

# Pengantar Gardu Induk

Pertemuan 4 dan 5 Perlengkapan Sistem Tenaga



# INSTALASI PENYEDIAAN DAN PEMANFAATAN TENAGA LISTRIK

PUSAT LISTRIK TENAGA  
( PLTA, PLTU, PLTG, PLTN, PLTD, PLTPIH ) dsb.



PLTA



PLTU

Saluran Transmisi

Gardu Induk

JTM

Instalasi Penyediaan  
Tenaga Listrik

Gardu Tiang

JTR

SR

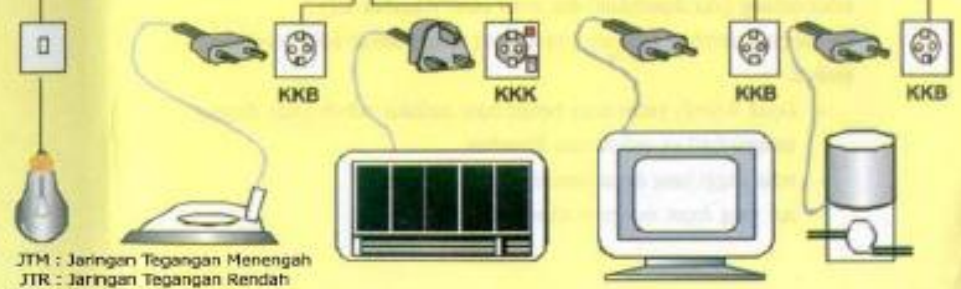
Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik  
(Instalasi Pelanggan Besar)

PHB : Panel Hubung Bagi  
APP : Alat Pengukur dan Pembatas  
KKB : Kotak Kontak Biasa  
KKK : Kotak Kontak Khusus

JTM : Jaringan Tegangan Menengah  
JTR : Jaringan Tegangan Rendah  
SR : Saluran Rumah



Instalasi Pemanfaatan Tenaga Listrik



# Definisi Gardu induk

Suatu instalasi listrik yang berfungsi untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik dalam kuantitas yang besar.

# Fungsi Gardu Induk

- ✦ Mentransformasikan daya listrik :
  - ✓ Dari tegangan ekstra tinggi ke tegangan tinggi (500 KV/150 KV).
  - ✓ Dari tegangan tinggi ke tegangan yang lebih rendah (150 KV/ 70 KV).
  - ✓ Dari tegangan tinggi ke tegangan menengah (150 KV/ 20 KV, 70 KV/20 KV).
  - ✓ Dengan frekuensi tetap (di Indonesia 50 Hertz).
  
- ✦ Untuk pengukuran, pengawasan operasi serta pengamanan dari sistem tenaga listrik.
  
- ✦ Pengaturan pelayanan beban ke gardu induk-gardu induk lain melalui tegangan tinggi dan ke gardu distribusi-gardu distribusi, setelah melalui proses penurunan tegangan melalui penyulang-penyulang (feeder-feeder) tegangan menengah yang ada di gardu induk.
  
- ✦ Untuk sarana telekomunikasi (pada umumnya untuk internal PLN), yang kita kenal dengan istilah SCADA.

## 1.3. JENIS GARDU INDUK

- ⚡ Jenis Gardu Induk bisa dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu :
  - ✓ Berdasarkan besaran tegangannya.
  - ✓ Berdasarkan pemasangan peralatan.
  - ✓ Berdasarkan fungsinya.
  - ✓ Berdasarkan isolasi yang digunakan.
  - ✓ Berdasarkan sistem rel (busbar).
  
- ⚡ Dilihat dari jenis komponen yang digunakan, secara umum antara GITET dengan GI mempunyai banyak kesamaan. Perbedaan mendasar adalah :
  - ✓ Pada GITET transformator daya yang digunakan berupa 3 buah transformator daya masing – masing 1 fasa (bank transformer) dan dilengkapi peralatan reaktor yang berfungsi mengkompensasikan daya reaktif jaringan.
  - ✓ Sedangkan pada GI (150 KV, 70 KV) menggunakan Transformator daya 3 fasa dan tidak ada peralatan reaktor.
  
- ⚡ Berdasarkan besaran tegangannya, terdiri dari :
  - ✓ Gardu INduk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 275 KV, 500 KV.
  - ✓ Gardu Induk Tegangan Tinggi (GI) 150 KV dan 70 KV.

## 1.3.1. BERDASARKAN PEMASANGAN PERALATAN

- ⚡ Gardu Induk Pasangan Luar :
  - ✓ Adalah gardu induk yang sebagian besar komponennya di tempatkan di luar gedung, kecuali komponen kontrol, sistem proteksi dan sistem kendali serta komponen bantu lainnya, ada di dalam gedung.
  - ✓ Gardu Induk semacam ini biasa disebut dengan gardu induk konvensional.
  - ✓ Sebagian besar gardu induk di Indonesia adalah gardu induk konvensional.
  - ✓ Untuk daerah-daerah yang padat pemukiman dan di kota-kota besar di Pulau Jawa, sebagian menggunakan gardu induk pasangan dalam, yang disebut Gas Insulated Substation atau Gas Insulated Switchgear (GIS).
  
- ⚡ Gardu Induk Pasangan Dalam :
  - ✓ Adalah gardu induk yang hampir semua komponennya (switchgear, busbar, isolator, komponen kontrol, komponen kendali, cubicle, dan lain-lain) dipasang di dalam gedung. Kecuali transformator daya, pada umumnya dipasang di luar gedung.
  - ✓ Gardu Induk semacam ini biasa disebut Gas Insulated Substation (GIS).
  - ✓ GIS merupakan bentuk pengembangan gardu induk, yang pada umumnya dibangun di daerah perkotaan atau padat pemukiman yang sulit untuk mendapatkan lahan.

- ✓ Beberapa keunggulan GIS dibanding GI konvensional :
  - Hanya membutuhkan lahan seluas  $\pm 3.000$  meter persegi atau  $\pm 6\%$  dari luas lahan GI konvensional.
  - Mampu menghasilkan kapasitas daya (power capacity) sebesar  $3 \times 60$  MVA bahkan bisa ditingkatkan sampai dengan  $3 \times 100$  MVA.
  - Jumlah penyulang keluaran (output feeder) sebanyak 24 penyulang (feeder) dengan tegangan kerja masing-masing 20 KV.
  - Bisa dipasang di tengah kota yang padat pemukiman.
  - Keunggulan dari segi estetika dan arsitektural, karena bangunan bisa didesain sesuai kondisi disekitarnya.
  
