

**ANALISA GANGGUAN PERALATAN PROTEKSI  
(SOLE FUSE) 20 KV PADA GARDU DISTRIBUSI TONGKANG  
KABIL PLN BATAM**

**Toni Kusuma Wijaya**

Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Riau Kepulauan Batam  
toni@ft.unrika.ac.id

**Abstrak**

PT PLN Batam adalah sebuah perusahaan yang bergerak dibidang penyaluran listrik dipulau batam yang mempunyai visi menjadi perusahaan energi yang utama di Indonesia dan misi kami menyediakan tenaga listrik secara efisien dan andal. Lebih dari 829 gardu beton yang terpasang di Batam, menjadikan PT PLN batam harus menyediakan berbagai jenis peralatan gardu distribusi. Diantara jenis peralatan yang digunakan dalam Gardu Beton tersebut terdapat peralatan yang berfungsi untuk pemutus dan penghubung jaringan listrik 20 KV, peralatan tersebut lebih dikenal dengan nama Kubikel 20 kV. Karena sangat pentingnya peran kubikel untuk menghindari terjadinya kerusakan atau pemadaman yang terlalu lama maka PT PLN Batam sangat selektif dalam pemilihan kubikel Kubikel 20 kV inilah yang digunakan untuk melakukan kegiatan pengalihan beban penyulang akibat pekerjaan pemeliharaan, gangguan, maupun pekerjaan penyambungan baru. Melihat pentingnya kubikel 20 KV, maka dibutuhkan peralatan proteksi yaitu Sol fuse

**Kata Kunci :** PLN Batam, Gardu Distribusi, Kubikel 20 KV, Sole Fuse

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

PT PLN Batam adalah sebuah perusahaan yang bergerak dibidang penyaluran listrik dipulau batam yang mempunyai visi menjadi perusahaan energi yang utama di Indonesia dan misi kami menyediakan tenaga listrik secara efisien dan andal serta jasa lainnya dalam energi untuk meningkatkan kualitas hidup dan ekonomi masyarakat melalui pelayanan yang terbaik dan bertumpu pada sumber daya manusia. Berikut data kebutuhan daya kawasan Industri di batam.

Tabel 1. Kebutuhan Daya Listrik Kawasan Industri Batam

No	Kawasan Industri	Kebutuhan Daya Listrik					
		2005	%	2006	%	2007	%
1	Batamindo Industrial Est.	13,011,715.85	15	14,239,128.75	15	15,881,250	15
2	Bintang Industrial Park II	5,873,990.30	6.7	6,427,949.55	6.8	7,189,250	6.7
3	Cammo Industrial Park	5,620,078.07	6.5	6,150,227.70	6.5	6,859,500	6.5
4	Citra Euvana Centre I	3,203,514.14	3.7	3,505,706.00	3.7	3,910,000	3.7
5	Citra Euvana Centre II	5,423,115.21	6.2	5,934,685.06	6.2	6,619,100	6.2
6	Citra Euvana Centre III	4,838,043.74	5.6	5,294,423.00	5.6	5,905,000	5.6
7	Hijrah Industrial Park	2,673,418.58	3.1	2,925,605.80	3.1	3,263,000	3.1
8	Indah Industrial Park	2,937,237.39	3.4	3,214,311.00	3.4	3,585,000	3.4
9	Kabil Industrial Park	6,045,711.22	6.9	6,616,011.40	6.9	7,379,000	6.9
10	Kara Industrial Park	6,207,525.55	7.1	6,793,089.90	7.1	7,576,500	7.1
11	Latrade Industrial Park	6,785,550.93	7.8	7,425,641.20	7.8	8,282,000	7.8
12	Panbil Industrial Estate	7,137,955.55	8.2	7,811,179.20	8.2	8,712,000	8.2
13	Puri Industrial Park 2000	4,963,398.64	5.7	5,431,802.80	5.7	6,058,000	5.7
14	Taiwan Internasional	3,384,582.33	3.9	3,703,854.60	3.9	4,131,000	3.8
15	Tunas Industrial Estate	4,765,042.94	5.5	5,214,535.94	5.5	5,815,900	5.5
16	Union Industrial Park	4,131,795.86	4.8	4,521,553.80	4.7	5,043,000	4.7

Sumber: Data Olahan dari PLN Kota Batam (2008)

Lebih dari 829 gardu beton yang terpasang di Batam, menjadikan PT PLN batam harus menyediakan berbagai jenis peralatan gardu distribusi. Diantara jenis peralatan yang digunakan dalam Gardu Beton

tersebut terdapat peralatan yang berfungsi untuk pemutus dan penghubung jaringan listrik 20 KV, peralatan tersebut lebih dikenal dengan nama Kubikel 20 kV. Karena sangat pentingnya peran kubikel untuk menghindari terjadinya kerusakan atau pemadaman yang terlalu lama maka PT PLN Batam sangat selektif dalam pemilihan kubikel

Kubikel 20 kV inilah yang digunakan untuk melakukan kegiatan pengalihan beban penyulang akibat pekerjaan pemeliharaan, gangguan, maupun pekerjaan penyambungan baru. Melihat pentingnya kubikel 20 KV tersebut maka penulis mengambil judul Proposal Skripsi “ Analisa Gangguan Peralatan Proteksi (*Sole Fuse*) 20 KV Pada Gardu Distribusi Tongkang Kabil Batam”.

