

BAB II

TUJUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Berdasarkan topik pembahasan penelitian yang berjudul *Annalisis Breakdown Pada Pemutus Tenaga Akibat Surja Petir Pada Gardu Induk 150 kV Cikarang*, terdapat beberapa referensi untuk mempertimbangkan permasalahan yang menjadi acuan terselesainya Tugas Akhir ini. Biasanya kasus surja petir hanya merusak pada *Lightning Arrester* (LA) pada peralatan Gardu Induk. Hal ini dapat dilihat pada penelitian

Abdul syakur (2010) *Lightning Arrester* adalah alat pelindung sistem tenaga listrik bila timbul surja dia belaku sebagai konduktor, jadi melewatkan aliran arus yang tinggi. Setelah surja hilang *arrester* bersifat sebagai isolator yang dapat menahan tegangan kerja.

Muhlasin (2014) *Arrester* adalah suatu peralatan yang dirancang untuk melindungi peralatan sistem tenaga listrik dari tegangan lebih yang datang dan langsung mengalirkan arus surja ke tanah tanpa mempengaruhi kelangsungan kerja sistem.

Iwan Winarbaky (2017) melakukan penelitian mengenai “Analisis Perbandingan Arus Pemutus Tenaga Saat Kondisi Normal Dan Saat Gangguan”. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa untuk arus hubung singkat, besar nya arus gangguan berpengaruh terhadap kekuatan menahan arus gangguan.

M. Ahrar Adi Putra (2017) Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta melakukan penelitian tentang “Analisis Kinerja Sistem Proteksi di Gardu Induk 150 KV Jeranjang”. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, prinsip kerja *relay* arus lebih akan bekerja apabila *relay* tersebut merasakan besar arus yang melebihi setting arus dari *relay* tersebut, maka dari itu *relay* akan bekerja dengan memerintah *Circuit Breakers* untuk trip.

Imam Hofuron (2018) Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Purwokerto. melakukan penelitian tentang “Analisis Koordinasi Kerja PMT Pada Penyulang Kalibakal-09”. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, koordinasi keserempakan PMT sangat dipengaruhi dari faktor jarak, jarak gangguan dan besarnya arus gangguan yang dapat mempengaruhi kerja dari PMT.

