

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari Gardu Induk sampai ke konsumen, pada umumnya terdiri dari beberapa bagian yaitu : Gardu Induk, Jaringan Distribusi Primer, Gardu Distribusi, dan Jaringan Distribusi Sekunder.

Salah satu masalah yang sering timbul dalam pendistribusian tenaga listrik, yaitu jatuh tegangan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu tahanan saluran (resistansi saluran), arus saluran, faktor daya ( $\cos \phi$ ), serta lokasi pusat beban mempunyai jarak yang jauh dari lokasi Gardu Induk. Sehingga dalam penyaluran listrik melalui saluran distribusi akan mengalami jatuh tegangan, khususnya pada *Perumahan Paras Kota Samarinda* ini, sepanjang saluran yang dilalui yang menyebabkan berkurangnya pasokan energi listrik yang disalurkan ke lokasi pusat beban dan energi listrik yang di salurkan ke konsumen menjadi berkurang atau dengan kata lain energi listrik yang disalurkan ke konsumen tidak sama dengan yang dikirim.

Untuk mengetahui besar jatuh tegangan pada saluran distribusi yang disuplai oleh Gardu Induk, maka dilakukan metode perhitungan jatuh tegangan pada saluran distribusi primer disana dengan memperhatikan parameter yang mempengaruhi terjadinya jatuh tegangan, seperti resistansi yang menyebabkan tegangan yang diterima oleh konsumen ( $V_r$ ) akan lebih kecil dari tegangan kirim ( $V_s$ ) dan reaktansi saluran yang pasti terjadi pada kabel konduktor, sebab pada kabel konduktor pasti memiliki nilai impedansi (resistansi dan reaktansi saluran) yang mempengaruhi aliran arus listrik sehingga setiap kali arus mengalir melalui Perhitungan jatuh tegangan dapat dilakukan secara manual untuk jaringan distribusi yang sederhana. Untuk perhitungan pada jaringan distribusi yang rumit, perhitungan secara manual kurang efisien. Salah satu cara untuk mempermudah perhitungan jatuh tegangan pada jaringan distribusi yang rumit adalah dengan menggunakan bantuan *software*, yaitu ETAP.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan maka permasalahan dalam penulisan laporan skripsi ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

- Bagaimana mencegah terjadinya drop tegangan (jatuh tegangan) di sistem jaringan dengan menggunakan simulasi ETAP.

## **1.3 Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan maka tujuan penulisan laporan skripsi ini meliputi :

- Mengurangi drop tegangan (jatuh tegangan) pada sistem jaringan sekunder dengan menggunakan software ETAP.
- Memperbaiki faktor daya ( $\cos \phi$ ) pada sistem jaringan sekunder menggunakan software ETAP.

## **1.4 Batasan Masalah**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan maka penulisan skripsi ini di titik beratkan pada permasalahan yang bersifat praktis dimana pembahasan itu meliputi :

- Jaringan pada sistem distribusi primer.
- Menghitung kapasitas pemaman dan penghantar pada jaringan distribusi sekunder.
- Menentukan arus nominal sisi primer dan sekunder transformator.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Dalam penulisan laporan ini , sistematika yang digunakan adalah sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Berisi tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan, Batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi tentang konsep dasar sistem tenaga listrik, sistem jaringan distribusi, factor daya, jatuh tegangan serta rugi-rugi pada tegangan

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Berisi tentang waktu dan lokasi penelitian, jenis data dan sumber data, teknik pengumpulan data.

### **BAB IV ANALISIS HASIL SIMULASI**

Berisi tentang analisis jatuh tegangan pada etap yaitu dengan load flow ( aliran daya).

### **BAB V PENUTUP DAN SARAN**

Berisi tentang kesimpulan analisis dan saran

### **LAMPIRAN**

Berisi tentang data – data lapangan

### **DAFTAR PUSTAKA**

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Konsep Dasar Sistem Tenaga Listrik**

Suatu sistem tenaga listrik secara sederhana terdiri atas beberapa bagian, yaitu:

- a. Sistem pembangkit
- b. Sistem transmisi dan gardu induk
- c. Sistem distribusi
- d. Sistem sambungan pelayanan

Sistem-sistem ini saling berkaitan dan membentuk suatu sistem tenaga listrik. Sistem distribusi adalah sistem yang berfungsi mendistribusikan tenaga listrik kepada para pelanggan.

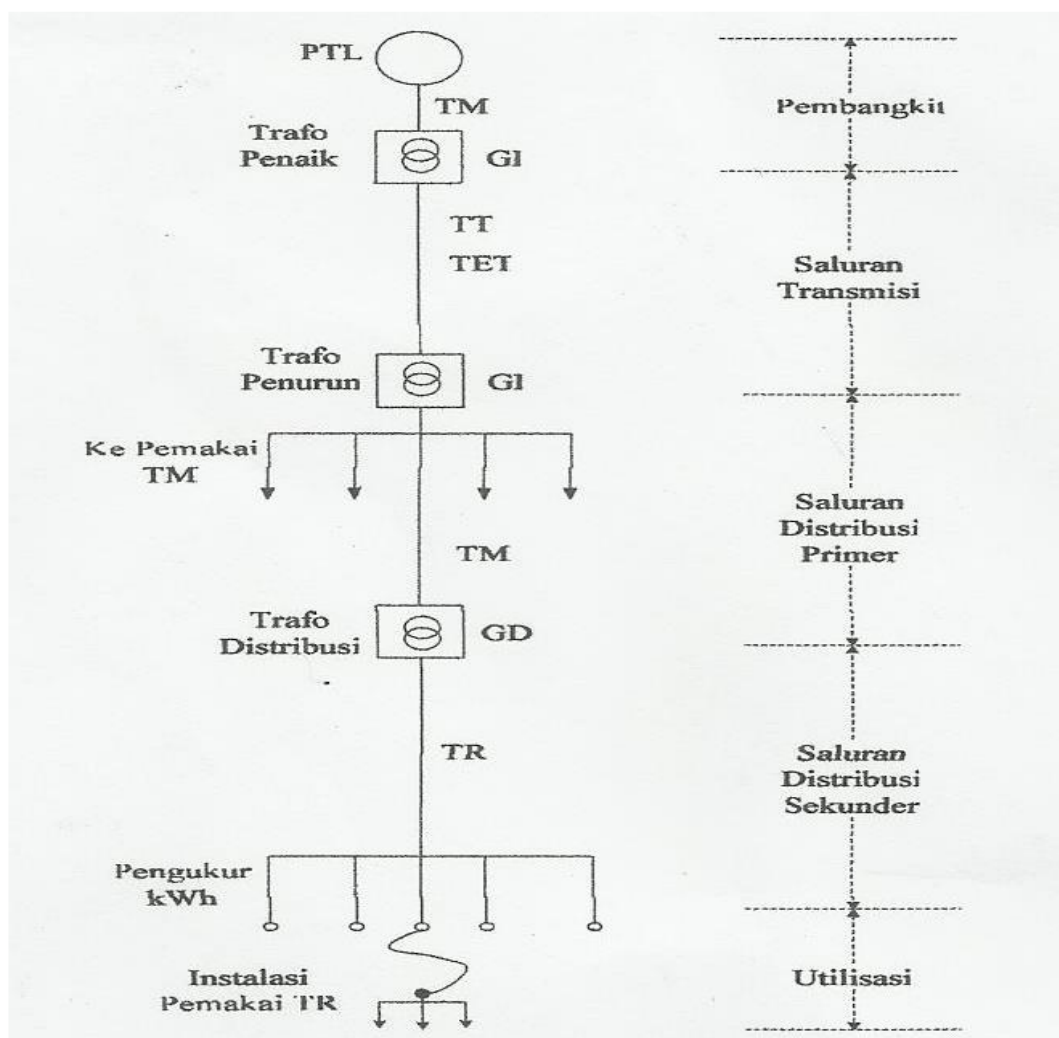
Energi listrik dibangkitkan pada pembangkit tenaga listrik (PTL) yang dapat berupa suatu pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), pembangkit listrik tenaga air (PLTA), pembangkit listrik tenaga gas (PLTG), pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD), ataupun pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN). Jenis PTL yang dipakai, pada umumnya tergantung dari jenis bahan bakar atau energi yang digunakan. Pada sistem besar sering ditemukan beberapa jenis PTL. Perlu pula dikemukakan bahwa PLTD biasanya dipakai pada sistem yang lebih kecil. PTL biasanya membangkitkan energi pada tegangan menengah (TM), yaitu pada tegangan 6 kV dan 20 kV.

Pada sistem tenaga listrik yang besar dan lokasi PTL terletak jauh dari pemakaian, maka energi listrik itu perlu dialirkan melalui saluran transmisi, dan tegangannya harus dinaikkan dari tegangan menengah menjadi tegangan tinggi (TT) atau tegangan ekstra tinggi (TET). Menaikkan tegangan dilakukan di gardu induk (GI) dengan menggunakan transformator penaik tegangan (*step up transformer*). Tegangan tinggi di Indonesia adalah 70 kV, 150 kV, dan 275 kV, sedangkan tegangan ekstra tinggi 500 kV.

Mendekati pusat pemakai listrik, tenaga listrik tegangan tinggi diturunkan menjadi tegangan menengah pada suatu GI dengan menggunakan transformator

penurun tegangan (*step-down transformer*). Di Indonesia tegangan menengah adalah 20 kV, dengan besaran tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusimengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya melalui transformator distribusi(*distribution transformer*) menjadi tegangan rendah, yaitu 220/380 volt dan merupakan sistem distribusi sekunder. Selanjutnya energi listrik tegangan rendah disalurkan kepada pelanggan.

Energi diterima pelanggan melalui konduktor atau kawat yang dinamakan sambungan rumah (SR) dan berakhir pada alat pengukur listrik yang sekaligus merupakan titik akhir pemilikan PLN.



Gambar 2.1 Sistem Tenaga listrik (2)

## **2.2 Sistem Jaringan Distribusi**

Sistem jaringan distribusi adalah bagian dari suatu sistem tenaga listrik antara gardu induk, jaringan distribusi primer, gardu distribusi, jaringan distribusi sekunder, dan sampai ke pelayanan pelanggan.

Proses distribusi merupakan salah satu rangkaian penting dalam melayani kebutuhan energi listrik, dimulai dari pembangkit sampai ke pelanggan. Kualitas energi listrik yang diterima pelanggan sangat dipengaruhi oleh sistem pendistribusian. Untuk itu diperlukan sistem distribusi listrik dengan kehandalan yang tinggi.

Sistem distribusi di bedakan menjadi dua, yaitu sistem distribusi primer dan sistem distribusi sekunder.

### **2.2.1 Jaringan Sistem Distribusi Primer**

Sistem distribusi primer digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk distribusi ke pusat-pusat beban. Sistem ini dapat menggunakan saluran udara, kabel udara, maupun kabel tanah sesuai dengan tingkat keandalan yang diinginkan dan kondisi serta situasi lingkungan. Saluran distribusi ini direntangkan sepanjang daerah yang akan di suplai tenaga listrik sampai ke pusat beban.

Terdapat bermacam-macam bentuk rangkaian jaringan distribusi primer, yaitu:

- a. Jaringan distribusi radial dengan model: radial tipe pohon, radial dengan tie dan switch pemisah, radial dengan pusat beban dan radial dengan pembagian phase area.
- b. Jaringan distribusi ring (loop), dengan model: bentuk open loop dan bentuk close loop.
- c. Jaringan distribusi jaring-jaring (NET)
- d. Jaringan distribusi spindle
- e. Saluran radial interkoneksi

### 2.2.2 Jaringan Sistem Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban yang ada di pelanggan. Pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial. Sistem ini dapat menggunakan kabel yang berisolasi maupun konduktor tanpa isolasi. Sistem ini biasanya disebut sistem tegangan rendah yang langsung akan dihubungkan kepada pelanggan dengan melalui peralatan-peralatan sbb:

- a. Papan pembagi pada trafo distribusi
- b. Hantaran tegangan rendah (saluran distribusi sekunder)
- c. Saluran layanan pelanggan (SLP) ke pelanggan
- d. Alat pembatas dan pengukur daya (kWh meter) serta fuse atau pengaman pada pelanggan.

### 2.3 Gardu Distribusi

Pengertian umum gardu distribusi tenaga listrik yang paling dikenal adalah suatu bangunan gardu listrik berisi atau terdiri dari instalasi perlengkapan hubung bagi tegangan menengah (PHB-TM), transformator distribusi (TD) dan perlengkapan hubung bagi tegangan rendah (PHB-TR) untuk memasok kebutuhan tenaga listrik bagi para pelanggan baik dengan tegangan menengah (20 kV) maupun tegangan rendah (220/380V).

Konstruksi gardu distribusi dirancang berdasarkan optimalisasi biaya terhadap maksud dan tujuan penggunaannya yang kadang kala harus disesuaikan dengan peraturan Pemda setempat.

Secara garis besar gardu distribusi dibedakan atas :

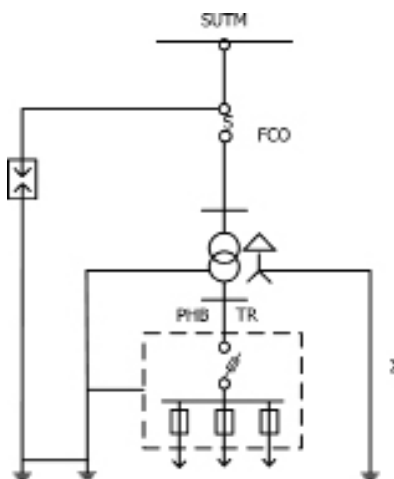
- a. Jenis pemasangannya :
  - a) Gardu pasangan luar : gardu portal, gardu cantol
  - b) Gardu pasangan dalam : gardu beton, gardu kios
- b. Jenis konstruksinya :
  - a) Gardu beton (bangunan sipil : batu, beton)
  - b) Gardu tiang : gardu portal dan gardu cantol
  - c) Gardu kios
- c. Jenis Penggunaannya :

- a) Gardu pelanggan umum
- b) Gardu pelanggan khusus

Khusus pengertian gardu hubung adalah gardu yang ditujukan untuk memudahkan manuver pembebanan dari satu penyulang ke penyulang lain yang dapat dilengkapi/tidak dilengkapi RTU (*Remote Terminal Unit*). Untuk fasilitas ini lazimnya dilengkapi fasilitas DC supply dari trafo distribusi pemakaian sendiri atau trafo distribusi untuk umum yang diletakkan dalam satu kesatuan.

### 2.3.1 Gardu Portal

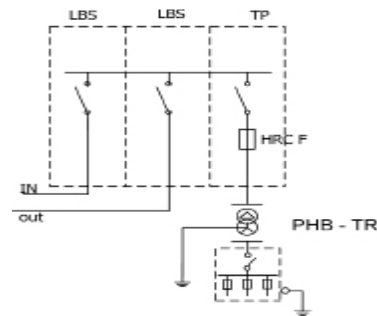
Umumnya konfigurasi gardu tiang yang dicatu dari SUTM adalah T section dengan peralatan pengaman pengaman lebur cut-out (FCO) sebagai pengaman hubung singkat transformator dengan elemen pelebur (*pengaman lebur link type expulsion*) dan *lightning arrester* (LA) sebagai sarana pencegah naiknya tegangan pada transformator akibat surja petir.