### Tujuan Penelitian

Agar mudah melakukan analisa gangguan pada peralatan proteksi *Sole Fuse* pada kubikel 20 KV gardu Distribusi Pertamina Tongkang Kabil maka tujuan penelitian adalah :

Untuk mengetahui besar arus gangguan pada alat proteksi *Sole Fuse* pada 20 KV di Gardu Distribusi Pertamina Tongkang Kabil PLN Batam

### LANDASAN TEORI

Menguraikan tentang beberapa teori dasar yang digunakan sebagai pedoman dalam analisa dan pembahasan masalah.



yang pengisiannya dilakukan secara manual atau motor listrik.

4. Pemutus tenaga tersebut dilengkapi kumparan pelepas (trip) dan indikator yang menunjukkan posisi buka / tutup secara mekanis.

a. Arus pengenal 400 A, 630 A atau 1250 A

b. Kapasitas pemutus (  $I_{th}$  ) 12,5 kA 1 sec

c. Kapasitas penyambungan (  $I_{ma}$  ) 31,5 kA.

d. Kapasitas pemutusan transformator dalam keadaan tanpa beban : 16A

e. Kapasitas pemutusan pengisian kabel : 50A

5. Tiga buah transformator arus dengan dua inti yang ditempatkan disaluran keluaran

a. Arus primer :sesuai kebutuhan (50, 100, 150, 200 dan seterusnya)

b. Arus sekunder : 5-5A

c. Kapasitas ketahanan arus hubung singkat : 12,5 kA ( 1 detik)

d. Beban pengenal :

Kapasitas transformator arus tersebut harus dapat memenuhi kebutuhan rele yaitu :

a. Satu inti 30 VA, kelas 0,5 untuk pengukuran

b. Satu inti lainnya 15 VA kelas 10-P-10 untuk proteksi

6. Tiga buah transformator tegangan

a. Rasio :  $20 / \sqrt{3}$  kV //  $100 / \sqrt{3}$  Volt

b. Beban pengenal : 50 VA

c. Kelas ketelitian : 0,5

## 7. Rele

a. Satu set rele untuk beban lebih dan gangguan ke bumi, rele harus disambungkan dengan transformator arus diatas. Arus dan waktu dapat diatur terpisah.

b. Karakteristik rele beban lebih.

Tabel 2 : Karakteristik Relay Beban

Arus pengenal ( $I_n$ )	Waktu pemutusan
1,05 $I_n$	Sesudah 60 menit
1,2 $I_n$	Sebelum 20 menit
1,5 $I_n$	Sebelum 5 menit
4 $I_n$	Trip sesaat

a. Rele harus dirancang sehingga melepas sumber tenaga dengan atau tanpa memerlukan suatu daya dari luar

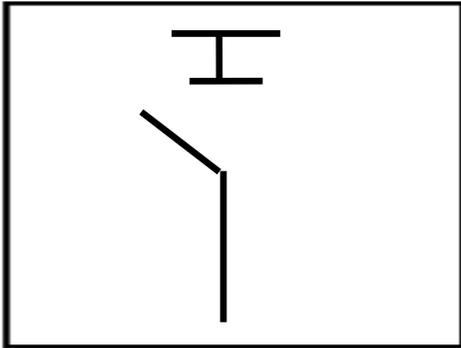
b. Rele harus dilengkapi fasilitas untuk pengetesan arus dan pengetesan untuk melepas kontak (trip release)

8. Tiga buah ammeter kebutuhan maksimum dipasang pada panel penunjuk (metering panel)

9. Sistem interlock.

## Kubikel Pemisah ( PMS )

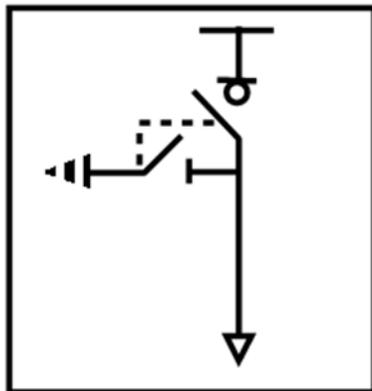
Kubikel PMS (Pemisah) Berfungsi sebagai membuka dan menutup aliran listrik 20 kV tanpa ada beban, karena kontak penghubung tidak dilengkapi alat peredam busur listrik



Gambar .4 : Simbol Diagram PMS

**Kubikel LBS ( Load Break Switch )**

Berfungsi untuk membuka dan menutup aliran listrik dalam keadaan berbeban atau tidak



Gambar 5 : Simbol Diagram LBS

Kubikel LBS terdiri dari :

1. Satu set busbar tiga fase 400 A atau 630 A.
2. Sebuah sakelar beban tiga kutub jenis udara, SF6 atau hampa udara dengan operasi secara manual.
  - a. Arus pengenal 400 A

- b. Kapasitas penyambung (puncak) 31,5 kA (making capacity)

- c. Kapasitas pemutusan beban aktif (pf ; 0,7) 400 A

- d. Arus pemutusan pengisian beban 25 A

- e. Sakelar beban harus dapat dipasang mekanis kontrol elektrik (electric

control mechanism) tanpa modifikasi yang besar terhadap sakelar tersebut.