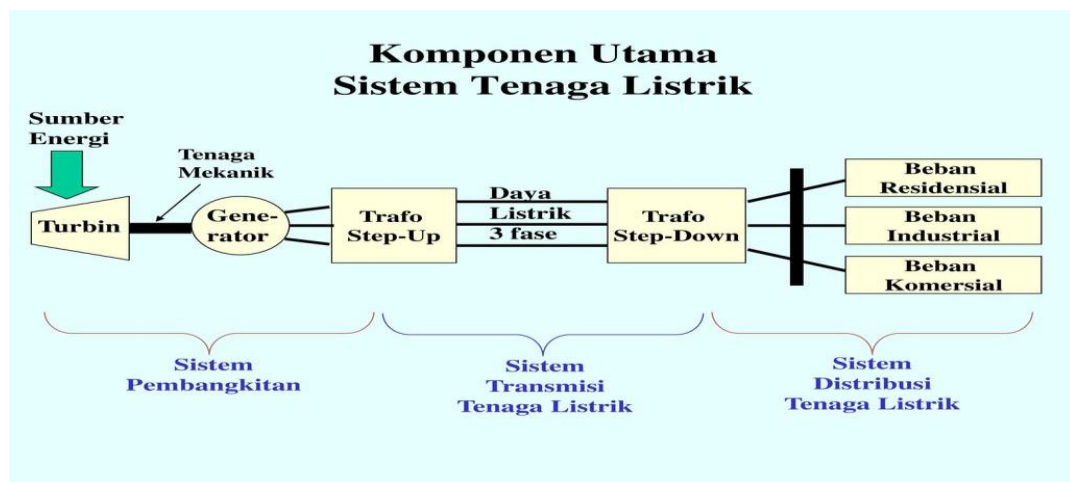
Tabel 2.1 *State Of Art Penelition*

Penulis	Judul dan Metode	Hasil
Iwan Winarbaky (2017)	Judul: Analisis Perbandingan Arus Pemutus Tenaga Saat Kondisi Normal Dan Saat Gangguan Metode : membandingkan pemutus tenaga bekerja saat normal dan saat adanya arus gangguan	Untuk arus hubung singkat, besar nya arus gangguan berpengaruh terhadap kekuatan menahan arus gangguan.
M. Ahrar Adi Putra (2017)	Judul : Analisis Kinerja Sistem Proteksi di Gardu Induk 150 KV Jeranjang Metode : Menganalisa saat arus gangguan lebih besar dari kapasitas pemutusan maka <i>relay</i> memerintah untuk melakukan <i>trip</i>	Prinsip kerja <i>relay</i> arus lebih akan bekerja apabila <i>relay</i> tersebut merasakan besar arus yang melebihi setting arus dari <i>relay</i> tersebut, maka dari itu <i>relay</i> akan bekerja dengan memerintah <i>Circuit Breakers</i> untuk trip
Imam Hofuron (2018)	Judul : Analisis Koordinasi Kerja PMT Pada Penyulang Kalibakal-09 Metode : menganalisa dan membandingkan keserempakan PMT dalam posisi <i>close</i> dan <i>open</i>	Koordinasi keserempakan PMT sangat dipengaruhi dari faktor jarak, jarak gangguan dan besarnya arus gangguan yang terjadi mempengaruhi kerja dari PMT

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem Tenaga Listrik

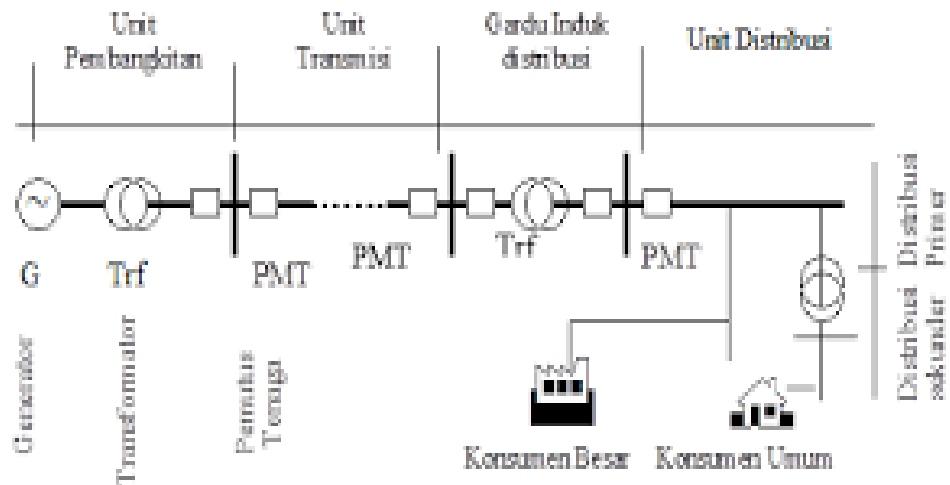
Sistem tenaga listrik adalah kumpulan dari beberapa komponen dan peralatan listrik yang terhubung satu sama lain membentuk suatu sistem komponen-komponen tersebut seperti generator, transformator, saluran transmisi, saluran distribusi dan beban.



Gambar 2.1 komponen utama sistem tenaga listrik

Sistem tenaga listrik sering terjadi hubungan singkat pada kondisi *abnormal*, arus yang besar diakibatkan hubungan singkat yang mengakibatkan kerusakan pada peralatan. Jika hubungan singkat terjadi dalam waktu yang lama maka dapat menyebabkan kerusakan pada bagian-bagian yang penting pada sistem. Proses penyaluran tenaga listrik ke beban (konsumen) melalui jalur transmisi dan jalur distribusi, sistem tenaga listrik terdiri dari sub sistem yang di hubungkan dan diputuskan dengan suatu alat yang disebut pemutus tenaga (PMT). Sebuah sub sistem diamankan oleh relai, relai akan mendeteksi gangguan yang berada pada CT (*Current Transformer*) kemudian akan memerintahkan PMT untuk open atau close. Maka dari itu relai dan PMT sangatlah penting pada sistem tenaga listrik.