- ⚡ Gardu Induk kombinasi pasangan luar dan pasangan dalam :

Adalah gardu induk yang komponen switchgear-nya ditempatkan di dalam gedung dan sebagian komponen switchgear ditempatkan di luar gedung, misalnya gantry (tie line) dan saluran udara tegangan tinggi (SUTT) sebelum masuk ke dalam switchgear. Transformator daya juga ditempatkan di luar gedung.



## 1.3.2. BERDASARKAN FUNGSINYA

- ⚡ Gardu Induk Penaik Tegangan :
  - ✓ Adalah gardu induk yang berfungsi untuk menaikkan tegangan, yaitu tegangan pembangkit (generator) dinaikkan menjadi tegangan sistem.
  - ✓ Gardu Induk ini berada di lokasi pembangkit tenaga listrik.
  - ✓ Karena output voltage yang dihasilkan pembangkit listrik kecil dan harus disalurkan pada jarak yang jauh, maka dengan pertimbangan efisiensi, tegangannya dinaikkan menjadi tegangan ekstra tinggi atau tegangan tinggi.
  
- ⚡ Gardu Induk Penurun Tegangan :
  - ✓ Adalah gardu induk yang berfungsi untuk menurunkan tegangan, dari tegangan tinggi menjadi tegangan tinggi yang lebih rendah dan menengah atau tegangan distribusi.
  - ✓ Gardu Induk terletak di daerah pusat-pusat beban, karena di gardu induk inilah pelanggan (beban) dilayani.
  
- ⚡ Gardu Induk Pengatur Tegangan :
  - ✓ Pada umumnya gardu induk jenis ini terletak jauh dari pembangkit tenaga listrik.
  - ✓ Karena listrik disalurkan sangat jauh, maka terjadi tegangan jatuh (voltage drop) transmisi yang cukup besar.
  - ✓ Oleh karena diperlukan alat penaik tegangan, seperti bank kapasitor, sehingga tegangan kembali dalam keadaan normal.

### ⚡ Gardu Induk Pengatur Beban :

- ✓ Berfungsi untuk mengatur beban.
- ✓ Pada gardu induk ini terpasang beban motor, yang pada saat tertentu menjadi pembangkit tenaga listrik, motor berubah menjadi generator dan suatu saat generator menjadi motor atau menjadi beban, dengan generator berubah menjadi motor yang memompakan air kembali ke kolam utama.

### ⚡ Gardu Induk Distribusi :

- ✓ Gardu induk yang menyalurkan tenaga listrik dari tegangan sistem ke tegangan distribusi.
- ✓ Gardu induk ini terletak di dekat pusat-pusat beban.

Secara garis besar gardu distribusi dibedakan atas :

a. Jenis pemasangannya

- Gardu pasangan luar : Gardu Portal, Gardu Cantol
- Gardu pasangan dalam : Gardu Beton, Gardu Kios

b. Jenis Konstruksinya

- Gardu Beton (bangunan sipil : batu, beton)
- Gardu Tiang : Gardu Portal dan Gardu Cantol
- Gardu Kios

c. Jenis Penggunaannya

- Gardu Pelanggan Umum
- Gardu Pelanggan Khusus



## Gardu Portal

Umumnya konfigurasi Gardu Tiang yang dicatu dari SUTM adalah T section dengan peralatan pengaman Pengaman Lebur Cut-Out (FCO) sebagai pengaman hubung singkat transformator dengan elemen pelebur (pengaman lebur link type expulsion) dan Lightning Arrester (LA) sebagai sarana pencegah naiknya tegangan pada transformator akibat surja petir.



## Gardu Cantol

Pada Gardu Distribusi tipe cantol, transformator yang terpasang adalah transformator dengan daya  $\leq 100$  kVA Fase 3 atau Fase 1. Transformator terpasang adalah jenis CSP (Completely Self Protected Transformer) yaitu peralatan switching dan proteksinya sudah terpasang lengkap dalam tangki transformator.



## Gardu Beton

Ukuran dan dimensi gardu beton mengikuti ketersediaan lahan yang ada, namun harus memenuhi ketentuan-ketentuan berikut untuk jenis PHB tertutup :

- Tinggi bangunan minimum 3 meter
- Jarak kiri kanan PHB terhadap tembok minimum 1 meter
- Pintu keluar minimal 0,75 meter
- Bagian depan PHB terhadap dinding minimal 1 Meter
- Jarak antara PHB TM dengan PHB TR minimal 1 meter.



## Gardu Kios

Gardu tipe ini adalah bangunan prefabricated terbuat dari konstruksi baja, fiberglass atau kombinasinya, yang dapat dirangkai di lokasi rencana pembangunan gardu distribusi. Terdapat beberapa jenis konstruksi, yaitu Kios Kompak, Kios Modular dan Kios Bertingkat. Jenis **Gardu** ini dibangun pada tempat-tempat yang tidak diperbolehkan membangun Gardu Beton. Karena sifat mobilitasnya, maka kapasitas transformator distribusi yang terpasang terbatas. Kapasitas maksimum adalah 400 kVA, dengan 4 jurusan Tegangan Rendah.



## Gardu Pelanggan Umum

Umumnya konfigurasi peralatan Gardu Pelanggan Umum adalah  $\pi$  section, sama halnya seperti dengan Gardu Tiang yang dicatu dari SKTM.

Karena keterbatasan lokasi dan pertimbangan keandalan yang dibutuhkan, dapat saja konfigurasi gardu berupa T section dengan satu busbar disuplai PHB-TM gardu terdekat yang sering disebut dengan Gardu Antena. Untuk tingkat keandalan yang dituntut lebih dari Gardu Pelanggan Umum biasa, maka gardu dipasang oleh SKTM lebih dari satu penyulang sehingga jumlah saklar hubung lebih dari satu dan dapat digerakan secara Otomatis (ACOS : Automatic Change Over Switch) atau secara remote control.



## Gardu Pelanggan Khusus

Gardu ini dirancang dan dibangun untuk sambungan tenaga listrik bagi pelanggan berdaya besar. Selain komponen utama peralatan hubung dan proteksi, gardu ini dilengkapi dengan alat-alat ukur yang dipersyaratkan.

Untuk pelanggan dengan daya lebih dari 197 kVA, komponen utama gardu distribusi adalah peralatan PHB-TM, proteksi dan pengukuran Tegangan Menengah. Transformator penurun tegangan berada di sisi pelanggan atau diluar area kepemilikan dan tanggung jawab PT PLN (Persero).



### 1.3.3. BERDASARKAN ISOLASI YANG DIGUNAKAN

- ⚡ Gardu Induk yang menggunakan isolasi udara :
  - ✓ Adalah gardu induk yang menggunakan isolasi udara antara bagian yang bertegangan yang satu dengan bagian yang bertegangan lainnya.
  - ✓ Gardu Induk ini berupa gardu induk konvensional (lihat gambar 1), memerlukan tempat terbuka yang cukup luas.