- f. Kapasitas ketahanan arus hubung singkat (1 detik) ;  $\geq 12,5$  kA

3. Sebuah sakelar pembumian 3 kutub dengan pengoperasian secara manual

4. Tiga buah gawai kontrol tegangan

5. Sistem interlok

6. Busbar pembumian

7. Harus ada ruang yang cukup dan penunjang kabel bagian bawah kubikel untuk melakukan pemasangan terminasi kabel berisolasi padat, penghantar dari bahan aluminium yang dipilin dengan luas penampang sampai dengan 240mm<sup>2</sup>

8. Satu set lengkap terminal kabel (jika diperlukan)

**Kubikel CB Out Metering ( PMT CB )**

Berfungsi sebagai pemutus dan penghubung arus listrik dengan cepat dalam keadaan normal maupun gangguan kubikel ini disebut juga istilah kubikel pmt (pemutus tenaga)

kubikel ini dilengkapi dengan relay peroteksi circuit breaker (PMT, CB) kubikel ini bisa di pasang sebagai alat pembatas, pengukuran dan pengaman pada pelanggan tegangan menengah current transformer yang terpasang memiliki double sekunder satu sisi untuk mensuplai arus ke alat ukur kwh dan satu sisi lagi untuk menggerakkan relai proteksi pada saat ter jadi gangguan.

Kubikel terdiri dari :

1. Satu set busbar tiga fase 400 A atau 630 A
2. Dua pemisah tiga kutub dengan arus pengenal 400A atau 630 A yang dioperasikan secara manual atau pemisahan dilakukan dengan penarikan / pencabutan pemutus tenaga yang ditempatkan dalam kompartemen (system laci)
3. Sebuah pemutus tenaga tiga kutub jenis SF6 atau hampa udara, dengan pengoperasian melalui energi pegas yang pengisiannya dilakukan secara manual atau dengan motor listrik. Pemutus tenaga tersebut dilengkapi kumparan pelepas (trip) dan indikator yang menunjukkan posisi, buka/tutup secara mekanis.
  - a. Arus pengenal : 400 A atau 630 A
  - b. Kapasitas pemutusan pada 24 kV : 12,5 kA
  - c. Kapasitas penyambungan (puncak) : 3,5 kA
  - d. Kapasitas pemutusan transformator dalam keadaan tanpa beban : 16 A

e. Kapasitas pemutusan pengisian kabel : 50 A

4 Tiga buah transformator arus dengan dua inti yang ditempatkan disalurkan keluaran :

- a. Arus primer : sesuai kebutuhan (50, 100, 150, 200 atau 400 A)
- b. Arus sekunder : 5 A
- c. Kapasitas keahanan arus hubung singkat (1 detik) : 12,5 kA
- d. Beban pengenal

Kapasitas transformator arus tersebut harus dapat memenuhi kebutuhan rele yaitu :

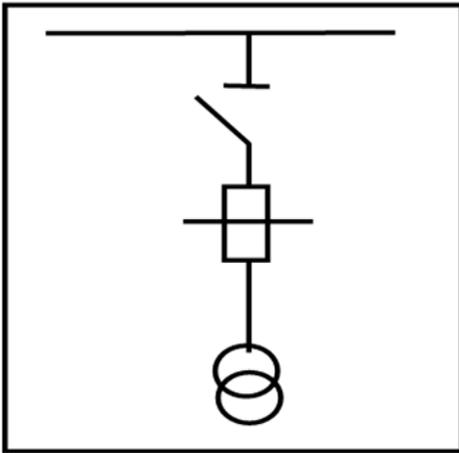
- a. Satu inti 30 VA kelas 0,5 untuk pengukuran
- b. Satu inti lainnya 15 VA kelas 10-P-10 untuk proteksi.

5. Rele

- a. Satu set rele untuk arus lebih, beban lebih dan gangguan ke bumi. Rele harus dihubungkan dengan transformator di atas. Arus dan waktu dapat diatur secara terpisah.
  - b. Karakteristik dari rele beban lebih
  - c. Rele harus dirancang sehingga melepas pemutus tenaga dengan atau tanpa memerlukan sumber daya dari luar.
  - d. Rele harus dilengkapi fasilitas untuk pengetesan arus dan pengetesan untuk melepas kontak (trip release)
  - e. Tiga buah amperemeter kebutuhan maksimum (maximum demand ammeter), dipasang pada panel penunjuk (metering panel) dan ditempatkan diatas pengaman lebur.
6. Sistem interlock.

**Kubikel PT ( *Potential Transformer* )**

Berfungsi sebagai kubikel pengukuran, didalam kubikel ini terdapat pms dan transformator tegangan yang menurunkan tegangan dari 20.000 Volt menjadi 100 Volt untuk mensuplai tegangan pada alat ukur kwh kubikel ini kadang kala disebut juga dengan istilah kubikel VT (Voltage Transformer). handle kubikel PT harus selalu dalam keadaan masuk dan tersegel Untuk pengamanan trafo tegangan terhadap gangguan hubung singkat maka dipasanglah fuse TM.



Gambar 6 : Simbol Diagram Kubikel PT

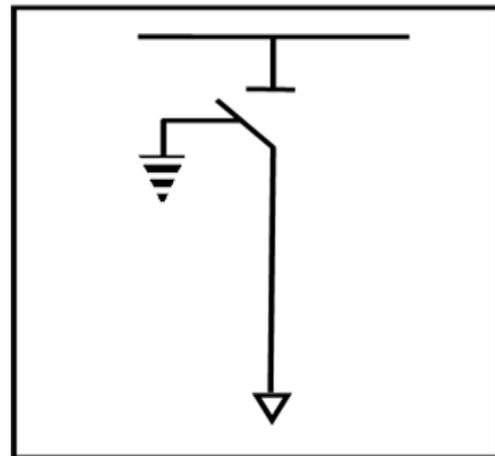
Kubikel terdiri dari :

