radial Simal, Loop Radial



Gambar 2.10 Rangkaian loop radial



## G. Perlengkapan Gardu Induk

Perencanaan suatu gardu induk meliputi langkah-langkah :

- a. Bagian sipil (gedung atau kamar rel-rel listrik, pembelian tanah, perumahan dinas, perencanaan kebun saklar switch yard), jalan dan sebagainya.
- b. Bagian mekanik (persoalan gaya tarik antar rel-rel elektrik, sambungan dan klem-klem, gaya konduktor dan sebagainya)
- c. Bagian lainnya (pemilihan tempat, komunikasi sistem, budget dan sebagainya)  
dan bagian yang terpenting :
- d. Bagan elektrik : bagan elektrik, perencanaan besarnya rel elektrik, pemilihan alat-alat saklar (pemutus daya) minyak, pemisahan tegangan, trafo arus dan ukur, almari alat ukur elektrik, isolator dan sebagainya.

Perlengkapan suatu Gardu Induk atau Gardu Hubung (G.I. atau G.H.) terdiri dari

- i. bagan keelektrikan melukiskan jala-jala masuk dan jala-jala keluar dengan nilai tegangannya.
- ii. rel-rel primer (tegangan tinggi)
- iii. trafo tenaga
- iv. rel-rel sekunder (tegangan rendah)
- v. trafo ukur, trafo arus dan tegangan
- vi. pemutus daya minyak atau pemutus hubung minyak (*oil circuit-breaker*)
- vii. pemisah tegangan
- viii. alat ukur dengan rele-rele.

Perencanaan Gardu Induk meliputi persoalan yang menarik seperti penelitian pengaruh rel satu sama lain, perhitungan arus hubung singkat dan bagaimana pengamanannya, koordinasi isolasi, pembumian dari titik netral dan gardu, pengamanan terhadap petir dan sebagainya.

## H. Peralatan Hubung, Switchgear

### 1. Saklar

Saklar diperlukan untuk menghubungkan atau memutuskan elemen-elemen elektrik, mesin-mesin elektrik, bagian jala-jala pemakai dan sebagainya.

Syarat-syarat saklar yang baik ialah :

- a. dalam keadaan tertutup ia harus dapat mengalirkan arus dengan baik dan tahan terhadap panas yang ditimbulkan arus ataupun pengaruh gaya-gaya dinamik dan tahan terhadap arus gangguan dalam waktu yang tertentu.
- b. dalam keadaan terbuka, saklar harus merupakan pemisah tegangan yang baik antara bagian-bagian jala-jala, atau jala-jala terhadap tanah dan sebagainya.

Macam-macam saklar :

Pembagian macam saklar menurut :

- a. kerjanya :
  1. Saklar posisi (*position switch*)  
Contoh : saklar pisau, saklar drum pengasur, pengatur, bila tidak ada alat yang akan membukanya.
  2. Saklar kontak sesaat (*Momentary contact switch, Tastschalter*)  
Contoh : saklar dengan penekan tombol; mempunyai gaya untuk membuka hubungan.
  3. Saklar terkait (*latched switches, Schlozchalter*)  
Contoh : saklar otomatis, saklar pengaman motor.
- b. macam mekanisme yang bekerja
  1. Saklar manual (*manually operated switches, Handschalter*) saklar tangan, dikerjakan oleh tangan manusia : roda, tombol, kaitan dan sebagainya.
  2. Saklar jarak jauh (*remote operated switches, Fernschalter*), digerakkan dengan kekuatan motor, kumparan, udara yang ditekan dari jarak jauh.

c. Kapasitas

1. Isolator, Leerschalter, untuk memutus hubungkan arus yang sangat kecil dalam rangkaian
2. Saklar beban (*Loadswitches, Lastschalter*) mempunyai kapasitas menghubungkan dan memutuskan sampai dua kali arus nominal.
3. Saklar motor (*Motorswitches, Motorschalter*) mempunyai kapasitas menghubungkan dan memutuskan sesuai dengan arus mula pada motor-motor.
4. Pemutus daya (*Circuitbreakers, Leistungschalter*).

d. Metoda memadamkan loncatan cetusan api :

Saklar pemutus daya, circuit breakers dapat dibagi menurut bagan berikut:

*Persoalan-persoalan apakah yang terdapat pada kerja saklar ?*

Apabila kita memutus hubungkan suatu rangkaian yang sedang dilalui arus, maka terjadilah suatu cetusan api antara kedua kontak saklar. Loncatan cetusan api antara kedua kontak itu bisa membakar kontak-kontak sehingga diperlukan penelitian, bagaimana caranya untuk menghilangkan secepat mungkin bunga api itu, dan bagaimanakah mendapatkan bahan kontak yang tahan panas, apakah karakteristik bunga api elektrik, dan seterusnya.

2. Gejala-gejala Pemutusan

Loncatan cetusan api elektrik itu terdiri dari ion-ion gas, yaitu gas yang molekulnya telah kehilangan isi negatif elektron, dan meninggalkan ion-ion positif. Elektron-elektron itu bergerak cepat menuju kontak +, sedangkan ion-ion positif, karena berat molekulnya, relatif lebih lambat bergerak menuju kontak +, sehingga dengan demikian terjadilah aliran arus karena tegangan cetusan api.

Tergantung pada keadaan rangkaian, gejala pemutusan menimbulkan persoalan-persoalan. Rangkaian dapat disederhanakan terdiri dari R, L dan C, rugi-rugi trafo dan alternator dan sebagainya.

Sebelum cetusa api padam, tegangan antara kontak-kontak saklar sama dengan tegangan cetusan api. Setelah putus hubungan, tegangannya sama seperti tegangan generator. Antara kedua saat itu terjadilah gejala perobahan, yang tergantung pada paramater R, L, C dari jala-jala. Pada gambar dapat dilihat bagian-bagian tegangan dan arus, pada saat kedua kontak saklar berpisah. Cara-cara untuk memadamkan loncatan cetusan api pada alat pemutus daya circuit breaker adalah :

- a. Cara dengan resistans tinggi, cetusa api dikontrol sedemikian rupa sehingga resistans bertambah besar dengan cepat sekali dan arus menjadi kecil dan tidak memungkinkan terjadinya ionisasi.

*Caranya dengan* : memperpanjang jarak cetusan api, mendinginkan cetusa api, memecah (splitting) bunga api.

- b. Cara dengan resistans rendah, resistans dari cetusan api tetap rendah, sehingga energinya minim, dan dengan demikian tidak mungkin menimbulkan “restriking”, berulang kembali cetusan api.

*Caranya* : dengan cepat memperbesar dielektrik strength antara kedua kontak saklar, yaitu :

- memperpanjang jarak antara kedua kontak
- pendinginan, dengan sendirinya atau dengan gas H<sub>2</sub>
- tekanan jet udara/gas (blast effect)

Berdasarkan pada prinsip-prinsip itu kita lihat bermacam-macam saklar pemutus rangkaian, seperti digambarkan dalam schema AC CIRCUIT BREAKERS.

**c. Rangkuman Unit kegiatan belajar 2**

Dalam G.I. pada umumnya rangkaian tenaga disebut sebagai rangkaian primer, sekunder dan tersier, sesuai dengan arah aliran tenaga. Pada gardu induk penurun tegangan (step-down substation) urutan tegangannya adalah tegangan tinggi, tegangan menengah dan tegangan rendah. Pada G.I. penaik tegangan (step-up) sisi primernya adalah rangkaian tegangan generator, sisi sekundernya adalah rangkaian tegangan transmisi, dan jika transformatornya mempunyai lilitan tersier, maka inilah yang merupakan sisi tersiernya.

Pada G.I. di mana dihubungkan banyak saluran penghubung (*tie line*), banyak dipakai sistim dua-busbar standar. Kadang-kadang dipakai juga pemutus beban bagian (*section circuit breaker*) pada busbarl, jika direncanakan banyak saluran transmisi pada perluasan kelak. Jika saluran transmisinya hanya berjumlah kira-kira 4 rangkaian, busbarl tunggal dengan pemisah bagian (*section disconnect switch*) sering dipakai. Jika kelak diharapkan banyak rangkaian hubungan, maka busbarl rangkap (atau busbar tunggal yang kelak dapat diubah menjadi ril rangkap) kadang-kadang dipakai juga. Pemutus beban kadang-kadang ditiadakan atau sistim ril inspeksi .

