

# Pemilihan Fuse Cut Out Untuk Pengaman Transformator Distribusi 400 KVA

**Yusmartato, Ramayulis Nasution, Armansyah**

Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara  
 yusmartato@ft.uisu.ac.id ; ramayulis@ft.uisu.ac.id ; armansyah@ft.uisu.ac.id

## Abstrak

*Dengan bertambahnya beban dan makin panjang suatu jaringan distribusi, maka jumlah transformator distribusi juga semakin banyak pula serta jumlah gangguan akan semakin meningkat juga. Gangguan-gangguan tersebut bila tidak segera diantisipasi akan menyebabkan kerusakan pada berbagai peralatan, sehingga untuk mencegah kerusakan tersebut perlu digunakan alat-alat pengaman yang secukupnya. Salah satu alat pengaman pada transformator distribusi 400 KVA yaitu Fuse Cut Out, karena mudah diinstalasikan maupun mudah dioperasikan. Fuse Cut Out digunakan pada jaringan sistem distribusi 20 KV, selain untuk mengamankan transformator juga digunakan untuk memproteksi saluran distribusi dari gangguan-gangguan arus lebih atau beban lebih.*

*Kata Kunci : Pengaman, Transformator Distribusi, Fuse Cut Out*

## I. PENDAHULUAN

Transformator distribusi adalah salah satu peralatan yang sangat penting dalam penyaluran energi listrik ke konsumen yang sangat memerlukan perhatian khusus pada perawatannya. Pemeliharaan sangat diperlukan untuk menghindari sekaligus mencegah resiko pemadaman yang diakibatkan oleh transformator dalam keadaan gangguan, dimana pemulihannya memerlukan waktu yang lama.

Permasalahan yang paling mendasar pada distribusi daya listrik adalah pada mutu, kontinuitas dan ketersediaan pelayanan daya listrik pada pelanggan. Penggunaan evaluasi keandalan sistem pada jaringan distribusi primer 20 KV merupakan salah satu faktor yang penting untuk menentukan segala langkah yang menjamin penanganan secara benar permasalahan yang mendasar tersebut, sehingga dapat diantisipasi terjadinya gangguan distribusi yang disebabkan karena menurunnya tingkat keandalan melampaui batas yang memadai atau karena kurangnya pemeliharaan, yang akan berakibat pada memendeknya umur dari peralatan yang bersangkutan.

Oleh sebab itu diperlukan suatu peralatan pengaman fuse cut out pada transformator distribusi dalam mengatasi hal tersebut, untuk menjaga sekaligus memelihara transformator tersebut agar terhindar dari terjadinya pemadaman yang diakibatkan oleh gangguan arus lebih atau beban lebih.

Untuk mengantisipasi akibat gangguan pada transformator distribusi diperlukan suatu peralatan pengamanan yang baik, dimana dengan pemakaian peralatan ini sistem diharapkan lebih aman dan dapat lebih handal.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Jaringan Distribusi

Jaringan Operasi Sistem Distribusi adalah adalah jaringan antara pemakai tenaga listrik dengan sumber daya yang besar. Seterusnya sumber daya yang besar dapat berupa:

- Pusat pembangkit yang berdekatan dengan para langganan
- Gardu-gardu induk, yaitu gardu-gardu yang disuplai oleh pembangkit melalui jaringan distribusi.

Kemudian dari gardu-gardu induk, tenaga listrik akan disalurkan kembali oleh sistem distribusi melalui sistem distribusi primer dan distribusi sekunder ke pusat-pusat beban yang memerlukannya. Dengan demikian sistem distribusi dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem, yaitu :

1. Sistem distribusi primer adalah bagian dari sistem distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari pusat suplai daya (gardu induk) ke pusat-pusat beban (gardu distribusi).
2. Sistem distribusi sekunder adalah bagian dari sistem distribusi yang bertugas menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik secara langsung dari transformator distribusi ke masing-masing konsumen seperti untuk mensuplai tenaga listrik ringan di kota-kota maupun di pedesaan, untuk penerangan jalan dan sebagainya.

