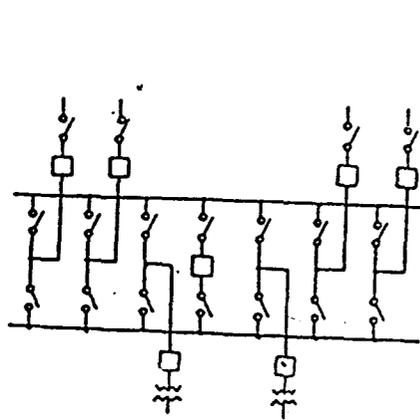


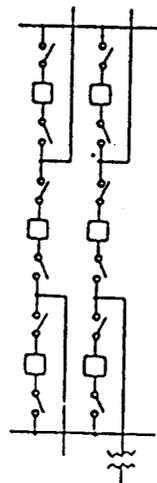
### 2.3.1.2. Ril Ganda (*multiple bus*)

Pada umumnya ril ganda terdiri dari dua ril. Dalam sistem ini memerlukan lebih banyak isolator, ril, bangunan konstruksi baja dan ruang dibanding dengan ril tunggal. Bila salah satu ril tidak bekerja tidak diikuti dengan tidak bekerjanya transformator atau saluran transmisi. Sistem dua ril standard dapat dilihat pada gambar 2.2.

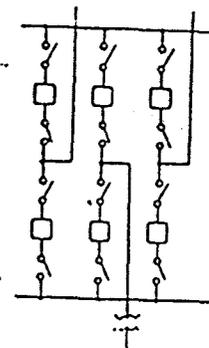
Jenis lain dari ril ganda adalah Ril rangkap sistem 1.5 pemutus beban (gambar 2.3.) dan sistem dua pemutus beban (gambar 2.4.). Keuntungan sistem tersebut adalah saluran transmisi dan transformator tidak usah berhenti selama pemutus tenaga diperiksa/diperbaiki, kerugiannya adalah memerlukan banyak pemutus tenaga.



Gambar 2.2  
Ril rangkap standard



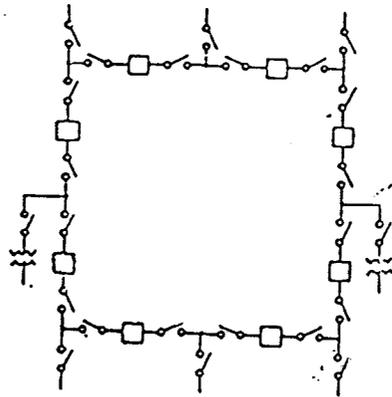
Gambar 2.3  
Ril rangkap sistem  
1.5 pemutus beban



Gambar 2.4  
Sistem 2 pemutus

### 2.3.1.3 Ril Gelang (*ring bus*)

Ril gelang memerlukan ruang yang kecil. Ril itu digunakan untuk pemutusan sebagian dari pelayanan dan pemeriksaan pemutusan beban. Sistem ini jarang dipakai karena mempunyai kerugian dari segi operasi sistem tenaga yang tidak leluasa dan rangkaian kontrolnya lebih kompleks. Sistem ini dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Ril Gelang

### 2.3.2. Arrester

Kegunaan arrester adalah apabila surja (*surge*) datang ke Gardu Induk. Maka arrester akan melepas muatan listrik (*discharge*), serta dapat mengurangi tegangan abnormal yang akan mengenai peralatan dalam Gardu Induk. Arus yang masih mengalir setelah surja dilepaskan melalui arrester disebut arus susulan (*follow current*),

Persyaratan yang harus dipenuhi oleh arrester adalah:

- a. Tegangan percikan (*sparkover voltage*) dan tegangan pelepasan (*discharge voltage*), harus cukup rendah, sehingga dapat mengamankan isolasi peralatan.

- b. Arrester harus mampu memutuskan arus dinamik, dan dapat bekerja terus seperti semula. Batas tegangan sistem yang memutuskan arus susulan ini masih mungkin, disebut tegangan dasar (*rated voltage*) dari arrester.

*Arrester* pada umumnya dipasang pada setiap transformator utama dalam Gardu Induk skala besar dan pada ril dalam Gardu Induk skala kecil.

### **2.3.3. Pemisah/PMS (*Disconnecting switch*)**

Kegunaan pemisah pada umumnya adalah untuk memisahkan CB (*Breaker Breaker*) serta peralatan Gardu Induk dari bagian jaringan yang bertegangan, pada saat diadakan inspeksi atau pemeliharaan. Pada umumnya pemisah tidak dapat memutuskan arus.