**d. Tugas 2**

1. Buatlah perbandingan busbar secara teoritis dan yang ada di GI !
2. Lakukan pengamatan secara detail apa saja yang ada di GI terkait dengan system busbar !
3. Gambarkan secara benar berdasarkan standar yang jenis-jenis busbar yang digunakan pada GI !

**e. Tes Formatif**

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan busbar sisi primer dan skunder ?
2. Jelaskan system hubungan busbar netral dan arrester !
3. Terangkan perbedaan fungsi busbar penerima dengan transformator tunggal dan ganda !

**f. Kunci Jawaban Formatif**

- a. Busbar sisi primer untuk arah aliran tenaga transformator step up maka sisi primernya adalah sama dengan tegangan genertor sedangkan sisi skundernya adalah di sisi saluran transmisi. Begitu pula sebaliknya untuk trafo penurun tegangan.
- b. Sistem busbar netral berkaitan dengan system pentanahan dari transformator tegangan, sedangkan system busbar arrester berkaitan dengan hubungan langsung arrester dengan jaringan utama tanpa dilengkapi dengan pemisah (PMS).
- c. Perbedaan fungsi kedua system berkaitan dengan kompleksitas layanan jaringan keluar masuk. Disamping juga terdapat perbedaan menyolok pada komponen yang dipakai seperti jumlah PMT,PMS, trafo arus dlsb.

**g. Lembar Kerja 2**

Untuk melakukan pengayaan substansi materi yang telah disajikan, maka peserta diklat wajib melakukan tugas terstruktur yakni melakukan survey lapangan terhadap industri terkait. Untuk itu peserta diklat setelah tuntas dengan modul diharapkan secara langsung cek in ke lapangan dan mengisi form berikut :

No	Uraian Kegiatan	Kompetensi/Subkompetensi yg akan dicapai	Tempat	Pembimbing Lapangan

## **KEGIATAN BELAJAR 3**

### **KOMPONEN UTAMA BUSBAR**

Pemisah (PMS) pada busbar adalah alat yang dipergunakan untuk menyatakan secara visual bahwa suatu pelataran listrik sudah bebas dari tegangan kerja. Oleh karena itu pemisah tidak diperbolehkan untuk dimasukkan atau dikeluarkan pada rangkaian listrik dalam keadaan terbeban. Untuk tujuan tertentu pemisah penghantar atau kabel dilengkapi dengan pemisah tanah (pisau pentanahan/earthing blade). Umumnya antara pemisah penghantar atau kabel dan pemisah tanah terdapat alat yang disebut *intelock*. Dengan terpasangnya interlock ini maka kemungkinan kesalahan operasi dapat dihindarkan.

#### **A. Jenis busbar pemisah**

Sesuai dengan fungsinya, pemisah dapat dibagi:

1. Pemisah tanah (pisau pentanahan)

Berfungsi untuk mengamankan peralatan dari sisa tegangan yang timbul sesudah SUTT diputuskan atau induksi tegangan dari penghantar atau kabel lainnya.

2. Pemisah peralatan

Berfungsi untuk mengisolasi peralatan listrik dari peralatan lain atau instalasi yang bertegangan.

Pemisah ini harus dimasukkan atau dibuka dalam keadaan tanpa beban.

#### **B. Posisi Peralatan**

Sesuai dengan penempatannya di daerah mana pemisah tersebut dipasangkan, pemisah dapat dibagi:

1. Pemisah penghantar

Pemisah yang terpasang disisi penghantar

2. Pemisah busbar

Pemisah yang terpasang di sisi rel

5. Pemisah kabel

Pemisah yang terpasang di sisi kabel

6. Pemisah seksi

Pemisah yang terpasang pada suatu rel sehingga rel tersebut dapat terpisah menjadi 2 seksi

7. Pemisah tanah

Pemisah yang terpasang pada penghantar atau kabel untuk menghubungkan ke tanah.

### **C. Operasi Kerja Busbar Pemisah**

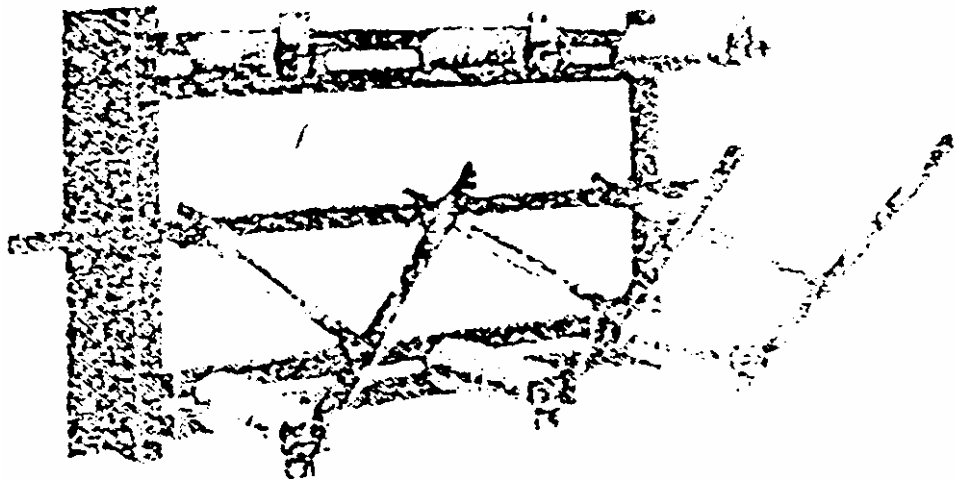
Sistim gerakan lengan-lengan pemisah terbagi menjadi :

1. Pemisah engsel

Dimana gerakannya seperti engsel (Gbr.1)

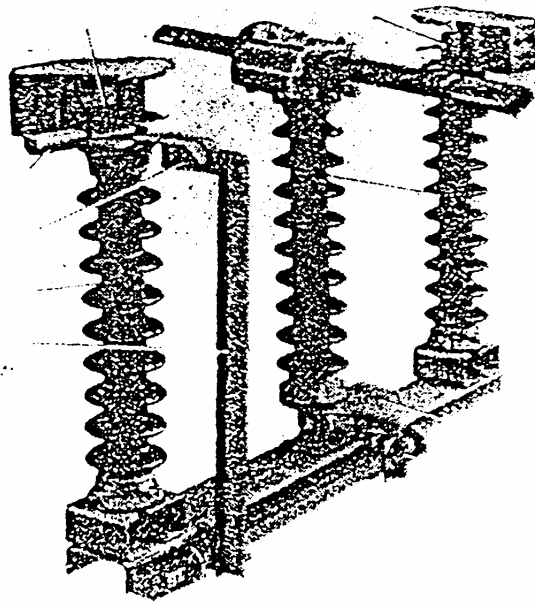
2. Pemisah putar

Dimana terdapat 2 buah kontak diam dan 2 buah kontak gerak yang dapat berputar pada sumbunya (Gbr.2)



Gbr.3.1 Pemisah dengan gerakannya seperti engsel





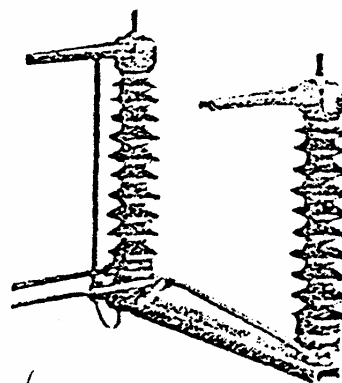
Gbr.3.2 Pemisah dengan gerakan putar

3. Pemisah siku

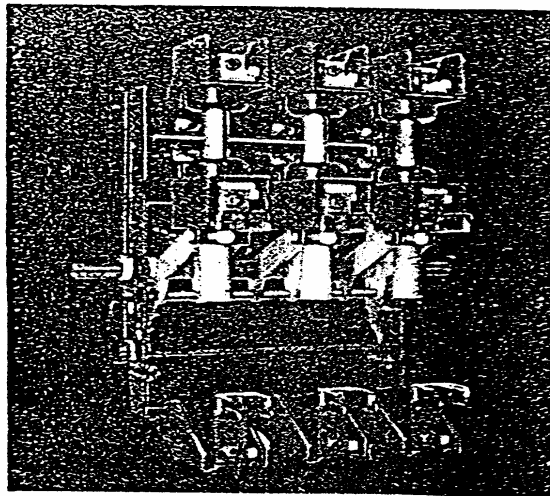
Pemisah ini tidak mempunyai kontak diam, hanya terdapat 2 buah kontak gerak yang gerakannya mempunyai sudut  $90^0$  (Gbr.3)