1. Satu set busbar fase tiga 400 A atau 630 A
2. Satu pemisah tiga kutub dengan arus pengenal, 100 A yang dioperasikan secara manual
3. Tiga pengaman lebur dengan kapasitas pemutus arus yang tinggi :
  - a. Arus pengenal : 6,3 A
  - b. Kapasitas pemutus : 12,5 A
4. Tiga buah transformator tegangan
  - a. Rasio :  $20 / \sqrt{3}$  kV //  $100 / \sqrt{3}$  Volt
  - b. Beban pengenal : 50 VA
  - c. Kelas ketelitian : 0,5

5. Satu buah pengaman lebur tegangan rendah pada setiap fase, pengaman lebur tersebut harus dapat dicapai dari luar kubikel
6. Sistem saling mengunci (interlock) harus berfungsi baik
7. Busbar pembumian

### Kubikel B1 ( Terminal Out Going )

Berfungsi sebagai terminal penghubung kabel ke pemakaian (pelanggan) berisi pms, dan bila mana posisi membuka maka kontak gerak terhubung dengan pentanahan.



Gambar 7 : Gambar Diagram kubikel Terminal Out Going

Kubikel terdiri dari :

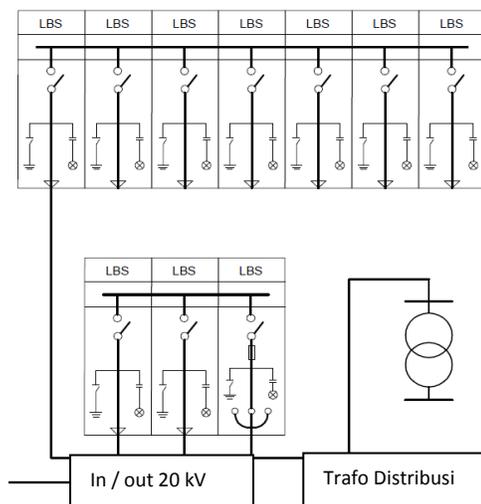
- a) Satu set busbar fase tiga 400 A atau 630 A
- b) Satu sakelar pembumian tiga kutub dan penghubung singkat yang dioperasikan secara manual.
- c) Tiga buah gawai kontrol tegangan
- d) Busbar pembumian
- e) Disediakan ruang yang cukup dibagian bawah kompartemen dan

disediakan penunjang kabel untuk pemasangan terminasi kabel tiga inti berisolasi padat. Konduktor dari aluminium dengan luas penampang sampai dengan 150 mm<sup>2</sup>.

### Tata Letak Dan Komposisi Kubikel Pada Gardu 20kv

Pada sistem distribusi 20 KV yang disebut Gardu ada 3 (tiga) jenis, yaitu :

1. Gardu Induk sisi 20 KV, berfungsi sebagai penghubung antara sumber listrik yang berasal dari Trafo Step-down ke saluran / jaringan distribusi 20 KV.
2. Gardu Hubung, berfungsi sebagai pembagi tenaga listrik dari Gardu Induk ke saluran / jaringan distribusi 20 KV.



Gambar .8 : Single Line Supplay Arus dari Gardu Hubung ke gardu Distribusi

3. Gardu Distribusi, berfungsi sebagai penurun tegangan dari tegangan menengah menjadi tegangan rendah untuk didistribusikan ke

pemakaian. Tata letak kubikel dan komposisinya pada gardu didasarkan atas fungsinya yang dibedakan menjadi :

- a) Kubikel saluran masuk disebut Kubikel Incoming.
- b) Kubikel saluran keluar disebut Kubikel Outgoing.

### Sole fuse

#### 2.10.1. Pengertian *Sole Fuse*

*Sole Fuse* adalah pengaman lebur yang ditempatkan pada sisi TM yang gunanya untuk mengamankan jaringan TM dan peralatan kearah GI terhadap hubungan singkat di trafo, atau sisi TM sebelum trafo. Untuk menentukan besarnya *Sole Fuse* yang harus dipasang, maka harus diketahui arus nominal trafo pada sisi TM, sedangkan besarnya *Sole Fuse* harus lebih kecil dari arus nominal trafo sisi TM

*Sole Fuse* distribusi mempunyai penyangga yang bersifat menyekat dan memegang pelebur, yang dilapisi dengan bahan organik. Pemutusan karena arus lebih, akan terjadi pada pemegang-pemegang oleh aksi ionisasi dari gas yang dihasilkan oleh lapisan bahan organik sewaktu terkena busur panas api yang timbul karena mencairnya sambungan pelebur.

#### 2.10.2 Sifat-Sifat Pengaman Lebur *Sole Fuse*

1. Kekuatan isolasi berada pada tingkatan tenaga
2. Digunakan terutama pada gardu induk dan distribusi
3. Konstruksi mekanis di sesuaikan dengan pemasangan dalam gardu

4. Tegangan kerjanya sesuai dengan di gardu dan tegangan sistem transmisinya

Pengaman lebur tenaga mempunyai rating tegangan, arus beban dan rating arus pemutus yang lebih tinggi daripada Sole Fuse pelebur di sisi busi. Ada dua jenis pengaman lebur tenaga, yaitu :

1. Tipe ekspulsi, pemutusan arus lebih lewat arus diionisasi dari gas, seperti pada *Sole Fuse* pelebur distribusi.
2. Tipe pembatas arus, pemutusan arus lebih terjadi pada waktu busur api yang timbul karena melelehnya elemen lebur dikalahkan oleh pembatas mekanis dan aksi pendinginan dari pengisian pasir disekitar elemen lebur.

