

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini penulis mencari acuan dari riset-riset sebelumnya, seperti tercantum di bawah ini :

Reno Martin Agung Pangestu. (2013), meneliti tentang “*sistem pengamanan penyaluran energi listrik satu fasa tegangan rendah dengan menggunakan fuse cut out*“. Kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat dari hari ke hari, menurut ketersediaan listrik yang semakin baik pula, dalam arti dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Dalam kualitas menyangkut mutu dan keandalan, namun kuantitas menyangkut kontinuitas dari sistem penyalurannya. Dalam meningkatkan keandalan mutu penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkit ke beban atau konsumen. Manfaat dan fungsi sistem tenaga listrik dibutuhkan sistem tenaga listrik, berlangsung penyaluran energi ke konsumen bisa dijaga dengan semaksimal mungkin, sesuai dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik ke konsumen. Penyaluran tenaga listrik ke konsumen, untuk menjaga keberlangsungan penyaluran energi listrik ke konsumen dengan adanya meminimalisir terjadinya pada gangguan, alat proteksi untuk melengkapi sistem jaringan dalam penyaluran energi listrik. Peralatan pengaman yang dapat memproteksi jaringan yang dipasang di tegangan TM 20 KV pada fuse cut out. Hasil penelitian ini diperoleh dalam meningkatkan keandalan mutu penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkit ke konsumen dibutuhkan alat proteksi yang dapat meminimalisir terjadinya gangguan yaitu fuse cut out.

Ardino Sitinjak. (2012), meneliti tentang “*proteksi pada jaringan distribusi tenaga listrik*” Proteksi dalam sistem tenaga listrik adalah sistem proteksi yang dapat dipasang pada peralatan – peralatan listrik dalam suatu sistem tenaga listrik, contohnya pada generator, transformator, jaringan dan lain-lain terhadap suatu kondisi yang abnormal operasi saluran itu sendiri yang dapat berupa pada hubung singkat, tegangan lebih, beban lebih, frekuensi

sistem rendah, asinkron dan lain-lain. Adapun komponen yang dibutuhkan untuk sistem proteksi terdiri dari Circuit Breaker (CB), Relay, Trafo Arus, Trafo Tegangan, Kabel Control dan Catu daya/ Supply. Hasil penelitian ini diperoleh Proteksi dalam sistem tenaga listrik adalah sistem proteksi yang dapat dipasang pada peralatan – peralatan listrik dalam suatu sistem tenaga listrik.

Sudirman, et.al: (2011), meneliti tentang “ *fuse cut out*” *fuse cut out* adalah suatu peralatan proteksi jaringan yang terdapat di jaringan distribusi, *fuse cut out* merupakan pemutus rangkaian berbeban dengan jaringan, caranya dengan meleburkan salah satu bagiannya berupa kawat lebur (*fuse link*), sehingga bila terjadi gangguan arus lebih akibat gangguan hubung singkat yang terjadi, *fuse link* bisa lebur dan segera memutus rangkaian yang terkena gangguan. Perlengkapan *fuse* ini terdiri sebuah rumah *fuse* (*fuse support*), pemegang *fuse* (*fuse holder*) dan *fuse link*. Hasil penelitian ini diperoleh *fuse cut out* itu alat proteksi jaringan dengan cara memutuskan rangkaian.

Irfan Affandi. (2010), meneliti tentang “ *prinsip kerja fuse cut out* “ prinsip kerja dari *fuse cut out* adalah dengan merasakan arus yang melewati dirinya, jadi saat terjadi gangguan hubung singkat dan timbul arus lebih, elemen pelebur pada kawat *fuse link* putus, karena arus yang melewati *fuse link* sudah melebihi rating arus pengenal *fuse link*, sehingga elemen kawat lebur putus, maka terjadilah arcing pada holder sehingga pegas yang terdapat pada line terminal berkerja dengan menurunkan lead konduktor dan menggantung di udara, sehingga tidak ada arus yang mengalir ke sistem. Hasil penelitian ini diperoleh prinsipnya kalau ada gangguan maka dia memutus dengan sendiri.

Azis Nurrochma Wardana. (2013), meneliti tentang “ *fungsi fuse cut out (sekering) pada jaringan distribusi 20 KV*”

1. Tanggap terhadap arus lebih dari sistem atau peralatan yang dilindunginya, oleh karena melebur.
2. Memutus (memadamkan) arus lebih dan tahan terhadap perubahan tegangan balik yang timbul karena pemutusan tersebut.

3. Untuk dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen.

Hasil penelitian ini diperoleh proses *fuse cut out* yaitu gangguan arus terjadi maka *fuse link* akan melebur dan memutuskan rangkaian.

Dari kelima penelitian tersebut semuanya melakukan analisis literatur tanpa adanya studi kasus dalam penelitian. Sedangkan penelitian dalam skripsi ini terdapat studi kasus yang dikaji yaitu Short Circuit Untuk Pemilihan *Fuse Link* Sistem 1 phasa Pada SUTM 20 KV Di Desa Tubanan Rayon Bangsri. Kemudian penelitian ini mengolah data-data di lapangan untuk menentukan rating *fuse link* dan pengaruhnya dalam menangani arus hubung singkat pada jaringan tersebut.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian Fuse Cut Out (sekering)

Fuse (pelebur) alat yang digunakan untuk memutus suatu rangkaian yang ada di jaringan, maka dia akan melebur di bagian komponennya yang sudah dibuat khusus dengan sesuai ukuran dari fuse, maka dari itu fuse yang sudah terpasang dia akan membuka rangkaian sendiri dan dapat memutus arus apabila melebihi suatu nilai dengan waktu yang cukup.