Gambar 2.2 Gardu portal dan bagian satu garis (1)

Untuk gardu tiang pada sistem jaringan lingkaran terbuka (*open-loop*), seperti pada sistem distribusi dengan saluran kabel bawah tanah, konfigurasi peralatan adalah  $\pi$  section dimana transformator distribusi dapat di catu dari arah berbeda yaitu posisi **Incoming** – **Outgoing** atau dapat sebaliknya.





Gambar 2.3 Bagan satu garis konfigurasi  $\pi$  section gardu portal (1)

Guna mengatasi faktor keterbatasan ruang pada gardu portal, maka digunakan konfigurasi switching/proteksi yang sudah terakit ringkas sebagai RMU (*Ring Main Unit*). Peralatan switching incoming-outgoing berupa pemutus beban atau LBS (*Load Break Switch*) atau pemutus beban otomatis (PBO) atau CB (*Circuit Breaker*) yang bekerja secara manual (atau digerakkan dengan remote control).

Fault indicator (dalam hal ini PMFD : *Pole Mounted Fault Detector*) perlu dipasang pada section jaringan dan percabangan untuk memudahkan pencarian titik gangguan, sehingga jaringan yang tidak mengalami gangguan dapat dipulihkan lebih cepat.

### 2.3.2 Gardu Cantol

Pada gardu distribusi tipe cantol, transformator yang terpasang adalah transformator dengan daya  $\leq 100$  kVA Fase 3 atau Fase 1. Transformator terpasang adalah jenis CSP (*completely self protected transformer*) yaitu peralatan switching dan proteksinya sudah terpasang lengkap dalam tangki transformator.

Perlengkapan perlindungan transformator tambahan LA dipasang terpisah dengan penghantar pembumiannya yang dihubung langsung dengan badan transformator. Perlengkapan hubung bagi tegangan rendah maksimum 2 jurusan dengan saklar pemisah pada sisi masuk dan pengaman lebur (type NH, NT) sebagai pengaman jurusan. Semua bagian konduktif terbuka (BKT) dan bagian konduktif ekstra (BKE) dihubungkan dengan pembumian sisi tegangan rendah.



Gambar 2.4 Gardu tipe cantol (1)

### 2.3.3 Gardu Beton

Seluruh komponen utama instalasi yaitu transformator dan peralatan switching/proteksi, terangkai didalam bangunan sipil yang dirancang, dibangun dan difungsikan dengan konstruksi pasangan batu dan beton (masonry wall building).

Konstruksi ini dimaksudkan untuk pemenuhan persyaratan terbaik bagi keselamatan ketenagalistrikan.



Gambar 2.5 Gardu beton (1)

### 2.3.4 Gardu Kios

Gardu tipe ini adalah bangunan *prefabricated* terbuat dari konstruksi baja, fiberglass atau kombinasinya, yang dapat dirangkai di lokasi rencana pembangunan gardu distribusi. Terdapat beberapa jenis konstruksi, yaitu kios kompak, kios modular dan kios bertingkat.

Gardu ini dibangun pada tempat-tempat yang tidak diperbolehkan membangun gardu beton.

Karena sifat mobilitasnya, maka kapasitas transformator distribusi yang terpasang terbatas. Kapasitas maksimum adalah 400 kVA, dengan 4 jurusan tegangan rendah.

Khusus untuk kios kompak, seluruh instalasi komponen utama gardu sudah dirangkai selengkapnya di pabrik, sehingga dapat langsung di angkut kelokasi dan disambungkan pada sistem distribusi yang sudah ada untuk difungsikan sesuai tujuannya.



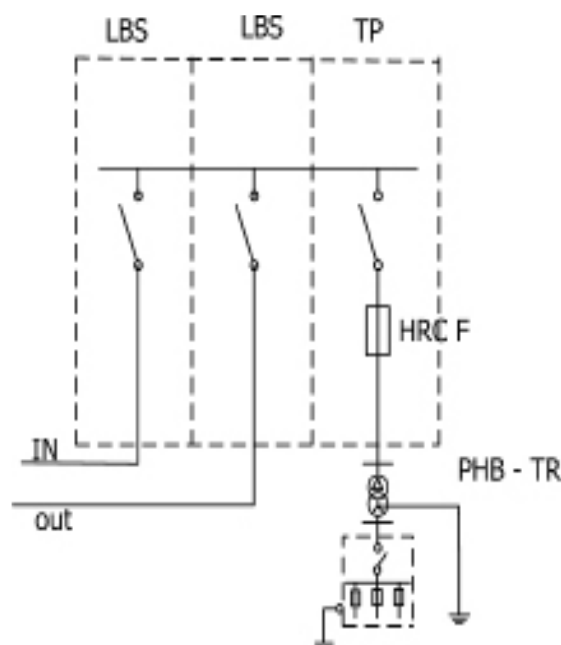
Gambar 2.6 Gardu kios (1)

### 2.3.5 Gardu Pelanggan Umum

Umumnya konfigurasi peralatan gardu pelanggan umum adalah  $\pi$  section, sama halnya seperti dengan gardu tiang yang dicatu dari SKTM. Karena

keterbatasan lokasi dan pertimbangan keandalan yang dibutuhkan, dapat saja konfigurasi gardu berupa **T section** dengan catu daya disuplai PHB-TM gardu terdekat yang sering disebut dengan **gardu antena**.

Untuk tingkat keandalan yang dituntut lebih dari gardu pelanggan umum biasa, maka gardu dipasok oleh SKTM lebih dari satu penyulang sehingga jumlah saklar hubung lebih dari satu dan dapat digerakan secara otomatis (**ACOS** : *automatic change over switch*) atau secara remote control.



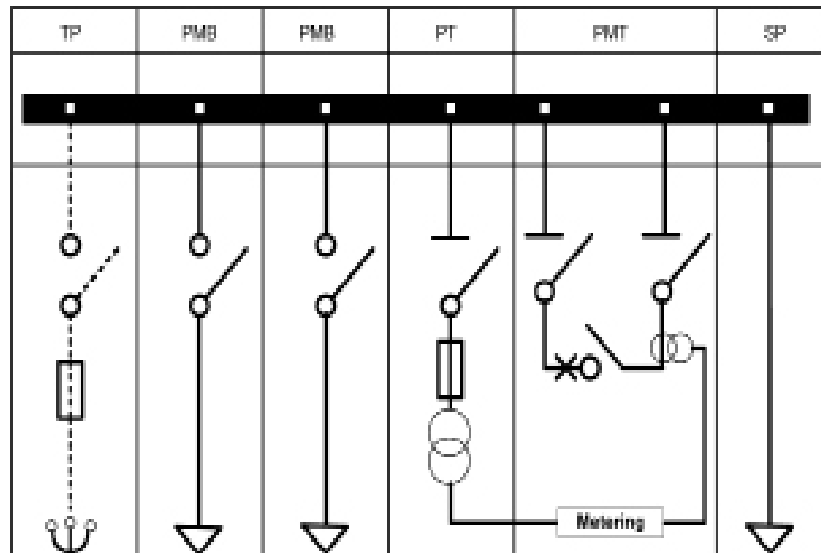
Gambar 2.7 Bagan satu garis konfigurasi  $\pi$  section gardu pelanggan umum (1)

### 2.3.6 Gardu Pelanggan Khusus

Gardu ini dirancang dan dibangun untuk sambungan tenaga listrik bagi pelanggan berdaya besar. Selain komponen utama peralatan hubung dan proteksi, gardu ini di lengkapi dengan alat-alat ukur yang dipersyaratkan.

Untuk pelanggan dengan daya lebih dari 197 kVA, komponen utama gardu distribusi adalah peralatan PHB-TM, proteksi dan pengukuran teganganmenengah. Transformator penurun tegangan berada di sisi pelanggan atau diluar area kepemilikan dan tanggung jawab PT PLN (Persero).

Pada umumnya, gardu pelanggan khusus ini dapat juga dilengkapi dengan transformator untuk melayani pelanggan umum.



Gambar 2.8 Bagan satu garis gardu pelanggan khusus (1)

Keterangan :

- TP = Pengaman Transformator
- PMB = Pemutus Beban – LBS
- PT = Trafo Tegangan
- PMT = Pembatas Beban Pelanggan
- SP = Sambungan Pelanggan

### 2.3.7 Gardu Hubung

Gardu Hubung disingkat GH atau switching substation adalah gardu yang berfungsi sebagai sarana manuver pengendali beban listrik jika terjadi gangguan aliran listrik, program pelaksanaan pemeliharaan atau untuk maksud mempertahankan kountinuitas pelayanan.

Isi dari instalasi gardu hubung adalah rangkaian saklar beban (LBS), dan atau pemutus tenaga yang terhubung paralel. Gardu hubung juga dapat dilengkapi sarana pemutus tenaga pembatas beban pelanggan khusus tegangan menengah.

Konstruksi gardu hubung sama dengan gardu distribusi tipe beton. Pada ruang dalam gardu hubung dapat dilengkapi dengan ruang untuk gardu distribusi yang terpisah dan ruang untuk sarana pelayanan kontrol jarak jauh.

Ruang untuk sarana pelayanan kontrol jarak jauh dapat berada pada ruang yang sama dengan ruang gardu hubung, namun terpisah dengan ruang gardu distribusinya.

Berdasarkan kebutuhannya gardu hubung dibagi menjadi:

1. Gardu hubung untuk 7 buah sel kubikel.
2. Gardu hubung untuk ( 7 + 7 ) buah sel kubikel.
3. Gardu hubung untuk ( 7 + 7 + 7 + 7 ) buah sel kubikel.

Penggunaan kelompok – kelompok sel tersebut bergantung atas sistem yang digunakan pada suatu daerah operasional, misalnya spindel, spotload, fork, bunga, dan lain – lain. Spesifikasi teknis sel – sel kubikel gardu hubung sama dengan spesifikasi teknis gardu distribusi, kecuali kemungkinan kemampuan arus nominalnya yang bisa berbeda.

#### **2.4 Transformator Distribusi**

Transformator distribusi adalah suatu peralatan listrik utama yang berperan penting untuk penyaluran daya listrik dalam suatu sistem distribusi yang berfungsi untuk menurunkan tegangan distribusi primer yang merupakan tegangan menengah menjadi tegangan rendah pada sisi sekunder.

Trafo distribusi yang umum digunakan adalah trafo stepdown 20/0,4 kV, tegangan fasa-fasa sistem JTR adalah 380 volt, karena terjadi drop tegangan maka tegangan rak TR dibuat diatas 380 volt agar tegangan pada ujung beban menjadi 380 volt.

Pada kumparan primer akan mengalir arus jika kumparan primer dihubungkan ke sumber listrik bolak-balik, sehingga pada inti transformer yang terbuat dari bahan feromagnet akan terbentuk sejumlah garis-garis gaya magnet ( $\text{flux} = \phi$ ).

Karena arus yang mengalir merupakan arus bolak-balik maka flux terbentuk pada inti akan mempunyai arah dan jumlah yang berubah-ubah. Jika arus yang mengalir berbentuk sinus maka flux yang terjadi akan berbentuk sinus pula. Karena

flux tersebut mengalir melalui inti yang mana padainti tersebut terdapat lilitan primer dan lilitan sekunder makapada inti primer dan sekunder tersebut akan timbul ggl (gayagerak listrik ) induksi, tetapi arah dari ggl induksi primerberlawanan dengan arah ggl induksi sekunder sedangkanfrekuensi masing-masing tegangan tersebut sama denganfrekuensi sumbernya. Hubungan tranformasi tegangan adalahsebagai berikut:

$$E_1 / E_2 = N_1 / N_2 = \alpha \quad (2.1)$$

$$E_1 = \alpha \cdot E_2 \quad (2.2)$$

$$E_1 / E_2 = I_2 / I_1 \quad (2.3)$$

$$N_1 / N_2 = I_2 / I_1 \quad (2.4)$$

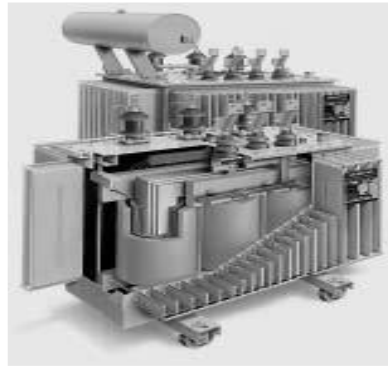
Keterangan :

- $E_1$  : tegangan induksi primer (V)
- $E_2$  : tegangan induksi sekunder (V)
- $N_1$  : jumlah lilitan belitan primer
- $N_2$  : jumlah lilitan belitan sekunder
- $I_1$  : arus primer (A)
- $I_2$  : arus sekunder (A)
- $\alpha$  : perbandingan transformator

#### 2.4.1 Transformator Distribusi Fase 3

Untuk transformator fase tiga , merujuk pada SPLN, ada tiga tipe vektor grup yang digunakan oleh PLN, yaitu **Yzn5**, **Dyn5** dan **Ynyn0**. Titik netral langsung dihubungkan dengan tanah. Untuk konstruksi, peralatan transformator distribusi sepenuhnya harus merujuk pada SPLN D3.002-1: 2007.

Transformator gardu pasangan luar dilengkapi bushing tegangan menengah isolator keramik. Sedangkan transformator gardu pasangan dalam dilengkapi bushing tegangan menengah isolator keramik atau menggunakan isolator *plug-in premoulded*.



Gambar 2.9 Transformator distribusi fasa 3 yang dibelah (1)

Tabel 2.1 Vektor grup dan daya transformator. (1)

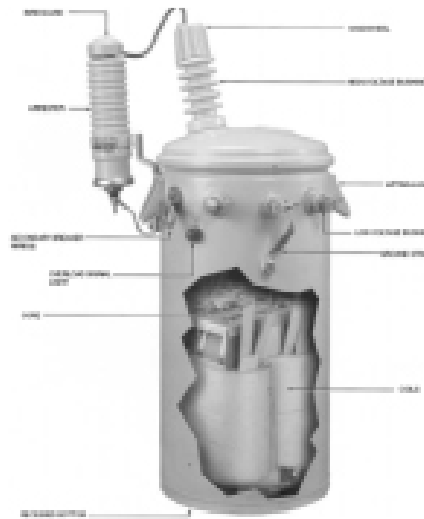
| No | Vektor Daya | Daya (kVA)   | Keterangan           |
|----|-------------|--|----------------------|
| 1  | Yzn5        | 50<br>100<br>160   | Untuk sistem 3 kawat |
| 2  | Dyn5        | 200<br>250<br>315<br>400<br>500<br>630                     | Untuk sistem 3 kawat |
| 3  | Ynyn0       | 50<br>100<br>160<br>200<br>250<br>315<br>400<br>500<br>630 | Untuk sistem 4 kawat |



## 2.4.2 Transformator Complete Self Protected

Transformator complete self protected adalah transformator distribusi yang sudah dilengkapi dengan pengaman lebur (*fuse*) pada sisi primer dan LBS pada sisi sekunder.

Spesifikasi teknis transformator ini merujuk pada SPLN No 95: 1994 dan SPLN D3.002-1: 2007.