#### 2.10.3 Rating Pengaman Lebur

Pengaman lebur mempunyai rating arus, rating tegangan dan rating pemutus, didalam pemakaiannya hal tersebut perlu sekali diperhatikan.

##### 1. Rating arus

Adalah besarnya arus searah atau arus bolak-balik maksimum dalam Ampere pada rating frekuensi yang mengalir tanpa menimbulkan kenaikan suhu yang melampaui batas.

##### 3. Rating tegangan

Adalah tegangan searah atau bolak-balik yang mana pengaman lebur direncanakan untuk beroperasi.

##### 4. Rating pemutus

Adalah arus hubung singkat maksimum yang ditunjuk pada tegangan rated yang dapat memutus pelebur dengan aman.

## Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandingan magnet berdasarkan prinsip-elektromagnet.

Dalam bidang tenaga listrik pemakaian

Transformator dikelompokkan menjadi :

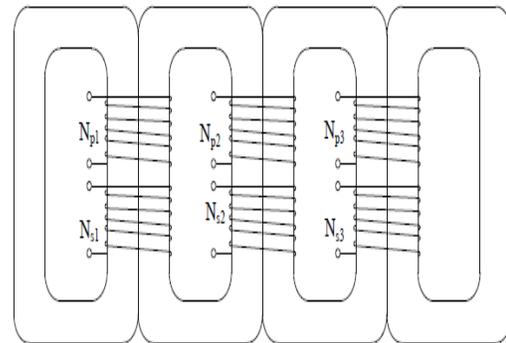
1. Transformator daya (Gambar 2.11) kapasitas ( $> 500\text{kVA}$ ).
2. Tranformator distribusi (Gambar 2.12) kapasitas (3-500 kVA).
3. Tranformator pengukuran, yang terdiri atas tranformator arus dan tranformator tegangan (Gambar 2.13)



Gambar 9 Tranformator Daya pada GI



Gambar 10 Tranformator Daya Distribusi

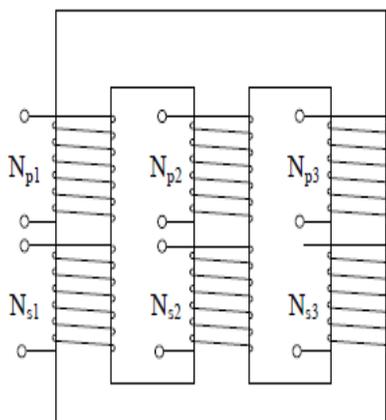


Gambar 12 Transformnator tiga fasa tipe cangkang

**Tranformator Daya Tiga Fasa**

Berdasarkan typenya transformator daya tiga fasa dibagi atas 2 yaitu :

1. transformator tiga fasa type inti seperti pada Gambar 2.16
2. transformator tiga fasa type cangkang seperti pada Gambar 2.17



Gambar 11 Transformator tiga fasa tipe inti.

**Tranformator Daya Tiga Fasa Hubungan Delta**

Tegangan transformator tiga fasa dengan kumparan yang dihubungkan secara delta yaitu  $V_{AB}$ ,  $V_{BC}$  dan  $V_{CA}$  masing-masing berbeda fasa  $120^\circ$  maka :

$$V_{AB} + V_{BC} + V_{CA} = 0 \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$V_{AB}$  = Tegangan pada fasa AB (Volt)

$V_{BC}$  = Tegangan pada fasa BC (Volt)

$V_{CA}$  = Tegangan pada fasa CA (Volt)

Arus jala-jala untuk beban yang seimbang adalah sebagai berikut :

$$I_A = I_{AB} - I_{CA} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$I_B = I_{BC} - I_{AB} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$I_C = I_{CA} - I_{BC} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

$I_A$  = Arus pada jala-jala A (Amper)

$I_B$  = Arus pada jala-jala B (Amper)

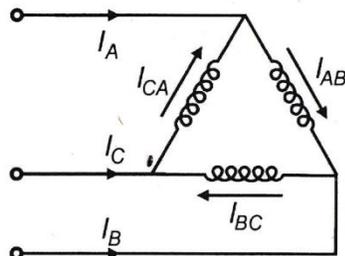
$I_C$  = Arus pada jala-jala C (Amper)

$I_{AB}$  = Arus pada fasa AB (Amper)

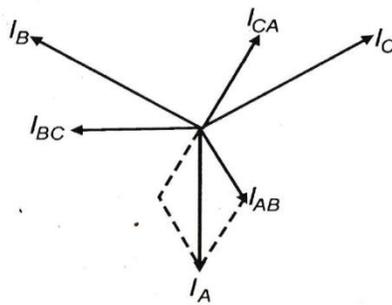
$I_{BC}$  = Arus pada fasa BC (Amper)

$I_{CA}$  = Arus pada fasa CA (Amper)

Adapun untuk arah arus dan gambar diagram vektor pada masing-masing jala-jala dan fasa dapat dilihat seperti pada gambar berikut ini :



(a)



(b)

Gambar 2.18 (a) Arah arus jala-jala dan fasa (b) Diagram vektor arus jala-jala pada transformator Tiga Fasa hubungan Delta.