Gambar 1 : Gardu induk konvensional

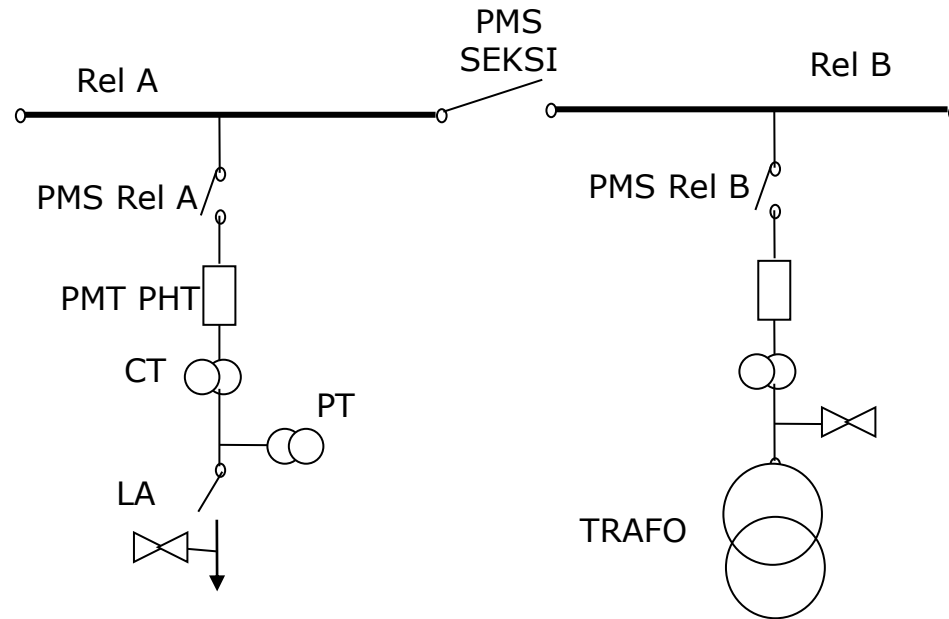
- ⚡ Gardu Induk yang menggunakan isolasi gas SF 6 :
  - ✓ Gardu induk yang menggunakan gas SF 6 sebagai isolasi antara bagian yang bertegangan yang satu dengan bagian lain yang bertegangan, maupun antara bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan.
  - ✓ Gardu induk ini disebut Gas Insulated Substation atau Gas Insulated Switchgear (GIS), yang memerlukan tempat yang sempit (lihat gambar 2).



Gambar 2 : Gas Insulated Substation (GIS)

## 1.3.4. BERDASARKAN SISTEM REL (BUSBAR)

- ⚡ Rel (busbar) merupakan titik hubungan pertemuan (connecting) antara transformator daya, SUTT/ SKTT dengan komponen listrik lainnya, untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik. Berdasarkan sistem rel (busbar), gardu induk dibagi menjadi beberapa jenis, sebagaimana tersebut di bawah ini :
  
- ⚡ Gardu Induk sistem ring busbar :
  - ✓ Adalah gardu induk yang busbarnya berbentuk ring.
  - ✓ Pada gardu induk jenis ini, semua rel (busbar) yang ada, tersambung (terhubung) satu dengan lainnya dan membentuk ring (cincin).
  
- ⚡ Gardu Induk sistem single busbar :
  - ✓ Adalah gardu induk yang mempunyai satu (single) busbar.
  - ✓ Pada umumnya gardu dengan sistem ini adalah gardu induk yang berada pada ujung (akhir) dari suatu sistem transmisi.
  - ✓ Single line diagram gardu sistem single busbar, lihat gambar 3.

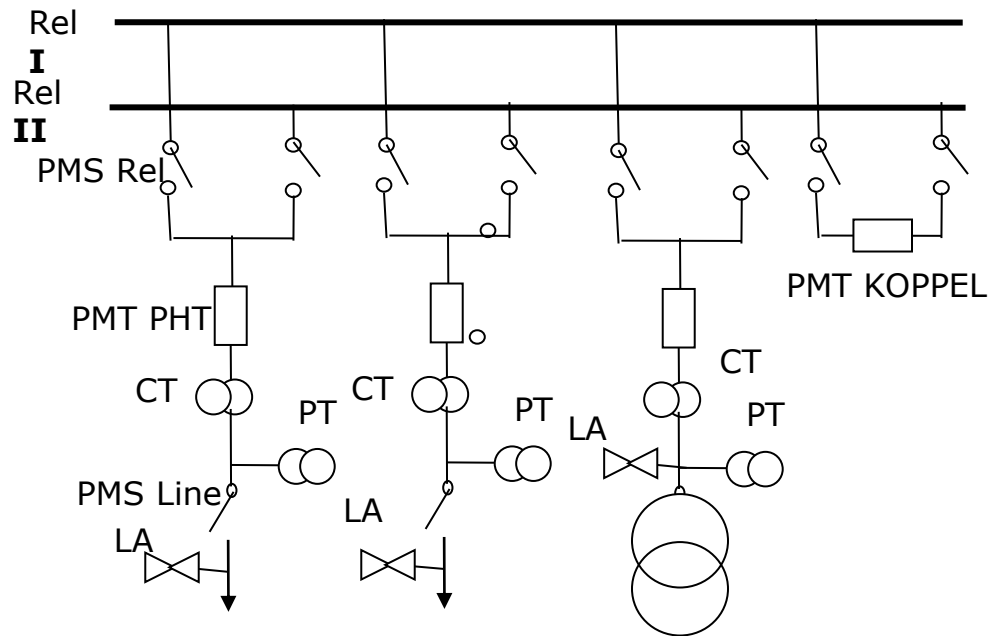


Gambar 3 : Single line diagram gardu induk single busbar

## ⚡ Gardu Induk sistem double busbar :

- ✓ Adalah gardu induk yang mempunyai dua (double) busbar.
- ✓ Gardu induk sistem double busbar sangat efektif untuk mengurangi terjadinya pemadaman beban, khususnya pada saat melakukan perubahan sistem (manuver sistem).
- ✓ Jenis gardu induk ini pada umumnya yang banyak digunakan.
- ✓ Single line diagram gardu induk sistem double busbar, lihat gambar 4.