2.2.2 Gardu Induk



Gambar 2.2 jaringan tenaga listrik

Pembangkit memiliki peran yang paling penting dalam tenaga listrik untuk membangkitkan energi, generator mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik melalui *trafo step up* dan kemudian di salurkan melalui 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 menengah, tegangan menengah ke tegangan rendah. Untuk melakukan pengukuran dalam pengawasan operasi serta pengamanan pada sistem tenaga listrik, beban yang diperoleh dari gardu induk melalui tegangan tinggi ke tegangan rendah untuk distribusi, setelah melakukan penurunan pada tegangan melalui penyulang–penyulang yang ada di gardu induk. PT. PLN (Persero) sebagai penyedia layanan tenaga listrik memberikan pelayanan yang baik dan memuaskan pelanggannya. Mengingat meningkatnya kebutuhan tenaga listrik ke beban (konsumen) dalam kehidupan sehari – hari diantaranya pabrik, industri kecil dan permukiman dengan skala 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 lagi 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

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

1. Berdasarkan Besaran Tegangannya

Gardu Induk berdasarkan besaran tegangannya di bedakan menjadi beberapa gardu induk diantaranya adalah:

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

Pada Gardu Induk tegangan Ekstra Tinggi (GITET) memiliki transformator daya sebanyak 3 transformator daya. Ketiga transformator daya tersebut masing – masing 1 fasa yang dilengkapi peralatan reaktor fungsinya adalah sebagai mengkompensasikan daya reaktif jaringan,

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

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 Pasang 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 pemasangan dalam tersier trafo utama yang cukup luas. Hal tersebut menjadi keunggulan dari Gardu Induk jenis ini.

b. Gardu Induk Sebagai Pasangan Luar (*Combined Out Door Substation*)

Gardu Induk ini sebagai peralatan terpasang didalam gedung dan juga sering disebut sebagai pasang dalam. Gardu Induk ini sangat ekonomis dengan berbagai macam pertimbangan untuk mencegah kontaminasi gangguan.

c. Gardu Induk Pasang Dalam (*In Door Substation*)

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

d. Gardu Induk Pasang Bawah Tanah (*Under Ground Substation*)

Gardu Induk pasang bawah tanah seluruh komponen berada di bawah tanah, kebanyakan Gardu Induk ini terpasang di tengah – tengah perkotaan, misal dibawah bangunan gedung dan jalan raya.

e. Gardu Induk Mobil (*Mobile Substation*)

Gardu Induk ini diciptakan untuk menangani saat terjadi gangguan pada tempat – tempat terpencil karena bentuk dari Gardu Induk ini adalah jenis mobil yang dapat berpindah – pindah dilengkapi peralatan – peralatan yang mendukung jika terjadi gangguan dalam waktu sementara ataupun gangguan

secara berkala. Dari hal tersebut Gardu Induk ini di jadikan sebagai cadangan tidak dijadikan sebagai Gardu Induk utama.

3. Berdasarkan Isolasi yang digunakan

Pada peralatan Gardu Induk menggunakan isolasi untuk mengamankan peralatan jika terjadi gangguan kecil maupun besar dan menjaga peralatan 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 Switchgear*)

Jenis isolasi yang digunakan dalam Gardu Induk ini ada Gas SF₆ dikarenakan sangat baik dalam pemadaman busur api pada peralatan gardu induk yang terjadi gangguan

b. Gardu Induk Udara (*Konvensional*)

Gardu Induk instalasi yang terpaang berisolasi udara bebas dikarenakan sebagai peralatan yang terpasang diluar gedung.

2.2.4 Komponen Gardu Induk

A. Komponen sipil dan mekanikal pada *switch yard*.

Swit yard merupakan bagian dari gardu induk yang dijadikan sebagai tempat peralatan komponen utama gardu induk.

1. Transformator Daya. / Busbar
2. ***Circuit Breaker (CB) / PMT***
3. *Current Transformator (CT) / CT*
4. *Disconnecting Switch (DS) / PMS*
5. *Capasitor Voltage Transformator (CVT) / CVT*
6. *Lightning Arrester (LA) / LA*

1) Pengertian Dari Pemutus Tenaga (PMT)

Pengertian Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan berupa saklar atau *switching* yang mekanis, berfungsi untuk mengalirkan, memutus, dan menutup arus yang memiliki beban dalam kondisi normal serta dapat menutup dan mengalirkan arus listrik dalam periode waktu yang ditentukan dan dapat memutus arus beban dalam kondisi abnormal atau sedang dalam gangguan seperti saat sedang mengalami kondisi arus hubung singkat (*short circuit*). Sedangkan definisi dari PMT adalah peralatan berupa saklar atau *switching* mekanis, yang dapat mengalirkan, memutus, dan menutup beban arus dalam kondisi normal sesuai dengan spesifikasi alatnya masing-masing dalam periode waktu tertentu dan memutus arus beban dalam kondisi abnormal atau dalam keadaan sedang mengalami gangguan. Fungsi utamanya adalah sebagai alat pemutus tenaga listrik yang bekerja sebagai pembuka atau penutup aliran listrik dalam suatu rangkaian listrik dalam kondisi memiliki beban, serta dapat menjalankan tugasnya untuk bekerja dengan cepat saat terjadi arus hubung singkat.