Dari gambar vektor diagram ( Gambar 2.18b ) diatas diketahui hubungan antara arus jala-jala terhadap arus fasa adalah sebagai berikut :

$$I_A = \sqrt{3} I_{AB} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

$$I_B = \sqrt{3} I_{BC} \quad \dots\dots\dots (2.6)$$

$$I_C = \sqrt{3} I_{CA} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

Untuk Tegangan jala-jala pada hubungan delta adalah sama besarnya dengan tegangan fasanya, maka rumus daya (VA) hubungan delta adalah  $S = 3 V_P I_P$  , karena arus fasa tertinggal  $30^\circ$  terhadap arus jala-jala maka,  $S = 3V_L ( \frac{I_L}{\sqrt{3}} )$  selanjutnya rumus daya tersebut menjadi seperti di bawah ini :

$$S = \sqrt{3} V_L I_L \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

### Tranformator Daya Tiga Fasa Hubungan Bintang

Arus transformator tiga fasa dengan kumparan yang dihubungkan secara bintang yaitu,  $I_A$ ,  $I_B$  dan  $I_C$  masing-masing berdbeda fasa sebesar  $120^\circ$  , untuk besaran arus dan tegangan pada beban seimbang adalah :

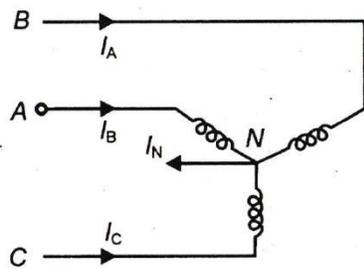
$$I_N = I_A + I_B + I_C \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

$$V_{AB} = V_{AN} + V_{BN} \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

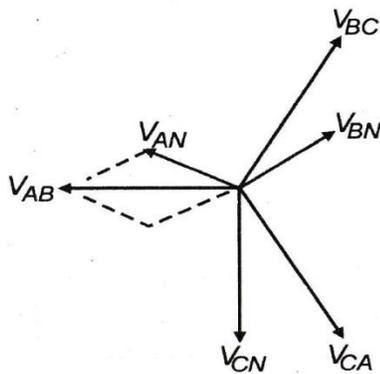
$$V_{BC} = V_{BN} + V_{CN} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

$$V_{CA} = V_{CN} + V_{AN} \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Berikut ini adalah gambar hubungan kumparan tiga fasa dan diagram vektor tegangan pada hubungan bintang :



(a)



(b)

Gambar 2.19 (a) Arah arus jala-jaladan fasa, (b) Diagram vektor tegangan jala-jala pada ransformator tiga fasa hubungan Delta.

Dari gambar 2.19a dan gambar 2.19b diketahui bahwa untuk hubungan bintang berlaku hubungan seperti berikut ini :

$$V_{AB} = \sqrt{3} V_{AN} \dots\dots\dots (2.13)$$

Rumus tegangan diatas bisa juga dituliiis  $V_P = \sqrt{3} V_L$  , karena tegangan  $V_{AN} = V_L$  (tegangan fasa ke netral) tertinggal sejauh  $30^\circ$  terhadap tegangan  $V_{AB} = V_P$  (tegangan fasa ke fasa), maka  $I_P = I_L$  selanjutnya

dapat diturunkan rumus daya menjadi seperti berikut ini :

$$S = 3 V_P I_P \dots\dots\dots (2.14)$$

Subtitusikan hubungan tegangan diatas maka didapat ,  $S = 3 \left[ \frac{V_L}{\sqrt{3}} \right] I_L$  sehingga rumus daya juga dapat menjadi seperti di bawah ini :

$$S = \sqrt{3} V_L I_L \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

$$S = \text{Adalah Daya Semu (VA)}$$

**Penelitian Relevan**

Pada suatu jurnal menyatakan bahwa sistem distribusi merupakan letaknya yang paling dekat dengan konsumen, fungsinya adalah menyalurkan energi dari suatu gardu induk ke konsumen, gangguan hubung singkat dapat mengakibatkan naiknya panas yang cukup tinggi pada sisi primer Transformer sebagai akibat dari naiknya rugi-rugi tembaga sebagai perbandingan kuadrat arus gangguan. Arus gangguan yang besar ini mengakibatkan tekanan mekanik (*mechanical stress*) yang tinggi pada trafo.

Sesuai publikasi IEC 282-2 (1970) – NEMA di sisi primer sebagai diberi *fuse* berupa pelebur jenis pembatas arus sebagai pengaman berbagai daya Transformator dengan atau tanpa koordinasi dengan pengaman pada sisi sekunder [3]

**Hipotesis**

Dari penelitian yang relevan di atas dapat menentukan besar rating

arus pada *fuse link* dengan menggunakan persamaan Inominal Transformator maka arus gangguan pada peralatan *fole fuse* dapat ditentukan yaitu  $I_{fuse} = I_n \times 200\%$  .

## METODOLOGI

### Alat dan Bahan

Adapun kebutuhan alat dan bahan yang menunjang untuk digunakan dalam penelitian ini terdiri dari alat-alat dan bahan-bahan yang diperlukan.