### 2.2. Bentuk Jaringan Radial

Bentuk jaringan radial biasanya digunakan untuk melayani daerah kerapatan beban yang rendah atau sedang, tetapi untuk sekarang ini sudah jarang digunakan. Jaringan radial ini pada prinsipnya adalah jaringan yang menyalurkan dari satu bus ke beberapa jurusan atau dengan



Bila suhu minyak tinggi, minyak akan memuai dan mendesak udara diatas permukaan minyak keluar dari tangki, sebaliknya bila suhu turun, minyak akan menyusut maka udara luar akan masuk kedalam tangki. Kedua proses tersebut diatas disebut pernapasan transformator, akibatnya permukaan minyak akan bersinggungan dengan udara luar, udara luar tersebut lembab. Oleh sebab itu pada ujung pernapasan diberikan alat dengan bahan yang mampu menyerap kelembaban udara luar yang disebut kristal zat Hygrokopolis (*Cilicagel*).

#### 10) Pendingin Transformator

Perubahan temperature akibat perubahan beban maka seluruh komponen transformator akan menjadi panas, guna mengurangi panas pada transformator dilakukan pendingin pada transformator, guna mengurangi pada transformator dilakukan pendinginan pada transformator.

Sedangkan cara pendinginan transformator terdapat dua macam yaitu :

- alamiah/natural (*Onan*)
- paksa/tekanan(*Onaf*).

Pada pendinginan alamiah (natural) melalui sirip-sirip radiator yang bersirkulasi dengan udara luar dan untuk transformator yang besar minyak pada transformator disirkulasikan dengan pompa. Sedangkan pada pendinginan paksa pada sirip-sirip transformator terdapat fan yang bekerjanya sesuai setting temperaturnya.

#### 11) Tap Changer Trafo (Perubahan Tap)

Tap changer adalah alat perubah pembanding transformasi untuk mendapatkan tegangan operasi sekunder yang sesuai dengan tegangan sekunder yang diinginkan dari tegangan primer yang berubah-ubah. Tiap changer hanya dapat dioperasikan pada keadaan trafo transformator tidak bertegangan atau disebut dengan “*Off Load Tap Changer*” serta dilakukan secara manual.

### 2.5 Pengaman Pada Transformator Distribusi

Suatu sistem jaringan distribusi yang baik harus memiliki sistem pengamanan transformator yang baik pula, agar dapat memberikan suatu pelayanan yang kontinu pada konsumen. Kemampuan dari peralatan pengaman untuk mengurangi kerusakan-kerusakan pada saat terjadi gangguan, tidak hanya dipandang dari sudut ekonomis saja tetapi juga harus dipandang dari segi keandalan, kecepatan kerja, selektif dan sederhana.

Sistem pengaman yang dipakai pada sistem jaringan distribusi adalah :

- Fuse Cut Out
- Pemutus Tenaga (Circuit Breaker)
- Recloser
- Sectionalizer
- Rele
- Lightning Arrester

- Saklar Pemisah (Disconnecting Switch)

Berbagai kemungkinan gangguan yang terjadi pada transformator adalah sebagai berikut (PLN, 1986).

1. Hubung singkat pada kumparan transformator, yaitu antar kumparan fase, didalam kumparan fase, dan antar fase dengan tangki atau inti.
2. Hubung singkat di luar transformator, baik simetris maupun asimetris
3. Beban lebih
4. Sambaran petir
5. Gangguan sistem pendingin

### 2.6 Fuse Cut Out

Fuse Cut Out adalah pengaman yang paling sederhana dibandingkan dengan alat pengaman lainnya, namun kelemahan dari pengaman jenis ini adalah penggunaan terbatas pada daya yang kecil.

Fuse Cut Out relatif ekonomis, tidak memerlukan rele atau peralatan transformator dan dapat diandalkan. Fuse Cut Out memiliki jangkauan yang luas dan dapat didesain sebagai “sekali pakai” atau peralatan yang dapat digunakan kembali dengan batang pelebur (*link*) yang dapat digantikan. Fuse Cut Out juga mempunyai kekurangan yang jelas karena tidak cocok untuk kontrol jarak jauh dan operasi saklar ganda.

