

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

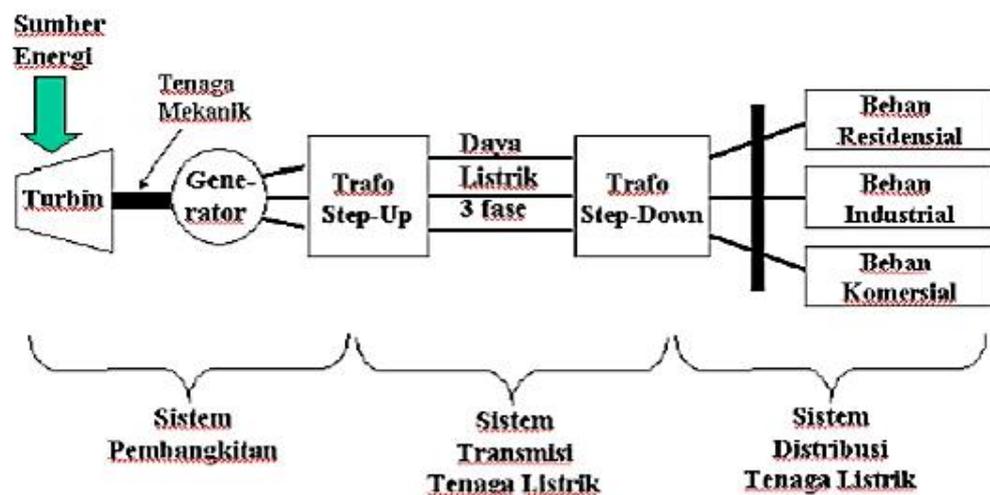
Berdasarkan topik pembahasan penelitian yang berjudul Fekkuensi Gangguan Terhadap Kinerja Ganggu Induk 150 kV Bantul, terdapat beberapa referensi untuk mempertimbangkan permasalahan untuk menjadi acuan terselesainya tugas Akhir ini. Tofan aryanto Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang (2013) melakukan penelitian tentang Frekuensi Gangguan Tentang Gangguan Gardu Induk 150 kV Jepara, menjelaskan tentang gangguan yang sering terjadi mempengaruhi sistem kerja proteksi trafo tenaga adalah gangguan nonteknis dan gangguan tidak diketahui penyebabnya, yang mengakibatkan *Short Circuit Feeder* (FCF) pada Saluran Kabel Tengangan Menengah (SKTM) dan pada trafo tengangan memiliki keandalan predikat cukup baik dalam mengatasi kualitas gangguan. Arifin Universitas Mercu Buana (2009) melakukan penelitian tentang Evalusai Koorsinasi Proteksi Trafo 150- 20 kV di Gardu Induk Tangerang Baru menjelaskan penentuan setting rele proteksi menggunakan hasil perhitungan arus, gangguan yang paling rendah sehingga rele akan tetap bekerja jika timbul arus gangguan yang cukup besar. Analisa koordinasi proteksi mengacu pada arus gangguan, setting rele memberikan informasi ke PMT untuk melindungi trafo dari berbagai gangguan di jaringan distribusi. Penyebab tingginya frekuensi padam akibat pengaman tang berlebihan, maka pengolahanya harus memperhatikan kebutuhan sistem. Untuk meningkatkan kulaitas pada sistem proteksi maka diperlukan koordinasi proteksi yang benar sesuai prosedur. Dalam karya Sherly Ayu Febrianty, Nurhalim, Irsan Taufik Ali melakukan penelitian tentang Aanalisa Kerja Proteksi Gardu Induk Garuda Sakti Menggunakan *Software* Berbasis Visual Basic 6.0 menjelaskan bahwa pada satu tahun trafo di gardu induk mengalami gangguan 20 kali gangguan diantaranya 4 kali gangguan pada saluran transmisi, 150 kV, 16 kali gangguan pada trafodari gangguan tersebut sistem proteksi di gardu induk menggunakan 5 macam jenis rele yaitu rele UVLS, rele OVR/ UVR,

rele DF/ DT, rele PMT 150 kV, rele REF/ SBEF dari kelima rele tersebut memiliki nilai keandalan yang cukup baik yaitu bekerja dengan nilai 100%.

2.2. Landasan Teori

2.2.1 Sistem Tenaga Listrik

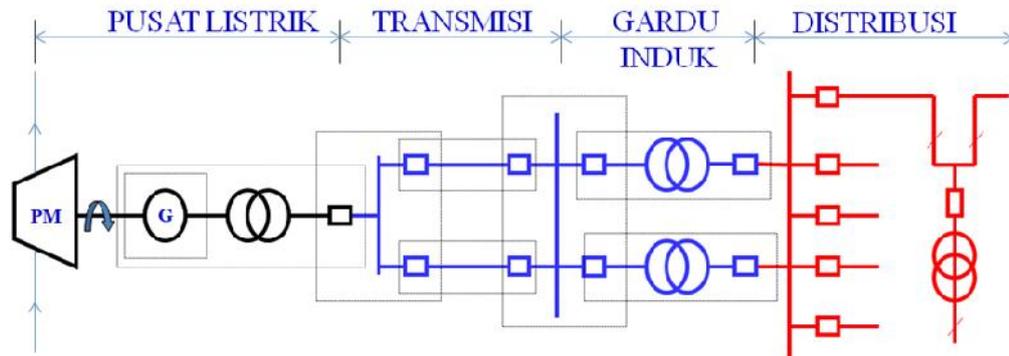
Sistem tenaga listrik adalah kumpulan dari beberapa komponen dan peralatan listrik yang terhubung satu sama lain membentuk suatu sistem komponen- komponen tersebut seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban.



