



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik¹¹

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk Power Source*) sampai ke konsumen. Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah:

1. Pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan), dan
2. Merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan.

Hal ini disebabkan karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154 kV, 220 kV atau 500 kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, dimana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir ($I^2.R$).

Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan transformator distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. Hal ini membuktikan bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

¹¹ A. S. Pabla.



Pada sistem penyaluran daya jarak jauh, selalu digunakan tegangan setinggi mungkin, dengan menggunakan transformator *step-up*. Nilai tegangan yang sangat tinggi ini (HV, UHV, EHV) menimbulkan beberapa konsekuensi antara lain: berbahaya bagi lingkungan dan mahal harga perlengkapan-perengkapannya, selain menjadi tidak cocok dengan nilai tegangan yang dibutuhkan pada sisi beban. Maka pada daerah-daerah pusat beban tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali dengan menggunakan transformator *step-down*. Akibatnya, bila ditinjau nilai tegangannya, maka mulai dari titik sumber hingga di titik beban, terdapat bagian-bagian saluran yang memiliki nilai tegangan berbeda-beda.

2.1.1 Pengelompokan jaringan distribusi tenaga listrik

Untuk kemudahan dan penyederhanaan, lalu diadakan pembagian serta pembatasan-pembatasan seperti pada Gambar 2.1:

- Daerah I : Bagian pembangkitan (*Generation*)
- Daerah II : Bagian penyaluran (*Transmission*), bertegangan tinggi (HV, UHV, EHV)
- Daerah III : Bagian distribusi primer, bertegangan menengah (6 atau 20 kV).
- Daerah IV : (Di dalam bangunan pada beban/konsumen), Instalasi, bertegangan rendah.

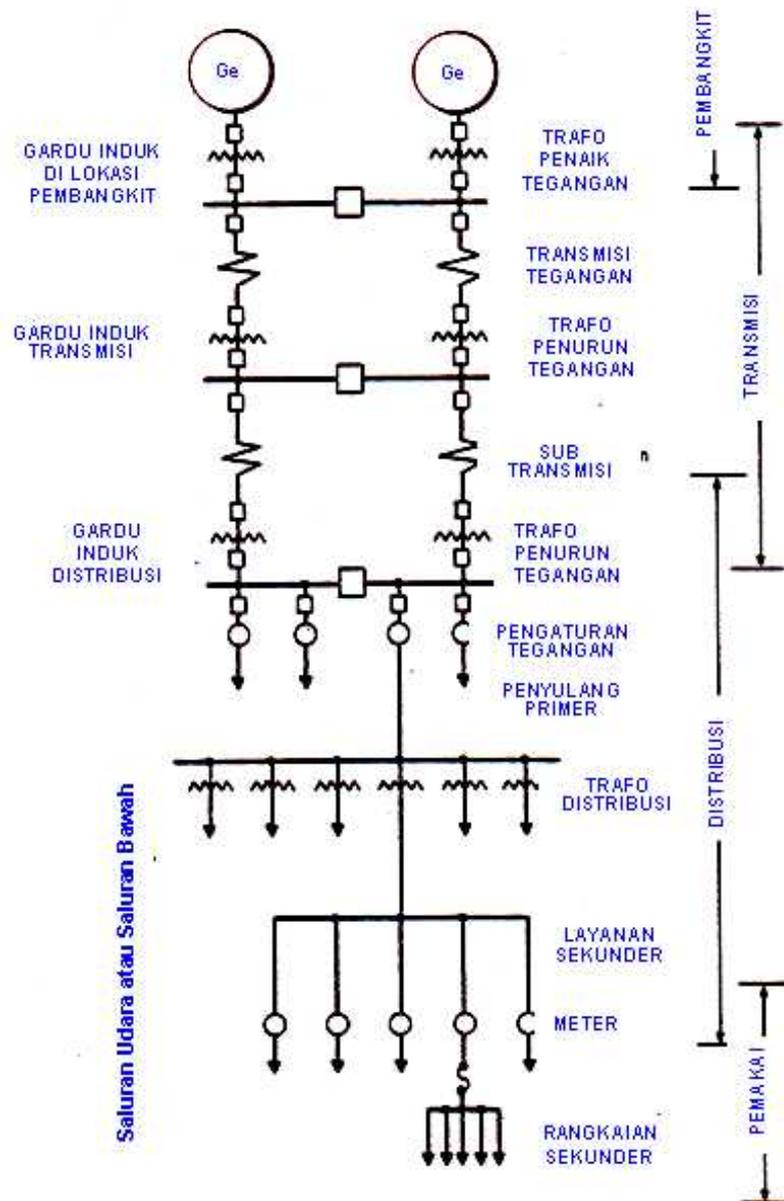
Berdasarkan pembatasan-pembatasan tersebut, maka diketahui bahwa porsi materi Sistem Distribusi adalah Daerah III dan IV, yang pada dasarnya dapat diklasifikasikan menurut beberapa cara, bergantung dari segi apa klasifikasi itu dibuat. Dengan demikian ruang lingkup Jaringan Distribusi adalah:

- a. SUTM : terdiri dari tiang dan peralatan kelengkapannya, konduktor dan peralatan perlengkapannya, serta peralatan pengaman dan pemutus.
- b. SKTM : terdiri dari kabel tanah, indoor dan outdoor termination, batu bata, pasir dan lain-lain.
- c. Gardu Trafo : terdiri dari transformator, tiang, pondasi tiang, rangka



tempat transformator, LV panel, pipa-pipa pelindung, Arrester, kabel-kabel, peralatan grounding, dan lain-lain.

- d. SUTR : terdiri dari perlengkapan/ material yang sama yang terdapat pada SUTM dan SKTM. Yang membedakan hanya dimensinya.



Gambar 2.1 Pembagian/Pengelompokan Jaringan Distribusi Tenaga Listrik



2.1.2 Pembangkit tenaga listrik²

Pembangkit Tenaga Listrik adalah salah satu bagian dari sistem tenaga listrik, pada Pembangkit Tenaga Listrik terdapat peralatan elektrikal, mekanikal, dan bangunan kerja. Terdapat juga komponen-komponen utama pembangkitan yaitu generator, turbin yang berfungsi untuk mengkonversi energi (potensi) mekanik menjadi energi (potensi) listrik. Ada beberapa jenis pembangkit tenaga listrik yakni:

1. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)
2. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)
3. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)
4. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)
5. Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU)
6. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)
7. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)
8. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN)

2.1.3 Saluran transmisi ¹²

Saluran Transmisi merupakan media yang digunakan untuk mentransmisikan tenaga listrik dari Generator Station/ Pembangkit Listrik sampai distribution station hingga sampai pada konsumen pengguna listrik. Tenaga listrik di transmisikan oleh suatu bahan konduktor yang mengalirkan tipe Saluran Transmisi Listrik.

Berdasarkan sistem transmisi dan kapasitas tegangan yang disalurkan terdiri:

1. Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 200kV-500kV
2. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 30kV-150kV
3. Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT) 30kV-150kV

² Insyah Ansyori.

¹² PT.PLN (Persero) P3B Jawa Bali.

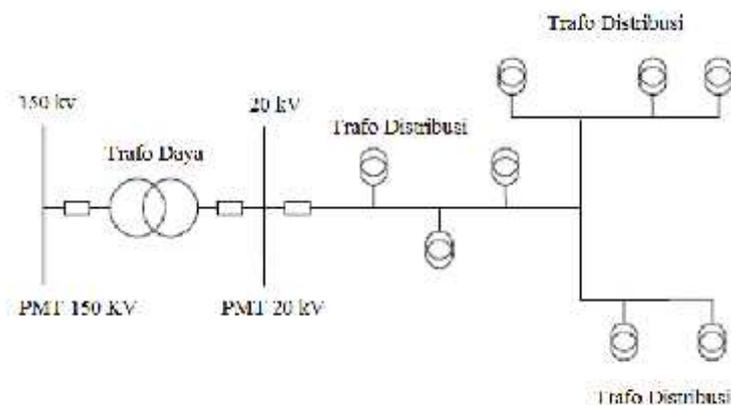


2.1.4 Jaringan pada sistem distribusi primer³

Jaringan Pada Sistem Distribusi tegangan menengah (Primer 20kV) dapat dikelompokkan menjadi lima model, yaitu Jaringan Radial, Jaringan hantaran penghubung (*Tie Line*), Jaringan Lingkaran (Loop), Jaringan Spindel dan Sistem Gugus atau Kluster.

1. Sistem radial

Merupakan jaringan sistem distribusi primer yang sederhana dan ekonomis. Pada sistem ini terdapat beberapa penyulang yang menyuplai beberapa gardu distribusi secara radial.