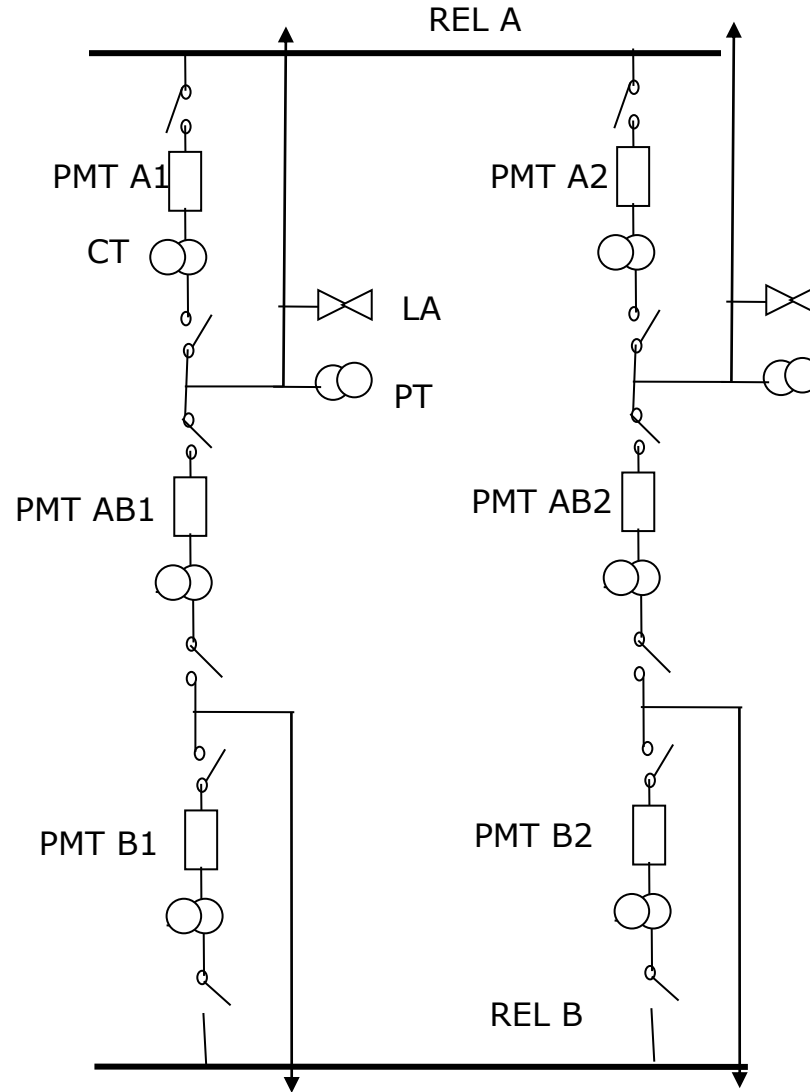




Gambar 4 : Single line diagram gardu induk sistem double busbar.

⚡ Gardu Induk sistem satu setengah (on half) busbar :

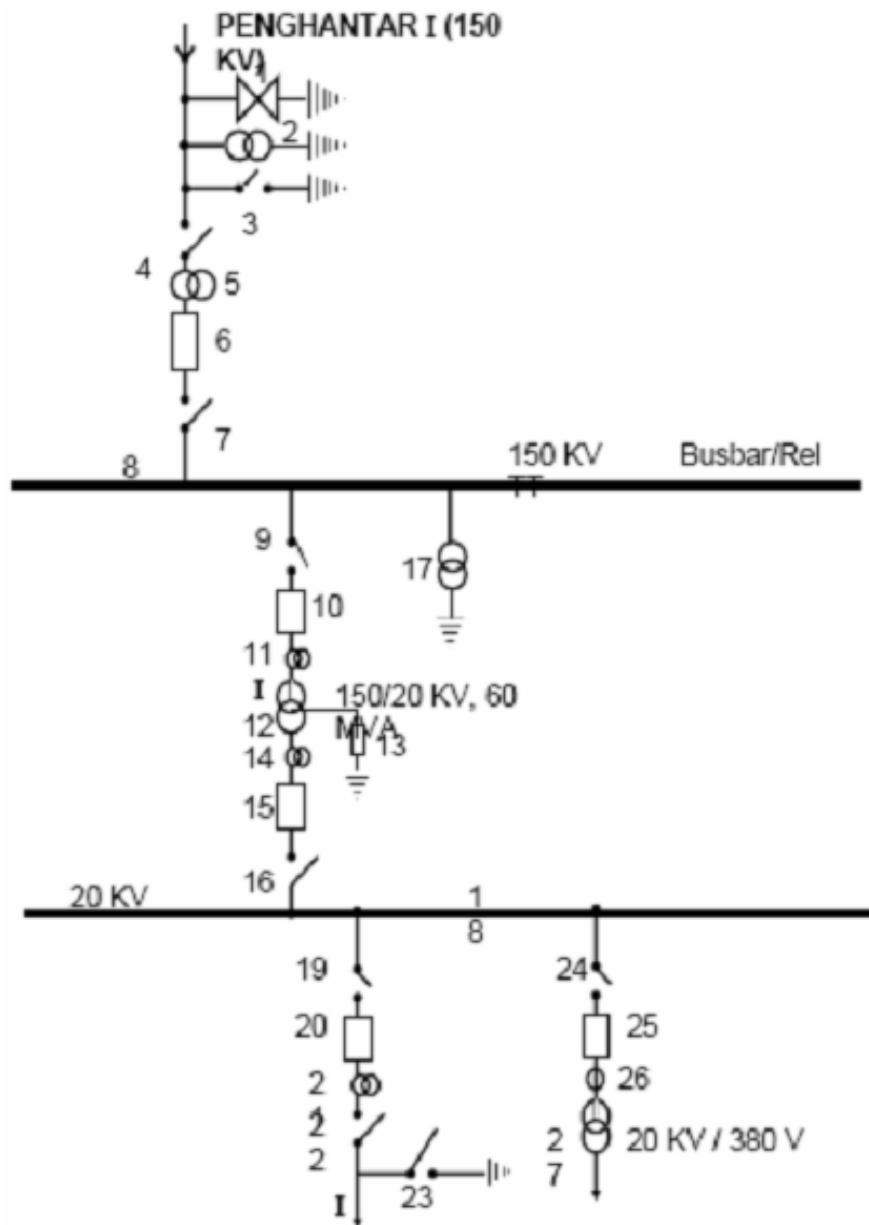
- ✓ Adalah gardu induk yang mempunyai dua (double) busbar.
- ✓ Pada umumnya gardu induk jenis ini dipasang pada gardu induk di pembangkit tenaga listrik atau gardu induk yang berkapasitas besar.
- ✓ Dalam segi operasional, gardu induk ini sangat efektif, karena dapat mengurangi pemadaman beban pada saat dilakukan perubahan sistem (manuver system).
- ✓ Sistem ini menggunakan 3 buah PMT dalam satu diagonal yang terpasang secara deret (seri). Single line diagram, lihat gambar 5.