Fuse cut out (sekring) alat untuk mengamankan suatu jaringan dengan dilindungi apabila ada arus beban lebih (*over load current*) dia akan mengalir jika arus beban melampaui batas dari arus beban, maka akan membahayakan terjadi arus hubung singkat (*short circuit*). Struktur dalam *fuse cut out* bertambah lebih jauh sederhana apabila dibandingkan dengan pemutus beban (*circuit breaker*) yang ada di Gardu Induk (*sub-station*). *Fuse cut out* dari beban yang tadi dia mempunyai kemampuan yang sama dari pemutus beban. Di dalam satu alat ini dapat memutus satu saluran kawat di dalam jaringan. Untuk mengamankan dari trafo apabila ada pemutus saluran tiga phasa maka dibutuhkan sebanyak tiga buah dari *fuse cut out*.

2.2.2 Prinsip kerja

Penggunaan *fuse cut out* yang merupakan bagian terlemah di dalam jaringan distribusi. karena *fuse cut out* yang digunakan hanya berupa sehelai kawat yang memiliki penampang disesuaikan dengan besarnya arus maksimum untuk mengalir di dalam kawat tersebut. Faktor lumer dan ditentukan oleh temperature bahan tersebut. Biasanya bahan-bahan yang digunakan untuk *fuse cut out* ini adalah kawat perak, kawat tembaga, kawat seng, kawat timbel atau kawat paduan dari bahan-bahan tersebut. *Fuse cut out* dari bahan kawat yang sering digunakan adalah kawat logam perak, dengan adanya logam perak yang paling rendah dan titik lebur yang rendah. Caranya dengan memasang kawat di dalam tabung porselin yang diisi dengan pasir putih sebagai pemadam busur api, selanjutnya dihubungkan kawat tersebut pada kawat phasa, sehingga arus mengalir melaluinya.

Sistem distribusi mempunyai prinsip kerja melebur pada fuse cut out, agar fuse cut out dilewati oleh arus maka akan melebihi batas arus nominalnya. Fuse cut out dapat dipasang setelah ABSW (*Air Breaker Switch*) dan LBS (*Load Break Switch*) untuk memproteksi feeder dari hubung singkat yang dipasang secara seri dengan jaringan yang akan dilindungi, fuse cut out dapat ditemukan di setiap transformator.

Tabel 2.1 klasifikasi jenis logam dengan titik lebur

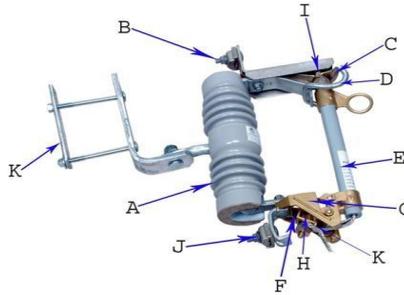
No.	Jenis Logam	Titik Lebur (°C)	Resistansi Spesifik ($\mu\Omega/cm$)
1	Tembaga	1090	1,7
2	Alumunium	665	2,8
3	Perak	980	1,6
4	Timah	240	11,2
5	Seng	419	6,0

Umur pada *fuse cut out* tergantung arus yang melaluinya. Bila arus melalui *fuse cut out* tersebut melebihi batas maksimum, maka umur *fuse cut out* lebih pendek. mengenai pemasangan *fuse cut out* pada jaringan distribusi hendaknya yang memiliki kemampuan lebih besar dari kualitas tegangan jaringan, lebih kurang tiga sampai lima kali arus nominal. *Fuse cut out* biasanya ditempatkan sebagai pengaman transformator distribusi, dan pengaman pada cabang-cabang saluran *feeder* yang menuju ke jaringan distribusi sekunder.

Bilamana ada arus yang melebihi beban atau melampaui batas maksimum yang diperkenankan, kawat perak yang terdapat di tabung porselin akan putus, dapat membahayakan arus segera dihentikan. apabila kawat yang akan putus maka terjadi busur api, segera dipadamkan oleh pasir dalam tabung porselin. Yang di dalam tabung porselin udaranya sangat kecil timbulnya ledakan pasti akan berkurang karena diredam oleh pasir putih. Akibat tabung porselin yang sudah panas dapat menimbulkan sebagian besar akan diserap oleh pasir putih tersebut. Apabila kawat perak yang sudah menjadi lumer tenaga arus yang didapatkan melebihi maksimum, maka kawat akan hancur pada waktu itu. Gaya hantakan keluar dari tabung porselin akan terlempar keluar dari kontakannya. Terlepasnya tabung porselin dapat berfungsi sebagai saklar pemisah, maka peralatan jaringan distribusi akan terhindar dari arus hubung singkat.

2.2.3 Bagian-Bagian Fuse Cut Out (sikring)

Fuse cut out (sekring) alat untuk mengamankan suatu jaringan dengan dilindungi apabila ada arus beban lebih (*over load current*) dia akan mengalir jika arus beban melampaui batas dari arus beban, maka akan membahayakan terjadi arus hubung singkat (*short circuit*).



