

## BAB II

### SUSUNAN BUSBAR DI GARDU INDUK

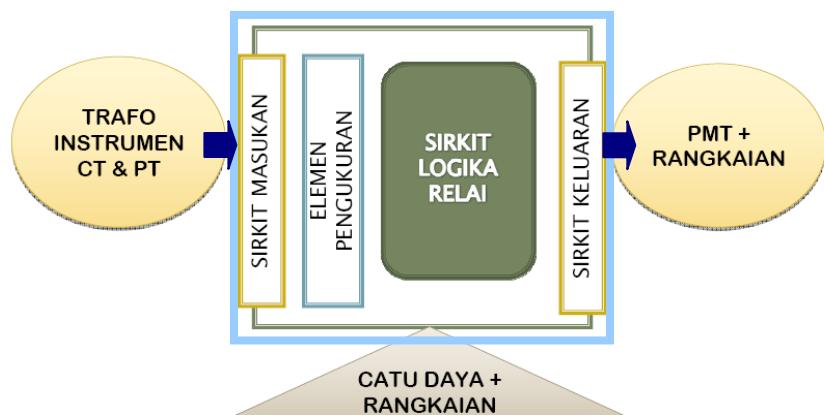
#### 2.1 UMUM

Busbar merupakan bagian utama dalam suatu gardu induk yang berfungsi sebagai tempat terhubungnya semua bay yang ada pada gardu induk tersebut, baik bay line maupun bay trafo. Umumnya gardu induk didesain dengan konfigurasi 2 busbar (*double busbar*), namun juga masih terdapat gardu induk yang memiliki satu busbar (*single busbar*).

Sistem gardu induk yang dikelola oleh PT PLN (Persero) beroperasi pada beberapa level tegangan. Level tegangan ini dikelompokkan menjadi 2 bagian yaitu tegangan ekstra tinggi dan tegangan tinggi. Gardu induk yang beroperasi pada level tegangan 500 kV dan 275 kV disebut sebagai GITET (Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi), sedangkan gardu induk yang beroperasi pada level tegangan 150 kV dan 70 kV disebut sebagai GI (Gardu Induk). GITET dibangun dengan konfigurasi sistem satu setengah PMT, sedangkan GI umumnya menggunakan konfigurasi 1 breaker (*single breaker*). Namun, pada beberapa GI yang tersambung langsung dengan pembangkit juga menggunakan konfigurasi sistem satu setengah PMT.

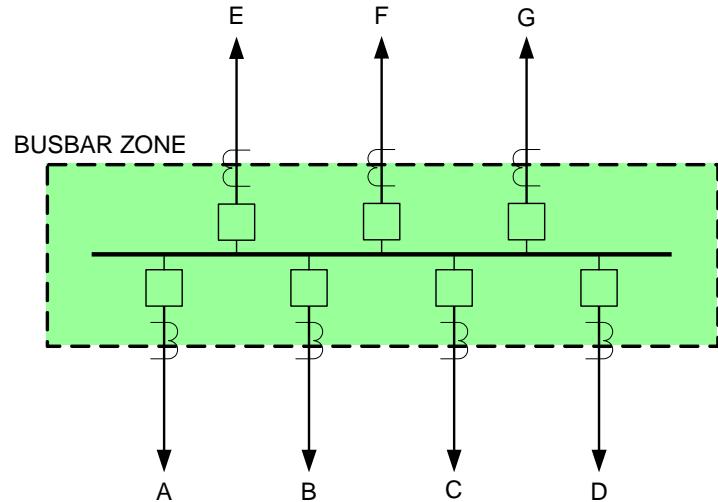
Dalam pengoperasiannya, busbar dan diameter tidak terlepas dari kondisi abnormal yang disebut sebagai gangguan. Gangguan yang terjadi pada busbar dan diameter adalah gangguan yang bersifat destruktif. Apabila terjadi gangguan pada busbar atau diameter, maka kemungkinan terjadi kerusakan pada peralatan instalasi yang sangat besar. Di samping itu, keandalan sistem dalam menyalurkan pasokan daya juga akan terganggu. Proteksi busbar/diameter adalah suatu sistem proteksi yang berperanan penting dalam mengamankan gangguan yang terjadi pada busbar atau diameter. Sistem proteksi ini harus bekerja secara sensitif, selektif, cepat dan harus stabil untuk gangguan yang terjadi di luar daerah proteksian busbar atau diameter.

Sistem proteksi busbar dan diameter merupakan suatu sistem kolektif yang meliputi : trafo arus (CT) / trafo tegangan (PT), relay proteksi, pemutus tenaga (PMT), catu daya dan rangkaian pengawatannya. Bagian-bagian dari sistem proteksi ini seperti terlihat pada gambar 2.1.