Gambar 5 : Single line diagram gardu induk satu setengah busbar

# Peralatan utama

- Trafo:trafo daya, trafo instrumen, CT, PT
- CB/PMT
- PMS/DS
- Busbar (rel daya)
- Isolator
- LA
- Reaktor
- Static capacitor
- Peralatan sistem pentanahan
- Peralatan komunikasi



1. LIGHTNING ARRESTER (LA)
2. TRAFU TEGANGAN (PT)
3. PMS TANAH PENGHANTAR I 150 KV
4. PMS PENGHANTAR (PMS LINE) I 150 KV
5. TRAFU ARUS (CT)
6. PMT (CB) 150 KV PENGHANTAR I
7. PMS REL 150 KV PENGHANTAR I
8. REL (BUSBAR) 150 KV
9. PMS REL 150 KV TRAFU I
10. PMT 150 KV TRAFU I
11. TRAFU ARUS (CT) SISI 150 KV TRAFU I
12. TRAFU TENAGA 150/20 KV, 30 MVA
13. NETRAL GROUNDING RESISTANCE (NGR)
14. TRAFU ARUS (CT) SISI 20 KV TRAFU I
15. PMT 20 KV TRAFU I
16. PMS REL 20 KV TRAFU I
17. TRAFU TEGANGAN (PT) REL 150 KV
18. REL (BUSBAR) 20 KV
19. PMS REL 20 KV PENYULANG I
20. PMT 20 KV PENYULANG I
21. TRAFU ARUS (CT) PENYULANG I
22. PMS KABEL PENYULANG I
23. PMS TANAH PENYULANG I
24. PMS REL TRAFU PS (PEMAKAIAN SENDIRI)
25. PMT 20 KV TRAFU PS
26. TRAFU ARUS (CT) TRAFU PS.
27. TRAFU PS. 20 KV / 380 KV



**CIRCUIT BREAKER DAN CT GI TET 500 kV**



**TRANSFORMATOR TENAGA 150/20 kV 30 MVA**



**LIGHTNING ARRESTER 150 kV**



**CT DAN LA 150 kV**

# Busbar

- Dalam bidang STL, digunakan untuk menyebut pertemuan antar jaringan
- Memiliki fungsi utama sebagai penghubung antar jaringan
- Pemilihan bahan Busbar :
  - Tahanan elektrik rendah.
  - Kekuatan mekanik tinggi.
  - Tahan terhadap cuaca.
  - Tahan terhadap korosi.



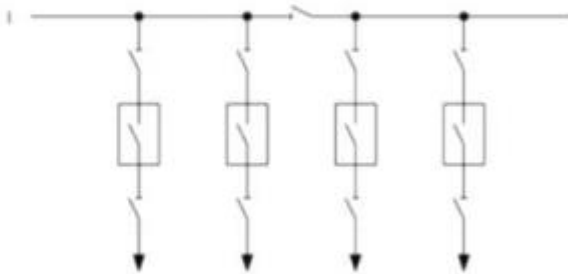
## BUS BAR (REL DAYA)

Titik pertemuan atau hubungan antara trafo-trafo tenaga, Saluran Udara Tegangan Tinggi, Saluran Kabel Tegangan Tinggi dan peralatan lain untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik/daya listrik. Bahan dari rel terbuat dari bahan tembaga (bar copper atau hollow conductor)

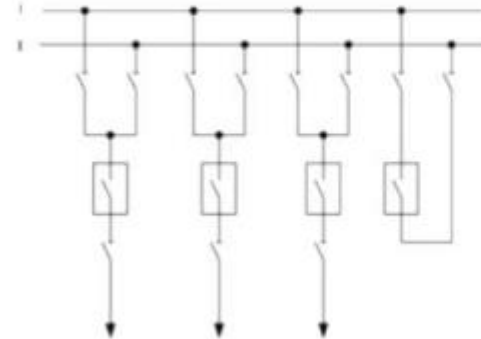


# Rel daya

SISTEM REL-DAYA TUNGGAL  
(TANPA/DENGAN SECTIONALIZER)



SISTEM REL-DAYA GANDA  
DENGAN SATU PEMUTUS-TENAGA



## Rel daya Tunggal

Memerlukan peralatan dan ruang yang sedikit, lebih ekonomis

Jika terdapat gangguan maka system pelayanan listrik akan terputus.

## Rel daya Ganda

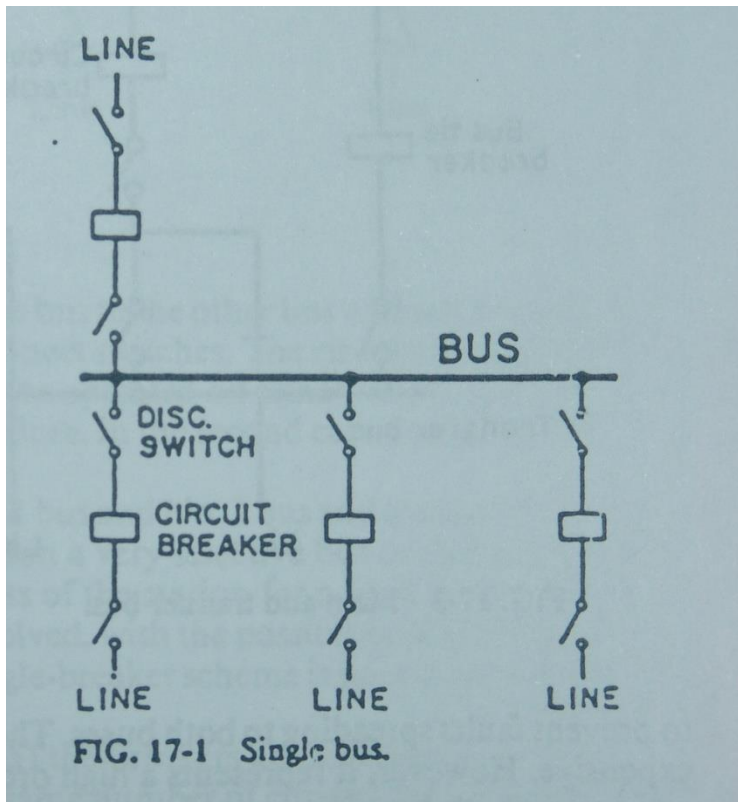
Daya yang disalurkan lebih besar disbanding pada rel tunggal

Jika terdapat gangguan di salah satu rel maka pelayanan listrik dapat dipindahkan ke rel lain