Gambar 2.1 Bagian-bagian dari konstruksi *fuse cut out*

Bagian-bagian dari konstruksi *fuse cut out*

- a. Isolator Porselin dengan jarak rambat yang lebih tinggi dan sifat insulasi yang lebih besar.
- b. Konektor baut mata atas di kuningan berlapis timah.
- c. Kontak atas-perak berlapis tembaga ETP.
- d. Kait baja galvanis untuk alat pemecah beban & memandu tabung sekering selama penutupan.
- e. Pemegang tabung sekering dilapisi dengan cat tahan UV, tahan air dan dibangun di resin epoxy dengan liner busur pendingin khusus.
- f. Kontak yang lebih rendah dalam tembaga kelas ETP sepatutnya berlapis perak.
- g. Dukungan poros engkol / rumah yang lebih rendah di kuningan.
- h. Pelatuk dalam beban karat.
- i. Mata air bahan karat menyediakan aksi beralih untuk sekering.
- j. Konektor baut mata bawah di bagian berlapis timah.
- k. Poros engkol.
- l. Pemasangan galvanis.

2.2.4 Pengertian Fuse link

Fuse link adalah sejenis sikring untuk memutus kawat penghantar untuk digunakan pemutus jaringan tegangan menengah (JTM). Pemasangan *fuse link* dekat dengan tabung co (cut out) dia berfungsi untuk memutus arus yang akan melebihi kapasitas dari

ukuran *fuse link* yang sudah ditentukan. Co atau cut out pemasangannya untuk memutus dari JTM atau sebelum trafo.

2.2.5 Standar Fuse link

Jumlah standar yang digunakan *fuse link*, salah satu standar pengenalan *fuse link* yang terdahulu dikenal dengan sebutan pengenalan N. pengenalan N dispesifikasi *fuse link* tersebut mampu untuk disalurkan arus listrik sebesar 100% secara kontinue dan akan melebur pada nilai tidak lebih dari 230% dari angka pengenalnya dalam waktu 5 menit. Waktu saya praktik di lapangan kurang memuaskan dalam penggunaannya karena hanya satu titik yang dispesifikasi pada karakteristik arus-waktu sehingga *fuse link* yang sudah dibuat oleh pabrik akan berbeda dalam mempunyai keterbatasan untuk memberikan koordinasi antara *fuse link*. Pengenal N dari *fuse link* akan muncul di standar industri fuselink dengan pengenalan K dan pengenalan T di tahun 1951.

Pengenal K pada *fuse link* dapat berkerja untuk memutus jaringan listrik yang dibebani dengan waktu yang lebih “cepat” dan yang untuk pengenalan T pada *fuse link* dapat berkerja untuk memutus jaringan listrik yang dibebani dengan waktu yang lebih “lambat”. *Fuse link* tipe T dan tipe K adalah suatu rancangan yang universal karena *fuse link* bisa ditukar-tukar dengan fuselink lain, untuk sistem dari kemampuan listrik maupun mekanisnya yang sudah dispesifikasi dalam standar. *Fuse link* tipe K dan tipe T diproduksi pabrik yang sama. Karakteristik listrik fuselink tipe K dan tipe T sudah standard sebagai titik temu nilai arus maksimum dan minimum yang diperlukan untuk melelehkan *fuse link* ditetapkan pada 3 titik waktu dalam kurva. Karakteristik ini untuk menjamin koordinasi antara *fuse link* yang sudah dibuat beberapa pabrik untuk menjadi alat yang baik dari pada alat fuselink N.

2.2.6 Ketersediaan Tipe Dan Angka Pengenal Fuselink

Di dalam sistem tenaga listrik berperan penting dalam pemenuhan kebutuhan di masyarakat. Dengan adanya Berbagai tipe *fuse link* dan angka arus pengenal *fuse cut out* letupan (*expulsion*) yang sudah diproduksi dan sudah dipasarkan di era modern ini. Salah satu perusahaan pembuat *fuse link* menyediakan beberapa tipe yang diantaranya adalah tipe K,T,H,N,D,S untuk sistim distribusi dengan tegangan sampai 27 KV dan tipe EK,ET, dan EH untuk sistem distribusi dengan tegangan sampai 38 KV dengan pengenal seperti terlihat pada tabel 2.2.6

Tabel 2.2 Ketersediaan Tipe dan Rating Fuselink Yang Sudah Diproduksi Pabrik

Tipe Fuselink	Arus Pengenal (A)	Arus kontinu yang di ijin (% Pengenal)	Jenis waktu kerja	Rasio Kecepatan Kerja
H (Tahan Surja)	1-2-3-5-8	100	Sangat lambat	6 s/d 18
D - Timah (Tahan Surja)	1-1,5-2-3-4- 5-7-10-15-20	100	Sangat lambat	7 s/d 46
K – Timah (Cepat)	1 s/d 200	150	Cepat	6 s/d 8,1
K – Perak (Cepat)	6 s/d 100	100	Cepat	6 s/d 8,1
N – Timah (Cepat)	5 s/d 200	100	Cepat	6 s/d 11
T – Timah (Lambat)	1 s/d 200	150	Lambat	10 s/d 13.1
S – Tembaga Sangat Lambat	3 s/d 200	150	Sangat lambat	15 s/d 20

EK (Cepat)	6 s/d 100	150	Cepat	6 s/d 8.1
ET (Lambat)	6 s/d 100	150	Lambat	10 s/d 13.1
EH (Sangat Lambat)	1,2,3,5	100	Sangat lambat	13 s/d 22

Standar arus untuk pelebur tipe ‘ K dan T ‘ (SPLN 64 1995) yang terpasang pada jaringan SUTM. Ratio kecepatan untuk pelebur tipe K = 6 s/d 8 dan Ratio kecepatan untuk pelebur tipe T = 10 s/d 13. Untuk arus pengenal pelebur.