Gambar 2.10 Transformator CSP ( completely self protected ) (1)

## 2.5 Perhitungan Terapan Beban Tersambung Transformator

### 2.5.1 Beban Tersambung Transformator Distribusi

Kapasitas daya transformator adalah sesuai dengan data teknis transformator pada nameplate-nya. Transformator dapat dibebani terus-menerus sesuai kapasitas dayanya dan dapat dibebani lebih besar dari kapasitas transformator dengan merujuk pada standar PLN yang berlaku. Daya tersambung pada transformator adalah total daya tersambung pada suatu transformator. Untuk menghitung besarnya beban pada transformator perlu diperhatikan faktor kebersamaan pelanggan sebagai berikut :

Tabel 2.2 Faktor kebersamaan (*I*)

| Jumlah sambungan jenis pelanggan Heterogen | Faktor Kebersamaan (coincidence faktor) Fk |
|--|--|
| 2 - 4                                      | 0,85                                       |
| 6 - 10                                     | 0,8  |
| 11 - 20                                    | 0,7  |
| 21 - 40                                    | 0,6  |
| >40  | 0,4  |

Metoda faktor kebersamaan ini efektif untuk variasi pelanggan yang heterogen (pertokoan, perumahan, dll). Untuk pelanggan dengan karakteristik yang sama misalnya pelanggan pada perumahan BTN/Perumnas/Rusun harus diambil angka kebersamaan yang lebih tinggi (sekitar 0,8– 0,9). Berdasarkan perhitungan kapasitas trafo dapat dibagi menjadi 2 cara, tergantung pelanggan yang digunakan seperti heterogen dan homogen.

- a) Rumus kapasitas transformator pada pelanggan heterogen

$$S \text{ total tersambung} = S_1 + S_2 + S_3 + \dots + S_n \quad (2.5)$$

$$S \text{ trafo} = f_k \sum \text{pelanggan} \times S \text{ total} \times f_k \sum \text{jurusan/saluran JTR} \quad (2.6)$$

- b) Rumus kapasitas trafo pada pelanggan homogen

$$S \text{ trafo} = f_k \text{pelanggan homogen} \times S \text{ total} \times f_k \sum \text{jurusan/saluran JTR} \quad (2.7)$$

Keterangan :

Strafo = daya semu trafo (KVA)

Fk = Faktor Kebersamaan

### 2.5.2 Kapasitas Transformator

Didalam sistem distribusi terdapat dua jenis transformator yang digunakan, yaitu :

- a. Jenis pasangan luar pada gardu portal, cantol

b. Jenis pemasangan dalam, pada gardu beton, kios atau pemasangan dalam ruang.

Untuk pemakaian pemasangan dalam ruang diperkirakan faktor temperatur ruang (*ambient temperature*) sebesar 30°C dengan pendinginan alami (ONAN). Data persentasi (%) impedansi transformator fasa-3 dan fasa-1, lihat Tabel 2.3

Tabel 2.3 Persentasi (%) impedansi transformator fasa-3 dan fasa -1.(1)

| No. | Kapasitas | Sistem  | Impedansi (%) |
|-----|-----------|---------|---------------|
| 1   | 25 KVA    | Fasa -2 | 4 %           |
|     |           | Fasa -1 | 4 %           |
| 2   | 50 KVA    | Fasa -3 | 4 %           |
|     |           | Fasa -2 | 4 %           |
|     |           | Fasa -1 | 4 %           |
| 3   | 100 KVA   | Fasa -3 | 4 %           |
| 4   | 160 KVA   | Fasa -3 | 4 %           |
| 5   | 250 KVA   | Fasa -3 | 4 %           |
| 6   | 315 KVA   | Fasa -3 | 4 %           |
| 7   | 400 KVA   | Fasa -3 | 4 %           |
| 8   | 630 KVA   | Fasa -3 | 4 %           |
| 9   | 1000 KVA  | Fasa -3 | 4,5 – 5 %     |

## 2.6 Komponen Gardu Distribusi

### 2.6.1 Lightning Arrester

Lightning arrester adalah suatu alat pelindung pada sistem tenaga listrik terhadap surja petir. Lightning arrester berfungsi sebagai pengaman tegangan lebih yang diakibatkan sambaran petir atau surja petir.

Lightning arrester di pasang pada transformator distribusi, khususnya pada pasangan luar untuk melindungi dari tegangan lebih akibat surja petir. LA dapat dipasang sebelum atau sesudah fuse cut out.

Nilai arus pengenal LA : 5 kA – 10 kA – 15 kA Untuk tingkat IKL diatas 110, sebaiknya tipe 15 kA. Sedang untuk perlindungan transformator yang dipasang pada tengah-tengah jaringan memakai LA 5 kA, dan di ujung jaringan dipasang LA – 10 kA.



Gambar 2.11 Lightning arrester (1)

Pemasangan LA sebelum atau sesudah FCO mempunyai keuntungan dan kerugian masing-masing.

Pemasangan LA sebelum FCO

1. Keuntungan : Pengamanan terhadap surja petir tidak dipengaruhi oleh kemungkinan FCO putus.
2. Kerugian :
  - 1) Kegagalan LA memadamkan sistem penyulang
  - 2) Penghantar LA lebih panjang

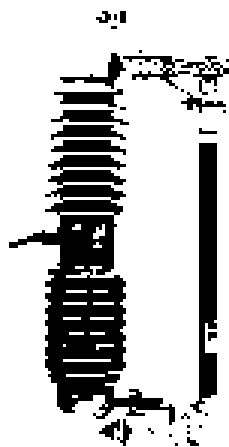
Pemasangan LA setelah FCO

1. Keuntungan : Jika LA rusak atau gagal, FCO putus tidak memadamkan sistem SUTM
2. Kerugian : fuse link rentan terhadap surja petir

### 2.6.2 Fuse Cut Out

*Fuse cut out* adalah suatu alat pengaman yang melindungi jaringan terhadap arus beban lebih (*over load current*) yang mengalir melebihi dari batas maksimum, yang disebabkan karena hubung singkat (*short circuit*) atau beban lebih (*over load*).

Pengaman lebur untuk gardu distribusi pasangan luar dipasang pada *fused cut out* dalam bentuk *fuse link*. Terdapat 3 jenis karakteristik *fuse link*, tipe-K (cepat), tipe-T (lambat) dan tipe-H yang tahan terhadap arus surja.



Gambar 2.12 Fuse cut out (1)

Data aplikasi pengaman lebur dan kapasitas transformatornya dapat dilihat pada tabel. Apabila tidak terdapat petunjuk yang lengkap, nilai arus pengenal pengaman lebur sisi primer tidak melebihi 2,5 kali arus nominal primer transformator. Jika sadapan *lightning arrester* sesudah *fuse cut out*, dipilih *fuse link* tipe-H. Jika sebelum *fuse cut out* dipilih *fuse link* tipe-K.

Sesuai publikasi IEC 282-2 (1970)/NEMA) di sisi primer berupa pelebur jenis pembatas arus. Arus pengenal pelebur jenis letupan (*expulsion*) tipe-H (tahan surja kilat) tipe-T (lambat) dan tipe-K (cepat) menurut publikasi IEC No. 282-2 (1974) – NEMA untuk pengaman berbagai daya pengenal transformator, dengan atau tanpa koordinasi dengan pengamanan sisi sekunder.

Untuk menentukan besar rating arus pada *fuse link* dapat menggunakan Persamaan 2.9 dan ukuran besar fuse link dapat dilihat pada Tabel 2.4

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_p} \quad (2.8)$$

$$I \text{ Fuse Link} = I_n \times 200\% \quad (2.9)$$

Keterangan :

- $I_n$  : arus nominal sisi primer transformator (A)  
 $S$  : daya transformator (VA)  
 $V_p$  : tegangan sisi primer transformator (V)  
 $I$  fuse link : rating arus pada fuse link (A)

Tabel 2.4 Spesifikasi Fuse Cut-Out (FCO) dan Fuse Link (expulsion type)  
Tegangan Menengah (Publikasi IEC No. 282-2 – NEMA). (1)

| Daya Trafo<br>Distribusi<br>(KVA)   | Arus nominal<br>(A) | Arus Pengenal fuse link (A) |           |
|---|---------------------|-----------------------------|-----------|
|   |                     | Min                         | Maks      |
| <u>Fuse – tunggal</u>   |                     |                             |           |
| 25  | 2,2                 | 3,13 H                      | 3,13 H    |
| 50  | 4,3                 | 5 H                         | 6,3 H     |
| <u>Fasa - Tiga</u>  |                     |                             |           |
| 50  | 1,44                | 2 H                         | 2 H       |
| 100   | 2,89                | 5 H                         | 6,3 K, T  |
| 160   | 4,6                 | 6,3 H                       | 8 K, T    |
| 200   | 5,78                | 6,3 H                       | 10 K, T   |
| 250   | 7,22                | 8 T                         | 12,5 K, T |
| 315   | 9,09                | 10 T                        | 12,5 K, T |
| 400   | 11,55               | 12,5 T                      | 16 K, T   |
| 500   | 14,43               | 20 T                        | 25 K, T   |
| 630   | 18,18               | 25 T                        | 31,5 K, T |
| Catatan : <b>K</b> : Pelebur tipe cepat<br><b>T</b> : Pelebur tipe lambat<br><b>H</b> : Pelebur tahan surja petir |                     |                             |           |

### 2.6.3 Pemisah ( Disconnecting Switch )

Pada saluran masuk PHB-TR dipasang pemutus beban (LBS) atau NFB ( no fuse breaker), sebagai saklar utama. *No fused breaker* adalah breaker/pemutus dengan sensor arus, apabila ada arus yang melewati peralatan tersebut melebihi kapasitas breaker, maka sistem magnetik dan bimetalic pada peralatan tersebut akan bekerja dan memerintahkan breaker melepaskan beban. Pemisah hanya boleh dioperasikan dalam keadaan tidak berbeban.



Gambar 2.13 Disconnecting switch (4)

Untuk menentukan besar arus pengenal pemisah dapat menggunakan persamaan :

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_s} \quad (2.10)$$

$$I \text{ Pemisah} = I_n \times 115\% \quad (2.11)$$

Keterangan :

- $I_n$  : arus nominal sisi sekunder transformator (A)
- $S$  : daya transformator (VA)
- $V_s$  : tegangan sekunder transformator (V)
- $I \text{ Pemisah}$  : rating arus pada pemisah (A).

Tabel 2.5 Jenis pelebur pembatas arus transformator distribusi. (1)

| Trafo distribusi                              |                   | Pelebur / tipe **) Arus pengenal (A) |      |        |      | Pelebur Sekunder (230/400V) |      |
|---|-------------------|--------------------------------------|------|--------|------|-----------------------------|------|
| Daya Pengenal (kVA)                           | Arus pengenal (A) | Tipe T                               |      | Tipe K |      | Arus Pengenal (A)           |      |
|   |                   | Min                                  | Maks | Min    | Maks | Min                         | Maks |
| Fasa tunggal $\frac{20 \text{ kV}}{\sqrt{3}}$ |                   |                                      |      |        |      |                             |      |
| 16  | 1,3856            | -                                    | -    | 6,3    | 6,3  | 80                          | 100  |
| 25  | 2,1651            | 6,3                                  | 6,3  | 6,3    | 6,3  | 125                         | 125  |
| 50  | 4,3301            | 10                                   | 10   | 10     | 16   | 250                         | 250  |
| Fasa tiga 20 kV                               |                   |                                      |      |        |      |                             |      |
| 50  | 1,4434            | -                                    | -    | 6,3    | 6,3  | 80                          | 100  |
| 100   | 2,8867            | 6,3                                  | 8    | 6,3    | 10   | 160                         | 200  |
| 160   | 4,6188            | 10                                   | 12,5 | 10     | 12,5 | 250                         | 250  |
| 200   | 5,7735            | 10                                   | 12,5 | 16     | 20   | 315                         | 315  |
| 250   | 7,2169            | 16                                   | 16   | 16     | 25   | 400                         | 400  |
| 315   | 9,0933            | 20                                   | 25   | 20     | 31,5 | 500                         | 500  |
| 400   | 11,5470           | 25                                   | 25   | 25     | 40   | 630                         | 630  |
| 500   | 14,4337           | 25                                   | 31,5 | 31,5   | 40   | 800                         | 800  |
| 630   | 18,1765           | 40                                   | 40   | 40     | 63   | 1000                        | 1000 |
| 800   | 23,0940           | 50                                   | 63   | 50     | 80   | 1250                        | 1250 |
| 1000  | 28,8675           | 63                                   | 63   | 63     | 100  | 1600                        | 1600 |

#### 2.6.4 Pengaman Lebur ( Sekring )

Pengaman lebur adalah suatu alat pemutus yang dengan meleburnya bagian dari komponennya yang telah dirancang dan disesuaikan ukurannya untuk membuka rangkaian dimana sekering tersebut dipasang dan memutuskan arus bila arus tersebut melebihi suatu nilai tertentu dalam jangka waktu yang cukup (SPLN 64:1985:1).



Fungsi pengaman lebur dalam suatu rangkaian listrik adalah untuk setiap saat menjaga atau mengamankan rangkaian berikut peralatan atau perlengkapan yang tersambung dari kerusakan, dalam batas nilai pengenalnya (SPLN 64:1985:24).

Berdasarkan konstruksinya pengaman lebur untuk tegangan rendah dapat digolongkan menjadi :

#### 2.6.4.1 Pelebur Tabung Semi Terbuka

Pelebur ini mempunyai harga nominal sampai 1000 Ampere. Penggunaannya sebagai pengaman pada saluran induk jaringan tegangan rendah, saluran induk instalasi penerangan maupun instalasi tenaga. Apabila elemen lebur dari pelebur ini putus dapat dengan mudah diganti.

#### 2.6.4.2 Pelebur Tabung Tertutup (tipe NH atau NT)

Jenis pengaman lebur ini paling banyak digunakan. Pemilihan besar rating pengaman pelebur sesuai dengan kapasitas transformator. Untuk menentukan besar arus pengenal pada pengaman lebur dapat menggunakan persamaan :

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \times V_s} \quad (2.12)$$

$$\text{Arus tiap jurusan} = \frac{I_n}{\sum \text{jurusan} \times f_k} \quad (2.13)$$

$$I \text{ NH Fuse} = I_n (125 \% \text{ — } 175\%) \quad (2.14)$$

Keterangan :

|                     |   |                                     |
|---------------------|---|-------------------------------------|
| $I_n$               | : | arus nominal (A)                    |
| $V_s$               | : | tegangan sekunder transformator (V) |
| $S$                 | : | daya transformator (VA)             |
| $f_k$               | : | faktor kebersamaan                  |
| $I \text{ NH Fuse}$ | : | rating arus pada NH fuse (A).       |

Tabel 2.6 Spesifikasi pengaman lebur (NH-fuse) tegangan rendah. (1)

| Jenis Penghantar     | Ukuran Penampang Penghantar (mm <sup>2</sup> ) | KHA Penghantar | Arus Pengenal Maksimum |
|----------------------|--|----------------|------------------------|
|                      |  | (A)            | NH-fuse (A)            |
| Kabel Pilin Udara    | 35 (Al)  | 125            | 125                    |
|                      | 50 (Al)  | 154            | 150                    |
|                      | 70 (Al)  | 196            | 200                    |
| Penghantar Telanjang | 25 (Cu)  | 175            | 160                    |
|                      | 35 (Cu)  | 200            | 200                    |
|                      | 50 (Cu)  | 250            | 250                    |
|                      | 70 (Cu)  | 310            | 315                    |
|                      | 35 (Al)  | 180            | 160                    |
|                      | 50 (Al)  | 225            | 200                    |
|                      | 70 (Al)  | 270            | 250                    |

## 2.7 Penghantar

Penghantar adalah salah satu komponen utama yang berperan untuk menyalurkan arus dari satu bagian ke bagian lain dan juga untuk menghubungkan bagian-bagian yang dirancang bertegangan sama.

Bahan konduktor yang paling umum digunakan adalah tembaga dan aluminium. Dilihat dari jenis bahan isolasi yang digunakan, penghantar terdiri dari 2 jenis yaitu penghantar telanjang atau kawat dan penghantar berisolasi atau kabel.