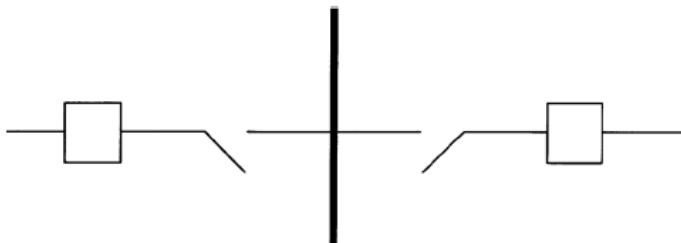
# Type Busbar

- Single Bus
- Double Bus Double Breaker
- Main and Transfer Bus
- Double Bus, Single Breaker
- Ring Bus
- Breaker and a Half

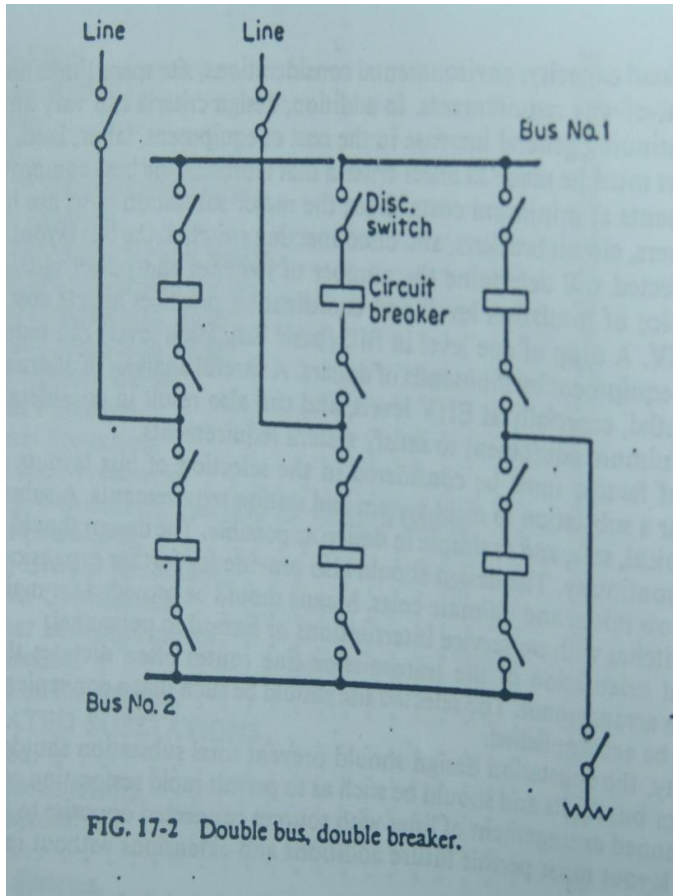
# Single Bus



- Keuntungan :
  - **Biaya termurah**
- Kekurangan :
  - Jika ada circuit breaker yang gagal, maka seluruh gardu induk akan off
  - Sulit untuk melakukan maintenance
  - Tidak dapat melakukan modifikasi pada busbar tanpa mematikan gardu induk secara keseluruhan
  - Hanya dapat digunakan di tempat di mana beban dapat diputus



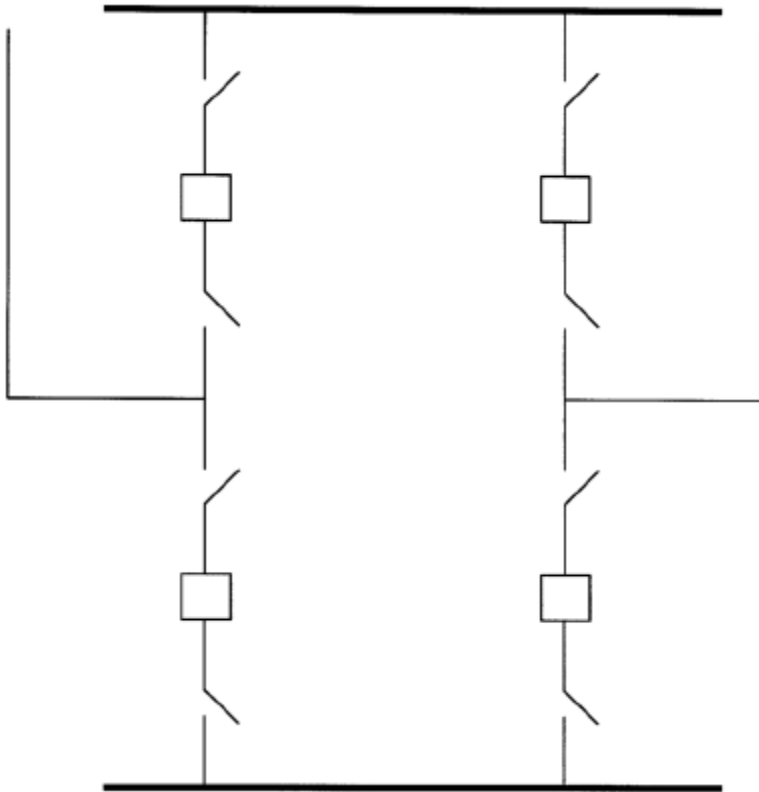
# Double Bus, Double Breaker



## Keuntungan

- Setiap jaringan disokong oleh 2 circuit breaker
- Fleksibel untuk menentukan sambungan antara feeder dengan busbar
- Mudah untuk melakukan maintenance circuit breaker
- Memiliki keandalan tinggi