2.2.7 Cara Menghitung Ukuran *Fuse link*

Menghitung ukuran *fuse link* dengan arus nominal trafo pada jaringan distribusi 3 phasa, hampir sama dengan menghitung ukuran arus (I) dengan rumus $S = V \cdot I \cdot \sqrt{3}$, dengan menggunakan

$$I_n = \frac{S}{V \cdot \sqrt{3}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan,

I_n = arus nominal trafo (A) V_i = Tegangan Nominal JTM (KV)

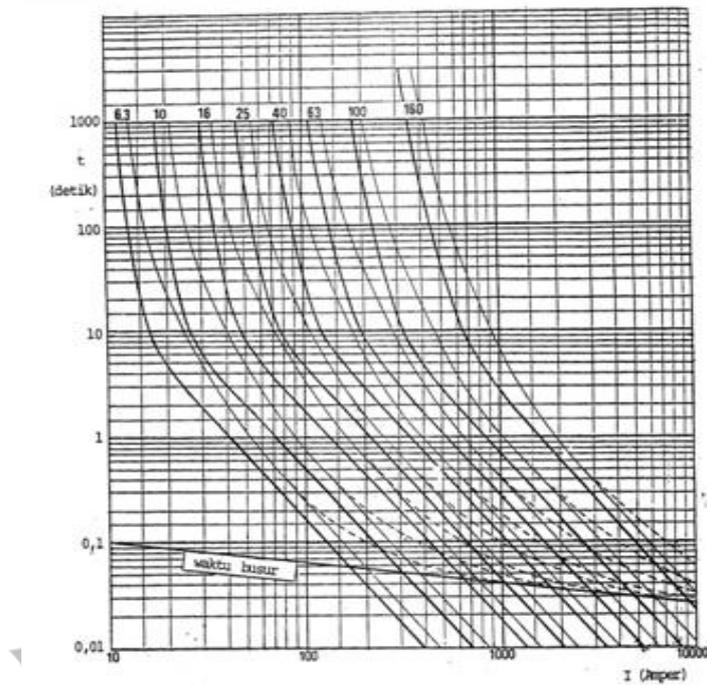
S = Daya Total Trafo (KVA)

2.2.8 Karakteristik Fuse / Pelebur

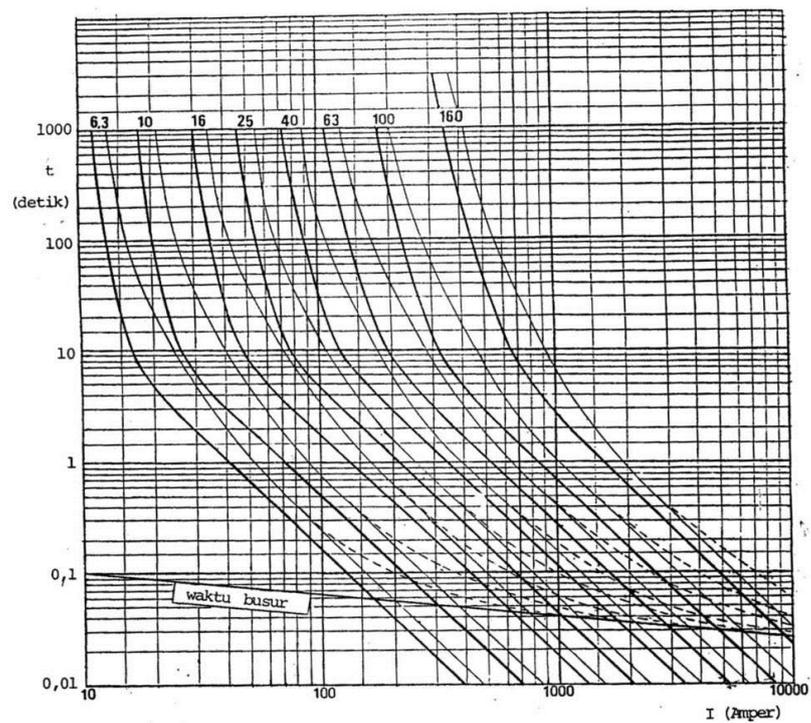
Ada dua tipe karakteristik *fuse* yang banyak digunakan yaitu :

1. *Fuse link* tipe pemutusan cepat (K)
2. *Fuse link* tipe pemutusan lambat (T)

Perbedaan antara kedua tipe ini terletak pada kecepatan pemutusannya. Berikut ini diberikan contoh gambar karakteristik *fuse* buatan Amerika (Gambar 2.2 dan 2.3)