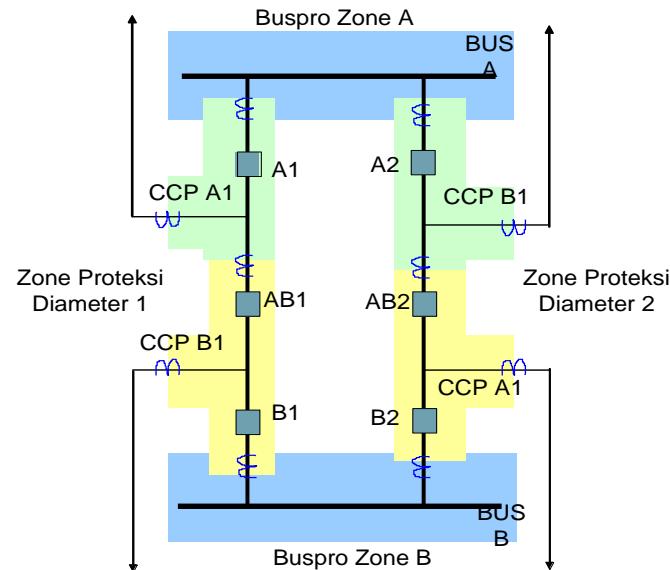
Gambar 2.1 Komponen Utama Relay Proteksi

Daerah kerja proteksi busbar adalah daerah di antara semua trafo arus (CT) bay yang tersambung di busbar tersebut. Sistem proteksi busbar harus bekerja tanpa tunda waktu (*instantaneous*) apabila terjadi gangguan di dalam zona proteksinya (area warna hijau) seperti diperlihatkan pada Gambar 2.2. Namun, untuk gangguan yang terjadi di luar zona proteksinya (di luar area warna hijau), proteksi busbar tidak boleh bekerja (relai harus stabil).



Gambar 2.2 Daerah Proteksi Busbar

Proteksi diameter memiliki daerah kerja yang meliputi daerah di antara CT dalam satu diameter yang sama seperti diperlihatkan pada Gambar 1.3.



Gambar 2.3 Daerah Proteksi Busbar dan Diameter

## 2.2 KONFIGURASI REL ( BUSBAR )

### 2.2.1 Memilih Susunan Rel

Umumnya dalam memilih macam susunan rel yang dipakai perlu ditinjau secara keseluruhan. Pertimbangan yang penting dalam menentukan suatu pilihan adalah seberapa jauh tingkat keandalan yang kita inginkan. Untuk itu perlu pembagian rel kedalam beberapa seksi, sehingga bila terjadi gangguan maka tidak mengakibatkan keseluruhan gardu mengalami pemadaman.

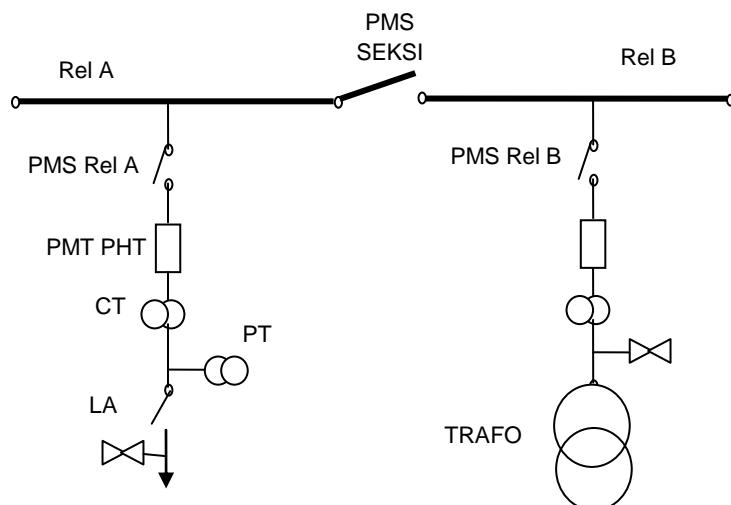
Secara singkat dapat dikatakan bahwa pemilihan susunan rel didasarkan pada :

- Keandalan
- Faktor pemeliharaan
- Faktor biaya
- Kemungkinan pengembangan dikemudian hari.

Penerapan gardu pasangan luar yang rawan terhadap atmosfir misalnya petir, polusi air laut, polusi industry dan sebagainya yang juga merupakan hal yang penting dalam menentuan ppilihan system rel gardu. Akhirnya, turut juga menjadi pertimbangan dalam memilih system rel.