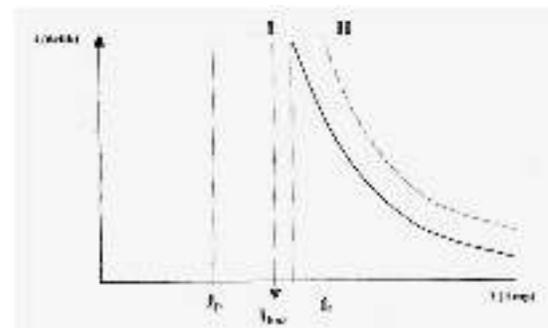
Berdasarkan bentuk fisiknya maka Fuse Cut Out dapat dibedakan atas :

- a. Tertutup (Enclosed)
- b. Terbuka (Open)
- c. Elemen Terbuka (Open Link)

## III. PEMBAHASAN

### 3.1. Karakteristik Fuse Cut Out

Meleburnya elemen Fuse Cut Out disebabkan oleh arus yang mengalir pada elemen Fuse tersebut. Kecepatan meleburnya elemen Fuse Cut Out tergantung pada besarnya arus yang mengalir pada elemen itu. Hubungan antara arus dengan waktu meleburnya elemen Fuse Cut Out disebut karakteristik arus waktu. Karakteristik ini dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Karakteristik Fuse Cut Out

Pada Gambar 2 terlihat bahwa Fuse Cut Out mempunyai sepasang garis lengkung arus waktu. Lengkungan pertama yang berada pada sisi bawah adalah lengkung waktu lebur minimum (minimum melting time) yaitu saat elemen Fuse Cut Out mulai meleleh pada harga arus dan waktu tertentu. Lengkungan kedua berada sejajar di atasnya adalah waktu pembebasan maksimum (maximum clearing time) yaitu waktu terlama elemen Fuse Cut Out putus bila dialiri dengan nilai arus tertentu. Pada ujung lengkungan pertama dinamakan arus batas ( $I_t$ ) yaitu dengan arus sebesar ini Fuse Cut Out sudah dapat putus dalam waktu yang agak lama. Umumnya kemampuan Fuse Cut Out untuk memikul arus terus menerus atau arus beban maksimum ( $I_{bm}$ ) yang diizinkan adalah 150% dari nilai arus pengenalnya sehingga hubungan antara arus pengenal ( $I_{Peng}$ ) dengan arus beban ( $I_{bm}$ ) dapat ditulis sebagai berikut :

$$I_{bm} = I_p \times 150\%$$

$$I_{Peng} = \frac{I_{bm}}{1,5}$$

Suatu Fuse Cut Out dengan Fuse Cut Out lainnya dapat dibedakan dari ratio kecepatan leburnya (RKL). Ratio kecepatan lebur dari suatu Fuse Cut Out didefinisikan sebagai berikut :

- Untuk Fuse Cut Out yang arus pengenalnya sampai 100 A :

$$RKL = \frac{\text{Arus leleh min pada } t = 0,1 \text{ detik}}{\text{Arus leleh min pada } t = 300 \text{ detik}}$$

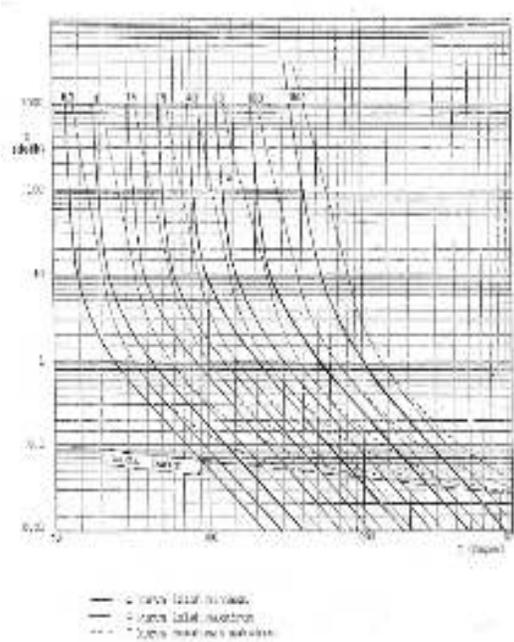
- Untuk Fuse Cut Out yang arus pengenalnya lebih besar dari 100 A :

$$RKL = \frac{\text{Arus leleh min pada } t = 0,1 \text{ detik}}{\text{Arus leleh min pada } t = 600 \text{ detik}}$$