4. Pemisah luncur

Dimana gerakan kontaknya adalah keatas dan kebawah (Gbr.4)



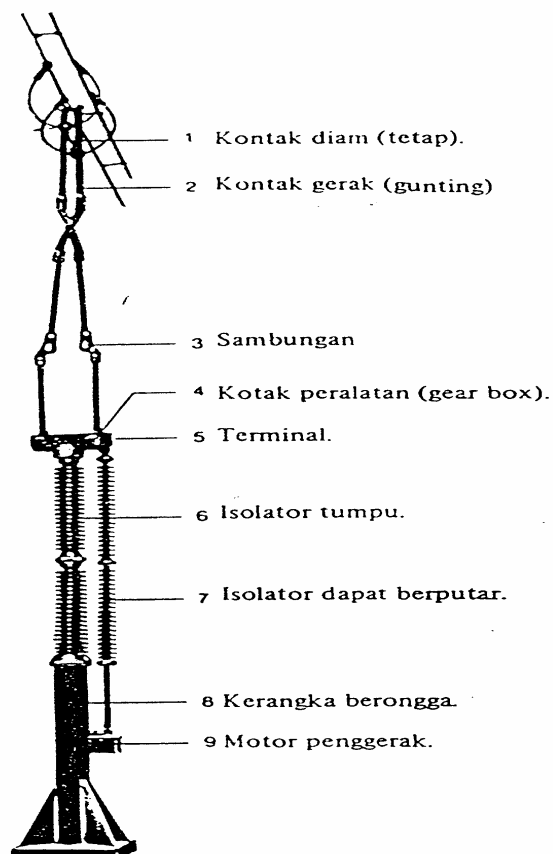
Gbr.3.3 Pemisah dengan gerakan siku



Gbr.3.4 Pemisah dengan gerakan luncur

#### 5. Pemisah Pantograph

Mempunyai kontak diam yang terletak pada rel dan kontak gerak yang terletak pada ujung lengan-lengan pantograph (Gbr.5)



Gbr.3.5 Pemisah Pantograph (gerakan gunting)

6. Tenaga Penggerak

Tenaga Penggerak pemisah dapat :

- a. Secara manual
- b. Dengan motor
- c. Dengan pneumatik
- d. Dengan hidrolis

7. Pasangannya

Menurut letak pasangannya, maka pemisah dapat dipasang :

- a. Di dalam ruangan disebut pasangan dalam (in door)
- b. Di luar (udara terbuka) disebut pasangan luar (out door)

#### **D. Peralatan Penunjang yang Terkait dengan Busbar**

1. Lightning Arrester

Berfungsi untuk mengamankan instalasi (peralatan listrik pada instalasi) dari gangguan tegangan lebih yang diakibatkan oleh sambaran petir maupun oleh surja petir :

2. Pemisah (PMS)

a. Pemisah tanah

Berfungsi untuk mengamankan peralatan dari sisa tegangan yang timbul sesudah SUTT di putuskan, atau induksi tegangan dari penghantar, hal ini perlu untuk keamanan dari orang yang bekerja pada instalasi.

b. Pemisah peralatan

Berfungsi untuk mengisolasi peralatan listrik dari peralatan yang bertegangan.

Pemisah dioperasikan tanpa beban

3. Pemutus Tenaga (PMT)

Berfungsi untuk memutuskan hubungan tenaga listrik dalam keadaan gangguan maupun dalam keadaan berbeban dan proses ini harus dapat dilakukan dengan cepat.

Pemutus tenaga listrik dalam keadaan gangguan akan menimbulkan arus yang relatif besar, pada saat tersebut PMT bekerja sangat berat. Bila kondisi peralatan PMT menurun karena kurangnya pemeliharaan, sehingga tidak

sesuai lagi kemampuan dengan daya yang diputuskannya, maka PMT tersebut akan dapat rusak (meledak).

4. Trafo tegangan

Berfungsi untuk menurunkan tegangan tinggi menjadi tegangan rendah, yang diperlukan untuk alat-alat ukur (pengukuran) dan alat pengaman (proteksi).

5. Trafo arus

Berfungsi untuk menurunkan arus besar pada tegangan tinggi menjadi arus kecil pada tegangan rendah untuk keperluan pengukuran dan pengaman (proteksi).

6. Rail

Rail berfungsi sebagai titik pertemuan/ hubungan trafo-trafo tenaga SUTT-SUTT dan peralatan listrik lainnya untuk menerima dan menyalurkan tenaga/ daya listrik.

Bahan dari rail ini umumnya terbuat dari bahan tembaga (bar copper atau hollow conductor). ACSR, Almalec atau Aluminium (bar aluminium atau hollow conductor).

7. Trafo tenaga

Trafo tenaga berfungsi untuk menyalurkan tenaga/ daya dari tegangan tinggi ke tegangan menengah atau sebaliknya (mentransformasikan tegangan).

8. Panel kontrol

Jenis-jenis panel kontrol yang ada dalam suatu Gardu Induk terdiri dari panel kontrol utama, panel kontrol rele, panel pemakaian sendiri.

a. Panel kontrol utama terdiri dari panel instrument dan panel operasi.

Pada panel instrumen terpasang alat-alat ukur dan indikator gangguan, dari panel ini alat-alat tersebut dapat diawasi dalam keadaan sedang operasi.

Pada panel operasi terpasang sakelar dan diagram rail.

Diagram rail (mimic bus), sakelar dan lampu indikator diatur letak dan hubungannya sesuai dengan rangkaian yang sesungguhnya sehingga keadaannya dapat dilihat dengan mudah.

b. Pada panel rele terpasang rele pengaman untuk SUTT, rele pengaman untuk trafo dan sebagainya.

Bekerjanya rele dapat diketahui dari penunjukkan pada rele itu sendiri dan pada indikator gangguan dipanel kontrol utama.

Pada Gardu Induk ada yang memanfaatkan sisi depan dari panel di pakai sebagai panel utama dengan instrumen dan sakelar, kemudian sisi belakangnya dipakai sebagai panel rele, dan ada pula pada gardu Induk jika rangkaiannya sudah rumit, maka panel rele terpasang dalam panel sendiri.

9. Batere.

Sumber tenaga untuk sistem kontrol dan proteksi selalu harus mempunyai keandalan dan stabilitas yang tinggi, maka batere dipakai sebagai sumber tenaga kontrol dan proteksi di dalam Gardu Induk.

Peranan dari batere ini adalah sangat penting karena justru pada saat gangguan terjadi, batere inilah yang merupakan sumber tenaga untuk menggerakkan alat-alat kontrol dan proteksi.

Ada dua jenis batere yang dikenal antara lain :

- ✍ Batere timah hitam (lead acid storage battery)
- ✍ Batere alkali (alkaline storage battery)

10. Sistem pentanahan titik netral

Pentanahan titik netral suatu sistem dapat melalui kumparan petersen, tahanan (resistor) atau langsung (solidly) yang berfungsi untuk menyalurkan arus gangguan phase ke tanah pada sistem.

Arus yang melalui pentanahan merupakan besaran ukur untuk alat proteksi . Pada trafo yang sisi primernya ditanahkan dan sisi sekundernya juga ditanahkan, maka gangguan phase ketanah disisi primer selalu dirasakan pada sisi sekunder, dan sebaliknya.

11. Kapasitor

Kapasitor berfungsi untuk memperbaiki faktor kerja dan tegangan dari jaringan tenaga listrik.

12. Reaktor

Reaktor berfungsi untuk mengurangi/ membatasi arus hubung singkat dan arus switching dalam jaringan tenaga listrik.

### **E. Rangkuman Unit kegiatan belajar 3**

Sesuai dengan penempatannya di daerah mana pemisah tersebut dipasangkan, busbar pemisah dapat dibagi: Pemisah penghantar, Pemisah yang terpasang disisi penghantar, Pemisah busbar, Pemisah yang terpasang di sisi rel, Pemisah kabel, Pemisah yang terpasang di sisi kabel, Pemisah seksi, Pemisah yang terpasang pada suatu rel sehingga rel tersebut dapat terpisah menjadi 2 seksi, Pemisah tanah, Pemisah yang terpasang pada penghantar atau kabel untuk menghubungkan ke tanah.