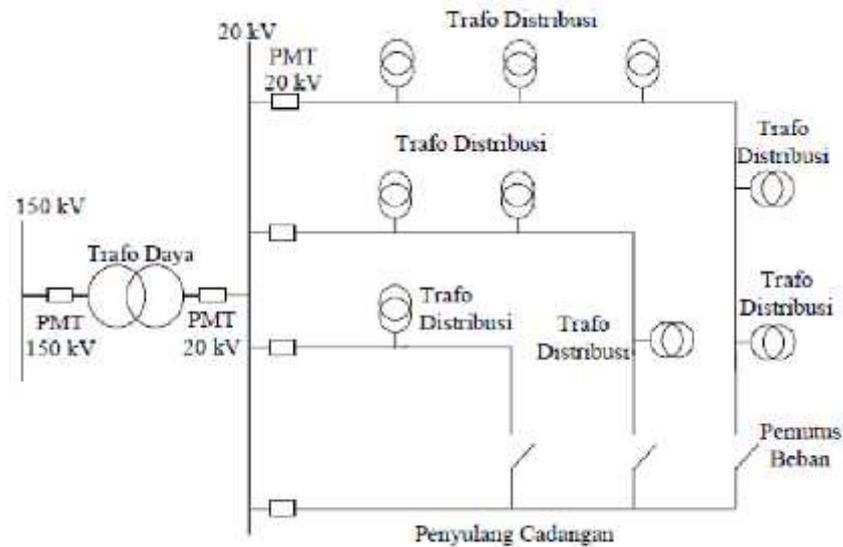
Gambar 2.2 Skema Saluran Sistem Radial

Namun keandalan sistem ini lebih rendah dibanding sistem lainnya. Kurangnya keandalan disebabkan karena hanya terdapat satu jalur utama yang menyuplai gardu distribusi, sehingga apabila jalur utama tersebut mengalami gangguan, maka seluruh gardu akan ikut padam. Kerugian lain yaitu mutu tegangan pada gardu distribusi yang paling ujung kurang baik, hal ini dikarenakan jatuh tegangan terbesar ada di ujung saluran.

2. Jaringan hantaran penghubung (*Tie line*)

Sistem distribusi Tie Line seperti Gambar 2.3 digunakan untuk pelanggan penting yang tidak boleh padam (Bandar Udara, Rumah Sakit, dan lain-lain.)

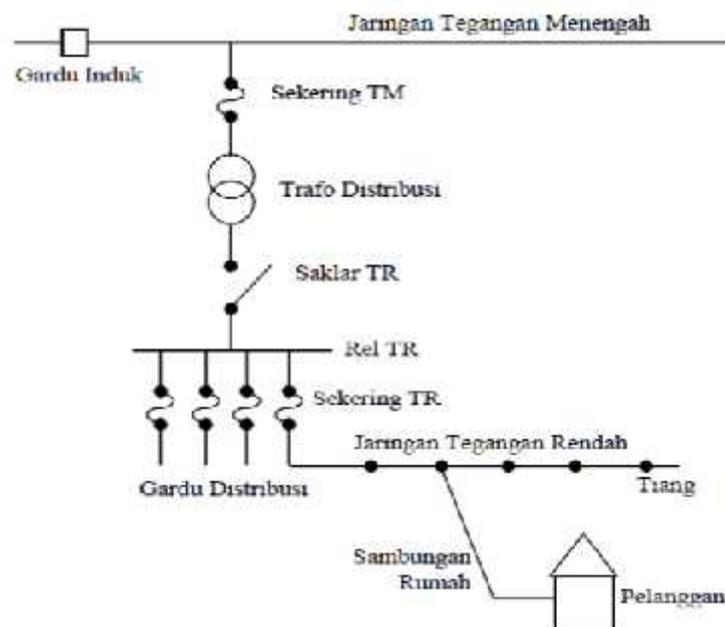
³ A. Ardiansyah.



Gambar 2.6 Skema Saluran Sistem Cluster

2.1.5 Jaringan sistem distribusi sekunder

Sistem distribusi sekunder seperti pada Gambar 2.7 merupakan salah satu bagian dalam sistem distribusi, yaitu mulai dari gardu transformator sampai pada pemakai akhir atau konsumen.



Gambar 2.7 Hubungan Tegangan Menengah ke Tegangan Rendah dan Konsumen



Melihat letaknya, sistem distribusi ini merupakan bagian yang langsung berhubungan dengan konsumen, jadi sistem ini berfungsi menerima daya listrik dari sumber daya (transformator distribusi), juga akan mengirimkan serta mendistribusikan daya tersebut ke konsumen. mengingat bagian ini berhubungan langsung dengan konsumen, maka kualitas listrik selayaknya harus sangat diperhatikan.

Sistem penyaluran daya listrik pada Jaringan tegangan rendah dapat dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut :

1. Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel telanjang (tanpa isolasi) seperti kabel AAAC, kabel ACSR.
2. Saluran Kabel Udara Tegangan Rendah (SKUTR) Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel berisolasi seperti kabel LVTC (*Low Voltage Twisted Cable*). ukuran kabel LVTC adalah : $2 \times 10 \text{mm}^2$, $2 \times 16 \text{mm}^2$, $4 \times 25 \text{mm}^2$, $3 \times 35 \text{mm}^2$, $3 \times 50 \text{mm}^2$, $3 \times 70 \text{mm}^2$.

Penyambungan JTR menurut SPLN No.74 tahun 1987 yaitu “sambungan JTR adalah sambungan rumah (SR) penghantar di bawah tanah atau di atas tanah termasuk peralatannya mulai dari titik penyambungan tiang JTR sampai alat pembatas dan pengukur (APP)”.

Jaringan ini menggunakan tegangan rendah. Sebagaimana halnya dengan distribusi primer, terdapat pula pertimbangan perihal keadaan pelayanan dan regulasi tegangan, distribusi sekunder yaitu jaringan tenaga listrik yang menyalurkan daya listrik dari gardu distribusi ke konsumen. Jaringan ini sering jaringan tegangan rendah. (Abdul Kadir, 2006)

Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban yang ada di konsumen. 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 konsumen/pemakai tenaga listrik dengan melalui peralatan-peralatan sebagai berikut:



1. Papan pembagi pada transformator distribusi;
2. Hantaran tegangan rendah (saluran distribusi sekunder);
3. Saluran Layanan Pelanggan (SLP) (ke konsumen/pemakai);
4. Alat Pembatas dan pengukur daya (kWH. meter) serta fuse atau pengaman pada pelanggan.

2.2 Gardu Distribusi

Yang dimaksud dengan Gardu Distribusi adalah suatu tempat/ bangunan instalasi listrik yang didalamnya terdapat alat-alat : Pemutus, penghubung, pengaman dan transformator distribusi untuk mendistribusikan tenaga listrik sesuai dengan kebutuhan tegangan konsumen.

Peralatan-peralatan ini adalah untuk menunjang mencapai pendistribusian tenaga listrik secara baik yang mencakup kontinuitas pelayanan yang terjamin, mutu yang tinggi dan menjamin keselamatan bagi manusia.

Fungsi Gardu Distribusi adalah sebagai berikut :

1. Menyalurkan/ meneruskan tenaga listrik tegangan menengah ke konsumen tegangan rendah;
2. Menurunkan tegangan menengah menjadi tegangan rendah selanjutnya disalurkan kekonsumen tegangan rendah;
3. Menyalurkan/ meneruskan tenaga listrik tegangan menengah ke gardu distribusi lainnya dan ke gardu hubung.

Gardu listrik pada dasarnya adalah rangkaian dari suatu perlengkapan hubung bagi :

- a. PHB tegangan menengah;
- b. PHB tegangan rendah.

Masing-masing dilengkapi gawai-gawai kendali dengan komponen proteksinya. Jenis-jenis gardu listrik atau gardu distribusi didesain berdasarkan maksud dan tujuan penggunaannya sesuai dengan peraturan Pemda setempat, yaitu:

1. Gardu Distribusi konstruksi beton (Gardu Beton);
2. Gardu Distribusi konstruksi metal clad (Gardu besi);



3. Gardu Distribusi tipe tiang portal, dan Distribusi tipe tiang cantol (Gardu Tiang);
4. Gardu Distribusi mobil tipe kios, dan Gardu Distribusi mobil tipe trailer (Gardu Mobil).

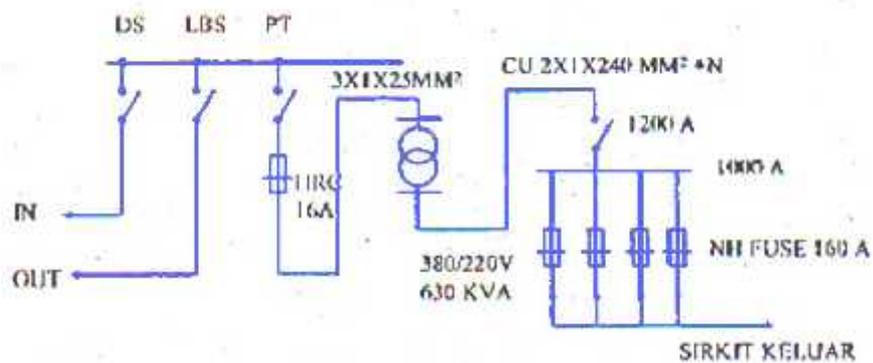
Komponen-komponen gardu :

- a. PHB sisi tegangan rendah;
- b. PHB pemisah saklar daya;
- c. PHB pengaman transformator;
- d. PHB sisi tegangan rendah;
- e. Pengaman tegangan rendah;
- f. Sistem pembumian;
- g. Alat-alat indikator.