Gambar 2.1 Komponen Utama Sistem Tenaga Listrik

Sistem tenaga listrik sering terjadi hubung singkat pada kondisi abnormal, arus yang besar yang diakibatkan hubung singkat berakibat kerusakan pada peralatan. Jika hubung singkat terjadi dalam waktu yang lama maka dapat menyebabkan kerusakan pada bagian- bagian yang penting di sistem. Proses penyaluran tenaga listrik ke beban (konsumen) melalui jalur transmisi dan jalur distribusi, sistem tenaga listrik terdiri dari sub sistem yang dihubungkan dan diputuskan dengan suatu alat yang disebut pemutus tenaga (PMT). Sebuah sub sistem diamankan oleh rele, rele akan mendeteksi gangguan dengan bantuan PMT akan memutuskannya area yang terganggu. Maka dari itu rele dan PMT sangatlah penting di sistem tenaga listrik.

2.2.2 Gardu Induk



Gambar 2.2 Jaringan Tenaga Listrik

Pembangkit adalah mempunyai peran yang paling penting dalam tenaga listrik yaitu membangkitkan generator. Generator mengubah tegangan tinggi melalui *trafo step up* dan disalurkan ke kawat- kawat transmisi ke gardu induk.

Gardu Induk merupakan suatu instalasi yang terdiri dari peralatan- peralatan listrik yang merupakan pusat beban dari sistem penyaluran (transmisi) tenaga listrik. Fungsi utama dari gardu induk adalah mentransformasikan tegangan tinggi ke tegangan tinggi, tegangan tinggi ke tegangan menengah, tegangan tinggi ke tegangan rendah. Untuk pengukuran pengawasan operasi serta pengaman dari sistem tenaga listrik, pelayanan beban dari gardu induk melalui tegangan tinggi ke gardu distribusi, setelah proses penurunan tegangan melalui penyulang- penyulang (*feeder- feeder*) tegangan menengah yang ada di gardu induk. Pada PLN kita sering mengenal SCADA atau sarana komunikasi internal PLN. Dirahapkan dengan sistem SCADA ini dapat memantau dan mencatat kerja sistem setiap saat pada kondisi normal maupun abnormal. PT.PLN Persero sebagai penyedia layanan tenaga listrik memberikan pelayanan yang baik dan memuaskan dengan adanya sistem ini. Mengingat meningkatnya kebutuhan tenaga listrik ke beban (konsumen) dalam kehidupan sehari- hari diantaranya pabrik, industri kecil maupun dengan skala besar, dari hal tersebut maka kualitas dan kuantitas penyaluran (transmisi) tenaga listrik semakin di tingkatkan untuk menghindari seringnya terjadi gangguan pada peralatan dan komponen sistem tenaga listrik, maka sistem kerja proteksi di tingkatkan lebih baik untuk menghindari kekecewaan dari konsumen. Sistem proteksi menimalisir

gangguan dan rusaknya komponen yang terjadi dari faktor internal maupun eksternal pada komponen sistem tenaga listrik baik itu yang bersifat sementara maupun permanen.

2.2.3 Jenis- Jenis Gardu Induk

Di Indonesia Gardu Induk mempunyai beberapa jenis yang dibedakan dari beberapa bagian yaitu :

1. Berdasarkan Besaran Tegangannya

Gardu induk berdasarkan besaran tegangannya dibedakan menjadi beberapa gardu induk diantaranya adalah :

a. Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 275kV, 500kV

Pada Gardu Induk Tegangan Tinggi (GITET) memiliki transformator daya sebanyak 3 transformator daya. Ketiga transformator daya tersebut masing-masing 1 fasa yang dilengkapi peralatan reaktor fungsinya adalah sebagai mengkompresikan daya reaktif jaringan.

b. Gardu Induk Tegangan Tinggi (GI) 150 kV dan 70 kV

Pada Gardu Induk berbeda dengan GITET tidak mempunyai peralatan reaktor tetapi memiliki transformator daya sebanyak 3 fasa.

2. Berdasarkan Peralatan

Pada Gardu Induk Berdasarkan Peralatan dibagi menjadi beberapa jenis yaitu :

a. Gardu Induk Pasangan Luar (*Out Door Substation*)

Gardu Induk ini memiliki peralatan tegangan tinggi, peralatan pasang luar diantaranya trafo dan peralatan penghubung (*Switch Gear*). Tetapi seperti meja penghubung (*Switch Board*) atau sering disebut peralatan kontrol, Gardu Induk jenis ini biasanya terpasang di pinggiran kota karena pemasangan yang lebih murah dan ekonomis memiliki kondensator pasangan dalam dan tersier trafo utama yang cukup luas. Hal tersebut menjadi keunggulan dari Gardu Induk jenis ini.

b. Gardu Induk Sebagian Pasangan Luar (*Combined Out Door Subtation*)

Gardu Induk ini sebagian peralatan terpasang di dalam gedung dan juga sering disebut sebagian pasangan dalam. Gardu Induk ini sangat ekonomis dengan berbagai macam pertimbangan untuk mencegah konstaminasi garam.

c. Gardu Induk Pasangan Dalam (*In Door Subtation*)

Gardu Induk jenis ini yang hampir seluruh komponennya terpasang di dalam gedung kecuali Trafo Daya yang terpasang di luar gedung. Gardu Induk jenis ini biasanya disebut dengan GIS (*Gas Insulated Sutation*) dan biasanya terpasang di tengah perkotaan yang padat penduduk yang kurang lahan untuk instalasi komponen- komponen Gardu Induk.