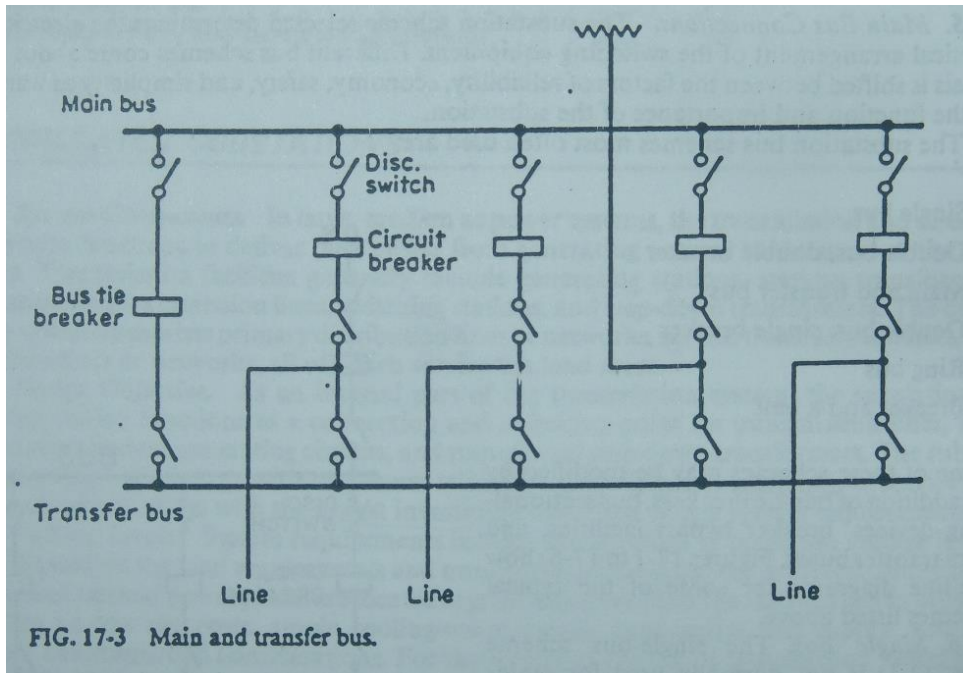
# Double Bus, Double Breaker



## Kekurangan

- Memiliki biaya paling tinggi
- Ketika terjadi kerusakan pada circuit breaker, maka jaringan akan kekurangan daya setengah dari seharusnya

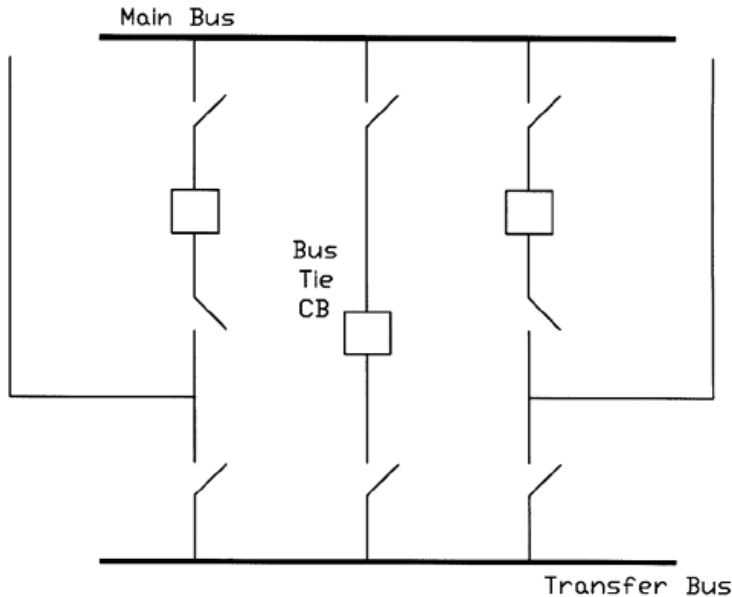
# Main and Transfer Bus



Keuntungan

- Biaya cukup rendah
- Mudah untuk melakukan maintenance circuit breaker

# Main and Transfer Bus

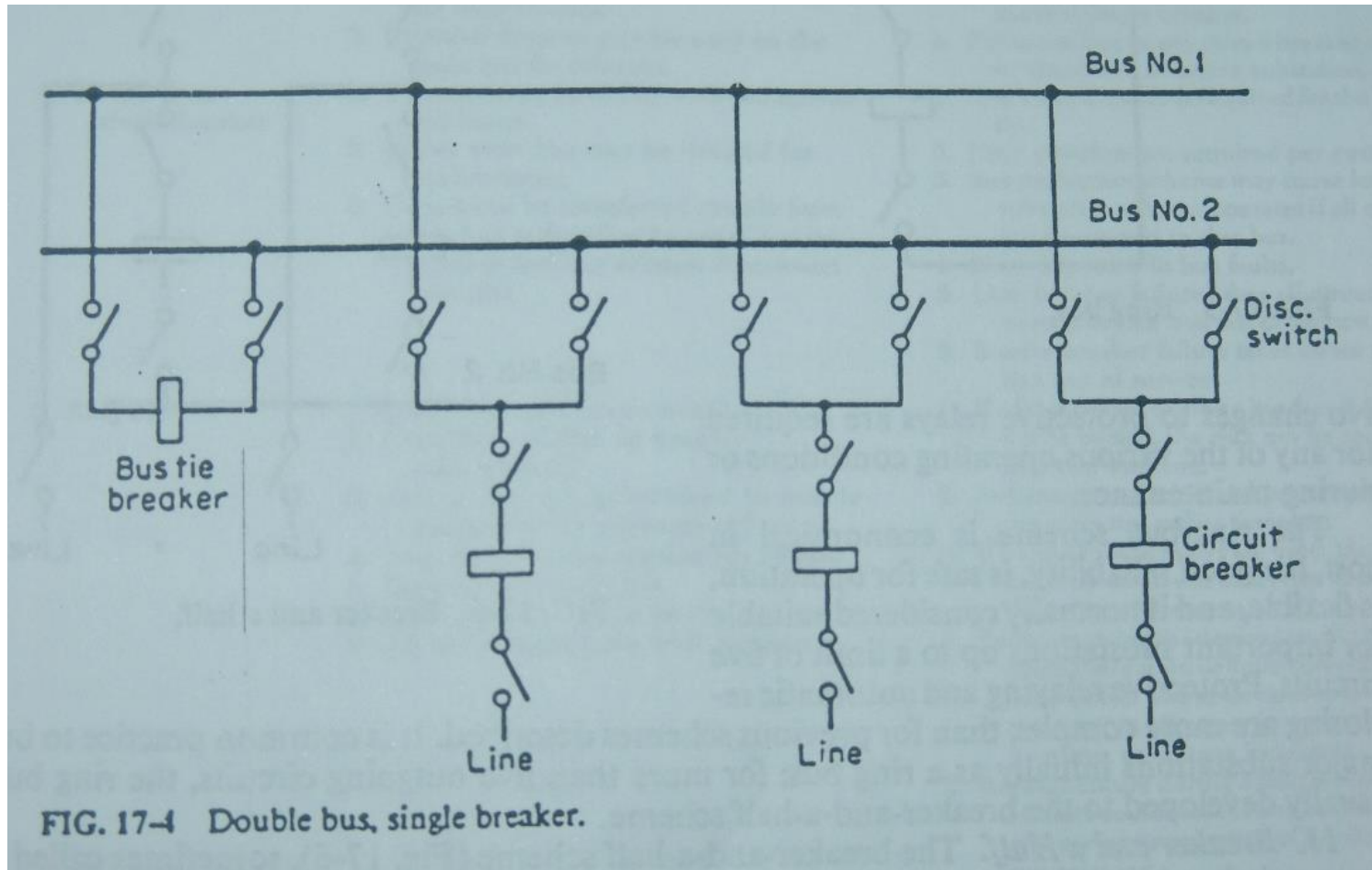


## Kekurangan

- Memerlukan circuit breaker ekstra untuk bus tie
- Switching untuk maintenance circuit breaker cukup rumit
- Kegagalan pada bus dapat berakibat dipadamkannya seluruh gardu induk