Instalasi perlengkapan hubung bagi tegangan rendah berupa PHB TR atau rak TR terdiri atas 3 bagian, yaitu :

1. Sirkit masuk + sakelar;
2. Rel pembagi;
3. Sirkit keluar + pengaman lebur maksimum 8 sirkit.

Spesifikasi mengikuti kapasitas transformator distribusi yang dipakai. Instalasi kabel daya dan kabel kontrol, yaitu KHA kabel daya antara kubikel ke transformator minimal 125 % arus beban nominal transformator. Pada beban konstruksi memakai kubikel TM single core Cu: 3 x 1 x 25 mm² atau 3x1x35mm². Antara transformator dengan rak TR memakai kabel daya dengan KHA 125 % arus nominal. Pada beberapa instalasi memakai kabel inti tunggal masing-masing kabel perfasa, Cu 2 x 3 x 1 x 240 mm² + 1 x 240 mm²



Gambar 2.8 Contoh Gambar Monogram Gardu Distribusi

2.2.1 Gardu tipe tiang

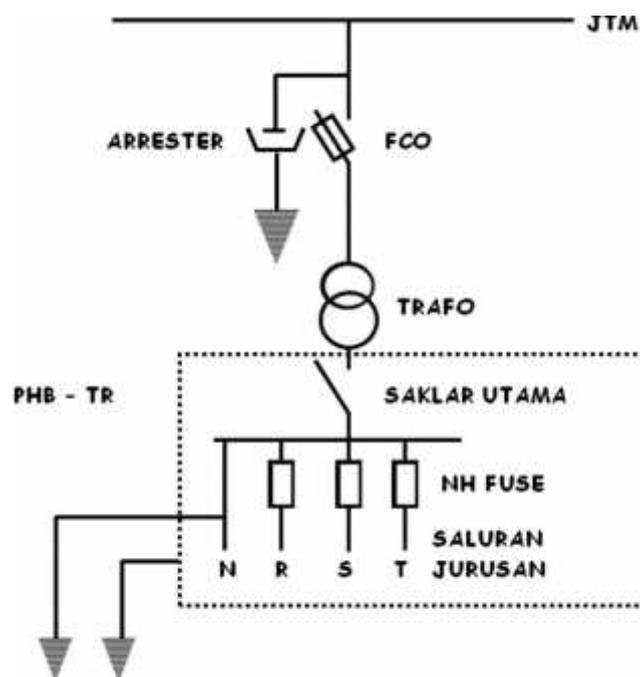
Gardu Tiang, yaitu gardu distribusi yang bangunan pelindungnya/penyangganya terbuat dari tiang. Dalam hal ini transformator distribusi terletak dibagian atas tiang. Karena transformator distribusi terletak pada bagian atas tiang, maka gardu tiang hanya dapat melayani daya listrik terbatas, mengingat berat transformator yang relatif tinggi, sehingga tidak mungkin menempatkan transformator berkapasitas besar di bagian atas tiang (± 5 meter di atas tanah). Untuk gardu tiang dengan transformator satu fasa kapasitas yang ada maksimum 50 KVA, sedang gardu tiang dengan transformator tiga fasa kapasitas maksimum 160 KVA (200 kVA). Transformator tiga fasa untuk gardu tiang ada dua macam, yaitu transformator 1x3 fasa dan transformator 3x1 fasa.

2.2.2 Gardu tiang portal

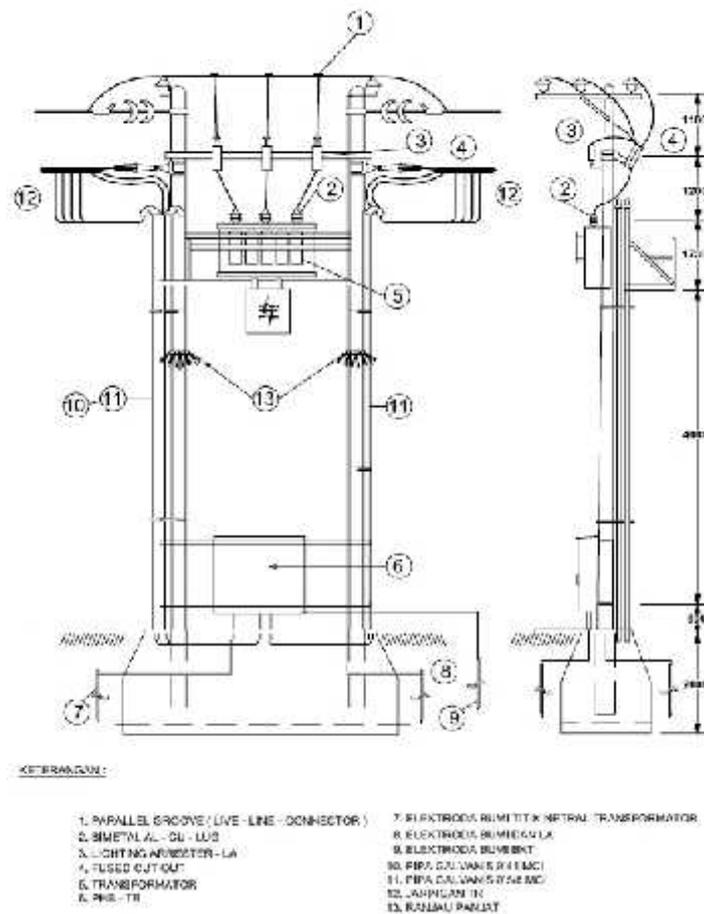
Gardu Portal adalah gardu listrik tipe terbuka (out-door) dengan memakai konstruksi dua tiang atau lebih. Tempat kedudukan transformator sekurang-kurangnya 3 meter di atas tanah dan ditambahkan platform sebagai fasilitas kemudahan kerja teknisi operasi dan pemeliharaan. Transformator dipasang pada bagian atas dan lemari panel / PHB-TR pada bagian bawah.



Gambar 2.9 Gardu Tiang Tipe Portal



Gambar 2.10 Diagram Satu Garis Gardu Tiang Tipe Portal



Gambar 2.11 Konstruksi Gardu Portal

2.2.3 Peralatan listrik pada gardu tiang

1. Peralatan hubung :
 - Fuse Cut Out 20 kv
 - Saklar pada rak TR
2. Peralatan proteksi
 - Fuse Cut Out 20 kv
 - Lightning Arrester
 - NH Fuse
3. Kabel / penghantar
 - Kawat penghubung dari jaringan ke FCO
 - Kawat penghubung dari FCO ke transformator
 - kabel penghubung dari transformator ke rak TR
 - kabel keluar



4. Pentanahan

- pentanahan kerangka / body peralatan
- pentanahan netral sisi tegangan rendah transformator
- pentanahan arrester

2.2.4 Peralatan yang digunakan (komponen utama) pada gardu distribusi GTT

Secara umum komponen utama GTT adalah sebagai berikut :

1. Transformator : berfungsi sebagai transformator daya merubah tegangan menengah (20 kV) menjadi tegangan rendah (380/200) Volt;
2. Fuse Cut Out (CO): sebagai pengaman penyulang, bila terjadi gangguan di gardu (transformator) dan melokalisir gangguan di transformator agar peralatan tersebut tidak rusak. CO di pasang pada sisi tegangan menengah (20 kV);
3. Arrester: sebagai pengaman transformator terhadap tegangan lebih yang disebabkan oleh sambaran petir dan switching (SPLN se.002/PST/73).
4. NH Fuse: sebagai pengaman transformator terhadap arus lebih yang terpasang di sisi tegangan rendah (220 Volt), untuk melindungi transformator terhadap gangguan arus lebih yang disebabkan karena hubung singkat di jaringan tegangan rendah maupun karena beban lebih;
5. Grounding Arrester: untuk menyalurkan arus ke tanah yang disebabkan oleh tegangan lebih karena sambaran petir dan switching;
6. Graunding Transformator: untuk menghindari terjadi tegangan lebih pada fasa yang sehat bila terjadi gangguan satu fasa ke tanah maupun yang disebutkan oleh beban tidak seimbang;
7. Grounding LV Panel: sebagai pengaman bila terjadi arus bocor yang mengalir di LV panel.

2.3 Transformator

Transformator merupakan suatu alat listrik yang termasuk ke dalam klasifikasi mesin listrik statis yang berfungsi menyalurkan tenaga/daya listrik dari



tegangan tinggi ke tegangan rendah dan sebaliknya. Atau dapat juga diartikan mengubah tegangan arus bolak-balik dari satu tingkat ke tingkat yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip-prinsip induksi elektromagnet. Transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder.

Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga listrik memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan, misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh.

Dalam bidang tenaga listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi:

1. Transformator daya, yang biasa digunakan untuk menaikkan tegangan pembangkit menjadi tegangan transmisi;
2. Transformator distribusi, yang biasa digunakan untuk menurunkan tegangan transmisi menjadi tegangan distribusi;
3. Transformator pengukuran (transformator arus dan transformator tegangan).

2.3.1 Prinsip kerja transformator

Transformator terdiri atas dua buah kumparan (primer dan sekunder) yang bersifat induktif. Kedua kumparan ini terpisah secara elektrik namun berhubungan secara magnetis melalui jalur yang memiliki reluktansi (*reluctance*) rendah. Apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik maka fluks bolak-balik akan muncul di dalam inti yang dilaminasi, karena kumparan tersebut membentuk jaringan tertutup maka mengalirlah arus primer. Akibat adanya fluks di kumparan primer maka di kumparan primer terjadi induksi (*self induction*) dan terjadi pula induksi di kumparan sekunder karena pengaruh induksi dari kumparan primer atau disebut sebagai induksi bersama (*mutual induction*) yang menyebabkan timbulnya fluks magnet di kumparan sekunder,



maka mengalir arus sekunder jika rangkaian sekunder dibebani, sehingga energi listrik dapat ditransfer keseluruhan (secara magnetisasi).

Transformator dapat digunakan untuk menaikkan dan menurunkan tegangan. Turun dan naiknya tegangan pada sisi sekunder tergantung pada perbandingan jumlah lilitan kumparan.