Gambar 2.2 Karakteristik *fuse link* Tipe T

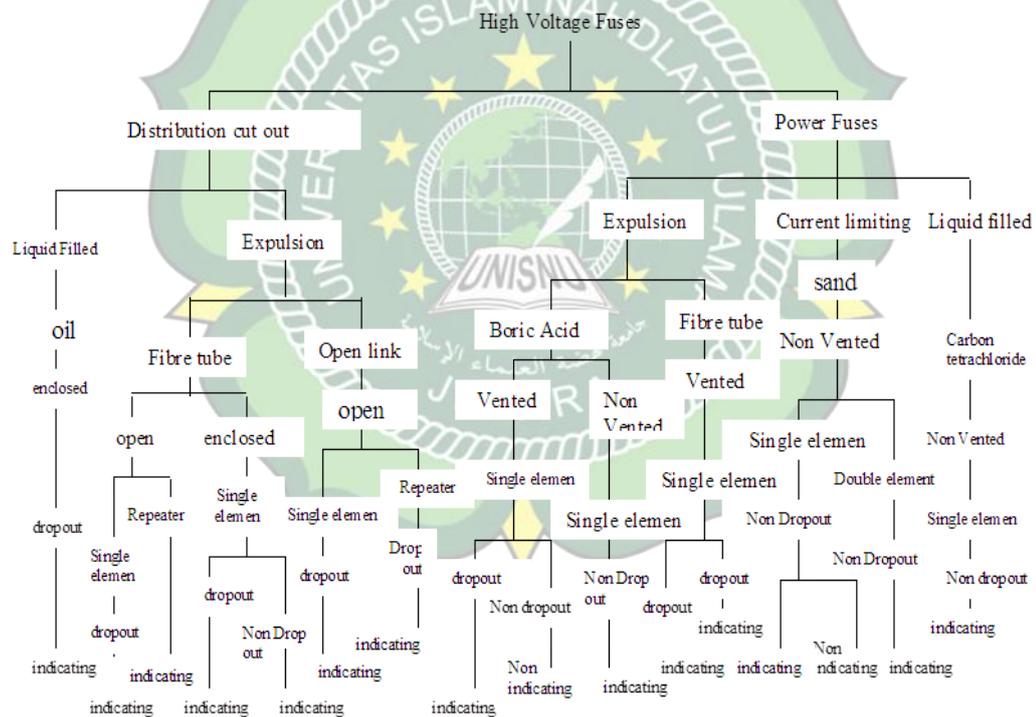


Gambar 2.3 Karakteristik *fuse link* Tipe K

Karakteristik dari *Fuse Cut Out* (FCO) ialah lamanya waktu pemutusan yang tergantung dari besarnya arus yang mengalir pada peleburnya. Perbedaan kurva antara kedua tipe didasarkan pada 'speed ratio', yaitu perbandingan antar arus leleh minimum pada 0,1 detik dan arus leleh minimum pada 300 atau 600 detik. Untuk *fuse link* tipe 'K' (tipe cepat) speed ratio = 6-8. Untuk fuselink tipe 'T' (tipe lambat) speed ratio = 10-13.

2.2.9 Klasifikasi Fuse Cut Out

Jenis-jenis *fuse* untuk tegangan tinggi dapat dilihat pada gambar 2.4 di bawah ini :



Gambar 2.4 klasifikasi *fuse* tegangan tinggi

Pada gambar di atas diperlihatkan *fuse* yang dirancang untuk penggunaan pada tegangan tinggi dapat dibedakan dalam 2 (dua) macam yaitu *Cut Out* Distribusi (Distribution Cutouts), di lapangan sering disebut : *fuse cut out* disingkat FCO dan Fuse TM (power fuse) yang sering disebut MV *Fuse* atau *Fuse* pembatas arus. Di lapangan

keperluan dan cara pemasangan kedua jenis fuse ini berbeda. *Fuse cut out* banyak dipergunakan pada saluran percabangan dengan konstruksi saluran udara terbuka sedangkan MV fuse banyak dipergunakan pada panel-panel cubicle dengan saluran kabel atau campuran.

Fuse cut out distribusi diklasifikasikan dalam 2 macam fuse yaitu: *Fuse* letupan (*Expulsion Fuse*) dan *Fuse Liquid (Liquid Filled Fuse)* Namun pada kenyataannya di lapangan *fuse cut out* letupan (*expulsion*) lebih banyak dipakai untuk jaringan distribusi dibanding dengan power fuse, istilah letupan (*expulsi*) merupakan suatu tanda yang dipergunakan fuse sebagai tanda adanya busur listrik yang melintas di dalam tabung fuse yang kemudian dipadamkannya. Peristiwa yang terjadi pada bagian dalam tabung *fuse* ini adalah peristiwa penguraian panas secara partikel akibat busur dan timbulnya gas yang di deionisasi pada celah busurnya sehingga busur api segera menjadi padam pada saat arus menjadi nol.

Tekanan gas yang timbul pada tabung akibat naiknya temperatur dan pembentukan gas menimbulkan terjadinya pusaran gas di dalam tabung dan ini membantu deionisasi lintasan busur api. Tekanan yang semakin besar pada tabung membantu proses pembukaan rangkaian, setelah busur api padam partikel-partikel yang dionisasi akan tertekan keluar dari ujung tabung yang terbuka. Klasifikasi *fuse cut out* yang kedua adalah *fuse cut out liquid*, *fuse* jenis ini tidak dikenal di wilayah PT. PLN. Namun menurut referensi *fuse cut out* semacam ini dapat digunakan untuk jaringan distribusi dengan saluran kabel udara.

2.2.10 Penentuan Rating Arus FCO

Menurut warsito, Adiwardojo *et.al.*(1994) Penentuan Rating Arus FCO sebagai berikut :

1. Sebagai pengaman trafo tenaga 20 KV, dihitung dengan mengantisipasi inrush current trafo.

$$I_{\text{fuse}} = 1,02 \text{ s/d } 1,3 I_n \text{ trafo (Amp)} \dots \dots \dots (2.2)$$

biasanya diambil 1,1 s/d 1,2 x I_n trafo

2. Sebagai pengaman pada jaringan SUTM : dihitung dengan mengantisipasi inrush current dari seluruh trafo yang tersambung sesudah pelebur terpasang.