2) Klasifikasi PMT

Pemutus Tenaga atau PMT memiliki beberapa jenis, antara lain berdasarkan tegangannya berupa spesifikasinya, jumlah mekanik yang terdapat pada penggerak, media isolasi, dan proses pemadaman busur api pada jenis GAS SF₆.

Berdasarkan Kapasitas Tegangan

PMT dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis yaitu:

- a) PMT tegangan rendah (*Low Voltage*)
Dengan kapasitas tegangan 0.1 s/d 1 kV
- b) PMT tegangan menengah (*Medium Voltage*)
Dengan kapasitas tegangan 1 s/d 35 kV
- c) PMT tegangan tinggi (*High Voltage*)
Dengan kapasitas tegangan 35 s/d 245 kV
- d) PMT tegangan extra tinggi (*Extra High Voltage*)
Dengan kapasitas tegangan lebih besar dari 245 kV



Gambar 2.3 jenis-jenis PMT

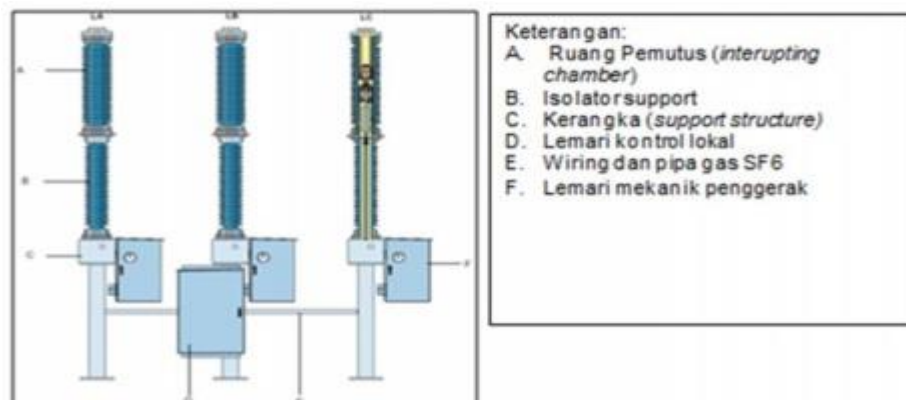
Source by siemens3AP

3) Berdasarkan Jumlah Mekanik Penggerak /TrippingCoil

PMT dapat dibedakan menjadi:

a) PMT *Single Pole*

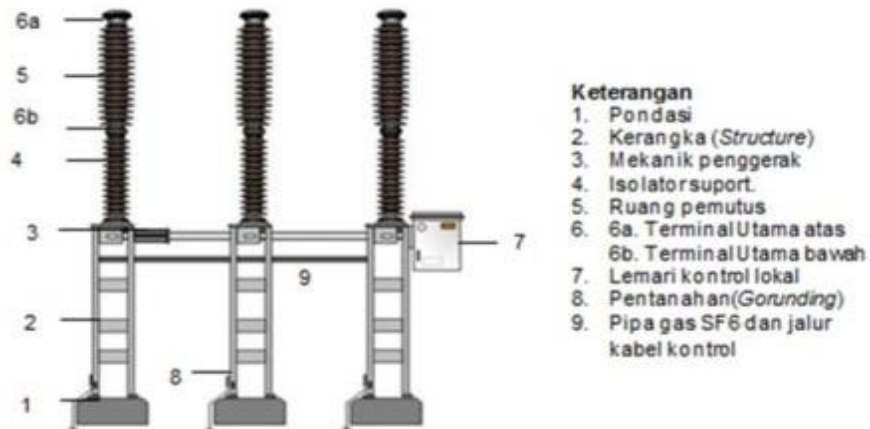
PMT jenis ini hanya memiliki satu mekanik untuk menggerakkan setiap *pole* nya, pada umumnya PMT jenis ini digunakan pada bagian bay penghantar agar PMT dapat *reclose* dalam satu fasa.

Gambar 2.4 PMT *Single Pole*

Source by siemens3AP

b) PMT *Three Pole*

PMT jenis ini memiliki satu mekanik untuk menggerakkan tiga fasa, agar dapat menghubungkan antara fasa satu dengan fasa yang lainnya yang dilengkapi juga dengan kopel mekanik, pada umumnya PMT jenis ini banyak dipasang pada bagian bay trafo.