### **2.3.4. Transformator Daya**

Sebagai pensuplai yang dapat digunakan sebagai *step up* atau *step down*, transformator daya mempunyai komponen utama dan komponen bantu

#### **2.3.4.1. Komponen Utama dan Fungsinya**

##### **a. Inti Besi**

Inti besi berfungsi untuk mempermudah jalannya fluksi yang ditimbulkan oleh arus yang melalui kumparan agar tegangan induksi yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan.

Inti besi dibuat dari lempengan-lempengan besi tipis berisolasi, dengan tujuan mengurangi panas yang ditimbulkan oleh arus eddy.

##### **b. Kumparan**

Kumparan transformator dibuat dari kawat tembaga yang berisolasi. Kumparan tersebut diisolasi terhadap inti maupun kumparan lainnya dengan

isolasi seperti karbon. Kumparan primer pada sisi tegangan tinggi dan kumparan sekunder pada sisi tegangan rendah.

c. Minyak Transformator

Pada transformator tenaga terutama yang berkapasitas besar, kumparan dan inti direndam dalam minyak trafo. Adapun fungsi utama minyak trafo adalah sebagai media pemindah panas dan dapat bersifat sebagai isolasi tegangan tembus.

d. Bushing

Merupakan peralatan yang terdiri dari sebuah konduktor yang diselubungi isolator, fungsinya sebagai media penghubung antara kumparan transformator ke jaringan luar dan sekaligus sebagai penyekat antara konduktor dengan tangki transformator.

e. Tangki dan Konservator

Komponen utama transformator yang terendam dalam minyak trafo, berada di dalam tangki. Tangki digunakan untuk menampung pemuaian minyak, maka tangki tersebut dilengkapi dengan konservator.

#### **2.3.4.2. Peralatan Bantu**

a. Pendingin

Pendingin dimaksudkan untuk mengurangi kenaikan temperatur akibat rugi-rugi besi dan tembaga pada inti dan kumparan transformator.

Pendingin berfungsi supaya panas yang terjadi dapat disalurkan ke luar transformator.

Media yang digunakan dalam sistem pendingin adalah :

- Minyak
- Udara/Gas
- Air

Cara pengaliran (sirkulasi) panas dapat dilakukan dengan :

- Alamiah
- Tekanan

b. Pengubah Tap (*tap changer*)

Pengubah tap adalah alat perubah perbandingan transformasi untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang lebih baik dari tegangan jaringan/primer yang berubah-ubah. Pengubah tap yang hanya bisa beroperasi untuk memindahkan tap transformator dalam keadaan transformator tidak berbeban disebut "*OFF Load Tap Changer*", dan hanya dapat dioperasikan secara manual.

*Tap Changer* yang dapat beroperasi untuk memindahkan Tap Transformator, dalam keadaan transformator berbeban disebut "*ON Load Tap Changer*" dan dapat dioperasikan secara manual/otomatis.

c. Alat Pernafasan Transformator

Akibat naik turunnya beban yang dipikul dan adanya pengaruh suhu dari luar, maka suhu minyak akan berubah. Apabila suhu minyak naik, minyak akan memuai dan mendesak udara di atas permukaan minyak sehingga udara keluar

dari tangki, dan sebaliknya. Proses tersebut dinamakan pernafasan transformator.

d. Indikator

Merupakan suatu alat deteksi yang berfungsi untuk mengawasi kerja transformator selama operasi. Macam indikator yang dipasang pada transformator adalah :

- Indikator minyak
- Indikator permukaan minyak
- Indikator suhu belitan
- Indikator kedudukan tap dan lain-lain.

e. Rele *Bucholz*

Merupakan alat untuk mendeteksi dan mengamankan terhadap gangguan di dalam transformator yang menimbulkan gas.

Gas yang timbul diakibatkan oleh :

- Hubungan singkat antar lilitan pada/dalam phasa.
- Hubungan singkat antar phasa.
- Hubungan singkat antar phasa ke tanah.
- Busur api listrik karena kontak kurang baik

### 2.3.5. Pemutus/PMT (*Circuit Breaker*)

Pemutus beban dipakai untuk memutuskan hubungan secara otomatis apabila terjadi gangguan pada saluran transmisi atau alat lain.