$I_{fuse} = 1,02 \text{ s/d } 1,31 I_n$ trafo (jumlah daya trafo yang terpasang)
(Amp)

biasanya diambil 1,1 s/d 1,2 x I_n trafo.....(2.3)

3. Rumus untuk menghitung I_n pada trafo

$$I_n \text{ trafo} = \frac{KVA \text{ trafo}}{\sqrt{3} \times 20} \text{ Amp} \dots \dots \dots (2.4)$$

2.2.11 Transformator

Transformator merupakan suatu peralatan listrik elektromagnetik statis yang berfungsi untuk memindahkan dan mengubah daya listrik dari suatu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya, dengan frekuensi yang sama dan perbandingan transformasi tertentu melalui satu gandengan magnet dan bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetis dimana perbandingan tegangan antara sisi primer dan sisi sekunder berbanding lurus dengan perbandingan jumlah lilitan dan berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya : dalam bidang teknik listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi :

1. Transformator daya
2. Transformator distribusi
3. Transformator pengukuran : yang terdiri dari transformator arus dan transformator tegangan.

Prinsip kerja transformator terdiri dari atas dua buah kumparan (primer dan sekunder) yang bersifat induktif. Kedua kumparan ini terpisah secara elektrik namun berhubungan secara magnetis melalui jalur yang memiliki reluktansi (*reluctance*) rendah. Apabila kumparan

primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik maka fluks bolak-balik akan muncul di dalam inti yang dilaminasi, karena kumparan tersebut membentuk jaringan tertutup maka mengalir arus primer. Akibat adanya fluks di kumparan primer maka di kumparan primer terjadi induksi (*self induction*) dan terjadi pula induksi di kumparan sekunder karena pengaruh induksi dari kumparan primer atau sebagai disebut induksi bersama (*mutual induction*) yang menyebabkan timbulnya fluks magnet di kumparan sekunder, maka mengalir arus sekunder jika rangkaian sekunder dibebani, sehingga energi listrik dapat ditransfer keseluruhan (*secara magnetisasi*).

$$e = (-) N \frac{d\Phi}{dt} \text{ (volt)} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

e = gaya gerak listrik (volt)

N = jumlah lilitan (Nurn)

dΦ/dt = perubahan fluks magnet (weber/sec)

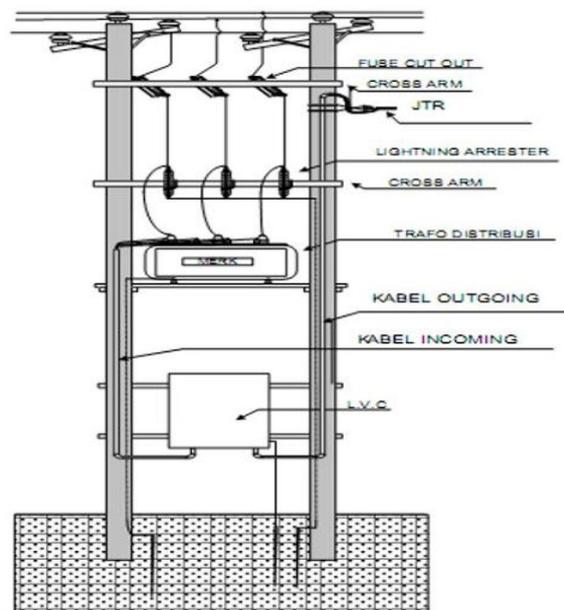
Perlu diingat bahwa hanya tegangan listrik arus bolak-balik yang dapat ditransformasikan oleh transformator, sedangkan dalam bidang elektronika, transformator digunakan sebagai gandengan impedansi antara sumber dan beban untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan arus bolak-balik antara rangkaian. Tujuan utama menggunakan inti pada transformator adalah untuk mengurangi reluktansi (*tahanan magnetis*) dari rangkaian magnetis (*common magnetic circuit*).

2.2.12 Transformator Distribusi

Transformator distribusi merupakan alat yang memegang peran penting dalam sistem distribusi. Transformator distribusi mengubah tegangan menengah menjadi tegangan rendah. Transformator distribusi yang umum digunakan adalah transformator step down 20 KV.

Tegangan fasa ke fasa sistem jaringan tegangan rendah adalah 380 V. Karena terjadi drop tegangan, maka pada rak tegangan rendah dibuat di atas 380 V agar tegangan pada ujung penerima tidak lebih kecil dari 380 V.

Pada kumparan primer akan mengalir arus jika kumparan primer dihubungkan ke sumber tegangan bolak-balik, sehingga pada inti transformator yang terbuat dari bahan ferromagnet akan terbentuk sejumlah garis-garis gaya magnet (fluks = Φ). Karena arus yang mengalir merupakan arus bolak-balik, karena fluks tersebut mengalir melalui inti yang mana pada inti tersebut terdapat belitan primer dan sekunder, maka pada belitan primer maka fluks yang terbentuk pada inti akan mempunyai arah dan jumlah yang berubah-ubah. Jika arus yang mengalir berbentuk sinusoidal, maka fluks yang terjadi akan berbentuk sinusoidal pula dan sekunder tersebut akan timbul ggl (gaya gerak listrik) induksi, tetapi arah ggl induksi primer berlawanan dengan arah ggl induksi sekunder. Sedangkan frekuensi masing-masing tegangan sama dengan frekuensi sumbernya.