d. Gardu Induk Pasangan Bawah Tanah (*Under Ground Subtation*)

Untuk Gardu Induk Pasangan Bawah Tanah seluruh komponen berada di bawah tanah, kebanyakan Gardu Induk ini terpasang di tengah-tengah perkotaan, misal di bawah bangunagedung dan jalan raya.

e. Gardu Induk Mobil (*Mobile Subtation*)

Gardu Induk ini di ciptakan untuk menangani gangguan pada tempat- tempat terpencil karena bentuk dari Gardu Induk ini adalah jenis mobil yang dapat berpindah- pindah dilengkapi perlatan- peralatan yang mendukung jika terjadi gangguan dalam waktu sementara ataupun gangguan secara berkala. Dari hal tersebut Gardu Induk ini di jadikan sebagai cadangan tidak di jadikan sebagai Gardu Induk utama.

3. Bersarkan Isolasi yang digunakan

Pada peralatan Gardu Induk menggunakan isolasi untuk mengamankan perlatan jika terjadi gangguan kecil maupun besar dan menjaga perlatan yang ada di Gardu Induk bekerja dengan optimal. Dari hal tersebut isolasi yang digunakan dalam gardu induk yaitu :

a. Gardu Induk Isolasi Gas (*Gas Insulated Switchegear*)

Jenis isolasi yang di gunakan dalam Gardu Induk ini adalah Gas SF₆di karenakan sangat baik dalam pemadaman busur api pada peralatan gardu induk yang terjadi gangguan contohnya pada transormator.

b. Gardu Induk Udara (*Konvesional*)

Gardu Induk perlatan instalasli yang terpasang berisolasi udara bebas di karenakan sebagian peralatan yang terpasang di luar gedung.

2.2.4Komponen Gardu Induk



Gambar 2 .3 Gardu Induk

Di Gardu Induk terdapat komponen- komponen sebagai fasilitas sebagai pengoprasian dan pemeliharaan tenaga listrik. Komponen tersebut yaitu :

1. Trafo (Transformator)

Trafo merupakan komponen utama dalam Gardu Induk dalam suatu sistem tenaga listrik di saluran distribusi dan transmisi. Trafo adalah alat yang memindahkan tenaga listrik antara dua rangkaian listrik atau lebih melalui induksi elektromagnetik. Trafo mempunyai beberapa jenis transformator yaitu :

a. Trafo Tenaga

Trafo jenis ini adalah peralatan listrik yang merupakan salah satu dari motor listrik statis karena mengubah nilai arus, tegangan, daya dan frekuensi nilainya akan tetap sama.



Gambar 2 .4 Trafo Tenaga

b. Trafo Ukur (Trafo Instrument)

Trafo Ukur berfungsi untuk pengukuran dalam sistem daya karena memberikan isolasi elektrik bagi sistem daya. Trafo ukur mempunyai keuntungan dalam penggunaannya antara lain :

- Tahan terhadap beban berbagai tingkatan.
- Bentuk fisik yang simple dan sederhana.
- Mempunyai tingkat keandalan yang tinggi.
- Harganya terjangkau dan ekonomis.

Trafo ukur terdiri dari :

1. Trafo Tegangan (*Voltage Trafo* (vt)) Potensial Trafo (PT)



Gambar 2.5 Transformator Tegangan

Fungsi dari trafo tegangan adalah menurunkan tegangan tinggi menjadi tegangan menengah dan tegangan menengah menjadi tegangan rendah. Trafo tegangan memiliki fungsi memperkecil besar tegangan pada sistem tenaga listrik, memungkinkan standarisasi pada peralatan sisi sekunder dan mengisolasi rangkian pada sisi sekunder terhadap sisi primer. Sistem proteksi pada trafo tegangan dengan menggunakan rele, macam- macam rele yang digunakan antara lain :

- Rele Jarak (Distance Relay)
- Rele Sinkron (Synchron Relay)
- Rele Searah (Directional Relay)
- Rele Frekuensi (Frequency Relay)

Prinsip kerja dari trafo tegangan adalah sebuah kumparan yang dialiri arus bolak- balik kemudian mengalir ke inti besi dan menjadi sebuah magnet yang dikelilingi suatu belitan dari kedua ujungnya. Hal tersebut yang membedakan trafo tegangan dengan jenis trafo lain seperti trafo arus, dan trafo daya.

2. Trafo Arus(*Current Transformer*)

Trafo arus sering disebut CT fungsinya yaitu menurunkan arus yang tinggi ke rendah untuk pengukuran pengamanan. Trafo arus memiliki banyak tipe menurut konstruksinya antara lain :

- Tipe Cincin (ring / window tipe)
- Tipe Tangki Minyak
- Tipe Cor- coran cast resin (Mounded Cast Resin Tipe)



Gambar 2.6 Transformator Arus (Current Transformer)

3. Trafo Bantu (*Auxiliary Trafo*)

Trafo bantu sering disebut juga trafo pemakaian sendiri karena fungsinya sebagai pemasok perlatan dan sumber atau penyimpan arus DC. Fungsi yang paling utama trafo bantu adalah sebagai pasokan sumber tenaga yang arusnya DC cadangan jika terjadi gangguan pada titik tertentu dan tidak ada pasokan arus AC maka trafo bantu tetap berkerja dengan optimal. Diperlukan pembagi sumber DC untuk setiap fungsi dan bay yang menggunakan sumber DC dan untuk setiap gardu induk harus memiliki panel distribusi AC dan DC.