# Double Bus, Single Breaker



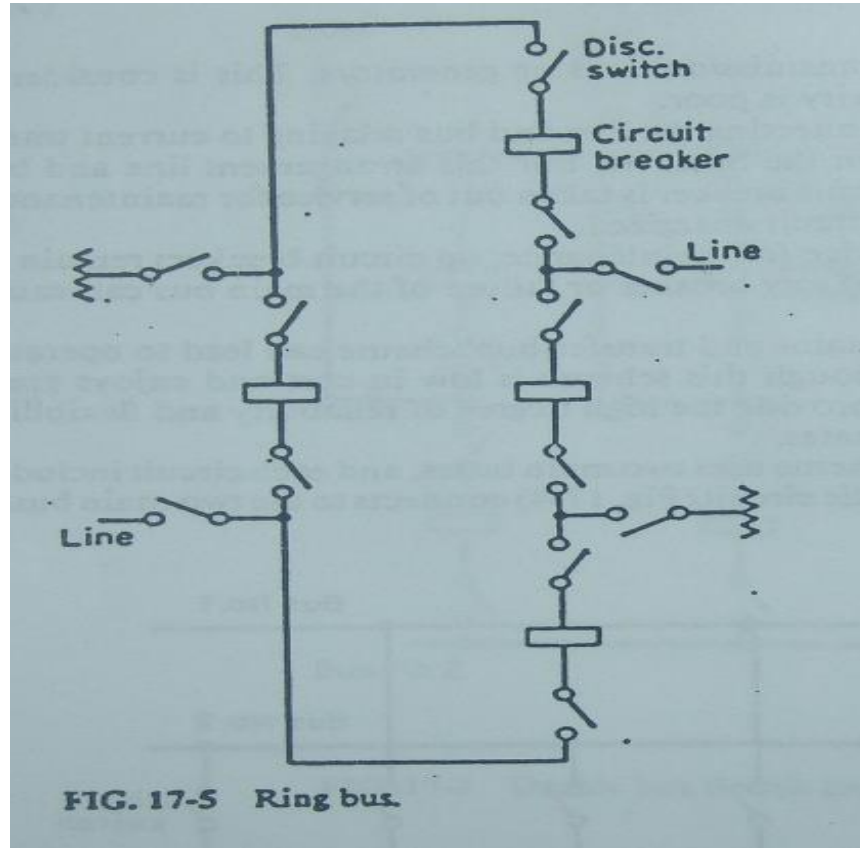
# Double Bus, Single Breaker

- Keuntungan
  - Lebih fleksibel dengan adanya 2 bus
  - Dapat dilakukan maintenance pada masing-masing bus
  - Dapat dilakukan pemindahan secara mudah menggunakan switch bus tie

# Double Bus, Single Breaker

- Kekurangan
  - Diperlukan breaker ekstra untuk bus tie
  - Diperlukan 4 switch untuk satu jaringan
  - Kemungkinan gagal pada bus cukup besar

# Ring Bus



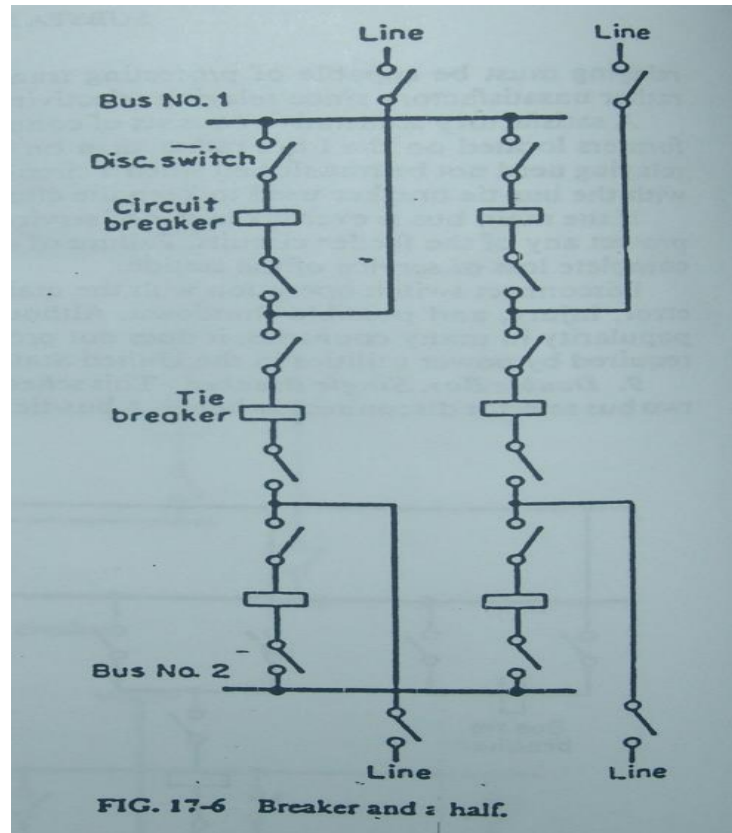
# Ring Bus

- Keuntungan
  - Biaya cukup rendah
  - Pemeliharaan breaker cukup fleksibel
  - Pemeliharaan dapat berlangsung tanpa interupsi jaringan
  - Hanya memerlukan 1 breaker setiap jaringan
  - Setiap jaringan disokong oleh 2 circuit breaker

# Ring Bus

- Kekurangan
  - Apabila terjadi gagal pada saat pemeliharaan breaker, maka jaringan akan terbagi menjadi 2
  - Saat terjadi gagal, maka jumlah circuit breaker yang menyokong jaringan akan berkurang

# Breaker and A Half



# Breaker and A Half

- Keuntungan
  - Operasi paling fleksibel
  - Memiliki keandalan tinggi
  - Mudah untuk melakukan maintenance bus
  - Kegagalan pada bus tidak mengakibatkan putusnya jaringan



# Breaker and A Half

- Kekurangan
  - Setiap jaringan disokong oleh 3/2 breaker
  - Circuit breaker yang berada di tengah menyokong 2 buah jaringan

# Tugas

Buatlah postingan artikel di blog dengan menjelaskan salah satu dari jenis-jenis Gardu Induk.

Misal, salah satu di antara kalian memilih topik Gardu Induk Transmisi.

Link blog nya disubmit di spada.