1. Kawat penghantar tanpa isolasi (telanjang) yang dibuat dari Cu dan Al, sebagai contoh BC, BCC, A2C, A3C, ACSR.
2. Kabel penghantar yang terbungkus isolasi, ada yang berinti tunggal atau banyak, ada yang kaku atau berserabut, ada yang dipasang di udara atau di

dalam tanah, dan masing-masing digunakan sesuai dengan kondisi pemasangannya.

Saluran udara tegangan rendah memakai penghantar jenis kabel pilin (NFAAX-T) dengan penampang berukuran luas penampang 35 mm<sup>2</sup>, 50 mm<sup>2</sup> dan 70 mm<sup>2</sup> serta penghantar tak berisolasi AAC, AAAC, BCC dengan penampang 25 mm<sup>2</sup>, 35 mm<sup>2</sup> dan 50 mm<sup>2</sup>.

Penghantar tak berisolasi secara umum tidak dikembangkan lagi. Saluran kabel bawah tanah memakai kabel tanah dengan pelindung metal, berisolasi PVC, berinti tembaga atau aluminium NYFGbY atau NYAFGBY dengan penampang berukuran luas 25 mm<sup>2</sup>, 35 mm<sup>2</sup>, 50 mm<sup>2</sup>, 70 mm<sup>2</sup> dan 95 mm<sup>2</sup>.

## 2.8 Kemampuan Hantar Arus / Kuat Hantar Arus

Kemampuan hantar arus (menurut SNI 04-0225-2000) atau kuat hantar arus (menurut SPLN 70-4 : 1992) suatu penghantar dibatasi dan ditentukan berdasarkan batasan – batasan dari aspek lingkungan, teknis material serta batasan pada konstruksi penghantar tersebut yaitu :

- a. Temperatur lingkungan
- b. Jenis penghantar temperatur lingkungan awal
- c. Temperatur penghantar akhir
- d. Batas kemampuan termis isolasi
- e. Faktor tiupan angin
- f. Faktor disipasi panas media lingkungan

Apabila terjadi penyimpangan pada ketentuan batasan tersebut diatas maka kemampuan hantar arus/ kuat hantar arus (KHA) penghantar harus dikoreksi.

$$KHA = I_n \times 125\% \quad (2.15)$$

Keterangan :

$I_n$  : arus nominal beban (A)

KHA : kemampuan hantar arus (A)

Hasil dari perhitungan kemampuan hantar arus digunakan untuk menentukan besar penampang penghantar yang digunakan berdasarkan Tabel 2.7

Tabel 2.7 KHA kabel pilin tegangan rendah berinti alumunium berisolasi  
XLPE atau PVC pada suhu keliling 30° C. (1)

| Jenis Kabel | Penampang nominal | KHA terus menerus | Penggunaan              |
|-------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| 1           | 2                 | 3                 | 4                       |
| NFA2X       | 3 x 35 + 25       | 125               | Saluran tegangan rendah |
|             | 3 x 50 + 35       | 154               |                         |
|             | 3 x 70 + 50       | 196               |                         |
|             | 3x 95 + 70        | 242               |                         |
|             | 2 x 10 re         | 54                |                         |
|             | 2 x 10 rm         | 54                |                         |
|             | 2 x 16 rm         | 72                |                         |
|             | 4 x 10 re         | 54                |                         |
|             | 4 x 10 rm         | 54                |                         |
|             | 4 x 16 rm         | 72                |                         |
|             | 4 x 25 rm         | 102               |                         |

## 2.9 Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan atau jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar.

Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam % atau dalam besaran volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Perhitungan jatuh tegangan praktis pada batas-batas tertentu dengan hanya menghitung besarnya tahanan masih dapat dipertimbangkan, namun pada sistem jaringan khususnya pada sisitem tegangan menengah masalah indukstansi dan kapasitansinya diperhitungkan karena nilainya cukup berarti.(4)

Perhitungan jatuh tegangan dengan rumus konvensional adalah :

$$\Delta V = \frac{P}{\sqrt{3}V} (r + x \tan \phi) \text{ volt/km} \quad (2.16)$$

$$\tan \phi = \frac{x}{r} \quad (2.17)$$

$$\% \text{ drop voltage} = \frac{\Delta V}{V} \times 100 \% \quad (2.18)$$

Rumus tersebut memberikan hubungan antara jatuh tegangan  $\Delta v$ , P dan panjang penghantar L, dengan kondisi beban berada pada ujung penghantar.

Keterangan :

P = beban dalam [Watt]

V = tegangan antara dua saluran

$\Delta V$  = jatuh tegangan [Volt]

r = resistansi/km

x = reaktansi/km

Variasi tegangan pelayanan ditetapkan maksimum +5% dan minimum 10% terhadap tegangan nominal.(4)

Tabel 2.8 Variasi Tegangan Pelayanan. (3)

| Tegangan Nominal<br>(V) | Variasi Tegangan Pelayanan<br>(%) |
|-------------------------|-----------------------------------|
| 230/400                 | +5%. -10%                         |
| 400/690                 |                                   |
| 1000                    |                                   |

Tabel 2.9 Resistansi dan reaktansi penghantar twisted cable. (3)

| No. | Penampang<br>Penghantar mm <sup>2</sup> | Resistansi AC-<br>35 Ω/km | Reaktansi<br>Ω/km |
|-----|---|---------------------------|-------------------|
| 1   | 35                                      | 0,986                     | 0,0826            |
| 2   | 50                                      | 0,678                     | 0,0816            |
| 3   | 70                                      | 0,449                     | 0,0807            |
| 4   | 95                                      | 0,362                     | 0,0773            |

## 2.10 Faktor Daya

Faktor daya yang dinotasikan  $\cos \phi$  didefinisikan sebagai perbandingan

antara arus yang dapat menghasilkan kerja didalam suatu rangkaian terhadap arus total yang masuk kedalam rangkaian atau dapat dikatakan sebagai perbandingan daya aktif (kW) dan daya semu (kVA). (*Rizal, 2012*).

Faktor daya merupakan salah satu indikator baik buruknya kualitas daya listrik. Faktor daya didefinisikan sebagai perbandingan antara daya aktif dan daya reaktif. Faktor daya disimbolkan sebagai  $\cos \varphi$ , dimana:

$$\cos \varphi = \text{pf} = \frac{P}{S}$$

Daya aktif adalah daya yang digunakan sistem untuk bekerja. Sedang daya reaktif adalah daya yang digunakan sistem untuk membangkitkan medan. Pada suatu tegangan V, daya aktif, daya reaktif dan daya total adalah sebanding dengan arus dan akan sesuai dengan persamaan 2, yaitu:

$$\begin{aligned} |S| &= \sqrt{P^2 + Q^2} \\ &= \sqrt{(V \cdot I \cdot \cos \varphi)^2 + (V \cdot I \cdot \sin \varphi)^2} \end{aligned}$$

### 2.10.1 Perbaikan Faktor Daya

Perbaikan faktor daya umumnya adalah penambahan komponen sebagai pembangkit daya reaktif (Reaktif power generation) yang memungkinkan untuk mensuplai kebutuhan kVAR pada beban-beban induktif, untuk merencanakan suatu sistem dalam memperbaiki faktor daya, dapat dipergunakan suatu konsep yaitu kompensator ideal, dimana sistem ini dapat dihubungkan pada titik penyambungan secara paralel dengan beban dan memenuhi 3 fungsi utama, yaitu memperbaiki faktor daya mendekati nilai 1 (unity power factor), mengurangi atau mengeliminasi regulasi tegangan dan menyeimbangkan arus beban dan tegangan fasa. Untuk memenuhi kebutuhan daya reaktif yang efektif dan efisien, maka perlu dilakukan pemilihan sumber daya reaktif untuk perbaikan faktor daya (*Stevenson, 1993*)

### 2.11 Rugi Daya (*Power Losses*)

Dalam menentukan distribusi beban secara ekonomis diantara stasiun-stasiun

dijumpai keperluan untuk mempertimbangkan kehilangan daya dalam saluran-saluran distribusi. Hilang daya (rugi daya) utama pada saluran adalah besarnya daya yang hilang pada saluran, yang besarnya sama dengan daya yang disalurkan dari sumber daya yang dikurangi besarnya daya yang diterima pada perlengkapan hubungan bagi utama. Rugi daya dipengaruhi oleh tahanan dan besarnya arus yang mengalir pada saluran, hingga timbul rugi energi berupa panas yang hilang pada saluran.(7)

Besarnya rugi daya satu fasa dinyatakan dengan persamaan :

$$\Delta P = I^2 \times R \text{ ( Watt )}$$

keterangan :

$\Delta P$  = Rugi daya pada saluran

$I$  = Arus beban pada saluran

$R$  = Tahanan Murni

Untuk rugi-rugi daya pada saluran tiga fasa dinyatakan oleh persamaan :

$$\Delta P = 3 \times I^2 \times R \text{ (Watt)}$$

Dengan mengabaikan arus kapasitif pada saluran, maka arus di sepanjang kawat dapat dianggap samadan besarnya adalah sama dengan arus pada ujung penerima :

$$I = \frac{P}{3 \times V \times I \times \cos \phi} \text{ (amper)}$$

Besarnya daya pada saluran tiga fasa adalah :

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \text{ (Watt)}$$

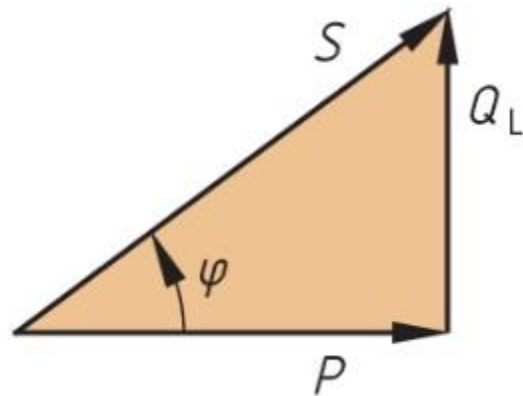
keterangan :

$P$  = Daya beban pada ujung penerima saluran (Watt)

$V$  = Tegangan phasa (Volt)

$\cos \varphi$  = faktor daya beban.

## 2.12 Segitiga Daya



Gambar 2.14 Segitiga Daya

(Daya aktif, Daya Reaktif, dan Daya Semu).(4)

Daya aktif (**P**) digambarkan dengan garis horizontal yang lurus. *Daya reaktif (Q)* berbeda sudut sebesar  $90^\circ$  dari daya aktif. Sedangkan *daya semu (S)* adalah hasil penjumlahan secara vektor antara *daya aktif* dengan *daya reaktif*. Jika mengetahui dua dari ketiga daya maka dapat menghitung salah satu daya yang belum diketahui dengan menggunakan persamaan berikut :

|                              |                                |                             |
|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| $P^2 = S^2 - Q^2$            | $Q^2 = S^2 - P^2$              | $S^2 = P^2 + Q^2$           |
| $P = \sqrt{S^2 - Q^2}$       | $Q = \sqrt{S^2 - P^2}$         | $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$      |
| <small>1. Daya Aktif</small> | <small>2. Daya Reaktif</small> | <small>3. Daya Semu</small> |

Keterangan :

P = Daya aktif

Q = Daya reaktif

S = Daya semu



## 2.13 Metode Newton-Raphson

Metode Newton-Raphson adalah metode pencarian akar suatu fungsi  $f(x)$  dengan pendekatan satu titik, dimana fungsi  $f(x)$  mempunyai turunan. Metode ini dianggap lebih mudah dari Metode Bagi-Dua (Bisection Method) karena metode ini menggunakan pendekatan satu titik sebagai titik awal. Semakin dekat titik awal yang kita pilih dengan akar sebenarnya, maka semakin cepat konvergen ke akarnya.

### 2.13.1 Prosedur Metode Newton :

Menentukan  $x_0$  sebagai titik awal, kemudian menarik garis lurus (misal garis  $l$ ) yang menyinggung titik  $f(x_0)$ . Hal ini berakibat garis  $l$  memotong sumbu  $x$  di titik  $x_1$ . Setelah itu diulangi langkah sebelumnya tapi sekarang  $x_1$  dianggap sebagai titik awalnya. Dari mengulang langkah-langkah sebelumnya akan mendapatkan  $x_2, x_3, \dots, x_n$  dengan  $x_n$  yang diperoleh adalah bilangan riil yang merupakan akar atau mendekati akar yang sebenarnya.

Perhatikan gambar diatas untuk menurunkan rumus **Metode Newton-Raphson**

persamaan garis  $l : y - y_0 = m(x - x_0)$

$$y - f(x_0) = f'(x_0)(x - x_0)$$

$x_1$  adalah perpotongan garis  $l$  dengan sumbu  $x$

$$0 - f(x_0) = f'(x_0)(x_1 - x_0)$$

$y = 0$  dan  $x = x_1$  maka koordinat titik  $(x_1, 0)$

$$-\frac{f(x_0)}{f'(x_0)} = (x_1 - x_0)$$

$$x_1 = x_0 - \frac{f(x_0)}{f'(x_0)}$$

$$x_2 = x_1 - \frac{f(x_1)}{f'(x_1)}$$

·

·

·

$$x_n = x_{n-1} - \frac{f(x_{n-1})}{f'(x_{n-1})} \text{ untuk } n = 1, 2, 3, \dots (6)$$

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian**

Waktu penelitian analisis jaringan distribusi ini dimulai pada bulan Februari sampai dengan bulan Juni 2013, yang berlokasi di Jalan Jakarta 1 perumahan Paras 1 Samarinda dan PT. PLN Rayon Samarinda Ulu.

#### **3.2 Jenis Data dan Sumber Data**

Data – data yang diambil dalam penelitian ini adalah data yang berhubungan dengan jaringan distribusi pada perumahan Bukit Indah Permai Samarinda yang meliputi :

1. Data pelanggan pada perumahan tersebut
2. Panjang saluran dan jumlah saluran distribusi sekunder pada perumahan tersebut
3. Besarnya kapasitas dan spesifikasi komponen jaringan distribusi yang terpasang pada perumahan tersebut, seperti transformator, pemangian, dan penghantar
4. Gambar denah lokasi

#### **3.3 Teknik Pengumpulan Data**

1. Studi Pustaka

Untuk mencari data autentik mengenai penelitian gardu distribusi dan jaringan distribusi sekunder yang mendukung, seperti definisi-definisi, rumus-rumus, dan standar yang dibutuhkan.

2. Survei Lapangan

Untuk memperoleh data-data lapangan yang dibutuhkan, perlu dilakukan survei lapangan. Sehingga dapat mengetahui lokasi dan keadaan yang sebenarnya yang ada di lapangan, agar dapat memudahkan dalam penulisan laporan tugas akhir.