4. Sakelar Pemisah / PMS (*Disconnecting Switch*)

Sakelar Pemisah dalam gardu mempunyai fungsi sebagai memisahkan rangkaian listrik dalam keadaan tidak berbeban. PMS dibedakan menjadi dua yaitu pasangan luar dan pasangan dalam, PMS bekerja dengan tenaga penggerak secara manual, motor, pneumatic atau angin dan hidrolik. Dalam gardu induk PMS di terpasang pada peralatan yaitu :

- a. Transormator Bay (TR Bay)
- b. Transmission Line Buy (TL Bay)
- c. Busbar
- d. Bus Couple

5. Lightning Arester (LA)



Gambar 2.7 Lightning Arrester LA

Lightning Arrester (LA) berfungsi untuk mengamankan peralatan di gardu induk dari gangguan dari luar yaitu beban berlebih atau sambaran

petir pada kawat transmisi. Pada kondisi normal LA bersifat isolatif atau tidak bisa meyalurkan arus listrik dan sebaliknya jika kondisi abnormal atau apabila terjadi gngguan LA bersifat konduktif atau bisa manyalurkan arus listrik ke bumi.

6. Panel Kontrol

Panel kontrol fungsinya adalah mengetahui dan pusat pengendali local gardu induk. Di dalam panel kontrol terdiri atas komponen- komponen di dalamnya di antaranya :

- a. Saklar
- b. Indikator- indikator
- c. Tombol- tombol komando operasi PMT
- d. Tombol- tombol komando operasi PMS
- e. Alat ukur besaran listrik
- f. Annouciator



Gambar 2.8 Panel Kontrol

Panel kontrol terdiri terdapat di suatu ruangan untuk tempat mongontrol seluruh sistem kerja komponen pada gardu induk yang terdiri dari :

- a. Transmission line control panel.
- b. Transformer control panel.
- c. Fault recorder control panel.
- d. KWH meter dan fault recorder control panel.

- e. LRT control panel.
- f. Bus coupel control panel.
- g. AC/ DC control panel.
- h. Synchronizing control panel.
- i. Automatic FD swithching panel.
- j. D/L control panel.

7. *Cubicle*

Cubicle merupakan switchgear untuk tegangan menengah sebesar 20 kV berasal dari output trafo daya dan diteruskan ke pada konsumen melalui penyulang (*feeder*) yang terhubung dengan cubicle.



Gambar 2.9 *Cubicle*

Komponen dan rangkaian *Cubicle* antara lain :

- a. Panel penghubung (*Couple*).
- b. *Incoming Cubicle*.
- c. *Circuit breaker* (CB) dan *Current transformer* (CB)
- d. Komponen proteksi dan pengukuran.
- e. *Bus section*.
- f. *Feeder* atau penyulang.

8. Rel Daya (Busbar)

Fungsi dari rel daya (busbar) adalah sebagai titik pertemuan antara transformator daya, SUTT, SKTT serta komponen- komponen gardu induk lainnya.

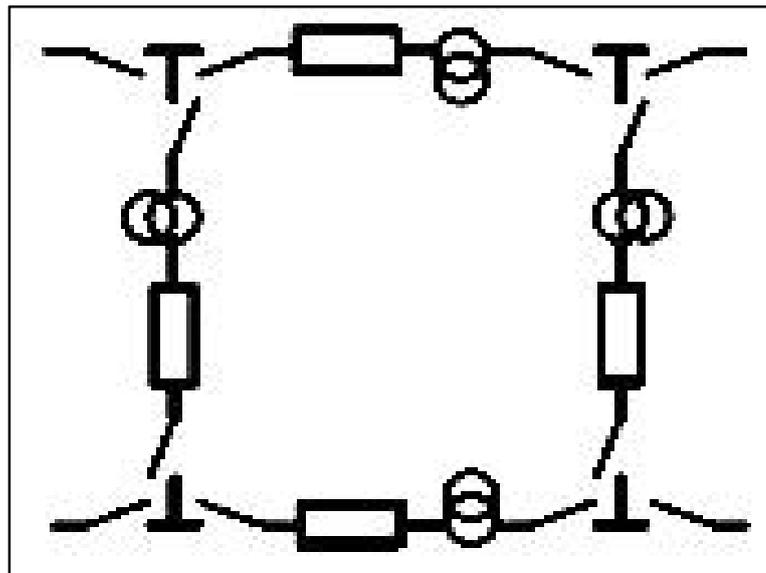


Gambar 2.10 Rel Busbar.

Dalam gardu induk ring busbar dibagi menjadi beberapa bagian di yaitu:

- a. Gardu Induk dengan Sitem Ring Busbar.

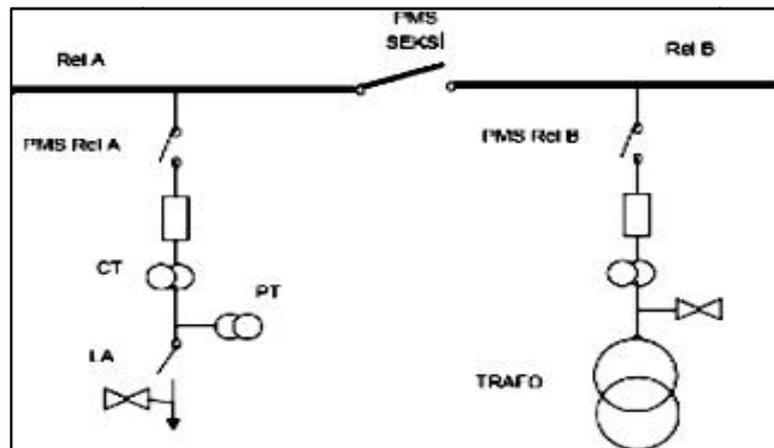
Sistem ring busbar yaitu antara busbar satu dengan yang lain tersambung seperti membentuk ring seperti cincin yang melingkar.