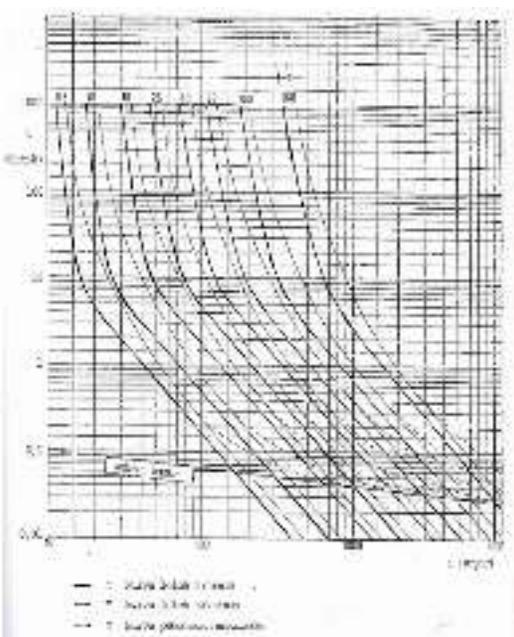
Pada Gambar 3 dan 4 ditunjukkan karakteristik dari Fuse Cut Out tipe cepat (K) dan tipe lambat (T) untuk berbagai arus pengenal. Perbedaan antara kedua tipe ini adalah pada ratio kecepatan leburnya.

Dari Gambar 3, dan 4, karakteristiknya dapat ditentukan bahwa RKL Fuse Cut Out tipe K adalah 6 – 8, sedangkan RKL Fuse Cut Out tipe T adalah 10 – 13.

Jadi jelaslah bahwa perbedaan karakteristik Fuse Cut Out antara tipe K dengan tipe T adalah ditentukan lengkungan karakteristiknya. Lengkungan karakteristik tipe K lebih curam dibandingkan dengan lengkungan karakteristik tipe T pada nilai arus yang lebih besar.



Gambar 3. Karakteristik Fuse Cut Out tipe K



Gambar 4. Karakteristik Fuse Cut Out tipe T

### 3.2. Karakteristik Fuse Cut Out Untuk Memproteksi Transformator

Banyak aspek yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan Fuse Cut Out yang memuaskan untuk proteksi transformator distribusi. Untuk pemilihan alat Fuse Cut Out yang sesuai bagi sesuatu transformator, tidaklah cukup dengan sekedar mengetahui kapasitas (daya atau arus) nominal dari transformator tersebut, melainkan harus pula diketahui aspek-aspek arus/beban yang lain akan mempengaruhi pemilihan karakteristik Fuse Cut Out.

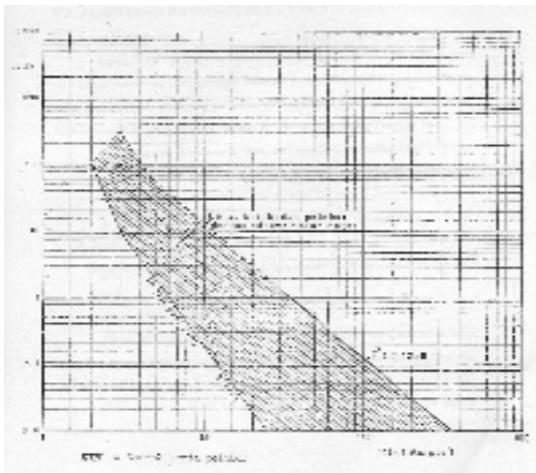
Dilihat dari karakteristik waktu-arusnya maka pengaman terhadap transformator distribusi dibatasi oleh dua garis kerja (lihat Gambar 5)

1. Garis kerja pertama (garis batas ketahanan primer) yang merupakan batas dimana Fuse Cut Out primer tidak boleh bekerja, ditentukan oleh beban lebih yang masih harus dapat ditahan transformator tersebut.  
Beban atau arus lebih yang dimaksud adalah:
  - Beban lebih (beban maksimum)
  - Arus beban peralihan (cold load pick-up)
  - Hubung singkat JTR
  - Arus masuk awal (inrush) transformator
  - Arus asutan motor
2. Garis kerja kedua (garis batas ketahanan transformator) yang merupakan batas ketahanan transformator dimana Fuse Cut Out harus sudah bekerja/ memutus. Gangguan yang dapat melebihi batas tersebut adalah hubung singkat pada transformator pada sisi primer maupun sekunder.