Sistim gerakan lengan-lengan pemisah terbagi menjadi : Pemisah engsel, Dimana gerakannya seperti engsel, Pemisah putar. Dimana terdapat 2 buah kontak diam dan 2 buah kontak gerak yang dapat berputar pada sumbunya.

### **F. Tugas 3**

1. Buatlah perbandingan komponen-komponen busbar secara teoritis dan yang ada di lapangan !
2. Lakukan pengamatan secara detail apa saja yang ada di GI terkait dengan system busbar !
3. Gambarkan secara benar komponen-komponen berdasarkan standar yang jenis-jenis busbar yang digunakan pada GI !

### **G. Tes Formatif**

1. Sebutkan peralatan utama pada system busbar standar
2. Jelaskan fungsi pemisah tanah dan pemisah penghantar ?
3. Sebutkan bagian-bagian penting dari busbar pemisah !
4. Sebutkan bagian-bagian dari sebuah pentograph !

### **H. Kunci Jawaban Formatif**

1. Pemisah penghantar, pemisah tanah, pemisah seksi, pentograph, PMT.
2. Berfungsi mengamankan peralatan dari sisa tegangan yang timbul sesudah SUTT diputuskan.

3. Pisau-pisau kontak, tangkai penggerak, isolator, lock/interlock
4. Kotak diam, kontak gerak, sambungan, isolator tumpu motor penggerak

### **I. Lembar Kerja 3**

Untuk melakukan pengayaan substansi materi yang telah disajikan, maka peserta diklat wajib melakukan tugas terstruktur yakni melakukan survey lapangan terhadap industri terkait. Untuk itu peserta diklat setelah tuntas dengan modul diharapkan secara langsung cek in ke lapangan dan mengisi form berikut :

No	Uraian Kegiatan	Kompetensi/Subkompetensi yg akan dicapai	Tempat	Pembimbing Lapangan

## **KEGIATAN BELAJAR 4**

### **PEMELIHARAAN BUSBAR**

#### **A. Persiapan Pengoperasian**

Pemisahan yang baru selesai dipasang atau diganti, sebelum busbar pemisah diberi tegangan dan di bebani, maka terlebih dahulu harus dinyatakan oleh regu pemeliharaan (yang memasang atau mengetest) bahwa pemisah tersebut telah siap untuk dioperasikan.

1. Mengoperasikan busbar pemisah

Pemisah tidak boleh dimasukkan (/ /)

a. Jika pemisah tanah belum dikeluarkan ( )

b. Jika PMT dalam keadaan masuk (/ /)

Pemisah boleh dikeluarkan ( )

a. Jika pemisah tanah, telah dikeluarkan ( )

b. Jika PMT dalam keadaan keluar ( )

Pemisah sisi rail dapat dioperasikan (keluar atau masuk) apabila koppel pada rail telah dimasukkan (/ /) (lihat Gb. 6)

2. Arus yang melalui pemisah tidak boleh melebihi batas kemampuan (rating) pemisah itu sendiri.

#### **B. Program Pemeliharaan**

Pemeliharaan dan pengoperasian yang tidak benar terhadap pemisah akan memperpendek umur pemisah dan akan menimbulkan gangguan-gangguan (troubles) pada waktu dini (early tune), oleh karena itu pemeliharaan dan pengoperasian harus dengan petunjuknya.

Pada daftar di bawah ini diuraikan tentang pemeliharaan busbar pemisah yang terdiri dari :



1. Pemeliharaan Mingguan
2. Pemeliharaan Tahunan

 Pemeriksaan Mingguan

No	Peralatan/ Komponen yang diperiksa	Cara Pelaksanaan
1	Pisau-pisau, kontak-kontak pemisah	1.1 Periksa apakah pisau-pisau dan kontak-kontak pemisah dalam keadaan masuk sempurna 1.2 Periksa apakah terdapat benda-benda asing yang mengganggu (sarang burung)
2	Tangkai penggerak	2.1 Periksa apakah pemisah keadaan terkunci 2.2 Periksa apakah peralatan-peralatan tangkai tersambung baik.
3	Isolator	3.1 Periksa apakah terdapat isolator yang retak atau pecah 3.2 Periksa apakah isolator dalam keadaanbersih
4	Lock dan interlock	4. Periksa pemisah apakah sudah terkunci dengan semestinya dalam posisi keluar atau masuk
5	Sumber tegangan searah (DC) bolak balik (AC) dan sistem udara kempa (pneumatik).	5.1 Periksa tegangan DC atau AC dan sekeringnya untuk motor pemisah 5.2 Periksa tekanan udara kempa

🔧 Pemeriksaan Tahunan

No	Peralatan/ Komponen yang diperiksa	Cara Pelaksanaan
1	Pisau-pisau kontak-kontak pemisah	1.1. Bersihkan noda-noda api yang terdapat pada pisau-pisau dengan pemegangnya, kemudian lapisi dengan vaselin netral seperlunya. 1.2. Periksa dan kencangkan bila terdapat baut-baut pemisah yang kendur ayau yang putus ganti 1.3. Periksa pegas-pegas kontak
2	Isolator	2.1. Bersihkan porselin misalnya dengan air atau dengan karbon tetra-chlorode, dan periksa apakah terdapat keretakan 2.2. Perbaiki pada bagian-bagian yang lecet dengan mengecatkan laequar, misalnya dengan glyptal-merah.
3	Terminal utama dan pentanahan	3.1. Keraskan semua baut-baut penghubung terminal ke rel. 3.2. Periksa dan kencangkan bila terdapat baut-baut sambungan tanah yang kendur atau yang perlu diganti.
4	Tangkai Penggerak	4.1. Periksa dan kencangkan bila terdapat baut-baut tangkai penggerak yang kendur atau yang putus diganti 4.2. Lapisi veselin pada alat-alat gerak

		<p>dari stang penggerak seperlunya.</p> <p>4.3. Bersihkan kunci bila terdapat keratan/ korosi.</p> <p>4.4. Lakukan percobaan pemisah pada posisi masuk/ keluar, bila pisau-pisau kontakanya kurang sempurna maka stang penggerak harus distel kembali</p>
5	Arcing horn	5. Periksa dan perbaiki bila posisi atau bentuk arcing horn tidak lurus, dan bersihkan atau ganti bilamana perlu, jika terdapat bekas-bekas terbakar.
6	Lock dan interlock	6. Periksa mekanik interlock antara pemisah peralatan dan pemisah tanah apakah pengoperasiannya dalam keadaan baik.
7	Pondasi	7. Periksa pondasi apakah terdapat keretakan dan perubahan kedudukannya
8	Lemari Kontrol	8.1. Bersihkan kontak-kontak bantu dari bekas-bekas terbakar bila perlu diganti 8.2. Lumasi roda-roda gigi dan bagian-bagian penting lainnya

### C. Pemeliharaan Kelengkapan Lain Busbar

Gardu Induk dengan busbar adalah suatu instalasi, terdiri dari peralatan listrik yang berfungsi untuk :

1. Transformasi tenaga listrik tegangan tinggi yang satu ke tegangan tinggi yang lainnya atau ke tegangan menengah
2. Pengukuran pengawasan operasi serta pengaturan pengamanan dari sistem tenaga listrik.

3. Pengaturan daya ke Gardu-gardu Induk lain melalui tegangan tinggi dan Gardu-Gardu Distribusi melalui feeder tegangan menengah.

#### 1. Jenis-jenis busbar GI

Klasifikasi busbar Gardu Listrik dapat dibedakan menurut dua hal :

- a. Menurut lokasi dan fungsi/ peranannya.

Menurut lokasinya di dalam sistem tenaga listrik, fungsi dan tegangannya (tinggi, menengah, atau rendah) maka Gardu Listrik dapat dibagi :

- Gardu Induk

Adalah Gardu Listrik yang mendapat daya dari saluran transmisi atau sub transmisi suatu sistem tenaga listrik untuk kemudian menyalurkannya ke daerah beban (industri, kota dsb) melalui saluran distribusi primer.

- Gardu Distribusi

Adalah Gardu Listrik yang mendapat daya dari saluran distribusi primer yang menyalurkan tenaga listrik ke pemakai dengan tegangan rendah.

- b. Menurut penetapan peralatannya

Menurut penetapan peralatannya, Gardu Listrik dapat dibagi :

- Gardu Induk pasangan dalam

Gardu Induk dimana semua peralatannya (switch gear, isolator dan lain sebagainya) di pasang di dalam gedung/ ruang tertutup)

- Gardu Induk pasangan luar

Gardu Induk dimana semua peralatan (switch gear, isolator dan lain sebagainya) di tempatkan di udara terbuka.