- N_2 : Jumlah lilitan pada kumparan sekunder
- N_1 : Jumlah lilitan pada kumparan primer
- V_1 : Tegangan pada kumparan primer
- V_2 : Tegangan pada kumparan sekunder timbul Gaya Gerak Listrik
- E_1 : Tegangan induksi pada kumparan primer
- E_2 : Tegangan induksi pada kumparan sekunder
- a : Perbandingan transformator

Dengan rumus persamaan:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = a \dots\dots\dots (2.1)^{23}$$

2.3.2 Jenis transformator (transformator distribusi)

Transformator yang umum dipergunakan untuk sistem distribusi adalah transformator 3 fasa dan satu fasa sedangkan transformator tiga fasa merupakan transformator yang paling banyak dipakai hal ini dikarenakan :

1. Untuk daya yang sama tidak memerlukan ruang yang besar;
2. Mempunyai nilai ekonomis;
3. Pemeliharaan persatuan barang lebih murah dan mudah.

Menurut jenisnya transformator dibedakan :

1. Over head transformator;
2. Underground transformator.

Over head Transformator terdiri dari :

1. Konvensional;
2. CSP (*Completely Self Protection*).

²³ Zuhail.



2.4 Pengertian Beban

Beban adalah suatu sirkuit akhir pemanfaatan dari suatu jaringan tenaga listrik, yang berarti tempat terjadinya suatu perubahan energi dari energi listrik menjadi energi lainnya, seperti cahaya, panas, gerakan, magnet, dan sebagainya. Tetapi beban dapat pula berupa suatu sirkuit yang bukan pemanfaatan akhir dari suatu jaringan tenaga listrik, tetapi berupa jaringan listrik yang lebih kecil dan sederhana, seperti beban dari jaringan tegangan tinggi adalah suatu gardu induk, dimana gardu induk belum berupa sirkuit akhir dari pemanfaatan energi listrik. Juga untuk jaringan distribusi primer, bebannya adalah setiap transformator distribusi tetapi untuk pembahasan laporan ini bebannya adalah sirkuit akhir dari pemanfaatan, karena pembahasan dititik beratkan pada transformator distribusi jenis tiang portal. Beban dari transformator distribusi ini berupa feeder – feeder satu fasa tegangan rendah yang secara langsung dapat dihubungkan dengan sirkuit akhir pemanfaatan seperti rumah tinggal, pertokoan, dan industri kecil.

Beban merupakan sirkuit akhir pemanfaatan dari jaringan tenaga listrik yang harus dilayani oleh sumber tenaga listrik tersebut untuk diubah menjadi bentuk energi lain. Oleh karena itu, pelayanan terhadap beban haruslah terjamin kontinuitasnya untuk menjaga kehandalan dari sistem tenaga listrik.

Untuk mencapai keadaan yang handal tersebut, suatu sistem tenaga listrik haruslah dapat mengatasi semua gangguan yang terjadi tanpa melakukan pemadaman terhadap bebannya.

2.4.1 Karakteristik beban

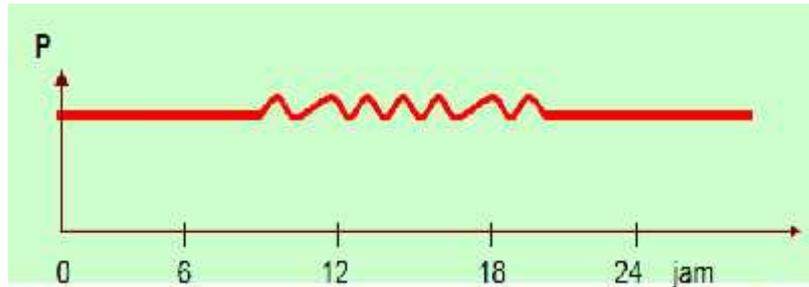
Dari pengelompokan beban tersebut secara periodik dapat dicatat besar-kecilnya beban setiap saat berdasarkan jenis beban pada tempat-tempat tertentu, sehingga dapat dibuat karakteristiknya.

1. Karakteristik beban untuk industri besar.

Pada industri besar (misalnya pengecoran baja) umumnya bekerja selama 24 jam, sehingga perubahan beban hanya terjadi pada saat jam kerja pagi untuk keperluan kegiatan administrasi. Perubahan beban tersebut nilainya sangat kecil jika dibanding dengan daya total yang digunakan untuk



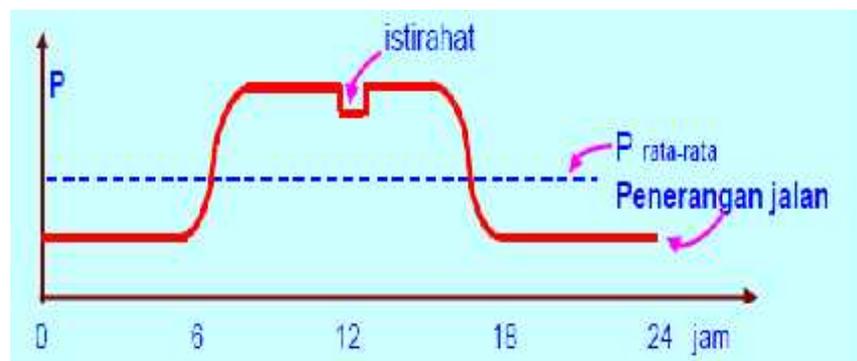
operasional industri. Selebihnya hampir kontinyu, selama 24 jam. Gambar 2.12 memperlihatkan karakteristik beban harian untuk industri besar yang umumnya, bekerja selama 24 jam.



Gambar 2.12 Karakteristik Beban untuk Industri Besar

2. Karakteristik beban untuk industri kecil.

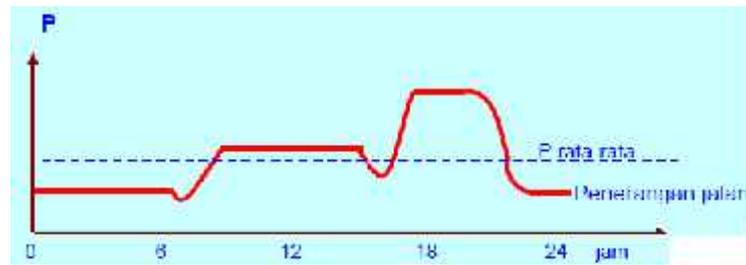
Untuk beban harian pada industri kecil yang umumnya hanya bekerja pada siang hari saja perbedaan pemakaian tenaga listrik antara siang dan malam hari sangat mencolok, karena pada malam hari listrik hanya untuk keperluan penerangan malam. Gambar 2.13 memperlihatkan karakteristik beban harian untuk industri kecil yang hanya bekerja pada siang hari.



Gambar 2.13 Karakteristik Beban Harian untuk Industri Kecil yang Hanya Bekerja pada Siang Hari

3. Karakteristik beban daerah komersil.

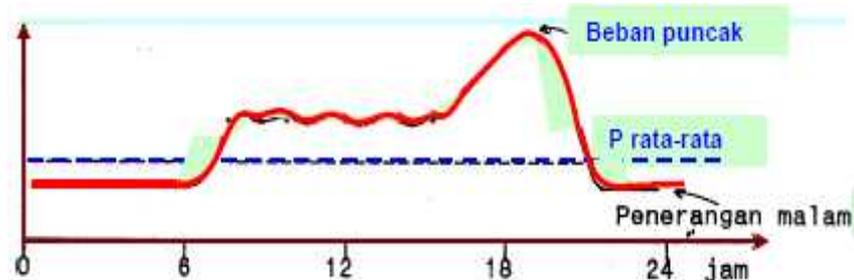
Untuk daerah komersil beban amat bervariasi dan beban puncak terjadi antara pukul 17.00 sampai dengan pukul 21.00. Gambar 2.14 memperlihatkan kurva beban harian untuk daerah komersil.



Gambar 2.14 Karakteristik Beban Harian untuk Daerah Komersil

4. Karakteristik beban untuk rumah tangga

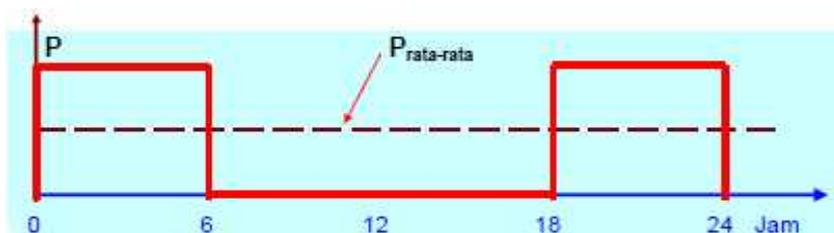
Pemakaian beban untuk keperluan rumah tangga dalam gambar 2.15 ialah karakteristik beban untuk rumah tangga yang mana tenaga listrik sudah merupakan kebutuhan. Misalnya penggunaan kompor listrik, seterika listrik, mesin cuci, kulkas, pemanas air listrik (heater), oven listrik, AC dan lain-lain. Rumah tangga yang pemakaian listriknya seperti tersebut diatas ialah rumah tangga dengan tarif R3 dan R4.



Gambar 2.15 Karakteristik Beban Harian Rumah Tangga

5. Karakteristik beban untuk penerangan jalan

Pemakaian beban untuk keperluan penerangan jalan adalah yang paling sederhana, karena pada umumnya tenaga listrik hanya digunakan mulai pukul 18.00 sampai dengan pukul 06.00. Gambar 2.16 memperlihatkan kurva beban harian penerangan jalan umum.