Garis batas ketahanan Fuse Cut Out bagi transformator distribusi umum ditentukan oleh titik-titik berikut:

- 2 x  $I_n$  selama 100 detik (beban lebih)
- 3 x  $I_n$  selama 10 detik ( arus beban peralihan)
- 6 x  $I_n$  selama 1 detik ( arus beban peralihan)
- 12 x  $I_n$  selama 0,1 detik ( arus inrush transformator)
- 25 X  $I_n$  selama 0,01 detik ( arus inrush transformator)

Pada Gambar 5 terlihat karakteristik daerah kerja Fuse Cut Out primer untuk mengamankan transformator distribusi.



Gambar 5. Daerah kerja Fuse Cut Out primer untuk mengamankan Transformator distribusi

### 3.3 Pemilihan Rating Fuse Cut Out

#### a. Pemilihan rating arus

Rating arus Fuse Cut Out harus dipilih sehingga sama atau lebih besar dari arus beban maksimum pada jaringan. Didalam menentukan arus beban ini harus dipertimbangkan pula pertumbuhan beban dan juga pada kemungkinan arus beban lebih termasuk akibat harmonisa. Berikut ini terlihat rating-rating Fuse Cut Out :

- Rating arus elemen lebur (Fuse Link) yang tersedia (menurut IEC) 1-1.25-1.6-2-2.5-3.15-4-5-6.3-8 dan untuk rating selanjutnya masing-masing dikali 10.
- Rating arus Fuse basenya yang tersedia 50, 100, 200, dan 400 A

#### b. Pemilihan rating tegangan

Rating tegangan Fuse Cut Out tidak boleh lebih kecil dari tegangan tertinggi sistem.

#### c. Pemilihan rating interupsi

Rating interupsi seimbang dari Fuse Cut Out adalah sama atau lebih besar dari arus gangguan maksimum yang dihitung pada sisi beban Fuse Cut Out. Besarnya rating interupsi yang tersedia menurut IEC (dalam KA) adalah : 1-1.25-1.6-2-2.5-3.15-4-5-6.3-8 dan kelipatan 10-nya. Rating interupsi ini boleh dipakai untuk Fuse Cut Out dan pengaman lebur pembatas arus (*current limiting fuse*).

Untuk mengganti fuse link, maka terlebih dahulu menghitung arus primer nominal transformator distribusi tersebut dengan menggunakan rumus berikut :

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3}.V} \text{ (Amp)}$$

Dimana :

$I_p$  = arus primer nominal transformator distribusi (phasa-netral)

S = rating daya transformator distribusi (KVA)

V = tegangan phasa-phasa (KV)

Kemudian pilih rating fuse link yang tersedia dengan besar arus di atas  $I_p$  Maksimum 2,5 kali arus primer nominal transformator distribusi. Rating fuse link : 3, 5, 6, 8,10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 65, 80, 100 Amp. Gambar 6 memperlihatkan bentuk fisik dari fuse link.



Gambar 6. Bentuk fisik dari Fuse link

Selain pada fuse cut out kerusakan dapat berakibat juga pada NT Fuse. NT Fuse pada dasarnya juga terdiri dari sepotong kawat atau elemen logam yang akan mencair bila mana dilalui arus listrik yang besarnya melampaui suatu nilai tertentu. Besar nilai arus listrik yang akan mengakibatkan mencairnya elemen logam itu berbanding terbalik dengan durasi, atau lama arus listrik yang mengalir. NT Fuse terdiri dari sebuah tabung porselin dengan logam dan tutup pada elemen NT Fuse ditempelkan, pada tabung NT Fuse diisi dengan silica.

Penggunaan NT Fuse ini umumnya dapat ditempatkan pada LVC (Low Voltage Cabinet) yang digunakan bersama-sama dengan socket keluaran. Kelebihan dari NT Fuse ini adalah memiliki elemen yang tidak mudah mengalami penurunan kekuatan, akurasi yang lebih tinggi dalam proses pemutusan, serta tidak menimbulkan busur api ketika terjadi pemutusan saat gangguan. Untuk mengganti NT Fuse, sebaiknya terlebih dahulu menghitung arus nominal skunder transformator dengan menggunakan rumus berikut :

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V}$$

Dimana :

$I_s$  = arus nominal sekunder (Amp)

$S$  = rating daya transformator distribusi (VA)

$V$  = tegangan sekunder (V)

Sedangkan rating untuk NT Fuse yang tersedia adalah sebagai berikut :

25, 35, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 300, 350, 400, 500 Amp.