Gambar 2.11 Sistem Ring Busba

b. Gardu Induk dengan Sistem Single Busbar.

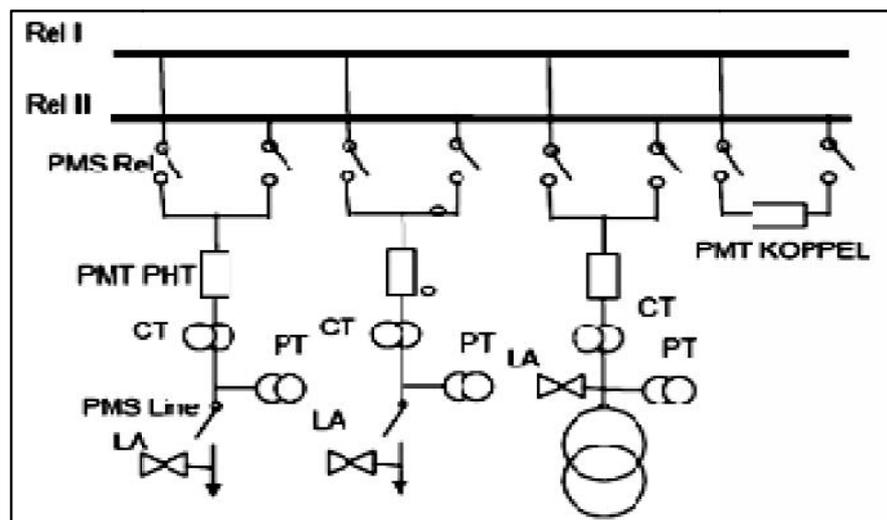
Gardu induk dengan sistem single busbar adalah suatu sistem busbar pada gardu induk hanya mempunyai satu sistem busbar saja. Sistem ini biasanya terdapat pada ujung akhir dari suatu sistem transmisi.



Gambar 2.12 Sistem Single Busbar

c. Gardu Induk Sistem Double Busbar

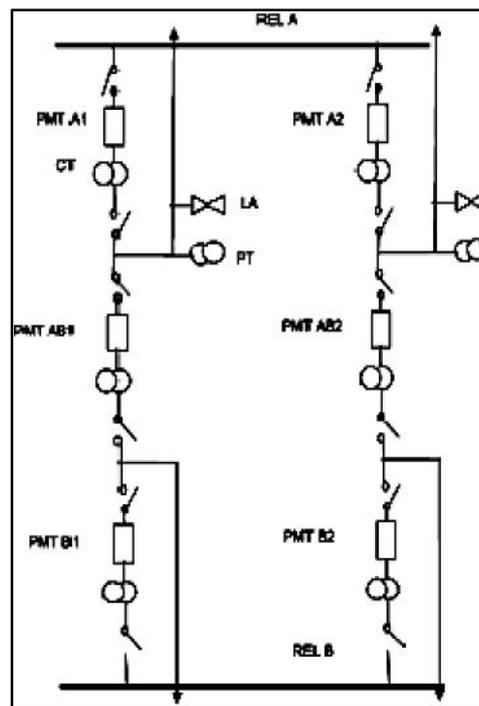
Sistem double busbar sangat efektif untuk mengurangi pemadaman beban khususnya pada saat perubahan pada sistem. Jenis sistem ini banyak di gunakan di gardu induk.



Gambar 2.13 Sistem Double Busbar

d. Gardu Induk Sistem On Half Busbar

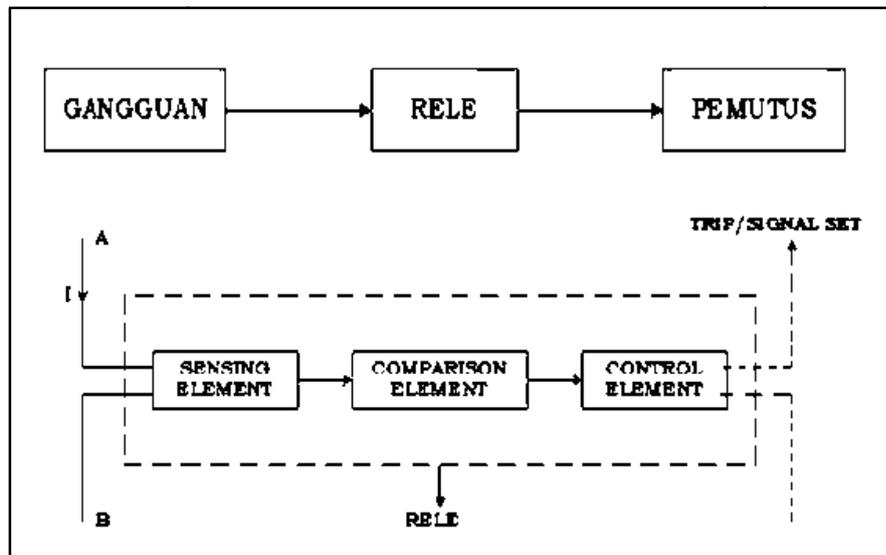
Gardu induk dengan sistem Half Busbar atau sering disebut sistem satu setengah, sistem ini memiliki dua jenis busbar ini sering di gunakan pada gardu induk pembangkit tenaga listrik yang memiliki kapasitas yang besar. Pada sistem ini sangat efektif karena menggunakan tiga buah PMT dalam satu diagonal yang terpasang secara seri jadi dapat mengurangi pemadaman.