### Alat –alat

Alat –alat yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

1. Obeng Plus dan Minus
2. Satu set Kunci Pas
3. Multi Tester
4. Tank Amper
5. Kabel Jumper
6. Gunting Kabel.

### Bahan-Bahan

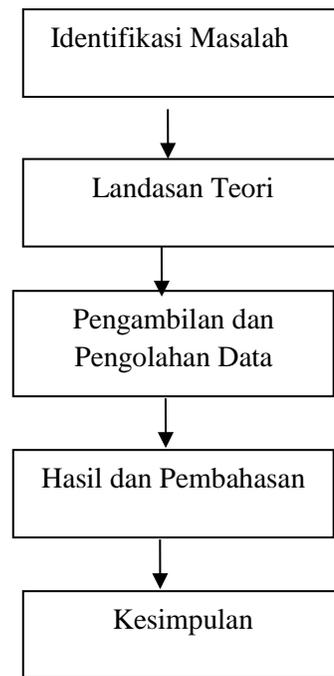
Sedangkan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. 1 (satu) Panel Unit Kubikel 20 KV
2. *Sole Fuse* 20KV
3. PMT
4. Lampu Indikator
5. Alat ukur KWH meter

### Alir Penelitian

Untuk memudahkan menyelesaikan suatu permasalahan maka dibuatlah alir penelitian . Disini akan dijelaskan secara bertahap dan

sistematis dari suatu penelitian mulai dari mengidentifikasi permasalahan sampai dengan pengambilan kesimpulan, ini dibuat supaya dalam penulisannya dapat tersusun dengan rapi dan mudah di pahami. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini :



Gambar 3.1 Alir Penelitian

### Permasalahan

Arus gangguan yang terjadi pada kubikel 20 KV ( *Kubikel MG – SM6* ) Gardu Distribusi Pertamina Tongkang Kabil yang menyebabkan *Sole Fuse* putus.

### Landasan Teori

Adapun landasan teori yang digunakan berkaitan langsung dengan

*Sole Fuse* sebagai pengaman lebur yang ditempatkan pada sisi TM yang gunanya untuk mengamankan jaringan TM dan peralatan kearah GI terhadap hubungan singkat di trafo. Untuk menentukan besarnya *Sole Fuse* yang harus dipasang, maka harus diketahui arus nominal trafo pada sisi TM, sedangkan besarnya *Sole Fuse* harus lebih besar dari arus nominal trafo sisi TM Gardu Distribusi Pertamina Tongkang Kabil.

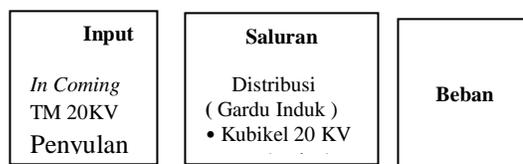
### Pengumpulan dan Pengolahan Data

Dalam bab ini dijelaskan tentang metode pengujian dan pengumpulan data yang dipakai yang nantinya digunakan untuk analisa, sehingga dapat memecahkan/menyelesaikan permasalahan yang ada. Untuk data yang dipakai antara lain adalah sebagai berikut ini :

1. Blok Diagram
2. Single line diagram
3. Warring Diagram Kubikel 20 Kv dengan *Sole Fuse*.
4. Transformator Daya yang digunakan.
5. Data sheet *Sole Fuse*.

### Blok Diagram

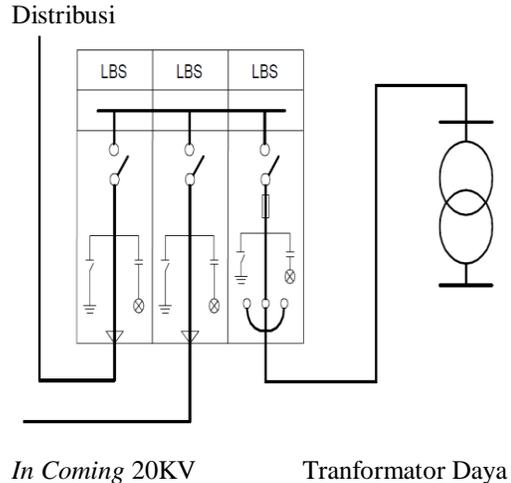
Hal pertama yang harus diketahui dalam penelitian ini adalah Blok Diagram Sistem Distribusi yang yang digunakan , adapun Blok Diagram tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2. Blok Diagram Sistem Distribusi Kabil PLN Baatam.

### Single Line Diagram.

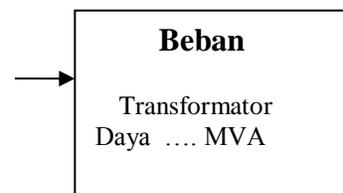
Selanjutnya pengambilan data adalah *Single Line Diagram* (diagram segaris) dimana penelitian ini dilakukan adalah seperti berikut ini :

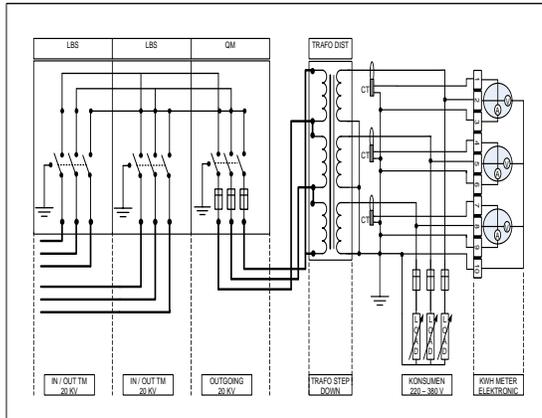


Gambar 3.3. *Single Line Diagram* Sistem Distribusi Tongkang Kabil PLN Batam

### Warring Diagram Kubikel 20 Kv dengan *Sole Fuse*

Adapun Wiring Diagram Kubikel 20 dengan *Sole Fuse* yang digunakan adalah seperti gambar berikut ini :