Gambar 2.5 PMT *Three Pole*

Source by siemens3AP

B. Komponen dan Fungsi

Sistem Pemutus Tenaga (PMT) memiliki beberapa sub-sistem yang didalamnya terdapat beberapa komponen. Pembagian komponen dan fungsinya dilakukan berdasarkan *Failure Modes Effects Analysis* (FMEA), sebagai berikut:

C. Primary

Merupakan bagian dari PMT yang sifatnya konduktif dan berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dan dapat menghubungkan serta memutuskan arus beban saat sedang dalam kondisi normal atau dalam keadaan sedang tidak normal.

D. Dielectric

Berfungsi sebagai alat isolasi dan berfungsi untuk memadamkan busur api dengan sempurna pada saat PMT melakukan perpindahan kontak dalam kondisi bekerja.

E. Electrical Insulation (Isolator)

Pada Pemutus Tenaga terdiri dari 2 (dua) bagian isolasi yang merupakan isolator, yaitu:

- 1) Isolator Ruang Pemutus (Interrupting Chamber). (1)
Merupakan isolator yang digunakan pada ruang pemutus (*interrupting chamberi*)
- 2) Isolator Penyangga (Isolator Support). (2)
Merupakan isolator yang berada pada penyangga atau support. (2)



Gambar 2.6 Isolator *interrupting Chamber* dan *Support*

Source by dokumen.tips

F. Media Pemadam Busur Api

Media ini berfungsi sebagai alat untuk memadamkan PMT bekerja membuka atau menutup arus listrik. PMT dapat dibedakan menjadi beberapa macam, antara lain:

a) Pemadam busur api dengan gas Sulfur Hexa Fluorida (SF₆)

Penggunaan gas SF₆ sebagai media pemadam busur api jenis ini banyak digunakan untuk PMT. Karena lebih baik dari jenis pemadaman busur api yang lainnya pada saat memutus arus listrik. GAS SF₆ mempunyai kekuatan dielektrik yang lebih tinggi dibandingkan dengan udara dan kekuatan dielektrik ini bertambah seiring dengan pertambahan tekanan. Pada umumnya PMT jenis ini merupakan tipe tekanan tunggal (*single pressure type*), selama PMT bekerja membuka atau menutup arus listrik, GAS SF₆ bekerja dengan cara ditekan kedalam suatu tabung yang langsung berhubungan dengan kontak bergerak. Pada waktu pemutusan.

b) Pemadam Busur Api Dengan Oil/Minyak

Penggunaan minyak untuk isolasi sebagai media pemadam busur api yang ditimbulkan PMT saat bekerja untuk membuka dan menutup aliran listrik. Jenis PMT dengan minyak ini dapat dibedakan menjadi:

- PMT menggunakan banyak minyak (*bulk oil*)
- PMT menggunakan sedikit minyak (*small oil*)

Penggunaan PMT jenis ini mulai dari tegangan menengah 6 Kv, sampai dengan tegangan ekstra tinggi 425 kV dengan arus nominal 400 A sampai 1250 A dengan arus pemutusan 12 kA sampai 50 kA

c) Pemadam Busur Api Dengan Udara Hembus / Air Blast

PMT ini menggunakan tekanan udara sebagai media untuk memadamkan busur api dengan cara menghembuskan udara ke ruang pemutus. PMT ini sering disebut sebagai PMT Udara Hembus (*Air Blast*).

d) Pemadam Busur Api Dengan Hampa Udara (Vacuum)

Pemadaman busur api menggunakan ruang hampa udara yang memiliki kekuatan dielektrik (*dielektrik strength*) yang tinggi sebagai media pemadam busur api yang baik. Saat ini, PMT jenis *vacuum* umumnya digunakan untuk tegangan menengah (24kV).

Ketentuan pada jarak (*gap*) antara kedua katoda adalah 1 cm untuk 15 kV dan bertambah 0,2 cm setiap kenaikan tegangan 3 kV. Untuk pemutus *vacuum* tegangan tinggi, digunakan PMT jenis ini dengan dihubungkan secara seri.

Pada ruang kontak utama (*breaking chambers*) dibuat dari bahan berupa plat baja, porcelin atau kaca yang sangat kedap terhadap udara. Rangkaian ruang kontak utamanya tidak dapat dipelihara dan pada umur kontak utama sekitar 20 tahun. Karena kemampuan tegangan dielektrik yang tinggi maka bentuk fisik jenis PMT ini relatif lebih kecil.