## 2.2.2 Busbar Tunggal

Susunan rel ini adalah yang paling sederhana dan paling murah. Keandalan serta fleksibilitas operasinya sangat terbatas. Apabila ada kerusakan di rel, maka seluruh pusat listrik harus dipadamkan untuk dapat melakukan perbaikan. Oleh sebab itu, rel tunggl sebaiknya hanya digunakan pada pusat listrik yang tidak begitu penting peranannya dalam system.

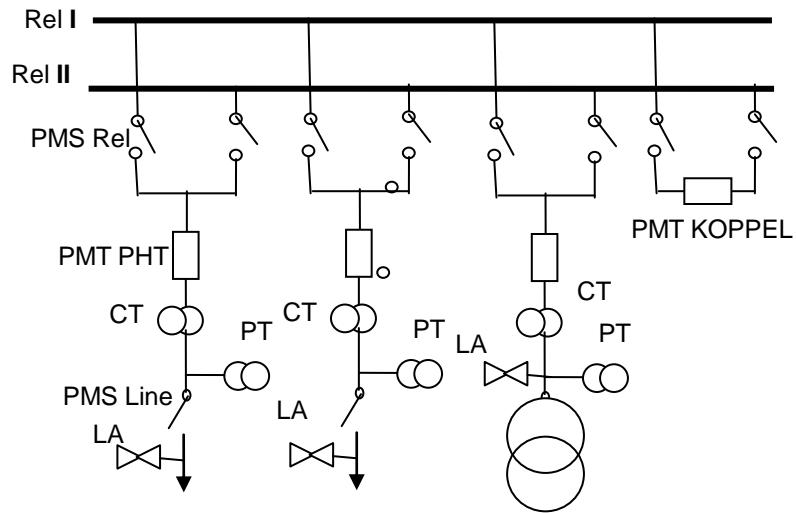


### Gambar 2.4 Busbar Tunggal

Untuk menaikkan keandalan rel tunggal, PMS seksi dapat dipasang yang membagi rel dalam 2 ( dua ) kelompok, yaitu kelompok kiri dan kelompok kanan dari rel. Unit pembangkit dan beban sebagian dihubungkan ke kelompok kiri dan sebagian lagi dihubungkan ke kelompok kanan dari rel. Apabila ada kerusakan pada rel yang perbaikannya memerlukan pemadaman, maka seksi rel yang memerlukan perbaikan bisa dipadamkan dengan membuka PMS seksi ini sehingga seksi rel yang sebelahnya tetap bisa dioperasikan/dinyalakan.

### 2.2.3 Busbar Ganda

Rel ganda yang diperlihatkan pada gambar 2.5 adalah rel ganda dengan satu PMT. Selanjutnya hubungan ke rel 1 atau rel 2 dilakukan melalui PMS. Rel ganda pada umumnya dilengkapi dengan PMT beserta PMSnya yang berfungsi untuk menghubungkan rel 1 dan rel 2 seperti ditunjukkan oleh gambar 2.5, PMT ini disebut sebagai PMT kopel. Dengan rel ganda, sebagian instalasi dapat dihubungkan ke rel 1 dan sebagian lagi ke rel 2. Kedua rel tersebut ( rel 1 dan rel 2 ) dapat dihubungkan paralel atau terpisah dengan cara menutup atau membuka PMT kopel. Dengan cara ini fleksibilitas operasi akan bertambah terutama sewaktu menghadapi gangguan yang terjadi dalam system.



Gambar 2.5 Busbar Ganda

Sebagian dari unit pembangkit atau beban dapat dihubungkan ke rel 1 dan lainnya ke rel 2. Apabila salah satu unit pembangkit atau salah satu beban akan pindah rel, maka terlebih dahulu PMTnya harus dibuka, kemudian disusul dengan pembukaan PMS rel yang akan ditinggalkan, baru diikuti pemasukan PMS rel yang dituju, urutannya tidak boleh dibalik. Apabila terbalik, maka akan terjadi hubungan paralel antara rel 1 dan rel 2 yang belum tentu sama tegangannya dan hal demikian adalah berbahaya. Setelah selesai melukakan pemindahan posisi PMS, barulah PMT dimasukkan. Untuk unit pembangkit, pemasukan PMT harus melalui proses sinkronisasi.