Gambar 2.16 Karakteristik Beban Penerangan Jalan Umum



2.4.2 Pembebanan transformator

Menurut PT.PLN (Persero), transformator distribusi diusahakan agar tidak dibebani lebih dari 80 % atau dibawah 40 %. Jika melebihi atau kurang dari nilai tersebut transformator bisa dikatakan *overload* atau *underload*. Diusahakan agar transformator tidak dibebani keluar dari range tersebut. Bila beban transformator terlalu besar maka dilakukan penggantian transformator atau penyisipan transformator atau mutasi transformator. Rumus berikut dapat digunakan untuk melihat besar kapasitas transformator yang ada.

$$\text{kVA beban} = (I_R \times V_{R-N}) + (I_S \times V_{S-N}) + (I_T \times V_{T-N}) \dots\dots\dots (2.2)^{17}$$

$$\% \text{ Persentase beban Transformator} = \frac{\text{kVA beban}}{\text{kVA Trafo}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.3)^{17}$$

2.4.3 Pengukuran arus dan tegangan pada gardu distribusi

Pengukuran adalah suatu pembandingan antara suatu besaran dengan besaran lain yang sejenis secara eksperimen dan salah satu besaran dianggap sebagai standar. Dalam pengukuran listrik terjadi juga pembandingan, dalam pembandingan ini digunakan suatu alat Bantu (alat ukur). Alat ukur ini sudah dikalibrasi, sehingga dalam pengukuran listrikpun telah terjadi pembandingan. Sebagai contoh pengukuran tegangan pada jaringan tenaga listrik dalam hal ini tegangan yang akan diukur diperbandingkan dengan penunjukkan dari Voltmeter.

Pada pengukuran listrik dapat dibedakan dua hal, yaitu Pengukuran besaran listrik, seperti arus (Ampere), tegangan (*Volt*), daya listrik (*Watt*), dll. Dan Pengukuran besaran nonlistrik, seperti suhu, luas cahaya, tekanan, dll.

Dalam melakukan pengukuran, pertama harus ditentukan cara pengukurannya. Cara dan pelaksanaan pengukuran itu dipilih sedemikian rupa sehingga alat ukur yang ada dapat digunakan dan diperoleh hasil dengan ketelitian seperti yang dikehendaki. Juga cara itu harus semudah mungkin, sehingga diperoleh efisiensi setinggi-tingginya. Jika cara pengukuran dan alatnya sudah ditentukan, penggunaannya harus dengan baik pula. Setiap alat harus diketahui dan diyakini cara kerjanya. Dan harus diketahui pula apakah alat-alat yang akan

¹⁷ Juliana Sitepu.

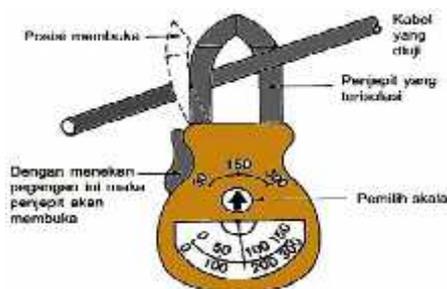


digunakan dalam keadaan baik dan mempunyai klas ketelitian sesuai dengan keperluannya. Jadi jelas pada pengukuran listrik ada tiga unsur penting yang perlu diperhatikan yaitu cara pengukuran, orang yang melakukan pengukuran, alat yang digunakan.

Lalu, pada pengukuran arus dan tegangan di sebuah transformator, pengukuran dapat terlaksana dengan menggunakan langkah kerja yang tepat dan alat yang digunakan adalah alat yang sesuai kebutuhan.

2.4.4 Alat ukur pengukuran arus dan tegangan⁵

Alat ukur tang ampere atau dikenal juga dengan sebutan Ampere meter jepit bekerja dengan prinsip, yang sama dengan inti primer sebuah transformator arus. Dengan alat ukur tang ampere ini, pengukuran arus dapat dilakukan tanpa memutuskan suplai listrik terlebih dahulu. Konstruksi dari alat ukur tang ampere ini diperlihatkan pada Gambar 2.17



Gambar 2.17 Konstruksi dan Cara Kerja Tang Ampere

2.4.5 Langkah-langkah *meeting* gardu distribusi

Pengukuran arus dan tegangan atau disebut *meeting* merupakan suatu kegiatan yang dilakukan untuk mengetahui besar arus dan tegangan pada setiap jurusan di gardu distribusi, serta pada rel busbar utamanya.

Untuk mengukur besarnya arus listrik ada berbagai macam alat yang digunakan, tetapi alat yang paling mudah untuk digunakan yaitu memakai tang ampere karena kita tidak perlu melakukan pengkabelan dan fleksibel bisa dipakai dimana saja.

Adapun langkah-langkah penggunaan tang ampere, yaitu sebagai berikut:

⁵ <http://electronicsrepair32.wordpress.com/2013/01/18/tang-ampere/>.



1. Posisikan *switch* pada posisi Amperemeter (A), karena selain untuk mengukur arus, tang ampere juga bisa di pakai untuk mengukur tahanan dan tegangan;
2. *Adjust* tang ampere sehingga menunjukkan Angka nol;
3. Pilih skala yang paling besar dulu, bila hasil pengukuran lebih kecil maka pindahkan ke skala yang lebih kecil untuk hasil pengukuran yang lebih akurat;
4. Pilihlah jenis pengukuran yang akan kita lakukan, AC atau DC. Tapi, ada juga tang ampere yang hanya untuk mengukur AC saja, biasanya tang ampere jenis analog;
5. Kalungkan tang ampere ke salah satu kabel. Hasil pengukuran akan segera terlihat;
6. Geser *html* tahan untuk menahan hasil pengukuran ini;
7. Matikan posisi menahan, untuk melakukan pengukuran kembali.

2.5 Jaringan Tegangan Rendah

Sistem Distribusi Tenaga Listrik untuk Tegangan Rendah yang dikembangkan adalah sistem tegangan 220/380 Volt menggunakan penghantar *Twisted Cable* (TC).

Dalam desain Jaringan Tegangan Rendah (JTR) beberapa kriteria yang dipertimbangkan adalah :

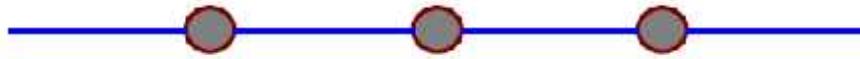
- a. Tegangan Jatuh.
- b. Susut Jaringan.
- c. Kerapatan Beban.
- d. Keandalan pasokan tenaga listrik.

2.5.1 Jenis konstruksi saluran udara tegangan rendah (SUTR)¹⁶

- a. Konstruksi tiang penyangga (TR-1)

Pada jaringan tegangan rendah yang lurus atau dengan sudut belok maksimum 15 derajat, dipakai konstruksi tiang penyangga atau penggantung kabel.

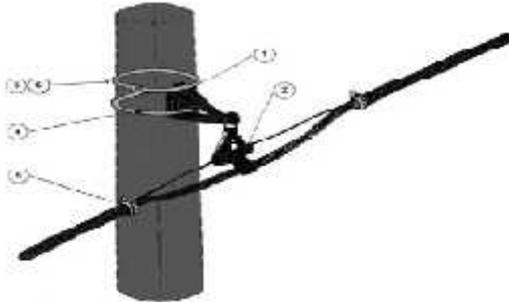
¹⁶ Wahyudi Sarimun N.



Gambar 2.18 Single Line TR-1

Keterangan:

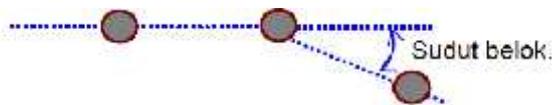
- 1) *Suspension Clam Bracket*
- 2) *Suspension Clamp*
- 3) *Stainless Steel Strip 0,75 Meter*
- 4) *Stopping Buckle*
- 5) *Plastic Strap*
- 6) *Protektip Plastic Strap 0,5 Meter*



Gambar 2.19 Konstruksi Tiang Penyangga TR-1

b. Konstruksi tiang sudut (TR-2)

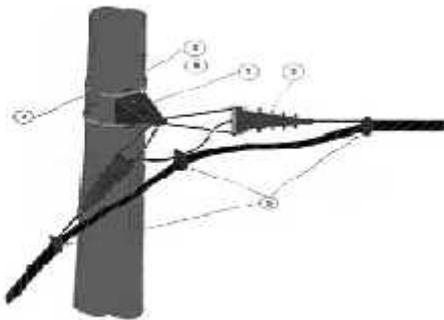
Jaringan dengan sudut belok lebih besar dari 15 derajat sampai dengan 90 derajat, dipakai konstruksi TR-2 ini.



Gambar 2.20 Single Line TR-2

Keterangan:

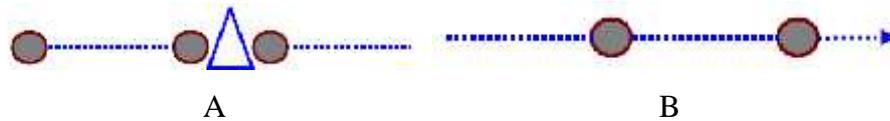
- 1) *Tension Bracket*
- 2) *Strain Clamp*
- 3) *Stainless Steel Strip 0,75 Meter*
- 4) *Stopping Buckle*
- 5) *Plastic Strap*
- 6) *Protektip Plastic Strap 0,5 Meter*



Gambar 2.21 Konstruksi Tiang Penyangga TR-2

c. Konstruksi tiang awal/akhir (TR-3)

Pada awal jaringan yaitu tempat dipasangnya trafo distribusi, dipakai konstruksi TR-3. Begitu juga Pada ujung jaringan dipasang konstruksi TR-3



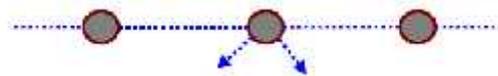
Gambar 2.22 Single Line TR-3 di awal (A)/akhir (B)



Gambar 2.23 Konstruksi tiang awal/akhir (TR3)

d. Konstruksi tiang penegang (TR-5)

Secara umum pada setiap 5 gawang panjang jaringan lurus diperlukan konstruksi penegang, yang dikenal sebagai konstruksi TR-5.