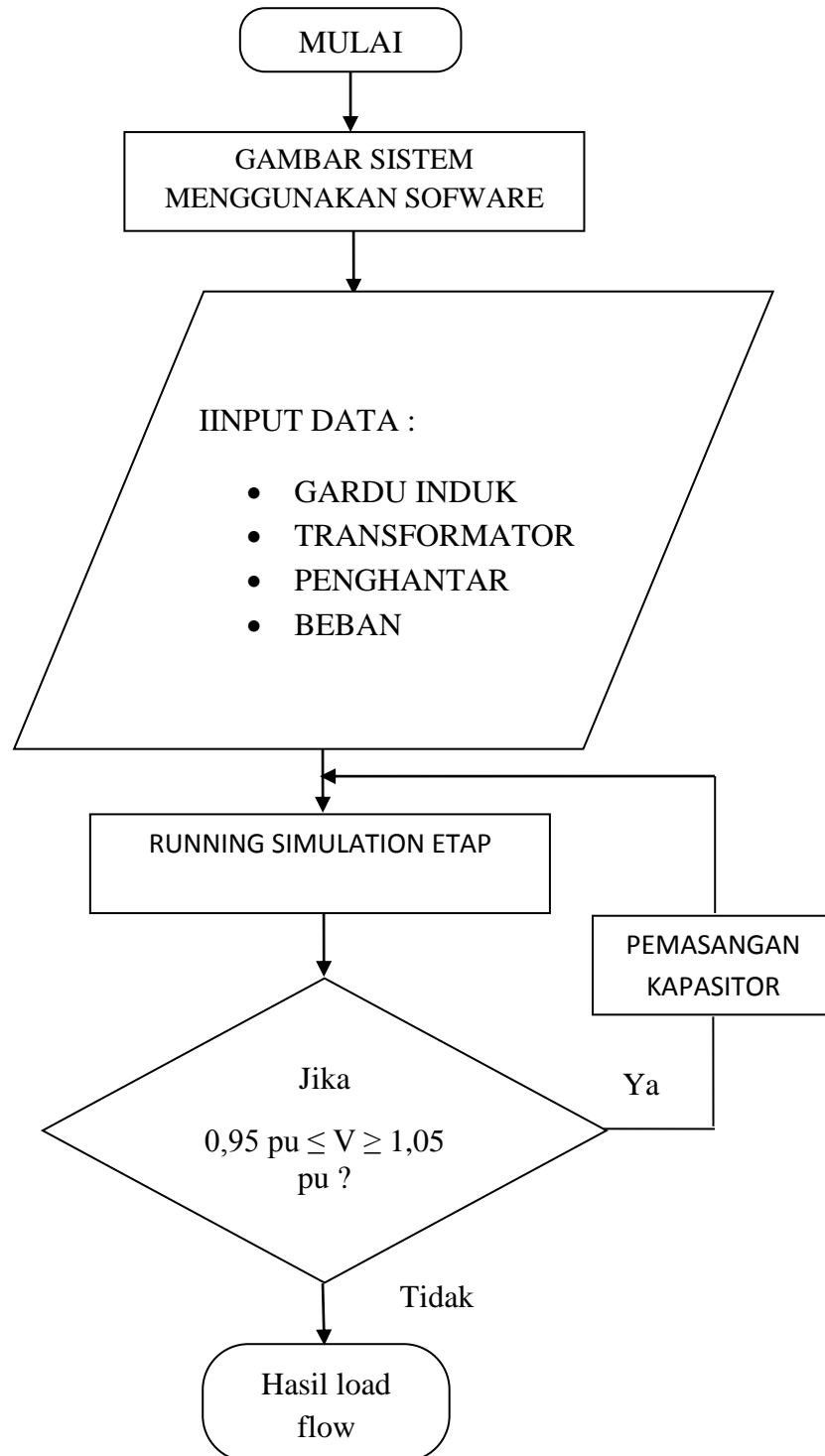
3. Wawancara Dengan Pihak Yang Terkait

Untuk memperoleh data dan informasi yang diperlukan dalam penelitian maka, dilakukan wawancara dengan pihak yang terkait.

4. Konsultasi Dengan Dosen Pembimbing

Untuk memperoleh saran-saran yang dapat mendukung penulisan tugas akhir ini agar menjadi suatu karya ilmiah yang baik.

### 3.4 FLOWCHART PEYELESAIAN MASALAH



Gambar 3.1 Flowchart Penyelesaian masalah.

## **BAB IV**

### **4. ANALISA DAN HASIL**

#### **4.1 Sistem Jaringan Distribusi Pada Perumahan Paras 1 Di Samarinda**

Distribusi tenaga listrik pada perumahan Paras 1 dilayani dengan dua buah gardu distribusi yaitu LBK 0954 dan LBK 955. Kedua gardu tersebut menggunakan jenis gardu pasangan luar tipe portal dengan kapasitas transformator masing – masing 100 KVA. Jenis saluran distribusi tenaga listrik yang digunakan pada perumahan Paras 1 adalah jenis saluran udara.

Gardu distribusi LBK 0954 dan LBK 0955 digunakan untuk melayani 115 pelanggan dengan daya sebesar 900 VA setiap pelanggan. Dari total 115 pelanggan, 63 pelanggan dilayani gardu LBK 0954 dan 52 pelanggan dilayani gardu LBK 0955.

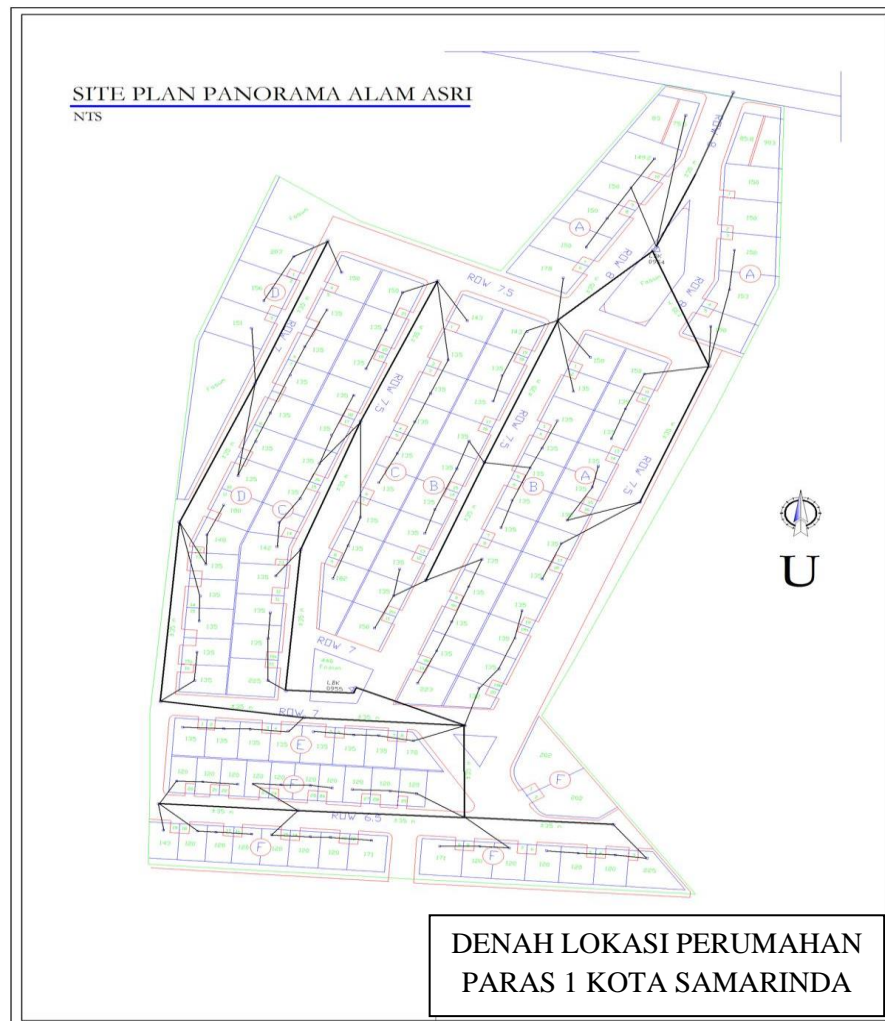
#### **4.2 Single line Sistem Distribusi Perumahan Paras 1 Samarinda**

Single line diagram, terjemahan ke dalam bahasa Indonesia adalah diagram satu jalur. Single line diagram itu biasanya memuat jalur listrik dari sumber utama (misalkan generator) sampai ke beban (user).

Single line diagram merupakan ringkasan dari gambar listrik 3 fasa. Silahkan liat gambar dibawah, anggap saja ada sebuah circuit breaker (CB) 3 pole dilalui oleh sebuah listrik 3 fasa (R, S dan T). Gambar warna merah menyatakan bahwa ada 3 buah garis yang mewakili listrik 3 fasa (R, S dan T).

Untuk memulai simulasi sistem kelistrikan pada Perumahan Paras 1 Samarinda dalam *software ETAP*, maka terlebih dahulu digambarkan rangkaian kelistrikan tersebut ke dalam lembar kerja pada software kemudian disimulasi sesuai dengan urutan langkah kerja dan menganalisa hasilnya.

Berikut gambar distribusi pada perumahan paras 1 Samarinda :



**Gambar 4.1 Single Line Diagram Lokasi**

#### **4.3 Data Pembebanan Pada Sistem Distirbusi Perumahan Paras 1 Samarinda.**

Sebelum pengisian data dalam program *ETAP* maka di perlukan data – data hasil penelitian dilapangan, data tersebut meliputi data pembebanan yaitu pada tabel 4.1 sebagai berikut :

## 4.3.1 GARDU LBK 0954

| N O | IDPEL        | DAYA | GOLTARIF | NAMA PLG                      | BLOK/N O |
|-----|--------------|------|----------|-------------------------------|----------|
| 1   | 231563067824 | 900  | R1T      | BAEQUNI-1                     | A-04     |
| 2   | 231563067824 | 900  | R1T      | BAEQUNI-2                     | A-05     |
| 3   | 231563067824 | 900  | R1T      | ISTIADI, ST                   | A-06     |
| 4   | 231563067824 | 900  | R1T      | L RATNA M                     | A-07     |
| 5   | 231563067824 | 900  | R1T      | YESSY PARASAMYA, ST           | A-08     |
| 6   | 231563067824 | 900  | R1T      | ADRI ERAWATI                  | A-09     |
| 7   | 231563067824 | 900  | R1T      | ATIEK SUHARTI                 | A-10     |
| 8   | 231563067824 | 900  | R1T      | SAMSUL                        | A-11     |
| 9   | 231563067824 | 900  | R1T      | DONYADI SAPUTRA, <u>S.Hut</u> | A-12     |
| 10  | 231563067824 | 900  | R1T      | DRS MARYADI SUBANDI           | A-13     |
| 11  | 231563067824 | 900  | R1T      | SUNARTO, SE                   | A-14     |
| 12  | 231563067824 | 900  | R1T      | ZUBAIDAH                      | A-15     |
| 13  | 231563067824 | 900  | R1T      | MADIANOOR                     | A-16     |
| 14  | 231563067824 | 900  | R1T      | FLOURENSIA R                  | A-17     |
| 15  | 231563067824 | 900  | R1T      | RAMADHAN MANSYUR              | A-18     |
| 16  | 231563067824 | 900  | R1T      | ABDUSSAYHID                   | A-19     |
| 17  | 231563067824 | 900  | R1T      | SRI HERMAWAN                  | A-19A    |
| 18  | 231563067824 | 900  | R1T      | A. AISYIAH LYDIA FACHRIAL     | A-19B    |
| 19  | 231563067824 | 900  | R1T      | PURWANTO, <u>S.Sos</u>        | A-20     |
| 20  | 231563067857 | 900  | R1T      | EMA BUDI ASTUTIK              | B1       |
| 21  | 231563067899 | 900  | R1T      | ZAINUDDIN, <u>SPd</u>         | B-02     |
| 22  | 231563067904 | 900  | R1T      | HADI DHARMA WIJAYA            | B-03     |
| 23  | 231563067912 | 900  | R1T      | NIDAUL HUSNA                  | B-04     |
| 24  | 231563067920 | 900  | R1T      | H. ASIKIN NOOR                | B-05     |
| 25  | 231563067865 | 900  | R1T      | H. ASIKIN NOOR                | B-06     |
| 26  | 231563067873 | 900  | R1T      | HAIRANI                       | B-07     |
| 27  | 231563067881 | 900  | R1T      | SYAHRANI                      | B-08     |

|    |              |     |     |                            |       |
|----|--------------|-----|-----|----------------------------|-------|
| 28 | 231563068505 | 900 | R1T | SAHARUNA                   | B-09  |
| 29 | 231563067777 | 900 | R1T | REFAUZI EMRAN, <u>Drs.</u> | B-9A  |
| 30 | 231563067808 | 900 | R1T | REFAUZI EMRAN, <u>Drs.</u> | B-9B  |
| 31 | 231563067592 | 900 | R1T | SUPIADI                    | B-10  |
| 32 | 231563067568 | 900 | R1T | REFAUZI EMRAN, <u>Drs.</u> | B-11  |
| 33 | 231563067576 | 900 | R1T | VENNY INDRIYANI            | B-11A |
| 34 | 231563067615 | 900 | R1T | SUPRIYADI YANSYAH          | B-12  |
| 35 | 231563067623 | 900 | R1T | LISTIANA                   | B-13  |
| 36 | 231563067631 | 900 | R1T | ABDUL BASID                | B-14  |
| 37 | 231563067656 | 900 | R1T | SUPIADI                    | B-15  |

Lanjutan

| NO | IDPEL        | DAYA | GOLTARIF | NAMA PLG                    | BLOK/NO |
|----|--------------|------|----------|-----------------------------|---------|
| 38 | 231563067649 | 900  | R1T      | FARUQ                       | B-16    |
| 39 | 231563067664 | 900  | R1T      | MARINA NAFARIN              | B-17    |
| 40 | 231563067672 | 900  | R1T      | DODY HASRIZAL               | B-18    |
| 41 | 231563067680 | 900  | R1T      | AGUNG SUKACA                | B-19    |
| 42 | 231563067698 | 900  | R1T      | FAISAL SYAMSU               | C-1     |
| 43 | 231563067736 | 900  | R1T      | RAHMAT HIDAYAT              | C-2     |
| 44 | 231563067702 | 900  | R1T      | DHANY HADIWIJAYA            | C-3     |
| 45 | 231563067710 | 900  | R1T      | SARIYATUN                   | C-4     |
| 46 | 231563067728 | 900  | R1T      | SANTHI SIDIQ                | C-5     |
| 47 | 231563067751 | 900  | R1T      | YUSUF BAHTIMI               | C-6     |
| 48 | 231563067769 | 900  | R1T      | WAWAN INDRA<br>HERMAWAN, ST | C-7     |
| 49 | 231563067744 | 900  | R1T      | DEDY DIANA, <u>S.Hut</u>    | C-8     |
| 50 | 231563067519 | 900  | R1T      | MOCHAMAD IKSAN              | C-9     |
| 51 | 231563067527 | 900  | R1T      | EDY WARDHANA, SE            | C-10    |
| 52 | 231563067535 | 900  | R1T      | MARIA AMETISA MS            | C-10A   |
| 53 | 231563067550 | 900  | R1T      | M RONY RAHMAD HIDAYAT       | C-11    |
| 54 | 231563067489 | 900  | R1T      | SISWANTO                    | C-12    |
| 55 | 231563067497 | 900  | R1T      | MISTO BASUKI                | C-13    |
| 56 | 231563067501 | 900  | R1T      | NIKPARDO SILALAH, ST        | C-14    |
| 57 | 231563067543 | 900  | R1T      | SUGENG WIYANTO              | C-15    |
| 58 | 231563067953 | 900  | R1T      | ARIEF RAHMAN                | C-16    |
| 59 | 231563067607 | 900  | R1T      | KUNANTO                     | C-17    |
| 60 | 231563067584 | 900  | R1T      | FERRY IRAWAN                | C-18    |
| 61 | 231563068152 | 900  | R1T      | AKHMAD JUNAIDI              | C-19    |
| 62 | 231563068137 | 900  | R1T      | BAMBANG PURSANTO            | C-20    |
| 63 | 231563068145 | 900  | R1T      | AGUS WIJAYA ANG             | C-21    |