Gambar 2.14 Sistem On Half Busbar

2.2.5 Persyaratan Proteksi Gardu Induk

Pada sistem tenaga listrik perlindungan pada peralatan atau komponen sistem tenaga listrik jika terjadi bahaya dan gangguan. Tujuan utama sistem proteksi ialah meminimalisir terjadinya gangguan pada peralatan gardu induk dan memungkinkan akan terjadi gangguan dan bahaya yang mengganggu kinerja peralatan- peralatan lain. Sistem proteksi dapat mengetahui kondisi dalam suatu peralatan sistem tenaga listrik dalam kondisi normal maupun abnormal. Karena memiliki peran penting, ketersediaan energi listrik harus memenuhi seluruh aspek di antaranya adalah handal, aman dan bersahabat dengan lingkungan sekitar.



Gambar 2.15 Diagram Sistem Proteksi Terhadap Gangguan

Ada beberapa kriteria pada sistem proteksi tenaga listrik yaitu :

1. Kepekaan (Sensitivity) :

Sistem proteksi tenaga listrik harus mempunyai kepekaan yang sangat baik dalam mendekteksi gangguan di kawasan pengamanannya. Jika terjadi gangguan yang sangat kecil rele harus mampu mendeteksi secara baik.

2. Keandalan (Reliability)

Peralatan proteksi harus mendeteksi dan melepaskan bagian perlatan sistem tenaga listrik yang terjadi gangguan. Rele harus bekerja dengan tingkat kepekaan yang cukup tinggi, keandalan dibagi menjadi dua yaitu :

a. Dependability

Rele harus bekerja dengan tingkat kepastian yang tinggi dan memiliki tingkat keandalan dalam menangani gangguan.

b. Security

Peralatan proteksi harus memiliki tingkat keamanan dan pengamanan yang cukup tinggi. Persamaan Deskriptif presentase gangguan pada trafo pada gardu induk adalah sebagai berikut :

$$DP = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan :

DP : Deskripsi presentase gangguan (%)

n : Frekuensi gangguan (jumlah berapa kali)

N : Jumlah gangguan

3. Kecepatan

Pada sistem proteksi harus mempunyai tingkat kecepatan untuk meningkatkan pelayanan kepada konsumen. Sistem tenaga sering terjadi gangguan dan sistem proteksi juga memiliki jangka waktu tertentu, maka rele proteksi yang bekerja dengan cepat sistem kerjanya di perlambat agar stabilitas rele tetap terjaga. Persamaanya di tunjukan pada persamaan berikut :

$$T_{op} = t_p + t_{cb}$$

Keterangan :

t_{op} : total waktu yang diperlukan untuk memutuskan hubungan

t_p : waktu bereaksinya unit rele

t_{cb} : waktu yang diperlukan untuk pelepasan C.B.

4. Ekonomis

Ekonomis pada persyaratan gardu induk merupakan faktor yang penting, karena memperoleh proteksi yang sistem kerjanya maksimum biaya yang minimum dengan biaya yang murah tetapi sistem kerjanya maksimum. Dengan biaya yang minimum untuk mendapatkan kinerja yang maksimum ialah sangat sulit, maka dari itu harus mempertimbangkan dengan matang anantara sistem proteksi yang digunakan dan biaya yang diperlukan yang dibutuhkan.

2.3 Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

2.3.1 Faktor- Faktor Penyebab Gangguan

Pada gardu induk tidak menutup kemungkinan terjadi gangguan pada sistem tenaga listrik. Faktor penyebab gangguan tersebut adalah :

1. Faktor Manusia

Faktor ini adalah faktor yang mendasar terjadinya gangguan pada sistem tenaga listrik karena disebabkan oleh manusia itu sendiri. Sifat manusia yang lalai dalam melakukan pekerjaan adalah faktor utama terjadinya gangguan pada sistem tenaga listrik.

2. Faktor Internal

Faktor internal merupakan salah satu faktor pendukung terjadinya gangguan pada sistem tenaga listrik. Gangguan tersebut disebabkan oleh komponen itu sendiri karena usia peralatan, keausan peralatan dan lain sebagainya. Faktor ini dapat mengurangi sensitivitas rele pengaman dan mengurangi gaya isolasi pada peralatan.

3. Faktor Eksternal

Faktor eksternal pada sistem tenaga listrik disebabkan oleh alam yang sering terjadi pada komponen sistem tenaga listrik. Faktor eksternal diantaranya tersambar petir, gempa bumi, banjir dan faktor yang diakibatkan oleh cuaca atau lingkungan sekitar.

2.3.2 Macam- Macam Gangguan Pada Sistem Tenaga Listrik

Dalam sistem tenaga listrik banyak gangguan yang terjadi akibatnya pelayanan tegangan listrik terganggu kepada konsumen. Pada suatu sistem merasakan gangguan dalam waktu yang singkat ataupun waktu yang lama, maka dari itu gangguan- gangguan pada sistem transmisi tenaga listrik terdiri dari :

1. Gangguan Sistem

Gangguan sistem terjadi pada sistem tenaga listrik di antaranya transformator, busbar, kapasitor, reaktor, busbar, SUTET, SKIT, SUTT. Gangguan pada sistem dapat dikelompokkan menjadi 2 macam gangguan yaitu gangguan temporer dan gangguan permanen.