Gambar 2.24 Konstruksi Tiang Penegang (TR-5)



Gambar 2.25 Konstruksi Tiang Penegang TR-5



2.5.2 Kabel twisted saluran udara tegangan rendah

Konfigurasi jaringan secara umum adalah radial, hanya pada kasus khusus dipergunakan sistem tertutup (*loop*). Saluran Udara Tegangan Rendah memakai penghantar jenis kabel pilin / *Twisted Cable* (NFAAX-T) dengan penampang berukuran luas penampang 35 mm², 50 mm² dan 70 mm² serta penghantar tak berisolasi *All Aluminium Conductor* (AAC), *All Aluminium Alloy Conductor* (AAAC) dengan penampang 25 mm², 35 mm² dan 50 mm².

Kabel udara yang dipergunakan pada JTR merupakan kabel berinti tunggal dengan bentuk konduktor dipilin bulat, instalasi kabel ini sedemikian rupa sehingga hantaran kabel membentuk kabel pilin dimana beberapa kabel berinti tunggal saling dililitkan sehingga saling membentuk suatu kelompok kabel yang disebut dengan *twisted cable*.

Kabel pilin dipasang pada tiang saluran distribusi sekunder dengan peralatannya kira – kira 20 cm dibawah puncak tiang dengan kabel netral sebagai penyangganya, sehingga dengan demikian beban kabel pilin dipikul oleh kabel netral tersebut. Kabel pilin yang digunakan pada proyek kelistrikan terdiri atas enam buah kabel berinti tunggal dengan perincian sebagai berikut:

1. Kabel utama, terdiri atas tiga kabel fasa dan satu kabel netral
2. Dua kabel lainnya untuk hantaran lampu penerangan jalan

Terdapat 2 jenis konstruksi jaringan distribusi Tegangan Rendah sesuai dengan sistemnya.

1. Konfigurasi fasa 3 menggunakan kabel Pilin (*twisted cable*) dengan 3 penghantar fasa + 1 netral.
2. Konfigurasi fasa 2 menggunakan kabel Pilin (*twisted cable*) dengan 2 penghantar fasa + 1 netral atau penghantar BC atau AAAC.

Kedua sistem tersebut berdiri pada tiang sendiri atau di bawah Saluran Udara Tegangan Menengah (*underbuilt*). Radius pelayanan jaringan lebih kurang 300 meter dan tingkat tegangan pelayanan dibatasi + 5 % dan – 10 %.



2.6 Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam sirkuit listrik. Dalam sistem listrik AC/Arus Bolak-Balik ada tiga jenis daya yang dikenal, yaitu:

2.6.1 Daya semu

Daya semu merupakan daya listrik yang melalui suatu penghantar transmisi atau distribusi. Daya ini merupakan hasil perkalian antara tegangan dan arus yang melalui penghantar.

$$\text{Untuk 1 fasa : } S = V_L \times I_L \dots\dots\dots (2.4)^{18}$$

$$\text{Untuk 3 fasa : } S = 3 V_L \times I_L \dots\dots\dots (2.5)^{18}$$

Dimana:

S : Daya semu (VA)

V : Tegangan antar saluran (V)

I : Arus Saluran (A)

2.6.2 Daya aktif

Daya aktif (daya nyata) merupakan daya listrik yang digunakan untuk keperluan menggerakkan mesin-mesin listrik atau peralatan lainnya. Daya aktif ini merupakan pembentukan dari besar tegangan yang kemudian dikalikan dengan besaran arus dan faktor dayanya.

$$\text{Untuk 1 fasa : } P = V \times I \times \text{Cos } \emptyset \dots\dots\dots (2.6)^{18}$$

$$\text{Untuk 3 fasa : } P = 3 \times V_L \times I_L \times \text{Cos } \emptyset \dots\dots\dots (2.7)^{18}$$

Dimana:

P : Daya Nyata (Watt)

V : Tegangan antar saluran (V)

I : Arus Saluran (A)

Cos \emptyset : Faktor Daya (standar PLN 0,85)

¹⁸ William D. Stevenson



2.6.3 Daya reaktif

Daya reaktif merupakan selisih antara daya semu yang masuk pada penghantar dengan daya aktif pada penghantar itu sendiri, dimana daya ini terpakai untuk daya mekanik dan panas. Daya reaktif ini adalah hasil kali antara besarnya arus dan tegangan yang dipengaruhi oleh faktor daya.

$$\text{Untuk 1 fasa : } S = V_L \times I_L \times \sin \emptyset \dots \dots \dots (2.8)^{18}$$

$$\text{Untuk 3 fasa : } S = 3 V_L \times I_L \times \sin \emptyset \dots \dots \dots (2.9)^{18}$$

P : Daya Nyata (Watt)

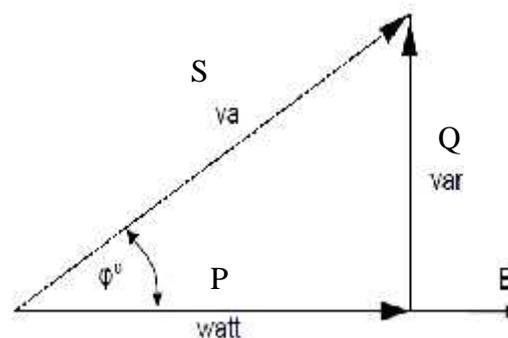
V : Tegangan antar saluran (V)

I : Arus Saluran (A)

$\sin \emptyset$: Faktor Daya

2.6.4 Segitiga daya

Dari bermacam daya diatas maka daya listrik digambarkan sebagai segitiga siku, yang secara vektoris adalah penjumlahan daya aktif dan reaktif dan sebagai resultannya adalah daya semu.



Gambar 2.26 Segitiga daya

2.7 Resistansi Penghantar

Resistansi adalah tahanan suatu penghantar baik itu pada saluran transmisi maupun distribusi yang menyebabkan kerugian daya. Maka besarnya resistansi pada jaringan listrik dapat dicari dengan rumus persamaan berikut:

¹⁸ *Ibid*



$$R = \frac{l}{A} \dots\dots\dots (2.10)^8$$

Dimana :

R : Resistansi (Ω),

l : Panjang kawat penghantar (m),

A : Luas penampang kawat (m^2),

ρ : Tahanan jenis ($\Omega \cdot m$).

Tahanan penghantar mempunyai suhu maksimum yang telah distandarkan oleh pabrik pembuatnya (maksimum $30^\circ C$ untuk Indonesia), perubahan suhu sebesar $1^\circ C$ dapat menaikkan tahanan penghantar. Perubahan tahanan nilai tahanan ini disebut koefisien temperatur dari tahanan yang diberi simbol α , nilai α dapat dilihat pada tabel di bawah ini. Perubahan nilai tahanan terhadap suhu, dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$R_{t_2} = R_{t_1}[1 + \alpha(t_2 - t_1)] \dots\dots\dots (2.11)^8$$

Dimana T_0 = Temperatur pada penghantar aluminium ($^\circ C$)

$$R_{t_2} = R_{t_1} \frac{T_0 + t_2}{T_0 + t_1} \dots\dots\dots (2.12)^8$$

Dimana:

R_{t_2} = resistan pada suhu t_2 (Ω / km)

R_{t_1} = resistan pada suhu t_1 (Ω / km)

α = koefisien temperature dari tahanan pada suhu

0,03931 untuk Cu pada suhu $12345^\circ C$

0,03931 untuk Al pada suhu $12345^\circ C$

T_1 = suhu normal penghantar ($^\circ C$)

⁸T.S. Hutahuruk.



t_2 = suhu yang ditentukan (°C)

T_0 = konstanta untuk penghantar tertentu :

- a. 234,5 untuk tembaga 100% Cu
- b. 241,0 untuk tembaga 97% Cu
- c. 228 untuk aluminium 61 % Al

2.8 Model Saluran Distribusi

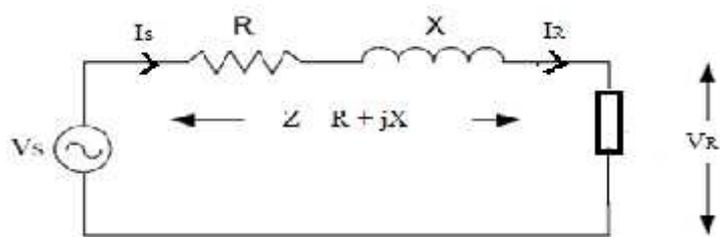
Saluran distribusi digambarkan melalui suatu model ekivalen dengan mengambil parameter rangkaian pada suatu basis per fasa. Tegangan terminal digambarkan dari saluran ke netral, arus dari satu fasa saluran sehingga sistem distribusi tiga fasa berkurang menjadi ekivalen sistem distribusi fasa tunggal.

Model saluran distribusi digunakan untuk menghitung tegangan, arus dan aliran daya daya yang dipengaruhi oleh panjang saluran. Model saluran distribusi diperoleh dengan mengalikan impedansi saluran persatuan panjang dengan panjang saluran.

$$Z = (r + j L).l \dots\dots\dots (2.13)^{10}$$

$$Z = R + jX \dots\dots\dots (2.14)^{10}$$

Dimana R dan X merupakan resistansi dan induktansi perfasa per satuan panjang, dan l merupakan panjang saluran.