## 4.3.2 GARDU LBK 0955

| NO | IDPEL        | DAYA | GOLTARIF | NAMA PLG                  | BLOK/NO |
|----|--------------|------|----------|---------------------------|---------|
| 1  | 231563068258 | 900  | R1T      | JULIUS ANDREAS            | D-01    |
| 2  | 231563068007 | 900  | R1T      | MISMAN                    | D-02    |
| 3  | 231563068338 | 900  | R1T      | HOTDY SUHERI R            | D-03    |
| 4  | 231563068320 | 900  | R1T      | HARDJANTO, ST             | D-04    |
| 5  | 231563068361 | 900  | R1T      | HJ. E WIDYANI             | D-05    |
| 6  | 231563068266 | 900  | R1T      | RIDUAN                    | D-06    |
| 7  | 231563068111 | 900  | R1T      | SYAHIMILAMIN              | D-07    |
| 8  | 231563067471 | 900  | R1T      | IRMA SARI                 | D-08    |
| 9  | 231563068129 | 900  | R1T      | H. NANANG RUSNI           | D-09    |
| 10 | 231563068346 | 900  | R1T      | JUMIATI                   | D-10    |
| 11 | 231563068353 | 900  | R1T      | HJ. SITI ULFAH            | D-11    |
| 12 | 231563067455 | 900  | R1T      | DR. NURMAYANTI MASDIN     | D-12    |
| 13 | 231563067463 | 900  | R1T      | YUSDY ISMAWAN, ST         | D-13    |
| 14 | 231563068160 | 900  | R1T      | NANA MISDINA              | D-14    |
| 15 | 231563068290 | 900  | R1T      | CRISTINA HENDRYANI        | D-15    |
| 16 | 231563068282 | 900  | R1T      | H.M. HERMANTO, SE.MM      | D-15A   |
| 17 | 231563068274 | 900  | R1T      | KHAIRAN BUSAIRI           | D-16    |
| 18 | 231563068186 | 900  | R1T      | ERWIN PRIBADI             | E-01    |
| 19 | 231563068178 | 900  | R1T      | TRI HASTUTI               | E-02    |
| 20 | 231563068194 | 900  | R1T      | SLAMET SISWO R            | E-03    |
| 21 | 231563068217 | 900  | R1T      | YUSUF KRITIANO            | E-04    |
| 22 | 231563068225 | 900  | R1T      | RIA PUSPITA SARI, SP      | E-05    |
| 23 | 231563068209 | 900  | R1T      | EVY YULIANI VERONICA      | E-06    |
| 24 | 231563067979 | 900  | R1T      | REFAUZI EMRAN, Drs        | E-07    |
| 25 | 231563067961 | 900  | R1T      | NURLENI                   | E-08    |
| 26 | 231563068241 | 900  | R1T      | DRS REFAUZI EMBRAN        | F-01    |
| 27 | 231563068233 | 900  | R1T      | DRS REFAUZI EMBRAN        | F-02    |
| 28 | 231563067816 | 900  | R1T      | HJ TASIAH                 | F-03    |
| 29 | 231563068379 | 900  | R1T      | H.M. HERMANTO             | F-04    |
| 30 | 231563068400 | 900  | R1T      | MUHAMMAD IKHSAN RUDIYANTO | F-05    |
| 31 | 231563068395 | 900  | R1T      | PUTLIANSYAH, SH           | F-06    |
| 32 | 231563068387 | 900  | R1T      | MARLENI                   | F-07    |
| 33 | 231563068418 | 900  | R1T      | FITRIANSYAH               | F-08    |
| 34 | 231563068056 | 900  | R1T      | DRS. REFAUZI EMRAN-2      | F-09    |
| 35 | 231563068312 | 900  | R1T      | DRS. REFAUZI EMRAN-3      | F-12    |
| 36 | 231563068426 | 900  | R1T      | EDHO FEBRIANTO            | F-13    |

| NO | IDPEL        | DAYA | GOLTARIF | NAMA PLG                | BLOK/NO |
|----|--------------|------|----------|-------------------------|---------|
| 37 | 231563068304 | 900  | R1T      | DRS. REFAUZI EMRAN-4    | F-14    |
| 38 | 231563068434 | 900  | R1T      | JOKO MALIS SAPUTRA, SP  | F-15    |
| 39 | 231563068049 | 900  | R1T      | DANI WARDANI            | F-16    |
| 40 | 231563068072 | 900  | R1T      | RUSDIYADI               | F-17    |
| 41 | 231563068080 | 900  | R1T      | INDRANATA               | F-18    |
| 42 | 231563068103 | 900  | R1T      | AGUS HARYADI            | F-19    |
| 43 | 231563068098 | 900  | R1T      | SUJAT SUPRAYOGI         | F-20    |
| 44 | 231563068064 | 900  | R1T      | SETO RUKMANTORO         | F-21    |
| 45 | 231563068442 | 900  | R1T      | DRS. REFAUZI EMRAN-6    | F-22    |
| 46 | 231563067987 | 900  | R1T      | ADY ADHYANIS BOY HP, ST | F-23    |
| 47 | 231563067995 | 900  | R1T      | EMI RUBIHARWATI, SE     | F-24    |
| 48 | 231563068015 | 900  | R1T      | SUPARTINI, S.Hut        | F-25    |
| 49 | 231563068023 | 900  | R1T      | FAJARUDDIN              | F-26    |
| 50 | 231563068031 | 900  | R1T      | SITI AMINAH, SE         | F-27    |
| 51 | 231563068483 | 900  | R1T      | AGUS, S.Pd              | F-28    |
| 52 | 231563067840 | 900  | R1T      | IDA WAHYU, S.S.Pd       | F-29    |

Tabel 4.1 Data Pembebanan

#### 4.4 Perhitungan Total Beban

Perhitungan daya total beban dilakukan untuk menjalankan program di ETAP, agar dapat mengisi rating khususnya pada beban di ETAP sehingga dapat di running atau di lakukan aliran daya :

1. Menghitung total beban gardu LBK 0954

$$\text{Daya total} = 63 \text{ pelanggan} \times 900\text{VA}$$

$$= 56700 \text{ VA}$$

2. Menghitung total beban gardu LBK 0955

$$\text{Daya total} = 52 \text{ pelanggan} \times 900\text{VA}$$

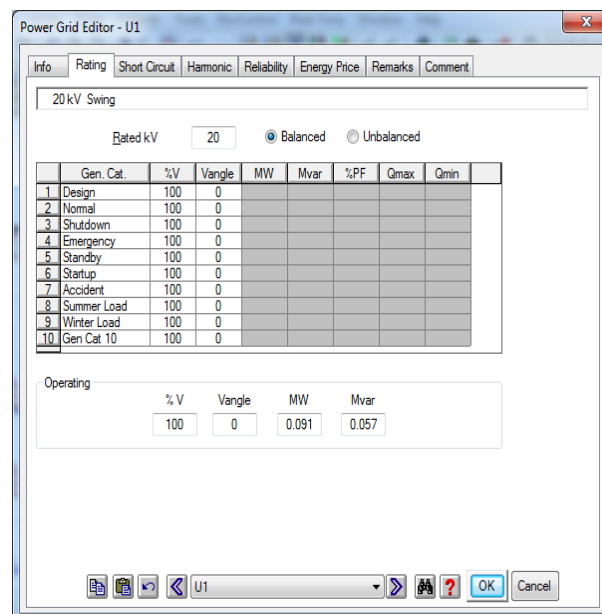
$$= 46800 \text{ VA.}$$

#### 4.5 Penginputan data-data pada *software ETAP*

Sebelum melakukan analisa load flow (aliran daya) pada *software ETAP*, maka terlebih dahulu melakukan penginputan data-data yang di dapat di lapangan seperti yang di tunjukan pada tampilan pada ETAP sebagai Berikut :

##### 4.5.1 Power Grid

Pada halaman info, bahwa power grid dalam keadaan swing.



**Gambar 4.3 Rating Gardu induk pada *software ETAP***

Selanjutnya Pada gambar diatas yaitu pada halaman rating, rated kV di isikan dengan 20kV, sedangkan bagian lainnya akan menyesuaikan dengan sendirinya, sehingga pengaturan power grid dapat di lihat pada gambar 4.6 diatas.

#### 4.5.2 Transformator LBK 0954

Pada halaman info, pastikan bahwa primer dan sekunder dari transformator tersebut menempel pada bus yang tepat. Pada artikel ini, sisi primer menempel pada Bus1 dan sisi sekunder menempel pada Bus2.

**Gambar 4.4 Rating transformator LBK 0954**

Selanjutnya pada halaman rating di atas, tegangan primer diisi 20 kV, tegangan sekunder 0,38 kV, dan pada kVA di isi dengan tegangan 100 kVA, sedangkan parameter-parameter lain nantinya akan menyesuaikan dengan sendirinya.

#### 4.5.3 Transformator LBK 0955

Pada halaman info, pastikan bahwa primer dan sekunder dari transformator tersebut menempel pada bus yang tepat. Pada artikel ini, sisi primer menempel pada Bus1 dan sisi sekunder menempel pada Bus3.

**Gambar 4.5 Rating transformator LBK 0955**

Selanjutnya pada halaman rating di atas, tegangan primer diisi 20 kV, tegangan sekunder 0,38 kV, dan pada kVA di isi dengan tegangan 100 kVA, sedangkan parameter-parameter lain nantinya akan menyesuaikan dengan sendirinya.

#### 4.5.4 Cable ( penghantar )

**Gambar 4.6 Rating Penghantar Pada ETAP**

Pada halaman info, kabel menggunakan ukuran  $3 \times 70 + 1 \times 50 \text{ mm}^2$ , dengan panjang saluran penghantarnya 0,425 km beroperasi atau bekerja pada tegangan 20 kV dengan frekuensi 50 Hz.

#### 4.5.5 Static load atau Lumped Load ( beban )

Pada Halaman name plate di bawah ini, kVA di isi dengan 56,7 kVA.

The screenshot shows the 'Lumped Load Editor - Lump1' window. The 'Info' tab is active, displaying the following data:

- 56.7 kVA 0.38 kV ( 80% Motor 20% Static )
- Model Type: Conventional
- Rated kV: 0.38
- Calculator... button
- Ratings:
 

| kVA  | kW     | kvar   | % PF | Amp   |
|------|--------|--------|------|-------|
| 56.7 | 48.195 | 29.869 | 85   | 86.15 |
- Load Type: Constant kVA (80%) and Constant Z (20%)
- Motor Load and Static Load tables:

| Motor Load       |           |       | Static Load |      |      |
|------------------|-----------|-------|-------------|------|------|
| Loading Category | % Loading | kW    | kvar        | kW   | kvar |
| 1 Design         | 100       | 38.56 | 23.89       | 9.64 | 5.97 |
| 2 Normal         | 100       | 38.56 | 23.89       | 9.64 | 5.97 |
| 3 Brake          | 0         | 0     | 0           | 0    | 0    |
| 4 Winter Load    | 0         | 0     | 0           | 0    | 0    |
| 5 Summer Load    | 0         | 0     | 0           | 0    | 0    |
| 6 FL Reject      | 0         | 0     | 0           | 0    | 0    |
| 7 Emergency      | 0         | 0     | 0           | 0    | 0    |
| 8 Shutdown       | 0         | 0     | 0           | 0    | 0    |

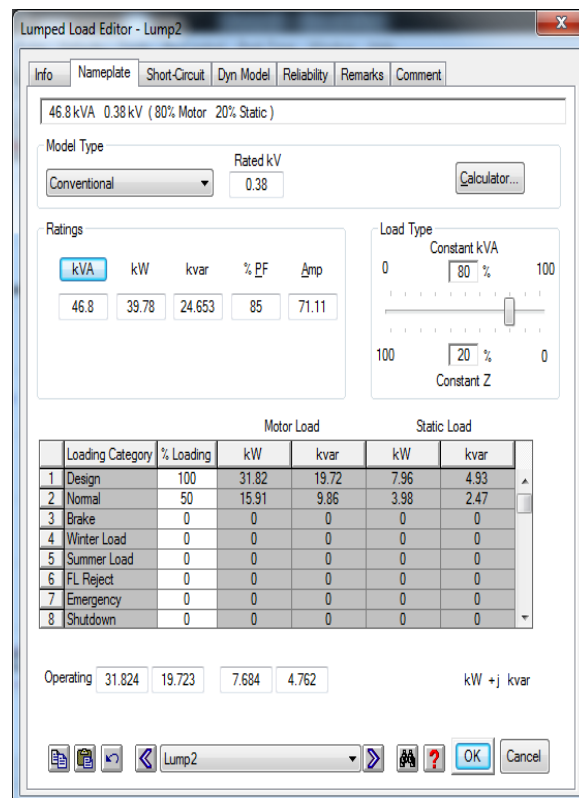
Operating: 38.556 kW, 23.895 kvar, 8.137 kW, 5.043 kvar

**Gambar 4.10 Rating beban pada transformator LBK 0954**

Selanjutnya pada gambar di atas, terlihat pada kW terisi sebesar 48,195 kW, 29,869 Kvar, 0,85 PF, dan 86,15 Amp. Data tersebut menyesuaikan dengan sendirinya dengan menginput data beban bekerja pada tegangan 0,38 kV.

#### 4.5.5 Static load atau Lumped Load ( beban )

Pada Halaman name plate di bawah ini, kVA di isi dengan 46,8 kVA.



**Gambar 4.8 Rating beban pada transformator LBK 0955**

Selanjutnya pada gambar di atas, terlihat pada kW terisi sebesar 39,78 kW, 24,653 Kvar, 0,85 PF, dan 71,11 Amp. Data tersebut menyesuaikan dengan sendirinya dengan menginput data beban bekerja pada tegangan 0,38 kV.