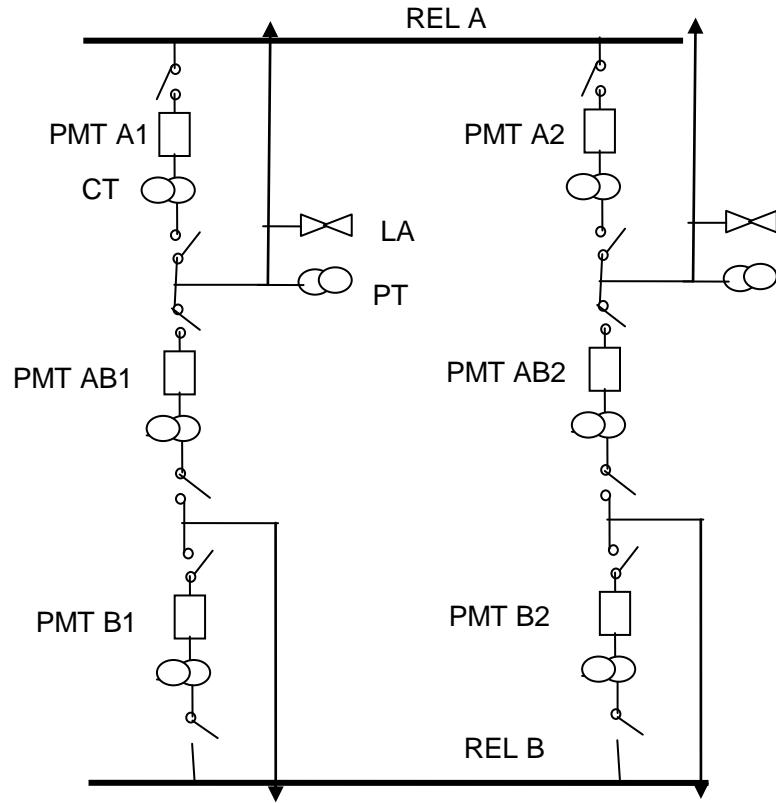
Dari uraian diatas tampak bahwa proses pemindahan beban dari rel satu ke rel lainnya memerlukan pemadaman, yaitu saat PMT dibuka. Pemindahan beban atau unit pembangkit dari salah satu rel ke rel lainnya

dalam praktek dapat terjadi, misalnya karena ada kerusakan yang memerlukan pemadaman rel saat perbaikan.

#### **2.2.4 Busbar Dengan 1.5 PMT**

Pada dasarnya rel dengan PMT 1.5 adalah rel ganda dengan 3 buah PMT diantara dua rel tersebut. Jika rel ini diberi identifikasi sebagai rel A dan Rel B, maka PMT yang dekat dengan rel A diberi identifikasi sebagai PMT A1, PMT A2, dan seterusnya, Sedangkan yang dekat rel B diberi identifikasi sebagai PMT B1, PMT B2, dan seterusnya. PMT yang ditengah disebut PMT diameter dan diberi identifikasi sebagai PMT AB1, PMT AB2, dan seterusnya.

Bagian-bagian dari instalasi dihubungkan pada titik-titik yang letaknya antara PMT A dengan PMT AB dan pada titik-titik yang letaknya antara PMT B dengan PMT AB seperti terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Busbar dengan PMT 1.5

Dibandingkan dengan rel-rel pada butir sebelumnya diatas, rel dengan PMT 1.5 ini mempunyai keandalan paling tinggi. Hal ini dapat dilihat sebagai berikut :

- Apabila rel A mengalami gangguan

Dengan membuka semua PMT bernomor A beserta PMSnya, daya tetap bisa disalurkan secara penuh.

- Apabila rel B mengalami gangguan

Dengan membuka semua PMT bernomor B beserta PMSnya, daya tetap bisa disalurkan secara penuh.

- Apabila rel A dan rel B mengalami gangguan

Dengan membuka semua PMT bernomor A dan PMT bernomor B beserta PMSnya, daya tetap bisa disalurkan walaupun dengan fleksibilitas pembebanan yang berkurang.

## **2.3 PERALATAN LISTRIK YANG TERHUBUNG PADA REL**

### **2.3.1. Transformator Daya**

Transformator daya merupakan peralatan yang paling besar yang ada di gardu induk berfungsi sebagai penyalur tenaga listrik dari satu sistem tegangan ke tegangan lainnya, berdasarkan induksi elektromagnetik. Transformator daya dapat digunakan menaikkan tegangan yaitu dipusat pembangkit, dari tegangan keluaran generator ke tegangan transmisi yang dapat berupa tegangan tinggi atau ekstra tinggi, atau menurunkan tegangan menengah pada gardu induk dan dari tegangan menengah ke tegangan rendah pada jaringan distribusi.