#### 2. Peralatan Pelatan Lain Terkait

Perlengkapan dan fasilitas suatu Gardu Induk pada umumnya adalah :

- a. Instalasi transformator tenaga dan peralatan penyaluran tenaga listrik yang terdiri dari :

- Trafo Tenaga

- Peralatan tegangan tinggi (sisi primer), antara lain:

- ✍ Lightning arrester
  - ✍ Spark rod
  - ✍ Pemutus tenaga (PMT)
  - ✍ Saklar pemisah (PMS)
  - ✍ Trafo arus (CT)
  - ✍ Trafo tegangan (PT)
  - Peralatan tegangan menengah (sisi sekunder)  
Peralatan untuk tegangan menengah (sisi sekunder) ragamnya adalah sama dengan peralatan untuk tegangan tinggi (sisi primer)
  - Peralatan kontrol  
Digerakkan untuk mengontrol pelayanan Gardu Induk dari suatu tempat dari dalam gedung kontrol, yang terdiri dari :
    - ✍ Panel kontrol
    - ✍ Panel rele
    - ✍ Meter-meter pengukuran
    - ✍ Peralatan telekomunikasi (telepon, PLC dan Radio pemancar)
    - ✍ Batere dan rektifier
    - ✍ dan lain-lain
  - Peralatan lain  
Kecuali peralatan yang disebut di atas masih ada peralatan-peralatan seperti :
    - ✍ Petersen coil
    - ✍ Reaktor
    - ✍ Start kapasitor
    - ✍ Resistor dan lain-lainGunanya untuk memperbaiki sistem penyaluran tenaga listrik
- b. Fasilitas Gardu Induk yang terdiri dari :
- Gedung kontrol
  - Ruangan batere
  - Bangunan-bangunan lainnya

## D. Persiapan Pengoperasian Pemeliharaan Kseluruhan

### 1. Pengoperasian Gardu Induk yang baru selesai dibangun.

Sebelum Gardu Induk diberi tegangan dan dibebani, lebih dahulu harus dinyatakan oleh regu pemeliharaan (yang memasang dan mengetest) bahwa Gardu Induk telah siap dioperasikan.

#### a. Semua peralatan

Semua peralatan (trafo tenaga, PMT, Sumber arus searah dan sebagainya) telah memenuhi syarat untuk dioperasikan (lihat buku petunjuk penggunaan alat-alat tersebut).

#### b. Rele

Apakah setting rele sudah sesuai dengan yang ditentukan

#### c. Komunikasi

Sistem komunikasi yang ada harus dalam keadaan siap untuk dipakai.

#### d. Peralatan pemadam kebakaran

Peralatan pemadam kebakaran (tabung pemadam kebakaran dan pasir), apakah sudah memenuhi syarat.

#### e. Pemeriksaan umum.

Kawat tanah pengaman apakah sudah dibebaskan.

✍ Peralatan kerja tidak mengganggu operasi dan sudah disimpan pada tempatnya.

✍ Rambu-rambu peringatan telah dipersiapkan

#### f. Laporan siap operasi

Setelah pemeriksaan persiapan dilakukan, maka segera melapor kepada piket bahwa Gardu Induk siap untuk dioperasikan.

### 2. Pengoperasian kembali Gardu Induk yang ~~ter~~, akibat gangguan.

#### a. Segera lapor ke Piket saat setelah Gardu Induk ~~ter~~ akibat gangguan.

#### b. Kabel SUTM, beban, kapasitor (kalau ada) dan trafo tenaga dikeluarkan.

i. Rail tegangan tinggi dibebaskan dari tegangan (bila perlu)

ii. Mencatat rele-rele yang bekerja dan mereset kembali

iii. Pemeriksaan secara visual dari peralatan yang ada di switch-yard

iv. Laporan keadaan Gardu Induk kepada Piket

v. Pemberian tegangan kembali dilakukan setelah ada perintah dari Piket.

## E . Pelaksanaan Pemeliharaan

Apabila syarat-syarat tersebut pada butir 1.1 dan 1.2 sudah dipenuhi dan dengan perintah Piket dilaksanakan sebagai berikut :

1. Pemasukkan tegangan dari SUTT ke rail

- ✍ Keluarkan PMS tanah
- ✍ Masukkan PMS rail
- ✍ Masukkan PMS penghantar
- ✍ Masukkan PMT penghantar
- ✍ Bila ada kelainan segera melapor kepada Piket

2. Pemberian tegangan dari rail ke SUTT

- ✍ Keluarkan PMS tanah
- ✍ Masukkan PMS penghantar
- ✍ Masukkan PMS rail
- ✍ Masukkan PMT penghantar

3. Interkoneksi dengan sistem lain

- Paralel pada rail

Setelah rail I dan rail II bertegangan dari dua sistem yang berlainan (cara pemasukan tegangan masing-masing seperti 2.1) dan apabila akan diparalel, sesuai dengan perintah Piket maka dilakukan dengan urutan-urutan sebagai berikut :

- ✍ Masukkan PMS rail I dari PMT koppel
- ✍ Masukkan PMS rail II dari PMT koppel
- ✍ Setelah syarat paralel dipenuhi (tegangan sama, frekuensi sama dan phasa/ urutan phasa sama), masukkan PMT koppel

- Paralel pada penghantar

Setelah rail I dan/ atau rail II bertegangan (cara pemasukan tegangan masing-masing seperti 2.1) dari satu sistem dan salah satu penghantar telah pula bertegangan dari sistem lain, dan apabila akan diparalel sesuai dengan perintah Piket, maka dilakukan dengan urutan-urutan sebagai berikut :

- ✍ Masukkan PMS rail I atau rail II dari PMT penghantar yang bersangkutan

- ✍ Masukkan PMS penghantar dari PMT penghantar di atas
  - ✍ Setelah syarat paralel dipenuhi (tegangan sama, frekuensi sama dan phasa urutan phasa sama), masukkan PMT penghantar.
4. Pemberian tegangan pada trafo tenaga
- ✍ Jalankan transformator tenaga (cara menjalankan lihat buku petunjuk perusahaan trafo.
  - ✍ Masukkan PMS rail tegangan menengah
  - ✍ Masukkan PMS tegangan menengah sebelah trafo
  - ✍ Masukkan PMT rail tegangan menengah
5. Pembebanan trafo tenaga
- Setelah trafo tenaga diberi tegangan dan rail tegangan menengah bertegangan pula, masukkan kabel-kabel dengan urutan sebagai berikut :
- ✍ Keluarkan PMS tanahnya
  - ✍ Masukkan PMS rail
  - ✍ Masukkan PMS kabel
  - ✍ Masukkan PMT kabel
  - ✍ Bila ada kelainan segera laporkan ke Piket
6. Pengawasan dan Pengamatan
- a. Pengawasan secara cermat pada lokasi Gardu Induk yang sedang beroperasi.  
Pengawasan secara cermat pada lokasi Gardu Induk yang sedang beroperasi adalah mencegah timbulnya gangguan penyaluran tenaga listrik dan kerusakan peralatan antara lain :
  - b. Pengawasan gangguan faktor luar  
Gangguan yang timbul disebabkan oleh manusia, binatang, tanaman dan lain-lain.
  - c. Pengawasan faktor dalam  
(lihat gangguan faktor dalam dari peralatan)
  - d. Sistem komunikasi  
Selalu baik dalam keadaan operasi
  - e. Pengawasan sistem sumber arus searah (batere & penyearah arus).  
Selalu dalam keadaan bekerja baik
  - f. Pengawasan sistem pemadam kebakaran



Selalu dalam keadaan siap bekerja.