Gambar 2.27 Rangkaian ekivalen saluran distribusi

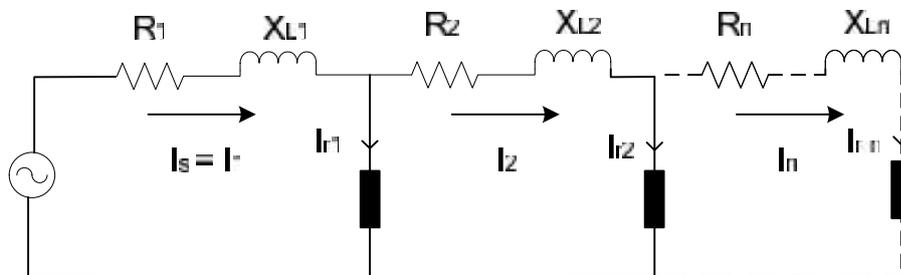
Oleh karena arus rangkaian saluran distribusi merupakan hubungan seri maka arus ujung pengirim dan ujung penerima adalah sama

$$I_S = I_R \dots\dots\dots (2.15)^{10}$$

¹⁰ Abdul Kadir.



Hal tersebut berbeda dengan model saluran dengan beban terhubung sepanjang saluran yaitu :



Gambar 2.28 Saluran Distribusi dengan Beban Terhubung Sepanjang Saluran

Berdasarkan gambar diatas maka didapatkan persamaan arus sesuai Hukum Kirchoff I yaitu

$$I_{\text{masuk}} = I_{\text{keluar}} \dots\dots\dots (2.16)^{10}$$

Sehingga didapatkan besar arus :

$$I_s = I_1 + (I_{r1} + I_2) = I_1 + (I_{r1} + I_{r2} + \dots + I_n) \dots\dots\dots (2.17)^{10}$$

2.9 Rugi Tegangan (*Drop Voltage*)

Salah satu kriteria yang dipertimbangkan dalam mendesain Jaringan Tegangan Rendah adalah tegangan jatuh, berdasarkan SPLN No.72 : 1987 batas drop tegangan yang diijinkan untuk Jaringan Tegangan Rendah (JTR) maksimum 4 % dari tegangan kerja.

Untuk mendapatkan besaran tegangan jatuh dalam batas tersebut maka pemilihan penghantar yang digunakan harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

- a. Jenis Penghantar
- b. Luas penampang penghantar.
- c. Panjang Jaringan
- d. Kerapatan beban

¹⁰ *Ibid.*



Selain pemilihan penghantar yang digunakan harus dibatasi besar arus beban yang mengalir sesuai dengan KHA (Kemampuan Hantar Arus) dari jenis penghantar agar batas tegangan jatuh yang diijinkan dapat tercapai.

Jenis penghantar untuk JTR ada dua macam menurut konstruksinya yaitu *Open Wire* (telanjang) dan *Insulated* (berisolasi) sedang ditinjau dari bahan yang digunakan ada dua jenis yang umum digunakan yaitu dari bahan Tembaga (CU) dan dari bahan Aluminium (Al).

Untuk keandalan dan keamanan dalam penyaluran tenaga listrik penghantar JTR yang paling banyak digunakan saat ini dari jenis *Insulated* dibandingkan dengan kabel telanjang.

Jenis bahan penghantar berisolasi yang banyak digunakan adalah dari bahan aluminium (Al) karena lebih ringan namun daya hantarnya lebih rendah dibandingkan dengan dari bahan Tembaga (Cu).

Jenis, Luas dan panjang penghantar yang digunakan untuk JTR akan mempengaruhi besarnya Impedansi (Z) dari JTR, perkalian impedansi Z dengan arus yang mengalir akan didapatkan besarnya *drop voltage* pada JTR dan Berdasarkan rangkaian ekivalen saluran pada gambar (2.27) besarnya *drop voltage* yang terjadi pada saluran tersebut dapat dirumuskan :

$$V = |V_s| - |V_r| = I \cdot Z = I_R \cdot R + I_X \cdot jX \dots \dots \dots (2.18)^{10}$$

Dimana :

$$I_R = I \cos \phi \dots \dots \dots (2.19)^{10}$$

$$I_X = I \sin \phi \dots \dots \dots (2.20)^{10}$$

$$\cos \phi = 0,85 \text{ (standar PLN 70-1 : 1985)}$$

$$\sin \phi = \text{Arc cos } 0,85 = 0,53$$

Sehingga didapatkan persamaan :

$$V = I \cdot (R \cos \phi + jX \sin \phi) \dots \dots \dots (2.21)^{10}$$

¹⁰ *Ibid.*



Karena faktor panjang saluran (L) mempengaruhi impedansi saluran (Z) maka persamaan menjadi :

$$V = I (R \cos \theta + jX \sin \theta) \cdot L \dots\dots\dots (2.22)^{10}$$

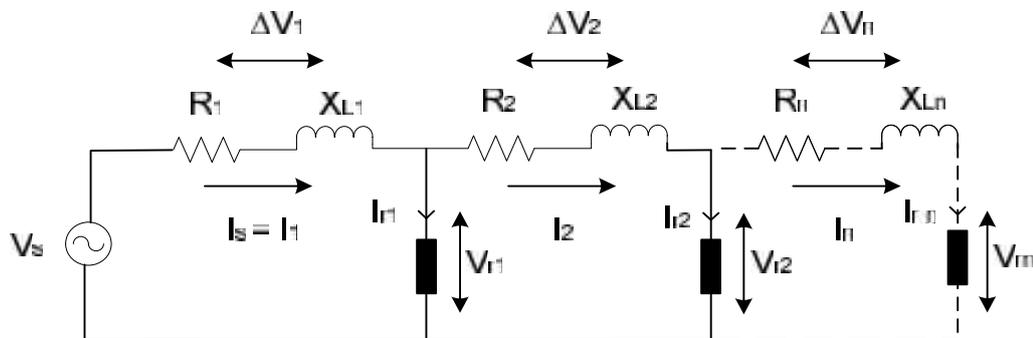
Maka untuk saluran distribusi pada saluran distribusi 3 fasa adalah :

$$V = \sqrt{3} \cdot I \cdot (R \cos \theta + jX \sin \theta) \cdot L \dots\dots\dots (2.23)^{10}$$

Keterangan :

- | | | | |
|----------------|---------------------------|----------------|------------------------|
| V | = Drop tegangan (V) | I | = Arus saluran (A) |
| V _s | = Tegangan pengiriman (V) | I _R | = Arus aktif |
| V _r | = Tegangan penerimaan (V) | I _X | = Arus reaktif |
| R | = Resistansi saluran () | L | = Panjang Saluran (km) |
| X | = Reaktansi saluran () | | |

Dan berdasarkan model saluran pada gambar 2.28 untuk beban yang terhubung sepanjang saluran maka persamaan *drop voltage* didapatkan :



Gambar 2.29 Drop Voltage Saluran dengan Beban Terhubung Sepanjang Saluran

$$V = I_1 (R_1 \cos \theta + jX_1 \sin \theta) \cdot L + I_2 (R_2 \cos \theta + jX_2 \sin \theta) \cdot L + \dots\dots + I_n (R_n \cos \theta + jX_n \sin \theta) \cdot L \dots\dots\dots (2.24)^{10}$$

$$V = V_1 + V_2 + \dots\dots + V_n \dots\dots\dots (2.25)^{10}$$

Dan *drop voltage* dalam persentase :

$$\% V = \frac{\Delta V}{V_s} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.26)^{10}$$

¹⁰ Ibid.



2.10 Rugi Daya

Dalam mendesain JTR maka hal yang sangat penting diperhitungkan adalah batas maksimum susut yang akan terjadi pada jaringan tersebut. Untuk mencapai *range losses* tersebut maka desain JTR juga harus mempertimbangkan hal hal yang sama seperti pada saat menekan tegangan jatuh yaitu:

- a. Jenis Penghantar yang digunakan
- b. Panjang Jaringan Tegangan Rendah
- c. Luas penampang
- d. Pembatasan Jumlah beban yang tersambung sesuai dengan KHA penghantar

Berdasarkan gambar 2.27 rugi daya saluran timbul karena adanya komponen resistansi dan reaktansi saluran dalam bentuk rugi daya aktif dan reaktif. Rugi daya aktif yang timbul pada komponen resistansi saluran distribusi akan terdisipasi dalam bentuk energi. Sedangkan rugi daya reaktif akan dikembalikan ke sistem dalam bentuk medan magnet atau medan listrik.

Rugi daya yang dapat dicari menggunakan rumus :

$$P = I^2 \times R \times L \dots\dots\dots (2.27)^{12}$$

Dan berdasarkan gambar 2.26 dengan beban terhubung pada sepanjang Saluran didapatkan persamaan rugi daya :

$$P = I_1^2 \times R_1 \times L + I_2^2 \times R_2 \times L + \dots + I_n^2 \times R_n \times L \dots\dots\dots (2.28)^{12}$$

Maka untuk saluran distribusi pada saluran distribusi 3 fasa adalah :

$$P = 3 \times I^2 \times R \times L \dots\dots\dots (2.29)^{12}$$

$$P = 3 \times (I_1^2 \times R_1 \times L + I_2^2 \times R_2 \times L + \dots + I_n^2 \times R_n \times L) \dots\dots\dots (2.30)^{12}$$

Dimana :

P = Rugi daya (kw)

I = Arus yang mengalir (Ampere)

R = Resistansi saluran (ohm)

¹² PT.PLN Pusat Pendidikan dan Pelatihan.