Pemutus beban mempunyai beberapa pengenal (rating) dasar sebagai berikut:

a. Arus pemutusan dasar =  $\frac{x}{\sqrt{2}}$

b. Arus pemutusan dasar asimetris =  $\sqrt{(x\sqrt{2})^2 + Y^2}$

Dimana X adalah amplitudo arus bolak-balik dan Y komponen searah pada saat timbulnya busur api (lihat gambar 2.6)

c. Kapasitas pemutusan dasar =  $\sqrt{3}x$  (arus pemutusan dasar) x (tegangan dasar)

d. Waktu pemutusan dasar, yaitu jumlah waktu buka kontak dan waktu berlangsungnya busur api.

### 2.3.6. Transformator Pengukuran

Transformator pengukuran dibagi menjadi dua :

- Transformator Tegangan
- Transformator Arus

#### 2.3.6.1. Transformator Tegangan (*Voltage Transformer*)

Transformator tegangan (VT) berfungsi untuk menurunkan tegangan tinggi menjadi tegangan rendah yang diperlukan untuk : indikasi atau pengukuran keadaan tegangan, pengukuran daya atau energi yang dicatukan, memberi masukan tegangan kepada rele dan sinkronisasi. Transformator tegangan (VT) ada dua macam yaitu *magnetic type* dan *capasitive type*.

### **2.3.6.2. Transformator Arus (*Curent Transformator*)**

Transformator arus (CT) memberikan sampel arus yang sebanding dengan arus jala, untuk keperluan : indikasi dan rekaman arus, kwh meter dan kw meter, telemetering dan rele proteksi. Selain untuk mendapatkan arus yang kecil, CT juga mengisolasi perlengkapan tegangan rendah dari sistem tegangan tinggi.

### **2.3.7. Baterai dan Pengisi (*charger*)**

#### **2.3.7.1. Baterai**

Sumber tenaga untuk kontrol pada Gardu Induk ada dua yaitu sumber arus searah dan sumber arus bolak-balik. Sumber tenaga untuk kontrol harus mempunyai keandalan dan stabilitas yang tinggi, untuk itu digunakan baterai untuk sumber arus searah. Jumlah baterai ditentukan dengan menganggap tegangan setiap selnya 2,15 V untuk baterai timah hitam dan 1,35 – 1,45 V untuk baterai alkali.

Kapasitas baterai ditentukan dengan memperhitungkan semua faktor yang menyangkut penurunannya setelah dipakai, perubahan suhu dan jatuh tegangan.

#### **2.3.7.2. Baterai Charger**

Sebagai pengisi dapat digunakan penyearah air raksa, penyearah silikon, dan sebagainya, namun karena pertimbangan efisiensi, karakteristik dan pemeliharaan maka yang dipakai adalah penyearah selenium.

Sistem pengisian yang sering dipakai adalah sistem pengisian terapung. Arus output dari pengisi biasanya dibuat sekitar 1,25 kali arus dasar 10 jam dari baterainya

### **2.3.8. Ruang Kontrol (*Control Room*)**

Ruang kontrol berfungsi untuk mendapatkan gambaran keadaan operasi sistem tenaga listrik dan kondisi peralatan agar fluktuasi abnormal pada sistem dan peralatan dapat diketahui.

### **2.4. Gardu Induk 150 kV Bantul**

Gardu Induk 150 KV Bantul merupakan Gardu Induk transmisi dari 150 KV ke 22 KV dan merupakan Gardu Induk konvensional luar untuk 150 KV dan konvensional pasangan dalam untuk 22 KV, yang pada keadaan normal menerima daya listrik dari Gardu Induk Magelang dan Medari, serta menyalurkan daya itu ke Gardu Induk Gejayan, Gardu Induk Godean, Gardu Induk Kentungan dan transformator Gardu Induk Bantul sendiri.

Gardu Induk Bantul dilayani oleh Unit Pengatur Beban (UPB) area III dan PLN Distribusi Jawa Tengah.

Pengoperasiannya dibagi menjadi dua :

- a. Perintah pengoperasian sistem 150 KV oleh PLN Unit Pengatur Beban area III.
- b. Perintah operasi sistem 22 KV oleh PLN Distribusi Jawa Tengah.

Maksud dari perintah operasi ini adalah untuk kelangsungan penyaluran daya listrik agar lebih mudah terkoordinir, lebih terjamin kelangsungan dan kualitasnya serta lebih cepat mengambil langkah-langkah apabila terjadi gangguan.