7. Pengamatan yang perlu pada Gardu Induk yang sedang beroperasi.

Pengamatan dilakukan secara periodik di sesuaikan dengan batas waktu yang ditentukan terhadap arus beban, tegangan, daya (MW), daya buta (MVAR), faktor kerja (Cos Q), energi (kWh), tegangan arus searah dan sebagainya yang perlu dicatat.

a. Arus beban

Apabila arus beban (penghantar, trafo, kabel, SUTM) sudah mendekati nominal yang diijinkan dan/ atau arus beban tidak simetris segera melaporkan kepada Piket dan selanjutnya menunggu perintah dari Piket untuk langkah-langkah berikutnya.

b. Tegangan

Apabila pengukuran tegangan menunjukkan kemencengan, segera melaporkan kepada Piket.

c. Temperatur

(lihat buku petunjuk perusahaan trafo tenaga, batere dan sebagainya).

d. Tinggi permukaan dan warna minyak

Tinggi permukaan dan warna minyak pada peralatan yang mempergunakan minyak sebagai isolasi dan pendingin harus sesuai dengan batas yang telah ditentukan. Aliran sirkulasi minyak trafo supaya diperhatikan.

e. Pencatatan Counter

Penunjukan counter dari PMT, tapf-changer dan lightning arrester supaya dicatat.

f. Tekanan

Tekanan minyak hidrolik, gas SF 6 dan udara kempa untuk PMT supaya diperhatikan.

8. Membebaskan Peralatan dari Tegangan

Cara mematikan atas membebaskan tegangan pada Gardu Induk adalah dengan urutan sebagai berikut :

- a. Keluarkan semua PMT beban, kabel/ SUTM, kemudian PMS-PMSnya dan selanjutnya memasukkan PMS tanah dari masing-masing PMT yang telah dikeluarkan (kalau ada atau bila diperlukan).
- b. Keluarkan trafo tenaga (lihat buku Petunjuk Operasi dan memelihara peralatan trafoNO&MC1/BTC/KJJ/E1)
  - Keluarkan PMT penghantar kemudian PMS-PMSnya
  - Bila penghantar sudah tidak bertegangan lagi, masukkan PMS-PMS tanahnya (bila diperlukan).

## **F. Pemeliharaan Komponen yang Terkait dengan Busbar**

Instalasi Gardu Induk terdiri dari berbagai peralatan listrik, maka pelaksanaan pemeliharaannya pada dasarnya terdiri dari pemeliharaan masing-masing peralatan listrik yang terpasang seperti yang telah diuraikan di dalam buku-buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan.

O & M	01/BTG/KJJ/1981	Transformator Tenaga			
O & M	03/BTG/KJJ/1981	Pemutus Tenaga			
O & M	04/BTG/KJJ/1981	Transformator Pengukuran Arus dan Transformator Pengukuran Tegangan			
O & M	05/BTG/KJJ/1981	Pemisah			
O & M	06/BTG/KJJ/1981	Arrester			
O & M	07/BTG/KJJ/1981	Batere			

Oleh karena itu jadwal pemeliharaan instalasi gardu Induk disusun dengan kurun waktu sebagai berikut :

- ✍ Harian
- ✍ Mingguan
- ✍ Bulanan
- ✍ 6 bulanan
- ✍ Tahunan
- ✍ Lebih dari satu tahun

Seperti jadwal berikut ini :

## 1. JADWAL HARIAN

No	Peralatan/Komponen Yang Diperiksa	Cara Pelaksanaan
I	<p><b>TRANSFORMATOR TENAGA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tangki, radiator pipa-pipa minyak, air, katup-katup, dan sumbat-sumbat</li> <li>2. Indikator tinggi minyak</li> <li>3. Sistem pernafasan</li> <li>4. Indikator aliran air pendingin</li> <li>5. Bushing</li> <li>6. Lemari kontrol</li> <li>7. Sumber arus searah</li> <li>8. Kipas-kipas pendingin</li> <li>9. Gas dalam tangki</li> <li>10. Pengatur dan pengukur gas</li> </ol>	<p>Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no O&amp;M 01/BTG/KJJ/1981</p>
II	<p><b>PEMUTUS TENAGA (PMT)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tangki, Katup pembuang minyak dan kebocoran minyak.</li> <li>2. Indikator tinggi minyak tekanan udara/tekanan gas SF<sub>6</sub></li> <li>3. Tangki, Pipa-pipa udara, pipa-pipa minyak</li> <li>4. Kompresor</li> <li>5. Indikator counter PMT</li> <li>6. Lemari kontrol</li> <li>7. Sumber tegangan arus searah</li> <li>8. Sumber tegangan arus bolak balik</li> <li>9. Bushing/ isolator</li> <li>10. Indikator pegas</li> <li>11. Indikator tekanan udara (pneumatik)</li> <li>12. Indikator tekanan minyak (hidrolis)</li> <li>13. Terminal utama</li> </ol>	<p>Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&amp;M : 03/BTG/KJJ/1981</p>
III	<p><b>ARRESTER</b></p>	<p>☞ Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&amp;M : 06/BTG/KJJ/1981</p>

IV	<b>BATERE</b> 1. Sel batere 2. Rangkaian arus searah 3. Tinggi cairan elektrolit 4. Ruang batere	Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&M : 07/BTG/KJJ/1981
----	--	---

## 2. JADWAL MINGGUAN

No	Peralatan/Komponen Yang Diperiksa	Cara Pelaksanaan
I	<b>TRANSFORMATOR TENAGA</b> 1. Diapragma 2. Pemadam kebakaran	Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&M : 01/BTG/KJJ/1981
II	<b>TRANSFORMATOR ARUS DAN TRANSFORMATOR TEGANGAN</b> 1. Silicagel-breather 2. Indikator tinggi minyak 3. Kebocoran minyak 4. Isolator	Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&M : 04/BTG/KJJ/1981
III	<b>PEMISAH</b> 1. Pisau-pisau kontak-kontak 2. Tangkai penggerak 3. Isolator 4. Lock dan interlock 5. Sumber tegangan searah (DC) bolak balik (AC) dan sistem udara hampa (pneumatik) 6. Lemari kontrol	Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&M : 05/BTG/KJJ/1981
IV	<b>BATERE</b> 1. Sel-sel batere 2. Tinggi permukaan cairan elektrolit	Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&M : 07/BTG/KJJ/1981

### 3. JADWAL BULANAN

No	Peralatan/Komponen Yang Diperiksa	Cara Pelaksanaan
I	<b>TRANSFORMATOR TENAGA</b> 1. Penghitung jumlah kerja tap-changer 2. Sistem pernafasan 3. Tap charger 4. Kontaktor 5. Terminal pentanahan	Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&M : 01/BTG/KJJ/1981
II	<b>PEMUTUS TENAGA (PMT)</b> 1. Counter (alat penghitungan jumlah kerja) PMT 2. Terminal pentanahan 3. Kerangka dan tangki	
III	<b>BATERE</b> 1. Sel batere 2. Klem sambungan batere (connector tightened part)	

### 4. JADWAL SETIAP 6 BULANAN

No	Peralatan/Komponen Yang Diperiksa	Cara Pelaksanaan
I	<b>TRANSFORMATOR TENAGA</b> 1. Dielektrik minyak 2. Bushing 3. Motor dan pendingin 4. Tahanan isolasi pentanahan dan tahanan tanah 5. Alarm proteksi, rele, sumber arus searah dan pengawatannya 6. Arrester dan spark gap 7. Tinggi permukaan minyak 8. Pemadam kebakaran 9. Tanda-tanda karat 10. Gas dalam tangki	Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&M : 01/BTG/KJJ/1981
II	<b>AREESTER</b> 1. Rumah isolator 2. Tanah antara elektroda dengan elektroda 3. Tahanan pentanahan	

**5. JADWAL TAHUNAN**

No	Peralatan/Komponen Yang Diperiksa	Cara Pelaksanaan
I	<p><b>TRANSFORMATOR TENAGA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pondasi</li> <li>2. Pipa minyak dan pipa air</li> <li>3. Katup-katup dan sumbat-sumbat</li> <li>4. Indikator tinggi minyak dan relenya</li> <li>5. Alat pernafasan dan ventilasi</li> <li>6. Diapragma</li> <li>7. Pendingin air pada kumparan dan pipa-pipa</li> <li>8. Indikator aliran air pendingin dan relenya</li> <li>9. Pompa-pompa minyak</li> <li>10. Kipas pendingin</li> <li>11. Indikator temperatur dan rele-relenya</li> <li>12. Alat pengatur gas dan rele-relenya</li> <li>13. Pipa gas dan katup</li> <li>14. Bushing</li> <li>15. CT bushing dan peralatan tegangan</li> <li>16. Terminal utama dan pentanahan</li> <li>17. Motor penggerak tap-changer</li> <li>18. Perlengkapan limit switch tap-changer</li> <li>19. Posisi tap changer indikator</li> <li>20. Counter tap changer</li> <li>21. Tahanan isolasi belitan trafo</li> <li>22.</li> </ol>	<p>Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&amp;M : 01/BTG/KJJ/1981</p>