2. Gangguan Non Sistem

Gangguan non sistem adalah gangguan yang berasal dari luar sistem diantaranya adalah kerusakan pada rele dan perlaratan di luar sistem lainnya. Pada gangguan ini pada sistem proteksi terdiri dari :

3. Gangguan Fasa

Gangguan yang terjadi antara dua fasa, tiga fasa secara langsung ataupun tidak langsung. Ditandai dengan naiknya arus dalam waktu yang singkat dan menurunnya tegangan sistem jaringan.

4. Gangguan Tanah

Gangguan yang terjadi karena dua fasa, tiga fasa yang terhubung ke tanah secara langsung ataupun tidak langsung. Gangguan tanah di antaranya adalah pada tiang, timah pada kabel, badan trafo.

Secara garis besar gangguan tersebut di klasifikasikan menjadi dua faktor gangguan tersebut di antaranya adalah :

a) Gangguan Beban Lebih (*Over Load*)

Gangguan beban lebih sebenarnya bukan merupakan gangguan pada sistem tenaga listrik, gangguan ini disebabkan karena arus yang mengalir melebihi kapasitas yang di tentukan. Jika gangguan ini di bairkan begitu saja maka akan berakibat rusaknya peralatan yang telah di aliri arus listrik.

b) Gangguan Hubung Singkat (*Short Circuit*)

Gangguan hubung singkat ini disebabkan oleh hubung singkat antara satu fasa, dua fasa, tiga fasa ke tanah. Jenis gangguan jenis berikat pada mengalirnya arus lebih dan tengangan pada fasa yang telah terganggu. Gangguan di golongan menjadi dua jenis yaitu :

- Gangguan Simetri : Gangguan hubung singkat tiga fasa.
- Gangguan Asimetri : Gangguan yang terjadi hubung singkat satu fasa ke tanah, dua fasa dan dua fasa ke tanah.

c) Gangguan Tegangan Lebih

Gangguan ini terjadi karena kelainan pada sistem tenaga listrik yang terjadi karena akibat dua faktor yaitu:

1. Surja petir (*Lightning Surge*) : Di sebabkan oleh petir
2. Surja hubung (*Switching Surge*) : Beban yang lepas akibat gangguan

d) Gangguan Kurangnya Daya

Gangguan kurangnya daya penyebabnya adalah tripnya pada pembangkit di sistem tenaga listrik yang berakibat kerja rele dan circuit breaker terputus dari pusat jaringan. Akibat dari gangguan kurangnya daya adalah runtuhnya sistem atau pemadaman total yang berakibat merugikan konsumen.

e) Gangguan Ketidakstabilan (*Instability*)

Gangguan ketidakstabilan disebabkan karena berkurangnya unit pembangkit karena tripnya pembangkit atau terpisahnya sistem. Kehilangan pembangkit dapat menyebabkan lepasnya unit- unit pembangkit, hal tersebut dapat menyebabkan gangguan yang lebih luas.

2.3.3 Mengatasi Gangguan Sistem Tenaga Listrik

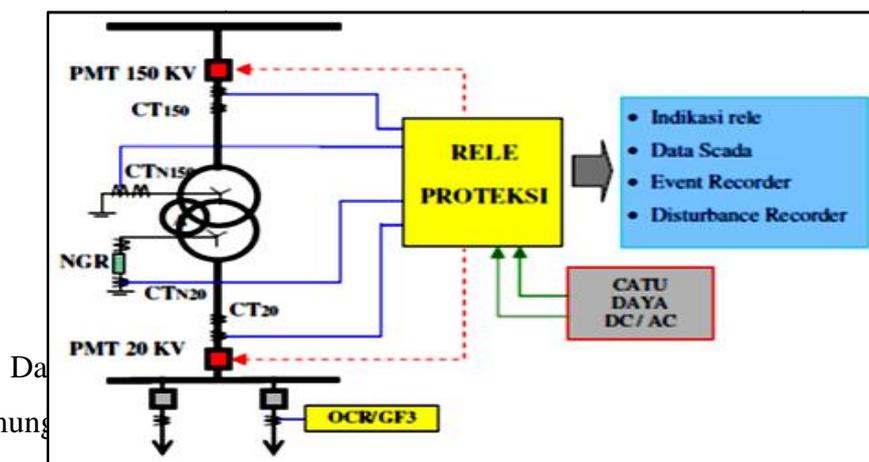
Dalam sistem tenaga listrik gangguan pada peralatan menyebabkan tersumbatnya aliran tenaga listrik kepada konsumen dan menyebabkan peralatan sistem tenaga listrik menjadi rusak. Dari hal tersebut untuk mengatasipasi hal tersebut dilakukan dengan cara :

1. Pereralatn sistem tenaga listrik akan melalui jalur test untuk membuktikan keandalannya, karena peralatan yang di bawah standart adalah sumber gangguan.
2. Pemasangan yang benar sesuai prosedur dan spesifikasi yang di berikan oleh pabrik.
3. Menentukan jenis dan koordinasi isolasi yang tepat.
4. Menggunakan Circuit Breaker dan Relatn pengaman paa sistem jika terjadi gangguan maka secara otomatis akan terlepas dari peralatan yangb terjadi gangguan.
5. Menggunakan perlatan yang mampu menanggulangi terjadinya hubung singkat.

6. Penggunaan kawat tanah yang baik pada SUTT menghindari tersambarnya petir.
7. Membuat sistem cadangan jika sistem utama terjadi gangguan misalnya tersambar petir maka sistem utama memindahkan ke sistem cadangan supaya tidak mengganggu penyaluran beban ke konsumen.
8. Pemasangan penangkal petir (Lightning Arester) pada peralatan sistem tenaga listrik agar tidak tersambar petir.
9. Membuat prosedur tata cara pemeliharaan agar tidak menghindari dari kesalahan agar tidak terjadi gangguan.
10. Menghindari hubung singkat dengan impedansi untuk membatasi arus, pemasangan reaktansi pada sistem pertahanan agar gangguan fase ke tanah sangatlah terbatas.