## BAB II

### GARDU INDUK 150 KV BANTUL

#### 2.1. Pengertian Dasar Gardu Induk

Gardu Induk (G.I) adalah suatu susunan instalasi yang terdiri dari peralatan listrik yang berfungsi :

- Mentransformasikan tenaga listrik dari tegangan tinggi ke tegangan menengah atau sebaliknya.
- Menerima dan menyalurkan tenaga listrik dalam berbagai saluran serta menjamin keandalan sistem tenaga listrik.
- Pengukuran, proteksi, operasi dan pemeliharaan proteksi sistem tenaga listrik.

#### 2.2. Klasifikasi Gardu Induk

Gardu induk dapat diklasifikasikan menurut lokasi dan cara pemasangannya. Ditinjau dari lokasi pemasangannya, Gardu Induk 150 KV merupakan Gardu Induk sub transmisi yang berfungsi merubah tegangan transmisi ke tegangan sub transmisi. Ditinjau dari jenis pemasangannya, ada beberapa klasifikasi :

Gardu Induk jenis pasangan luar, terdiri dari peralatan tegangan tinggi misalnya transformator utama, peralatan penghubung (*switchgear*), dan sebagainya terpasang di luar serta peralatan kontrol seperti meja penghubung

(*switchboard*) dan baterai terpasang di dalam. Gardu Induk jenis ini biasa dipakai di pingir kota (*suburb*) karena memerlukan tanah yang luas.

Gardu Induk jenis pasangan dalam, terdiri dari peralatan tegangan tinggi maupun peralatan kontrol yang terpasang di dalam. Gardu Induk jenis ini biasa dipakai di pusat kota yang harga tanahnya mahal dan di daerah pantai yang terdapat pengaruh kontaminasi garam.

Gardu Induk jenis setengah pasang luar (*semi outdoor substasion*), disebut juga Gardu Induk jenis pasangan dalam karena sebagian dari peralatan tegangan tingginya terpasang di dalam gedung.

Gardu Induk jenis pasangan bawah tanah, hampir semua peralatannya berada di bawah tanah, tetapi alat pendingin dan kadang-kadang ruang kontrolnya berada di atas tanah. Jenis ini biasa dipakai di tengah-tengah kota yang ramai serta di jalan-jalan pertokoan.

Gardu Induk jenis mobil, Gardu Induk ini dilengkapi dengan peralatan di atas kereta hela (*trailer*) atau semacam truck untuk menyediakan tenaga listrik yang tidak terpakai secara luas melainkan sebagai transformator atau peralatan hubung yang mudah dipindah-pindah untuk memenuhi kebutuhan dalam keadaan darurat.

### **2.3. Fasilitas dan Peralatan Gardu Induk**

Agar Gardu Induk dapat beroperasi dengan baik, harus dilengkapi dengan fasilitas dan peralatan yang diperlukan sesuai dengan tujuan serta mempunyai fasilitas untuk operasi dan pemeliharaan. Fasilitas dan peralatan

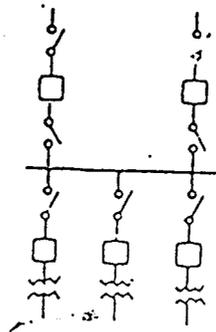
Gardu Induk meliputi : ril, arrester, pemisah (PMS), transformator daya, pemutus (PMT), transformator ukur, *baterai charger* dan *control room*.

### 2.3.1. Ril

Sistem ril dalam Gardu Induk terdiri dari ril tunggal (*single bus*), ril gander (*multiple bus*) dan ril gelang (*ring bus*). Sistem ril dapat menentukan corak dasar hubungan rangkaian dalam Gardu Induk.

#### 2.3.1.1. Ril Tunggal (*single bus*)

Ril tunggal adalah sistem ril yang sederhana karena memerlukan sedikit peralatan dan ruang sehingga sangat menguntungkan dipandang dari segi ekonomis. Sistem ini dipakai untuk Gardu Induk skala kecil yang mempunyai sedikit saluran keluar dan tidak memerlukan pindah hubungan sistem tenaga. Jika terjadi gangguan maka pelayanan aliran tenaga listrik akan terputus. Untuk menghindari pemutusan secara total dapat dipasang pemutus beban dan pemisah. Sistem ril tunggal dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Ril Tunggal