No	Peralatan/Komponen Yang Diperiksa	Cara Pelaksanaan
II	<p>PEMUTUS TENAGA (PMT)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Pondasi</li> <li>4. Katup-katup, sumbat-sumbat :pipa-pipa dan tangki</li> <li>5. Dielektrik minyak</li> <li>6. Indikator minyak</li> <li>7. Alat pernafasan dan ventilasi</li> <li>8. Lemari kontrol peralatan listrik</li> <li>9. Bushing isolator</li> <li>10. CT bushing dan peralatan tegangan</li> <li>11. Terminal utama dan pentanahan</li> <li>12. Tekanan gas SF6</li> <li>13. Counter PMT</li> <li>14. Posisi indikator</li> <li>15. Lemari kontrol mekanis</li> <li>16. Mekanis penggerak</li> </ol>	<p>Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&amp;M : 03/BTG/KJJ/1981</p>
III	<p>TRANSFORMATOR ARUS DAN TRANSFORMATOR TEGANGAN</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Isolator</li> <li>2. Terminal utama dan pentanahan</li> <li>3. Indikator</li> <li>4. Pondasi</li> </ol>	<p>Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&amp;M : 04/BTG/KJJ/1981</p>

IV	<b>PEMISAH</b> 1. Pisau-pisau, kontak-kontak pemisah 2. Isolator 3. Terminal utama dan pentanahan 4. Tangkai penggerak 5. Arcing horn 6. Lock dan interlock 7. Pondasi 8. Lemari kontrol	} Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&M : 03/BTG/KJJ/1981
V	<b>ARRESTER</b> 1. Tumah isolator 2. Tahanan antara elektroda dengan elektroda 3. Tahanan pentanahan	} Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&M : 06/BTG/KJJ/1981
VI	<b>BATERE</b> 1. Ruang batere dan ventilasi 2. Isolator dudukan dan rak batere 3. Peralatan kerja khusus untuk batere 4. Klem sambungan batere 5. Percobaan pengosongan batere 6. Penyearah (rectifier)	} Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&M : 07/BTG/KJJ/1981

## 6. JADWAL LEBIH DARI SATU TAHUN

No	Peralatan/Komponen Yang Diperiksa	Cara Pelaksanaan
I	TRANSFORMATOR TENAGA	} Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&M : 01/BTG/KJJ/1981



II	<b>PEMUTUS TENAGA (PMT)</b> 1. Pengatur busur api (arc control device) 2. Jari-jari kontak tetap atas dancincin busur kontak tetap atas 3. Jari-jari kontak tetap bawah 4. Silinder pengisolasi (insulating cylinder) 5. Ujung kontak (arcing tip)	Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&M : 01/BTG/KJJ/1981
III	<b>TRANSFORMATOR ARUS DAN TRANSFORMATOR TEGANGAN</b>	Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&M : 04/BTG/KJJ/1981
IV	<b>ARRESTER</b>	Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&M : 06/BTG/KJJ/1981
V	<b>BATERE</b>	Lihat pada buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan no. O&M : 07/BTG/KJJ/1981

Pada setiap instalasi Gardu Induk harus dilengkapi dengan :

1. Diagram satu garis (one line diagram)
2. Data peralatan terpasang
3. Buku pentunjuk peralatan dari pabrik
4. Data setiap relay dari Gardu Induk yang bersangkutan
5. Daftar pemeriksaan (checking list) terdiri dari :

## **G. Rangkuman Unit kegiatan belajar 4**

Jadwal pemeliharaan instalasi busbar pada gardu Induk disusun dengan kurun waktu sebagai berikut :

- ✍ Harian
- ✍ Mingguan
- ✍ Bulanan
- ✍ 6 bulanan
- ✍ Tahunan
- ✍ Lebih dari satu tahun

## **H. Tugas 4**

1. Buatlah sebuah diagram hubungan pemisah busbar dan PMT !
2. Lakukan pengamatan secara detail apa saja yang ada di GI terkait dengan system busbar !
3. Gambarkan secara benar pembebasan tegangan berdasarkan standar yang digunakan pada GI !

## **I. Tes Formatif**

1. Jelaskan langkah-langkah pengisian tegangan SUTT terhadap busbar !
2. Terangkan prosedur standar pemasukan tegangan dari busbar ke jaringan ?
3. Sebutkan langkah-langkah parallel busbar !
4. Sebutkan langkah-langkah parallel pada penghantar!

## **J. Kunci Jawaban Formatif**

1. Keluarkan PMS tanah- masukan PMS busbar-masukan PMS penghantar; masukan PMT penghantar
2. Keluarkan PMS tanah-masukan PMS penghantar-masukan PMS busbar-masukan PMT penghantar
3. Masukan PMS busbar 1 dari PMT koppel-masukan PMS 2 dari PMT koppel
4. Masukan PMS busbar 1 atau busbar 2 dari PMT penghantar yang bersangkutan- Masukan PMS penghantar dari PMT.

### **K. Lembar Kerja 4**

Untuk melakukan pengayaan substansi materi yang telah disajikan, maka peserta diklat wajib melakukan tugas terstruktur yakni melakukan survey lapangan terhadap industri terkait. Untuk itu peserta diklat setelah tuntas dengan modul diharapkan secara langsung cek in ke lapangan dan mengisi form berikut :

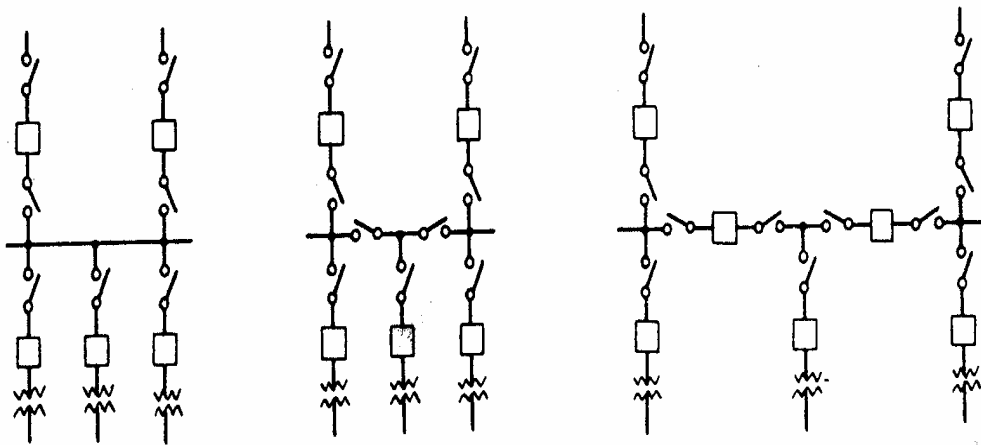
No	Uraian Kegiatan	Kompetensi/Subkompetensi yg akan dicapai	Tempat	Pembimbing Lapangan

### **III. EVALUASI**

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan busbar ?
2. Jelaskan perbedaan struktur busbar tunggal dan rangkap ?
3. Terangkan penentuan system hubungan rangkaian (busbar) yang akan digunakan untuk sebuah system ?
4. Jelaskan system hubungan penerima untuk busbar primer, skunder dan tersier ?
5. Jelaskan system pemeliharaan yang harus dilakukan pada Busbar ?

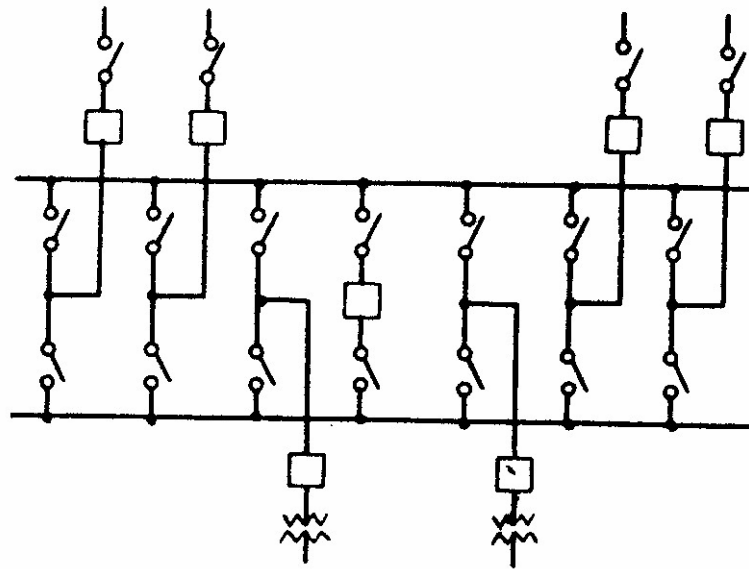
## KUNCI JAWABAN

1. Busbar adalah system hubungan rangkaian pada suatu instalasi GI dari beberapa komponen transmisi tenaga listrik. Seperti trafo tenaga, system pentanahan, system pengamanan, jaringan transmisi.
2. Sistem tunggal memerlukan sedikit peralatan listrik baik untuk saluran keluar maupu kedalam.