Gambar 2.5 Konstruksi gardu cantol sistem fasa 3 pada kawat

2.2.13 Rumus Perhitungan Pada Trafo.

Menurut Taufiq (2009) Pemilihan kapasitas KVA Trafo Distribusi didasarkan pada beban yang akan dilayani. Diusahakan presentasi pembebanan trafo distribusi mendekati 80 % trafo distribusi umumnya mencapai efisiensi maksimum (rugi-rugi trafo minimum). Bila beban trafo terlalu besar, maka dilakukan penggantian trafo atau penyisipan trafo atau mutasi trafo (trafo yang melayani beban kecil dimutasikan ke beban besar, dan begitu sebaliknya). Mutasi antar trafo dapat dilakukan setelah hasil pengukuran beban diperoleh. Rumus berikut dapat digunakan untuk perhitungan rating trafo distribusi yang dipilih.

$$\text{Rating Trafo Distribusi} = \frac{\text{KVA Beban (KVA)}}{0,8} \dots\dots\dots(2.6)$$

Pilih rating trafo distribusi yang sebenarnya (tersedia) yang mendekati hasil perhitungan dari rumus di atas.

$$\text{Voltage drop} = I.r.L = V_{Ivc} - V_{ujung} \text{ (volt)} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana: I = arus beban puncak (Ampere)

R = tahanan penghantar (Ω/km)

L = panjang saluran (km)

V Ivc = tegangan pada LVC (volt)

V ujung = tegangan ujung (volt)

Dari persamaan di atas terlihat bahwa apabila : $1 > \frac{10\% V_{Ivc}}{I.r}$

Maka berarti drop tegangan $> 10\%$, untuk mengatasi ini dapat dilakukan penyisipan trafo distribusi. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam transformator distribusi sisip adalah :

1. Rating trafo distribusi sisip yang dipilih harus memperhitungkan perkembangan beban di lokasi.
2. Peletakan trafo distribusi sisip jarak maksimumnya dari trafo distribusi pertama adalah :

$$\text{Max} = \frac{10 \% \times V_{Ivc}}{I \text{ beban puncak} \times r \text{ saluran}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Penempatan trafo jaringan distribusi :

Bila jarak antara trafo terlalu jauh dengan beban yang akan dilayani, maka menyebabkan voltage drop yang besar. Oleh sebab itu pada waktu pendataan KVA trafo harus diperhatikan jarak maksimum dari trafo distribusi tersebut terhadap konsumen. Bila jarak terlalu jauh, maka untuk mengatasi agar tegangan jatuh pada konsumen tidak terlalu tinggi maka dapat dilaksanakan penyisipan trafo distribusi, untuk mengetahui besarnya drop tegangan bisa dilakukan dengan mengukur langsung tegangan pada low Voltage Cabinet trafo distribusi (V_{Ivc}) dan tegangan pada tiang ujung konsumen ujung (V_{ujung}) suatu melalui pengukuran arus beban puncak.

Rata-rata :

$$I \text{ Nominal} = \frac{\sum I \text{ Nominal}}{n} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$I \text{ Beban} = \frac{\sum I \text{ Beban}}{n} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$V \text{ Input} = \frac{\sum V \text{ Input}}{n} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$V \text{ output} = \frac{\sum V \text{ Output}}{n} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$P \text{ Beban} = \frac{\sum \text{Beban}}{n} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

I Nominal = arus nominal pada trafo (A)

I Beban = arus yang dikonsumsi beban pada trafo (A)

V Input = tegangan masuk / primer pada trafo (Volt)

V output = tegangan keluar / sekunder pada trafo (Volt)

P Beban = rating daya beban (Kw)

n = jumlah hari waktu pengukuran (hari)

Nilai Persentase :

$$I \% = \frac{I \text{ Nominal} - I \text{ Beban}}{I \text{ Nominal}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.14)$$

$$V \% = \frac{V \text{ Input} - V \text{ Output}}{V \text{ Input}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.15)$$

$$P \% = \frac{P \text{ Nominal} - P \text{ Beban}}{P \text{ Nominal}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

I% = persentase / rasio arus nominal pada trafo (%)

V% = persentase / rasio tegangan nominal pada trafo (%)

P% = persentase / rasio rating daya beban (%)

Catatan : P Nominal = I Beban x V output x cos 0,85°

$$\text{Nilai Error : } E = \frac{p - \hat{p}}{\hat{p}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.17)$$

Catatan : P* = Nilai jumlah presentasi

$$P \text{ nominal} = I \% + V \% + P \% \dots\dots\dots(2.18)$$

P = Nilai ketetapan batasan pemakaian transformator sebesar 80%

Dimana :

Nilai jumlah pada trafo dalam waktu 24 jam (beban puncak).

2.2.14 Gangguan Hubung Singkat

Menurut Heru Dibyo Laksono (2012) Gangguan adalah suatu ketidaknormalan (interferes) dalam sistem tenaga listrik yang mengakibatkan mengalirnya arus yang tidak seimbang dalam sistem tiga fasa. Gangguan dapat juga didefinisikan sebagai semua kecacatan yang mengganggu aliran normal arus ke beban.