### **2.3.2. Transformator Tegangan**

Transformator tegangan ( PT ) menurunkan tegangan primer yang tinggi, yang terpasang pada lilitan primer, menjadi tegangan rendah yang dipakai untuk pengukuran atau pengamanan. Transformator tegangan mempunyai rasio transformasi yang sangat teliti. Rasio tegangan itu biasanya berupa mengubah tegangan tinggi atau tegangan ekstra tinggi menjadi tegangan rendah yang standar.

### **2.3.3. Transformator Arus**

Transformator arus adalah sebuah transformator yang digunakan untuk mentransformasikan arus primer yang akan diukur ke sekunder yang masuk ke meter atau ke relay, dan sebagai isolasi sisi primer dengan sisi sekundernya dimana alat ukur atau relay dipasang. Pada sisi sekunder besarnya arus biasanya turun sesuai rasio yang ditentukan.

### **2.3.4. Relay**

Relay berfungsi sebagai alat proteksi peralatan gardu induk jika terjadi gangguan yang tiba-tiba. Apabila terjadi gangguan pada saluran transmisi yang berupa tegangan abnormal atau petir maka relay dengan cepat memonitor adanya gangguan dan langsung memberikan indikasi kepada peralatan proteksi lainnya, seperti pemutus tenaga ( PMT ) yang nantinya langsung memutuskan hubungan dengan peralatan lainnya sehingga

terjadinya pemadaman sementara yang bertujuan menghindari gangguan pada sistem maupun peralatan.

### **2.3.5. Pemutus Tenaga**

Pemutus tenaga adalah alat pemutus otomatis yang mampu membuka dan menutup sirkuit baik pada kondisi normal maupun abnormal. Arus nominal, tegangan pengenal dan kapasitas pemutus ( MVA ) dari PMT tersebut harus disesuaikan dengan beban dan daya hubung singkat pada titik tertentu pada sirkuit dimana PMT tersebut dipasang.

PMT dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis. Untuk memisahkan bagian yang mengalami gangguan diperlukan relay pengaman dengan mengendalikan PMTnya. Terbukanya PMT bila kumparan kerjanya diberi energi dan ini menyebabkan mekanisme PMT bekerja sehingga membuka kontak-kontak utamanya. Relay biasanya menutup kontak-kontaknya secara langsung atau melalui relay bantu menutup sirkuit kumparan kerja melalui baterai sehingga mengalir arus ke kumparan kerja PMT sehingga PMT tersebut membuka. Pada saat memutuskan atau menghubungkan arus atau daya listrik akan terjadi busur api, pemadaman busur api listrik dapat dilakukan dengan menggunakan media. Media ini berfungsi sebagai isolasi antara kedua kontak dan untuk memadamkan busur api yang terjadi pada saat pembukaan atau penutupan PMT.

### **2.3.6. Arrester**

Sambaran langsung pada rel suatu gardu induk atau pada saluran transmisi dekat gardu induk merupakan biaya terbesar terhadap isolasi gardu induk itu. Probabilitas sambaran langsung sangat kecil sekali, tetapi sekali terjadi kerusakan yang ditimbulkannya sangat besar sekali. Karena sambaran petir itu dapat menimbulkan kerusakan fatal dari peralatan gardu induk yang nilainya cukup mahal.

Untuk sambaran tidak langsung yaitu gelombang petir yang memasuki gardu induk dari transmisi dapat membahayakan peralatan pada gardu induk. Oleh karena itu peralatan gardu induk perlu dilindungi terhadap gelombang berjalan ini. Alat yang umum digunakan untuk melindungi peralatan gardu induk adalah arrester dengan kata lain arrester sebagai pengaman adanya tegangan surja yang disebabkan sambaran langsung atau tidak langsung dari petir.

### **2.3.7. Pemisah**

Pemisah adalah saklar yang di desain memutus rangkaian pada kondisi beban nol. Pemisah digunakan untuk mengalihkan penyulang dari suatu rel ke rel lain dan juga untuk mengisolir peralatan guna keperluan pemeliharaan. Pemilihan jenis pemisah ditentukan oleh lokasi, tata bangunan luar dan sebagainya. Pada umumnya yang sering dipakai untuk tegangan

diatas 77 kV adalah jenis pemisah tunggal dan pemisah ganda mendatar disamping itu ada pula jenis pantograph dan jenis V.

Pada umumnya pemisah tidak dapat memutuskan arus. Meskipun ia dapat juga memutuskan arus yang kecil misalnya arus pembangkitan trafo atau arus pemuatan ril, tetapi pembukaan atau penutupnya harus dilakukan setelah pemutus tenaga lebih dahulu dibuka. Untuk menjamin bahwa kesalahan urutan operasi tidak terjadi, maka harus ada keadaan saling mengunci, antar pemisah dengan pemutus tenaga.