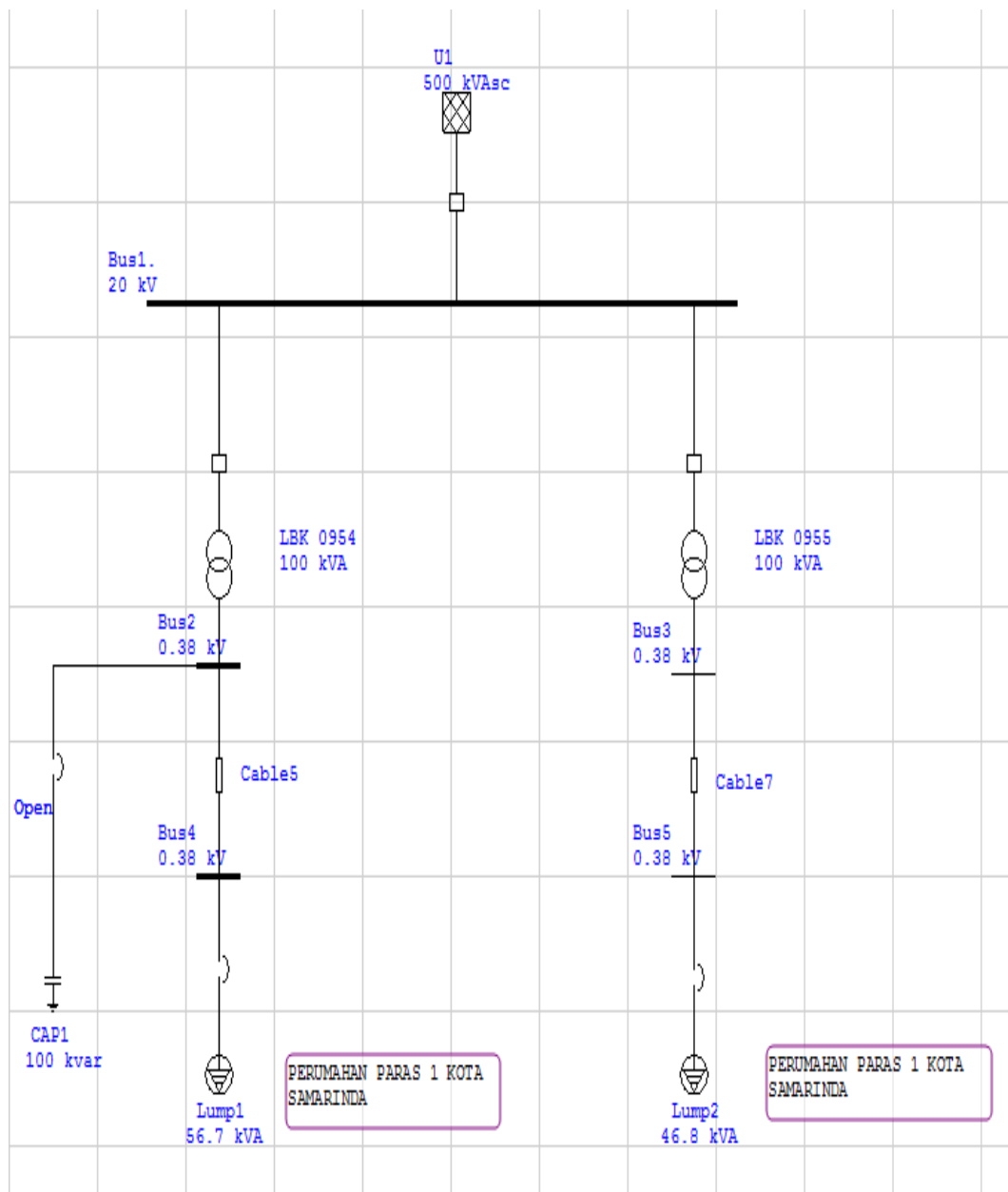
#### 4.6 ANALISA ALIRAN DAYA (LOAD FLOW)

ETAP software Beban Arus melakukan analisis dan drop tegangan perhitungan aliran daya dengan hasil yang akurat dan terpercaya. Built-in fitur seperti evaluasi otomatis peralatan, peringatan dan peringatan ringkasan, hasil aliran beban analyzer, dan grafis cerdas membuat aliran daya listrik alat analisis yang paling efisien yang tersedia saat ini.

ETAP program perhitungan aliran beban menghitung tegangan bus, faktor daya cabang, arus, dan arus listrik seluruh sistem listrik. ETAP memungkinkan untuk ayunan, tegangan diatur, dan sumber daya yang tidak diatur dengan jaringan listrik terbatas dan koneksi pembangkit. beban perangkat lunak perhitungan aliran ini mampu melakukan analisis pada kedua radial dan loop sistem. ETAP

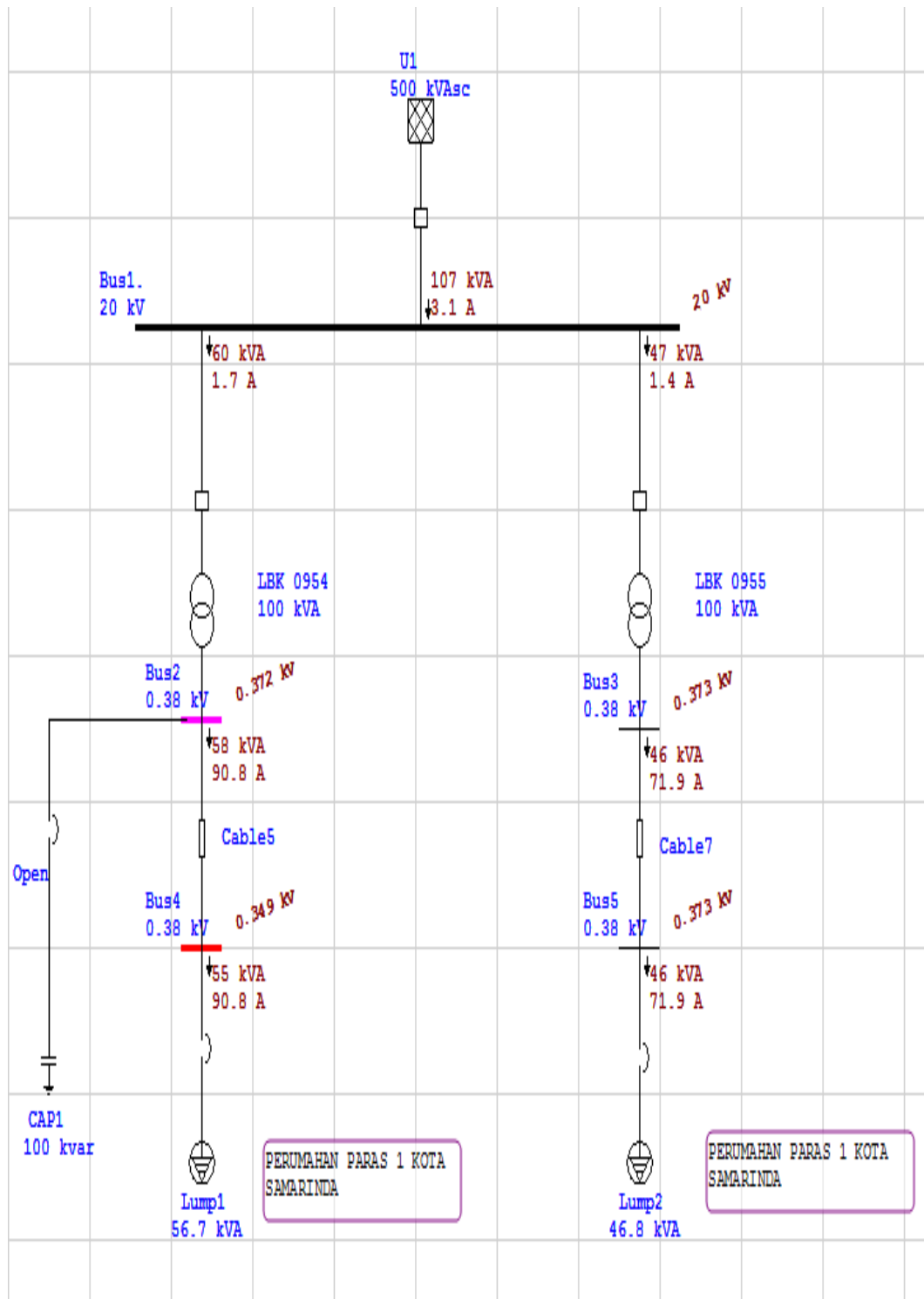
memungkinkan Anda untuk memilih dari beberapa metode perhitungan aliran beban yang berbeda untuk mencapai hasil yang paling efisien dan akurat.

Sebelum Melakukan Analisa jatuh tegangan ( Under Voltage ) serta rugi-rugi daya yang di dihasilkan, maka terlebih dahulu melakukan analisa aliran daya agar dapat mengetahui tegangan yang masuk pada tiap-tiap Bus. Seperti yang terlihat pada gambar 4.12 dan gambar 4.13 sebagai berikut :



**Gambar 4.9 Tampilan Single Line pada ETAP Sebelum di running**

Setelah melakukan running sebelum pemasangan kapasitor pada *software ETAP*, maka terjadi under voltage atau jatuhnya tegangan pada Bus 2 dan Bus 4, seperti yang di tunjukkan pada gambar simulasi Pada *Software ETAP* sebagai berikut :



**Gambar 4.10** Tampilan Setelah di running tanpa kapasitor.



Terlihat pada gambar 4.13 alert pada etap sesudah pemasangan kapasitor bahwa pada Transformator LBK 0954 di bus4 mengalami kondisi kritis dan pada bus2 mengalami kondisi Marginal, seperti pada tampilan alert pada ETAP yang ditunjukkan pada gambar 4.11 di bawah ini :

| Study Case: LF                       |      | Configuration: Normal                |              | Data Revision: Base                    |             | Date: 07-29-2016 |  |
|--------------------------------------|------|--------------------------------------|--------------|--|-------------|------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Zone Filter |      | <input type="checkbox"/> Area Filter |              | <input type="checkbox"/> Region Filter |             |                  |  |
| 1                                    |      | 1                                    |              | 1                                      |             |                  |  |
| Critical                             |      |                                      |              |  |             |                  |  |
| Device ID                            | Type | Condition                            | Rating/Limit | Operating                              | % Operating | Phase Type       |  |
| Bus4                                 | Bus  | Under Voltage                        | 0,38 kV      | 0,349                                  | 91,9        | 3-Phase          |  |
| Marginal                             |      |                                      |              |  |             |                  |  |
| Device ID                            | Type | Condition                            | Rating/Limit | Operating                              | % Operating | Phase Type       |  |
| Bus2                                 | Bus  | Under Voltage                        | 0,38 kV      | 0,372                                  | 97,8        | 3-Phase          |  |

**Gambar 4.11 Tampilan Alert pada ETAP Kondisi pada Bus2 dan Bus4**

Untuk lebih jelasnya, pada tabel di bawah ini menunjukkan perubahan tegangan dan faktor daya.

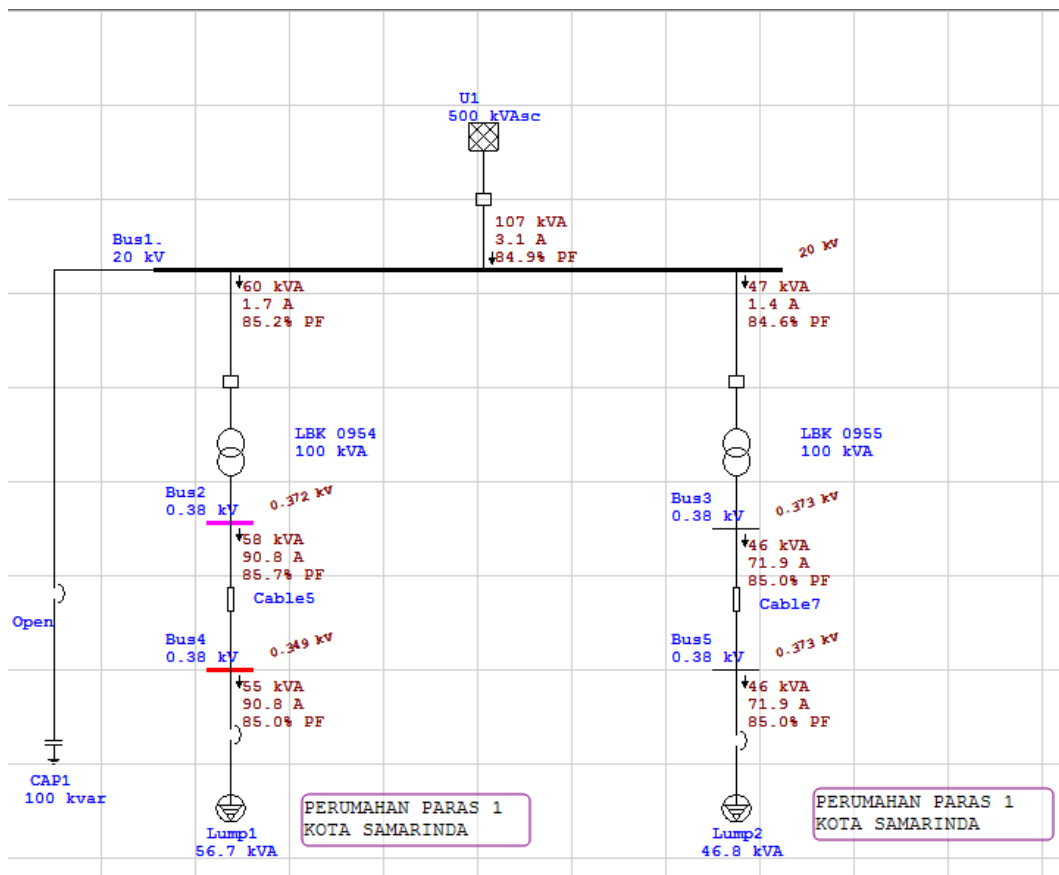
#### 4.7 Tujuan Perbaikan Jatuh tegangan

Tujuan perbaikan jatuh tegangan pada penggunaan energi listrik oleh masyarakat yang terus meningkat hal ini tidak sebanding kualitas tegangan yang baik untuk digunakan oleh konsumen di lapangan, dengan cara “*pemasangan kapasitor*” untuk memperbaiki profil tegangan dan juga meminimalkan rugi-rugi daya pada sistem untuk penyaluran energi listrik yang lebih efisien dari sumber listrik ke beban.

#### 4.8 Penempatan Kapasitor Pada Bus

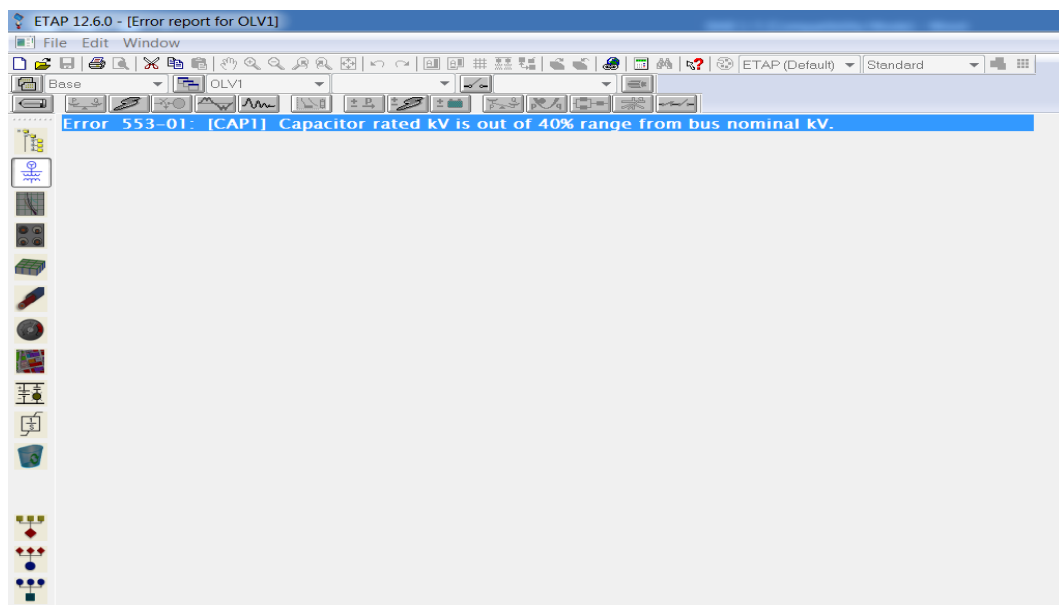
##### 4.8.1 Penempatan kapasitor Pada Bus 1

Sebelum memasang kapasitor pada masing - masing bus, terlebih dahulu kita harus mengetahui letak penempatan yang baik saat pemasangannya. Terlihat gangguan yang terjadi pada Bus 2 dan Bus 4. Berikut gambar 4.12 penempatan kapasitor pada Bus 1 di bawah ini.



**Gambar 4.12 Penempatan kapasitor pada Bus 1**

Setelah penempatan kapasitor di ETAP pada Bus 1, running load flow dan terlihat pada gambar 4.13 alert penempatan kapasitor di Etap di bawah ini.