2.3.4 Proteksi dan Gangguan Pada Trafo Tenaga di Gardu Induk

Bagian yang terpenting dalam gardu induk adalah sistem proteksi karena melindungi dan meminimalisir peralatan utama dari gangguan sehingga tidak meluas ke peralatan ke peralatan dan dapat dianalisis. Peralatan proteksi trafo terdiri dari rele proteksi, trafo arus (CT), trafo tegangan (CT), trafo teangan (PT/ CVT), PMT, catu daya DC/ AC.



Da... c menutup
kemung... ada gardu
induk terjadi di dalam trafo maupun di luar trafo. Pada proteksi trafo untuk memperoleh efisien dalam menentukan proteksi yang digunakan disesuaikan terhadap kebutuhan dan gangguan yang terjadi kedepannya. Jenis rele yang digunakan adalah sesuai pada Tabel berikut :

No	Jenis gangguan	Proteksi		Akibat
		Utama	Back Up	
1	Hubung singkat di trafo daerah pengaman trafo	- Diferensial - REF Bucholz Tek, lebih	- OCR - GFR	- Kerusakan pada isoalsi atau inti - Tangki pengembun
2	Hubung singkat di daerah luar pengaman trafo	- OCR - GFR - SBEF	- OCR - GFR	- Kerusakan pada isolasi, kumparan, dan NGR
3	Beban lebih	- Rele suhu	-	- Kerusakan isolasi
4	Gangguan sistem pendingin	- Rele suhu	-	- Kerusakan isolasi
5	Gangguan pada OLTC	- Jansen - Tek. lebih	-	- Kerusakan OLTC
6	Tagangan lebih	- OVR - LA	-	- Kerusakan isolasi

Tabel 2.1Kebutuhan Fungsi Rele Proteksi Terhadap Berbagai Gangguan

2.3.5 Pola Proteksi Traformator Berdasarkan SPLN 52 – 1

Untuk meningkatkan keandalan penyediaan energi listrik, kebutuhan sistem proteksi yang memadai tidak dapat dihindarkan. Sistem proteksi terdiri dari peralatan CT, PT, PMT, Catu daya dc/ac, relai proteksi, teleproteksi yang diintegrasikan dalam suatu rangkaian wiring. Disamping itu diperlukan juga peralatan pendukung untuk kemudahan operasi dan evaluasi seperti sistem recorder, sistem scada dan indikasi relai.

Transformator adalah jantung dari sistem penyaluran tenaga listrik, diharapkan transformator memberikan kinerja yang maksimal mengingat kebutuhan tenaga listrik kepada konsumen yang terus meningkat. Dari hal tersebut dibutuhkan sistem proteksi yang handal untuk menunjang kebutuhan. Menurut Standar Perusahaan Umum Listrik Negara (SPLN) 52-1 : 1983 pola pengamanan transformator 150/66 kV, 150/20 kV dan 66/20 kV adalah sebagai berikut :

1. Transformator pada gardu induk harus menggunakan sistem proteksi untuk menjaga transformator dari gangguan di antaranya relai arus lebih, relai suhu, relai arus lebih, relai tekanan mendadak, relai arus hubung tanah, relai bucholz.
2. Transformator 150/20 kV dan 66/20 kV berkapasitas 10 MVA terpasang saklar pemutus beban pada sisi primer.
3. Relai termis harus terpasang pada transformator berkapasitas melebihi 10 MVA.
4. Relai differensial dan relai gangguan tanah terbatas harus terpasang pada transformator kapasitas 30 MVA.

Fungsi peralatan proteksi adalah untuk mengidentifikasi gangguan dan memisahkan bagian jaringan yang terganggu dari bagian lain yang masih sehat serta sekaligus mengamankan bagian yang masih sehat dari kerusakan atau kerugian yang lebih besar.

Sistem Proteksi harus memenuhi syarat sebagai berikut :

- **Sensitif** yaitu mampu merasakan gangguan sekecil apapun
- **Andal** yaitu akan bekerja bila diperlukan (dependability) dan tidak akan bekerja bila tidak diperlukan (security).
- **Selektif** yaitu mampu memisahkan jaringan yang terganggu saja.
- **Cepat** yaitu mampu bekerja secepat-cepatnya.

Jika proteksi bekerja sebagaimana mestinya, maka kerusakan yang parah akibat gangguan mestinya dapat dihindari/dicegah sama sekali, atau kalau gangguan itu disebabkan karena sudah adanya kerusakan (*insulation break down* di dalam peralatan), maka kerusakan itu dapat dibatasi sekecilnya. Selain itu

bagian sistem/ peralatan yang dilalui arus gangguan dapat dihindari dan kestabilan sistem dapat terjaga.

No	Jenis Proteksi	Kapasitas		
		10	10 < ÷ < 30	30
1	Rele suhu	+	+	+
2	Rele busbar	+	+	+
3	Rele jensel	+	+	+
4	Rele tekanan lebih	+	+	+
5	Rele differensial	-	-	+
6	Rele tangki tanah	-	+	-
7	Rele hubung tanah terbatas (REF)	-	-	+
8	Rele beban lebih (OLR)	+	+	+
9	Rele arus lebih (OCR)	+	+	+
10	Rele hubung tanah (GFR)	+	+	+
11	Pelebur (Fuse)	+	-	-

Tabel 2.2 Kriteria Sistem proteksi Sesuai SPLN 52-1