Tujuan dilakukan analisa gangguan adalah :

1. Penyelidikan terhadap untuk kerja relay proteksi.
2. Untuk mengetahui kapasitas rating maksimum dari pemutus tenaga.
3. Untuk mengetahui distribusi arus gangguan dan tingkat tegangan sistem pada saat terjadinya gangguan.

Berikut ini adalah klasifikasi gangguan :

Berdasarkan kesimetrisnya :

Gangguan Asimetris, merupakan gangguan yang mengakibatkan tegangan dan arus yang mengalir pada setiap fasanya menjadi tidak seimbang, gangguan ini terdiri dari :

1. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah
2. Gangguan hubung singkat dua fasa
3. Gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah

Gangguan simetris, merupakan gangguan yang terjadi pada semua fasanya sehingga arus maupun tegangan setiap fasanya tetap seimbang setelah gangguan terjadi. Gangguan ini terdiri dari :

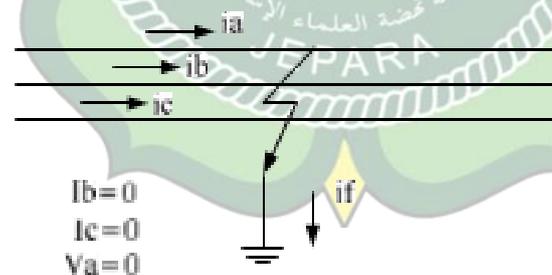
1. Gangguan hubung singkat tiga fasa
2. Gangguan hubung singkat tiga fasa ke tanah

Berdasarkan lama terjadi gangguannya :

1. Gangguan transient (temporer), merupakan gangguan yang hilang dengan sendirinya apabila pemutus tenaga terbuka dari saluran tranmisi untuk waktu yang singkat dan setelah itu dihubungkan kembali.
2. Gangguan permanen, merupakan gangguan yang tidak hilang atau tetap ada apabila pemutus tenaga terbuka pada saluran tranmisi untuk waktu yang singkat dan setelah itu dihubungkan kembali.

Gangguan listrik (hubung singkat) yang terjadi di dalam sistem terdiri dari 2 jenis yaitu gangguan antar fasa dan gangguan antar fasa ke tanah. Gangguan antar fasa yaitu gangguan yang terjadi antara kabel fasa baik itu antar 3 fasa atau antar 2 fasa yang saling bersinggungan. Sedangkan gangguan antar fasa dengan tanah adalah gangguan yang terjadi antara fasa dengan tanah/ground.

1. Gangguan hubung singkat satu fasa ke tanah / Line – Ground (LG).



Gambar 2.6. hubung singkat satu fasa ke tanah

$$V_{A1} = \frac{V_f}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \dots \dots \dots (2.19)$$

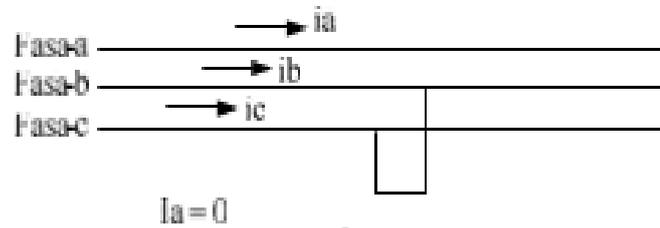
Keterangan :

V_f = Tegangan di titik gangguan sesaat sebelum terjadinya gangguan.

Z_0 = Impedansi urutan nol dilihat dari titik gangguan

Z_1 = Impedansi urutan positif dilihat dari titik gangguan
 Z_2 = Impedansi urutan negatif dilihat dari titik gangguan

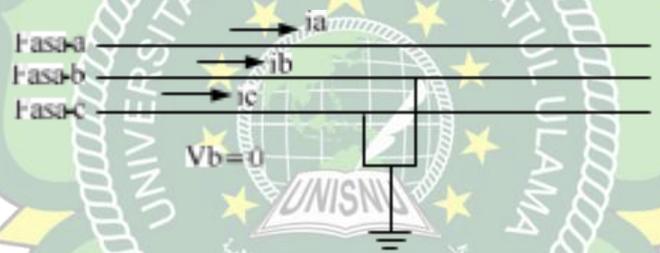
2. Gangguan hubung singkat dua fasa / Line – Line (LL)



Gambar 2.7. hubung singkat dua fasa

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2} \dots \dots \dots (2.20)$$

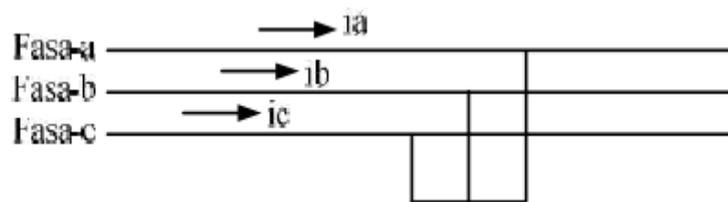
3. Gangguan hubung singkat dua fasa ke tanah (LLG)



Gambar 2.8. hubung singkat dua fasa ke tanah

$$I_{A1} = \frac{V_f}{Z_1 + \frac{Z_2 \cdot Z_0}{Z_2 + Z_0}} \dots \dots \dots (2.21)$$

4. Gangguan hubung singkat tiga fasa / Line – Line – Line (LLL)



Gambar 2.9 hubung singkat tiga fasa

$$I_A = \frac{V_f}{Z_1} \dots \dots \dots (2.22)$$