**gambar 4.13 Alert Penempatan Kapasitor pada Bus 1 di ETAP**



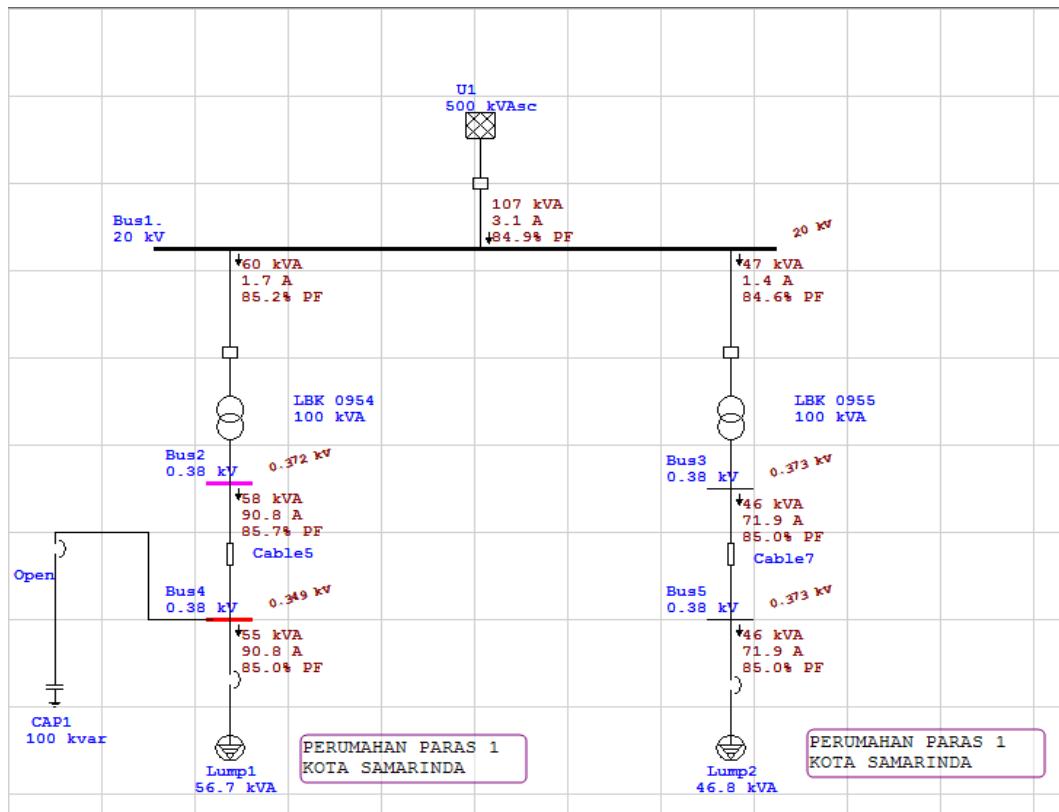
| Critical  |      |               |              |           |             |            |  |
|-----------|------|---------------|--------------|-----------|-------------|------------|--|
| Device ID | Type | Condition     | Rating/Limit | Operating | % Operating | Phase Type |  |
|           |      |               |              |           |             |            |  |
| Marginal  |      |               |              |           |             |            |  |
| Device ID | Type | Condition     | Rating/Limit | Operating | % Operating | Phase Type |  |
| Bus4      | Bus  | Under Voltage | 0.38 kV      | 0.362     | 95.4        | 3-Phase    |  |

**gambar 4.15 Alert Penempatan Kapasitor pada Bus 2 di ETAP**

terlihat pada gambar di atas bahwa penempatan kapasitor sebesar 100 kVAR, layak di pasang pada bus 2, karena terdapat kondisi terjadinya gangguan pada bus 2 dan Bus 4 dapat beroperasi, walaupun pada Bus 4 masih dalam kondisi under voltage tapi dalam pengoperasiannya masih baik yaitu dalam kondisi di atas standart tegangan yaitu 0,95 pu dalam kondisi marginal.

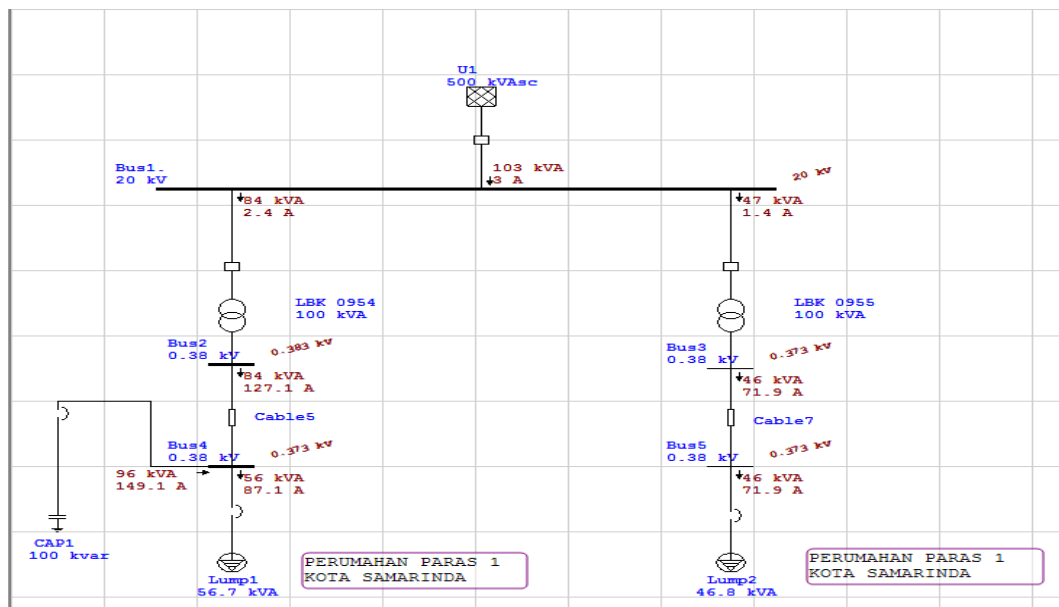
#### **4.8.2 Penempatan kapasitor Pada Bus 4**

Sebelum memasang kapasitor pada masing - masing bus, terlebih dahulu kita harus mengetahui letak penempatan yang baik saat pemasangannya. Terlihat gangguan yang terjadi pada Bus 2 dan Bus 4. Berikut gambar 4.16 Penempatan kapasitor pada Bus 4 di bawah ini.



**Gambar 4.16 Penempatan kapasitor pada Bus 4**

Setelah penempatan kapasitor di ETAP pada Bus 2, running load flow dan terlihat pada gambar 4.17 alert penempatan kapasitor pada Bus 2 di Etap di bawah ini.

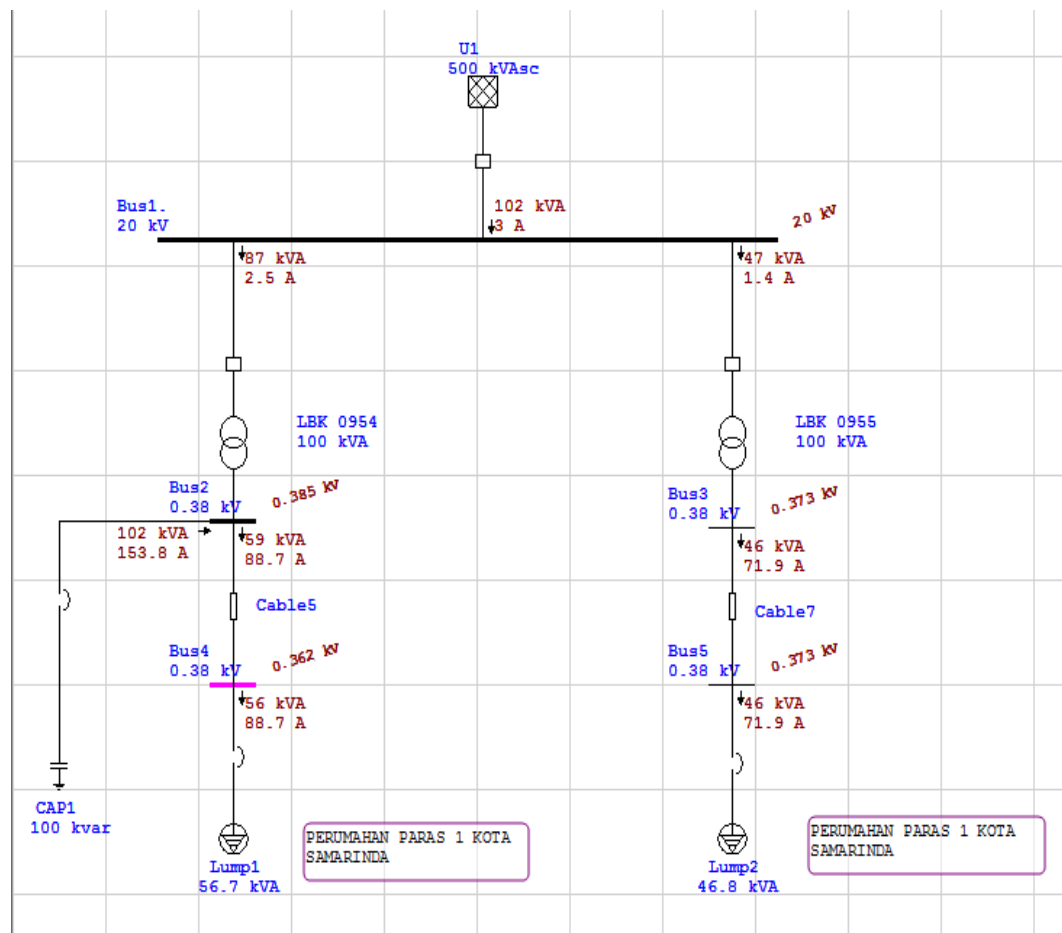


**Gambar 4.17 Penempatan kapasitor pada Bus 4**

terlihat pada gambar di atas bahwa penempatan kapasitor sebesar 100 kVAR, tidak layak di pasang pada bus 4, karena terdapat kondisi terjadinya gangguan pada bus 2 dan Bus 4 dapat beroperasi dengan baik tidak ada terjadi gangguan, hanya saja pada penempatan kapasitor pada bus 4 mengakibatkan arus yang sangat besar yaitu sebelum pemasangan kapasitor arusnya sebesar 90,4 A menjadi 127,1 A.

#### 4.9 Pemasangan Kapasitor

Pemasangan kapasitor di pasang pada Bus 2, Pada penelitian ini, tegangan pada bus untuk kondisi normal ditentukan antara 0,95% dan 1,05%. Untuk tegangan di bawah 0,95% dianggap sebagai Kondisi Under Voltage . setelah di load flow dengan pemasangan kapasitor pada *software ETAP* dapat di lihat pada gambar 4.18 di bawah ini :



**Gambar 4.18** Setelah Pemasangan Kapasitor di Bus 2

Terlihat pada gambar 4.18 hasil analisa load flow setelah pemasangan kapasitor bahwa pada Transformator LBK 0954 di bus4 yang awalnya mengalami kondisi kritis dan pada bus2 yang awalnya mengalami kondisi Marginal, dapat di atasi oleh adanya pemasangan kapasitor sebesar 100 Kvar, untuk lebih jelasnya perubahan kondisi profil tegangan dan faktor daya seperti pada tampilan alert pada ETAP yang ditunjukkan pada gambar 4.19 di bawah ini ;

| Device ID | Type | Condition     | Rating/Limit | Operating | % Operating | Phase Type |
|-----------|------|---------------|--------------|-----------|-------------|------------|
| Marginal  |      |               |              |           |             |            |
| Bus4      | Bus  | Under Voltage | 0,38 kV      | 0,362     | 95,4        | 3Phase     |

**Gambar 4.19 Tampilan Alert pada ETAP Kondisi Tegangan Setelah Pemasangan Kapasitor**

#### 4.10 Tabel Perbandingan Kondisi Drop tegangan (under voltage) dan Faktor Daya

##### 4.10.1 Tabel kondisi Drop Tegangan

| Drop Tegangan |                              |                              |
|---------------|------------------------------|------------------------------|
|               | Sebelum pemasangan kapasitor | Sesudah pemasangan kapasitor |
| <b>Bus 2</b>  | <b>0,372 kV</b>              | <b>0,385 kV</b>              |
| <b>Bus 4</b>  | <b>0,349 kV</b>              | <b>0,362 kV</b>              |

##### 4.9.2 Tabel Kondisi Faktor Daya(Cos $\phi$ )

| Faktor Daya  |  |  |
|--------------|--|--|
|              | Sebelum Pemasangan Kapasitor (Cos $\phi$ ) | Sesudah Pemasangan Kapasitor (Cos $\phi$ ) |
| <b>Bus 2</b> | <b>84,7 % (0,847)</b>                      | <b>85,7 % (0,857)</b>                      |
| <b>Bus 4</b> | <b>85,0 % (0,850)</b>                      | <b>85,0 % (0,850)</b>                      |

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

1. Perbaikan drop tegangan dan faktor daya pada perumahan paras 1 kota Samarinda dapat dilakukan dengan menggunakan pemasangan kapasitor sebesar 100 kVAR pada Bus 2, sehingga terjadi kenaikan tegangan pada Bus 2 sebesar 0,372 kV menjadi 0,385 kV, sedangkan pada Bus 4 terjadi kenaikan tegangan sebesar 0,349 kV menjadi 0,362 kV.
2. Pada faktor daya bus 2 dan Bus 4 terjadi perbaikan sesudah pemasangan kapasitor menunjukkan kenaikan dari  $\cos \phi$  0,85 menjadi  $\cos \phi$  0,86 sedangkan pada bus 4 terjadi kenaikan dari  $\cos \phi$  0,85 menjadi  $\cos \phi$  0,85.

#### 5.2` Saran

1. Dengan jumlah kapasitas konsumen yang meningkat, seharusnya pada transformator distribusinya harus di tingkatkan pula.
2. Melakukan rutinitas pengecekan pada jaringan distribusi yang meliputi kualitas daya yang di salurkan guna mencapai penyaluran listrik yang efisien.



## DAFTAR PUSTAKA

- 1) P.T. PLN (Persero). 2010. *Buku 1 :Kriteria Desain Enjinereng Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta selatan.
- 2) Abdul Kadir, *Distribusi dan Utilisasi tenaga listrik*, 2000
- 3) P.T. PLN (Persero). 1995. *SPLN 1:1995 Tegangan – Tegangan Standar*. Jakarta.
- 4) Evtaleny, R. Mauboy dan Wellem, F. Galla. 2012. *Perencanaan Kebutuhan Distribusi Sekunder Perumahan RSS Manulai II*. Jurnal Rekayasa ElektriKa, Vol 10, No.1.
- 5) <http://www.directindustry.com/prod/socomec/low-voltage-disconnect-switches-8152-484134.html>
- 6) <https://aimprof08.wordpress.com/2012/08/31/metode-newton-raphson-newton-raphson-method/>
- 7) *Iinternasional Journal or modern engineering research (IJMER)* vol. 3, issue.3, may-juni 2013 pp-1837-1842.
- 8) *International journal of information system and supply chain management*, volume 1, issue 1, john wang 2008, IGI GLOBAL.
- 9) Jurnal rekayasa elktrika vol. 10, no.1 ,april 2012 “*perencanaan kebutuhan distribusi sekunder perumahan RSS Manulai II* “
- 10) *Iternational Journal of mathematics and computer in simulation*, “*simulation and experiment on the secondary heat distribution network ststem*” issue5, volume 6, 2012.