### 3.4. Perhitungan Untuk Pemilihan Rating Fuse Cut Out Untuk Mengamankan Transformator.

Data transformator Distribusi :

Daya : 400 KVA

Tegangan : 20 KV – 380 V

Fasa : 3 phasa

Arus Primer :

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{400 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ KV}} = 11,54 \text{ Amper}$$

Arus Sekunder :

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{400000 \text{ VA}}{\sqrt{3} \cdot 380 \text{ V}} = 607,73 \text{ Amper}$$

Dari Tabel 1, diperoleh arus pengenal Fuse Cut Out pada sisi primer adalah 25 Ampere untuk tipe T dan sisi sekunder adalah 630 Ampere.

**Tabel 1. Rekomendasi Pemilihan Arus Pengenal Fuse Cut Out 24KV**

Trafo distribusi	Pelebur primer 24KV Arus pengenal (A)				Pelebur sekunder (230/400V)	
	Tipe T		Tipe K		Arus pengenal (A)	
Daya (KVA)	Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
Phasa tiga, 20 KV						
50	-	-	6,3	6,3	80	100
100	6,3	8	6,3	10	160	200
160	10	12,5	10	12,5	250	250
200	10	12,5	16	20	315	315
250	16	16	16	25	400	400
315	20	25	20	31,5	500	500
400	25	25	25	40	630	630
500	25	31,5	31,5	40	800	800
630	40	40	40	63	1000	1000
800	50	63	50	80	1250	1250
1000	63	63	63	100	1600	1600

(Publikasi IEC 282-2(1970) /NEMA) di sisi primer berikut fuse jenis pembatasan arus (Publikasi IEC 269-2(1973) di sisi sekunder (230/400) yang merupakan pasangan yang diselaraskan sebagai penganan transformator distribusi.

### V. KESIMPULAN

Dari pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Fuse Cut Out merupakan suatu alat pemutus yang cara kerjanya dengan meleburnya bagian dari komponennya yang dinamakan Fuse link yang telah dirancang khusus dan disesuaikan ukurannya, dan akan memutuskan arus bila arus tersebut melebihi suatu nilai tertentu dalam waktu yang cukup.
2. Fuse Cut Out memiliki sifat karakteristik arus waktu dan rating-rating dalam mengamankan suatu gangguan.
3. Fuse Cut Out terdapat dalam pasangan luar yang tugasnya mengamankan gangguan-gangguan pada saluran cabang dan transformator distribusi.
4. Keuntungan dari Fuse Cut Out yaitu jika elemen Fuse telah putus maka tabung Fuse Cut Out akan lepas secara mekanis dari kontakannya sebelah atas dan nampak tergantung sehingga memudahkan teknisi untuk mengetahui bahwa Fuse Cut Out telah putus dan melebur.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Abdul Kadir, 2000, *Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik*, Penerbit Universitas Indonesia.
- [2] Djiteng Marsudi, 1990, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Balai Penerbit, Dan Humas ISTN, Jakarta.
- [3] B.M. Weedy, 1987, *Electric Power Systems*, Third Edition Revised, Jhon Wiley and Sons, Singapore New York, Toronto.
- [4] Makalah Seminar Kerja Praktek, *Trafo Distribusi Pada Jaringan Tegangan Menengah 20KV Di PT.PLN (Persero) Upj Semarang Selatan* oleh : Cahyo Ariwibowo (L2F006023) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- [5] Pabla A.S. Alih Bahasa Abdul Hadi, 1986, *Sistem Distribusi Daya Listrik*, Erlangga, Jakarta.
- [6] PT.PLN (Persero), Materi Kursus, *Sistem Proteksi*, Jasa Pendidikan dan Pelatihan.
- [7] Suhadi, Tri Wrahatnolo, 2008, *Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1*, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.
- [8] T.S Hutahuruk, 1990, *Transmisi Daya Listrik*, Erlangga, Jakarta.
- [9] Turan Gonen, 1985, *Electrical Power Transmission System Engineering*, California State University.
- [10] [www.firon.ca/Belvolt/Web/BVCM.../IF.pdf](http://www.firon.ca/Belvolt/Web/BVCM.../IF.pdf)**TITLE Model (1)**
- [11] [www.fuse-cutout.com/China](http://www.fuse-cutout.com/China) **Cut Out Fuse Series** | [fuse-cutout.com](http://fuse-cutout.com)