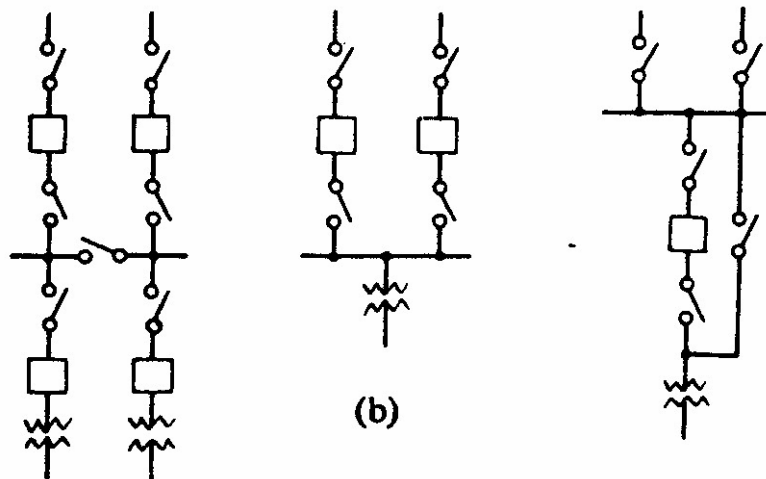
Sistem busbar tunggal

Sistem busbar rangkap mempunyai ril rangkap yang dihubung oleh pemutus tenaga. Sistem ini memerlukan banyak isolator dan konstruksi sipil dengan saluran keluar masuk ganda.

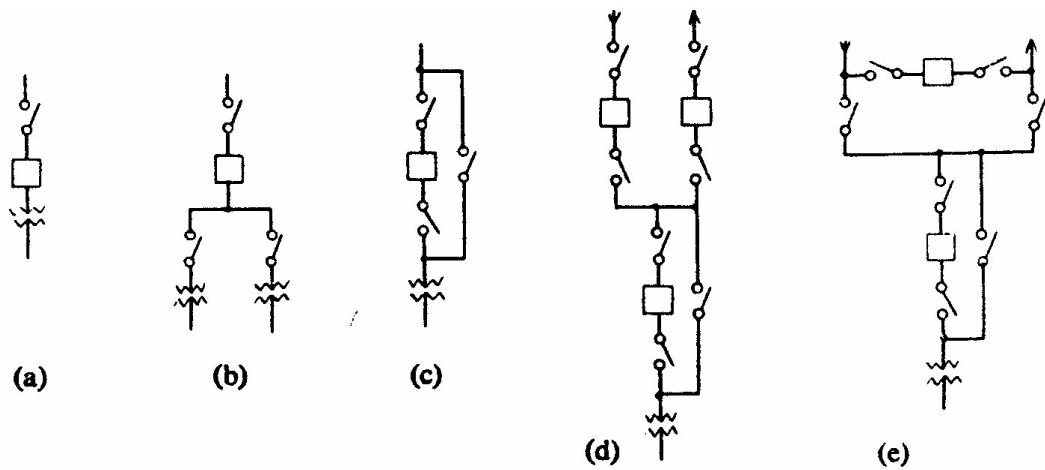


Sistem busbar rangkap

3. Pertimbangan segi gangguan, segi konstruksi dan segi pemeriksaan.
4. Hubungan rangkaian primer, sekunder dan tersier dibedakan berdasarkan arah aliran tenaga. Untuk jenis GI penurun dan penaik tegangan system hubungan menjadi berbeda.



Sistem hubungan primer



Sistem hubungan sekunder

5. Pemeliharaan yang dilakukan terhadap busbar bersifat scheduling dan terencana. Untuk optimasi operasional system tenaga listrik maka dilakukan pemeliharaan secara rutin berdasarkan waktu mulai dari harian, mingguan, bulanan, semester dan tahunan.

## **IV. PENUTUP**

Modul busbar ini diharapkan dapat memberikan ruang terbuka untuk mencapai serangkaian kompetensi yang disyaratkan industri. Disamping tentunya kompetensi ini juga memberikan dukungan kuat untuk mencapai kompetensi-kompetensi lainnya. Guna lebih meningkatkan kapasitas, kapabilitas serta akuntabilitas akademik yang lebih luas diharapkan peserta diklat setelah membaca modul ini dilanjutkan dengan uji kompetensi yang dilakukan oleh asosiasi terkait dalam bidang ketenagalistrikan.



## **DAFTAR PUSTAKA**

Arismunandar, *Teknik Tenaga Listrik*, Pradnya Paramitha, Jakarta, 1982

BBC Medium Voltage Program, *Switch Disconnecter Type RL and RLS*, April 1978.

Delle Alsthom, *Disconnecting Switches Type SRE9*

Delle Alsthom, *Three pole Disconnecting Switches Type SL*

Merlin Gerin, *Outdoor High Voltage Disconnecting Switches Type DR-E*

AEG TELEFUNKEN, *Pantograph isolator Type Z*

*“Maintenance Schedule and records”* Power O and M Bulletin No. 19, Januari 1957

H.J. Vorwerk *“ The maintenance of Substation in technical, Economical and Organisational Respect”*, Electra No. 32 – 1978



		Standar Nasional Instalasi Listrik, Teknik Listrik)								
3	Peta Kedudukan Modul	Dalam bahasan ini dijelaskan secara detail 'positioning' modul Pemeliharaan Busbar dalam kerangka pembelajaran SMK kurikulum baru edisi 2004 secara keseluruhan.								
4	Peristilahan	Daftar peristilahan yang dimunculkan diutamakan pada istilah-istilah dan mempunyai makna sangat penting dalam substansi materi yang sedang dibahas.								
5	Petunjuk Penggunaan Modul	Pedoman pemakaian modul diarahkan pada subyek pengajaran yaitu siswa dan guru. Siswa diharapkan dapat mempelajari modul Pemeliharaan Busbar dengan atau tanpa instruktur. Sedangkan guru diharapkan dapat menggunakan modul secara sistematis, terencana dan terprogram.								
6	Pembelajaran 6.1 Penjelasan Umum	Proses pembelajaran dilakukan dalam dua bentuk pertama dalam bentuk tatap muka di kelas yang diarahkan pada pencapaian kompetensi pemahaman selama 4 jam per minggu. Jenis pembelajaran ini menghabiskan 40 % dari seluruh kompetensi yang akan di capai. Sedangkan model pendekatan kedua adalah melakukan kegiatan		?				?	?	?

		<p>lapangan baik dalam bentuk simulasi komputer maupun langsung ke lokasi/industri terkait seperti praktek kerja lapangan dan sebagainya.</p> <p>Materi Pemeliharaan Busbar dibagi menjadi 4 bagian dalam bentuk Unit Kegiatan Belajar 1-4 yang meliputi : pengantar teori busbar, aplikasi busbar pada GI, komponen utama busbar dan pemeliharaan busbar)</p>								
	6.2 Unit Kegiatan Belajar 1	Unit kegiatan belajar ini dikembangkan untuk memberikan penjelasan dan pemahaman terhadap materi pemeliharaan busbar.								
	a. Uraian sub materi	Mencakup pengertian dasar busbar serta ruang lingkup dan aplikasi pada GI								
	b. Evaluasi	Sistem evaluasi meliputi dua bagian pertama evaluasi di bagian akhir UKB dan evaluasi akhir keseluruhan modul.								
	6.3 Penjelasan Materi									
	a. Materi 1	Pada UKB 1 diuraikan secara jelas konsep pengantar teorema busbar yang meliputi system bus busbar, pemilihan busbar dan aspek konstruksi.		?			?	?	?	
	Evaluasi	Evaluasi materi pertama dirancang agar siswa memiliki kompetensi dasar pemahaman busbar terutama system dan aplikasinya								
	b. Materi 2	Pada bagian kedua diuraikan system hubungan rangkaian pada GI yang								