Gambar 3.4. Wiring Diagram Kubikel 20 KV Kabil PLN Batam

### Transformator Daya yang digunakan

Untuk Transformator Daya yang digunakan dalam sistem distribusi tersebut merupakan beban yang akan ditanggung dan sekaligus yang akan di proteksi/diamankan oleh *sole fuse* terhadap gangguan beban lebih. Adapun transformator daya tersebut adalah seperti Gambar 3.5. berikut ini :



Gambar 3.5. Trasformator Daya Gardu Distribusi Kabil PLN Batam

Hal yang penting harus diketahui pada Transformator Daya yang digunakan dalam penelitian ini adalah Data Sheet dari Pabrik yang

membuatnya, karena akan digunakan menjadi dasar acuan yang dibutuhkan dalam perhitungan analisa dan pembahasan, adapun data tersebut disajikan dalam bentuk tabel seperti berikut ini :

Tabel 3.1 Data Tranformator Distribusi WILSON (Vector Group DYn11)

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Kapasitas	1000	KVA
2	Fasa	3	-
3	Frekwensi	50	Hz
4	Tegangan Primer (HV)	20	KV
5	Tegangan Sekunder (LV) No Load	400	V
6	Arus Primer (HV)	28,9	A
7	Arus Sekunder (LV)	1443,9	A

### Data Peralatan Pengaman *Sole Fuse*.

Data peralatan pengaman *Sole Fuse* yang digunakan ditampilkan dalam bentuk table seperti yang terlihat dibawah ini :

Tabel 3.2 Referensi dan Karakteristik *Sole fuse* Schneider

Referensi	Rated Voltage (kV)	Operating Voltage (kV)	Rated Current (A)	Min breaking Current I <sub>3</sub> (A)
757328EE	24	10/24	6,3	31,5

### Hasil dan Pembahasan.

Hasil dan pembahasan dari pengambilan dan pengolahan data akan diketahui besaran dari arus gangguan pada traanfomator dan pada *sole fuse* seperti berikut ini :

1. Arus gangguan pada Transformator
2. Arus gangguan pada *Sole Fuse* sebagai pengaman beban yang terpasang.

### Arus Gangguan pada Transformator

Berasumsi dari Tabel 3.2 di atas, maka dapat diketahui batasan kerja dari pengaman *sole fuse* tersebut, maksudnya *sole fuse* tersebut memiliki batas minimum dan maximum arus gangguan tergantung tegangan kerja (jala-jala) yang pilih dalam suatu Sistem Tenaga Listrik dimana *sole fuse* itu digunakan.

Adapun batasan minimum dan maximum arus gangguan tersebut dapat dijelaskan dalam perhitungan berikut ini :

$$I_{min} = \frac{VA}{\sqrt{3} V_{max}}$$

$$VA = \sqrt{3} V_{max} \times I_{min}$$

$$VA = \sqrt{3} \times 24.000 \times 31,5$$

$$VA = 1307.880 \text{ VA} =$$

1307,88 kVA

Selanjutnya ;

$$I_{max} = \frac{VA}{\sqrt{3} V_{min}}$$

$$VA = \sqrt{3} \times V_{min} \times I_{max}$$

$$VA = \sqrt{3} \times 10.000 \times 38$$

$$VA = 657.540 \text{ VA} = 657,54$$

kVA

Dari perhitungan diatas maka pengaman *sole fuse* memiliki wilayah kerja dengan besar beban (kapasitas daya) yang diamankan juga berbeda

yaitu antara 657,54 kVA sampai dengan 1307,88 kVA plus/minus *Dissipated Power* sebesar 26 Watt dapat diabaikan.

Untuk tegangan kerja yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 11 KV maka perkiraan besar arus gangguannya dapat diketahui dengan perhitungan sebagai berikut ;

$$I_{min} = \frac{VA}{\sqrt{3} V} = \frac{657.540}{\sqrt{3} \cdot 11.000}$$

$$= 34,55 \text{ A}$$

### Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik suatu rangkuman kesimpulan yaitu besar arus gangguan pada alat proteksi *Sole Fuse* pada 20 KV di Gardu Distribusi Pertamina Tongkang Kabil PLN Batam adalah dengan estimasi diatas 34,55 A dan dengan catatan Transformator dianggap ideal dengan beban kerja 100 % atau beban penuh (*full load*) hal ini berarti *sole fuse* yang digunakan dapat mengamankan Tranformator Distribusi tersebut , dimana arus gangguannya adalah sebesar 105,9 A.

### Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan untuk dapat meningkatkan kualitas pelayanan penyaluran energi tenaga listrik di GI Pertamina Tongkang Kabil Batam yaitu sebsiknya secara berkala dapat dilakukan pemeliharaan dan pengujian peralatan yang digunakan terutama terhadap kemampuan Transformator sehingga dapat ditentukan *sole fuse*

yang akan dipakai sehingga dapat bekerja dengan baik bilamana terjadi gangguan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] PLN Buku 1, “Kriteriaia Desain Enjinerig Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik” PT PLN (PERSERO) Jalan Trunojoyo Blok M-I / 135, Kebayoran Baru Jakarta Selatan, 2010
- [2] Zuhail, “Prinsip Dasar Elektroteknik” Jakarta, PT Gramedia Pustaka Utama. 2004
- [3] Ismen “ Gangguan Yang Terjadi Pada jaringan Distribusi ” Artikel Diambil Pada 20 Juli 2017, dari <http://www.scrib.com/doc/2401123>  
[33](#)
- [4] William D Stevenson Jr “ Analisis Sistem Tenaga Listrik” Jakarta. Penerbit Erlangga. 1990.