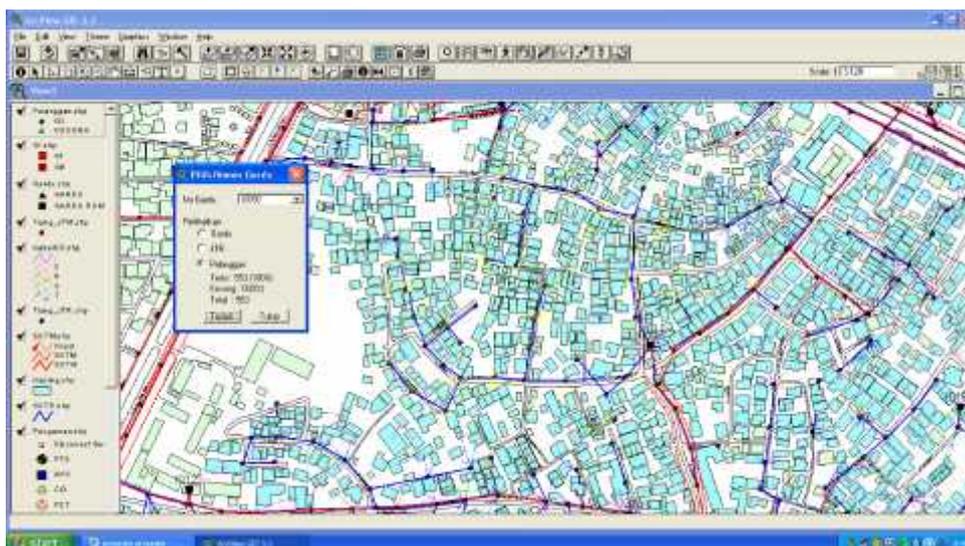


2.11 Sistem Informasi Manajemen

Dalam perkembangan era teknologi, PT. PLN (Persero) juga turut andil dalam memanfaatkan teknologi tersebut. Salah satu teknologi yang diterapkan pada bidang distribusi adalah Sistem Informasi Manajemen. Sistem Informasi Manajemen adalah suatu perangkat lunak yang dapat digunakan untuk mengolah data setiap transaksi yang dilakukan. Berikut ini beberapa sistem informasi manajemen yang digunakan:

2.11.1 *Geographic information system (GIS)*¹

Pada pemetaan jaringan di bidang distribusi PT. PLN (Persero), banyak proses untuk mengolah data agar jaringan dan aset perusahaan dapat terdata dengan baik. *Geographic Information System* adalah salah satu perangkat lunak untuk mengumpulkan, menyimpan, menampilkan, dan mengkorelasikan data spasial dari fenomena geografis untuk dianalisis, dan hasilnya dikomunikasikan kepada pemakai data, bagi keperluan pengambilan keputusan. Apalagi, *Geographic Information System* mempunyai kelebihan yaitu data *Geographic Information System* pada penggunaan lahan akan dapat disajikan dalam bentuk batas-batas luasan yang masing-masing mempunyai atribut penjelasan dalam bentuk tulisan maupun angka.



Gambar 2.30 Salah satu aplikasi GIS, ArcView GIS 3.3

¹ Anonim.



Geographic Information System pada bidang distribusi PT. PLN digunakan pada sistem perencanaan dan dokumentasi pada suatu jaringan distribusi listrik yang merupakan teknik penyimpanan data spasial (lokasi) dan atribut secara sistematis, mengenai komponen jaringan baik yang sudah ada maupun yang sedang direncanakan. Serta kegunaan utama dari sistem informasi ini adalah untuk mendukung pengelolaan sistem distribusi berupa fungsi-fungsi perencanaan, operasi dan pemeliharaan. Secara sederhana, *Geographic Information System* bisa dikatakan sebagai pemetaan jaringan dan juga aset-aset PT. PLN (Persero).

Informasi yang disajikan oleh *Geographic Information System* bukan hanya dalam bentuk data teks yang statis, tetapi merupakan data spasial (keruangan) yang dinamis. Database *Geographic Information System* ini pada akhirnya akan membentuk sebuah Data Induk Jaringan (DIJ) yang merupakan database jaringan dan aset. Sebagai database jaringan dan aset, serta monitoring terhadap perpindahan lokasi aset. Data Induk Jaringan memegang peran penting dalam proses pengambilan keputusan di bidang distribusi. Data Induk Jaringan ini akan menjadi acuan bagi proses perencanaan, pemeliharaan dan operasi bidang distribusi.

Geographic Information System dalam bidang kelistrikan terkhusus distribusi mempunyai tujuan, yaitu:

1. Meningkatkan efisiensi dan efektivitas kerja yang ditunjang oleh data yang akurat, yang bukan saja merupakan data teks, tetapi juga didukung dengan data keruangan (spasial);
2. Meningkatkan kecepatan dalam hal pengambilan keputusan;
3. Meningkatkan monitoring khususnya dalam hal informasi jaringan kelistrikan yang sedang berjalan. Misalnya penambahan/pengurangan



CARI DATA PELANGGAN DENGAN DATA SEPERTI BERIKUT

NAMA ALAMAT
 KODE GARDU DISTRIBUSI KODE GARDU DISTRIBUSI
 TABEL JALAN
 FAKTOR KUALITAS NO SURTIKETER
 NOMBOR SURTIKETER KIDILOR

Jumlah data 296 Pelanggan dengan Total daya sebesar 2982 kVA

Berikut 150 Pelanggan Pertama Dari Filter Di Atas

NO	NO SURTIKETER	NO TANGKAI	NAMA	ALAMAT	LOKASI	FAKTOR KUALITAS	NO SURTIKETER	NOMBOR SURTIKETER	KIDILOR
1	10000001	01	A. FARIZ, Etc	BEGIT LEMBAJO RT1	ACB001	100%	01000001	01000001	1000
2	10000002	01	A. GANI	SUMBER KALIA RT1	ACB002	100%	01000002	01000002	1000
3	10000003	01	A. N. H.	JUR. M. H. MANSYUR	ACB003	100%	01000003	01000003	1000
4	10000004	01	A. N. H.	JUR. M. H. MANSYUR	ACB004	100%	01000004	01000004	1000
5	10000005	01	A. N. H.	JUR. M. H. MANSYUR	ACB005	100%	01000005	01000005	1000

Gambar 2.32 Aplikasi SIM APP

Dengan menerapkan Aplikasi Sistem Informasi Manajemen sebagai perangkat lunak yang dapat mengolah seluruh data yang diinginkan, diharapkan dapat memberikan kemudahan dalam melakukan proses pengolahan data, dan memudahkan pengontrolan pengelolaan data Gardu Distribusi dan data Pelanggan oleh petugas administrasi maupun petugas teknik.

2.12 ETAP (*Electrical Transient Analysis Program*)

2.12.1 Definisi ETAP⁶

ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, online untuk pengelolaan data real-time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik.

Analisa tenaga listrik yang dapat dilakukan ETAP antara lain :

- Analisa aliran daya
- Analisa hubung singkat
- Arc Flash Analysis*
- Analisa kestabilan transien, dll.

⁶ Anton Firmansyah.



Dalam menganalisa tenaga listrik, suatu diagram saluran tunggal (*single line diagram*) merupakan notasi yang disederhanakan untuk sebuah sistem tenaga listrik tiga fasa. Sebagai ganti dari representasi saluran tiga fasa yang terpisah, digunakanlah sebuah konduktor. Hal ini memudahkan dalam pembacaan diagram maupun dalam analisa rangkaian. Elemen elektrik seperti misalnya pemutus rangkaian, transformator, kapasitor, bus bar maupun konduktor lain dapat ditunjukkan dengan menggunakan simbol yang telah distandardisasi untuk diagram saluran tunggal. Elemen pada diagram tidak mewakili ukuran fisik atau lokasi dari peralatan listrik, tetapi merupakan konvensi umum untuk mengatur diagram dengan urutan kiri-ke-kanan yang sama, atas-ke-bawah, sebagai saklar atau peralatan lainnya diwakili.

2.12.2 Standar simbol ETAP

ETAP memiliki 2 macam standar yang digunakan untuk melakukan analisa kelistrikan, ANSI dan IEC. Pada dasarnya perbedaan yang terjadi di antara kedua standar tersebut adalah frekuensi yang digunakan, yang berakibat pada perbedaan spesifikasi peralatan yang sesuai dengan frekuensi tersebut. Simbol elemen listrik yang digunakan dalam analisa dengan menggunakan ETAP pun berbeda.

2.12.3 Langkah menjalankan program ETAP

1. Mempersiapkan plant

Persiapan yang perlu dilakukan dalam analisa / desain dengan bantuan *ETAP PowerStation* adalah :

- a. *Single line diagram*
- b. Data peralatan baik elektrik maupun mekanis
- c. Library untuk mempermudah editing data

Single line diagram tersebut membutuhkan data peralatan sesuai dengan data peralatan baik elektrik maupun mekanis sebagai berikut :

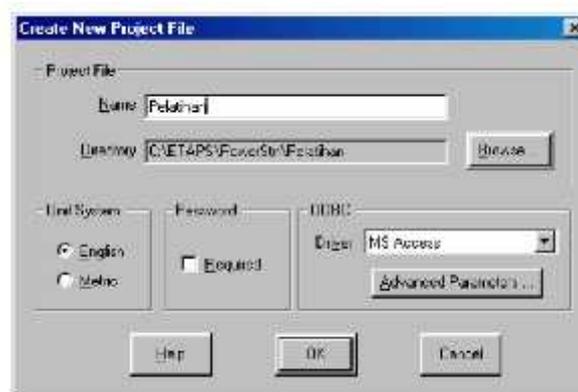
- a. *Power Grid*
- b. Generator
- c. Bus
- d. Transformator



- e. *Circuit Breaker*
- f. *Disconnect Switch*
- g. *Lumped Load*
- h. Motor Sinkron
- i. Motor Induksi
- j. *High Filter*
- k. *Capacitor*
- l. *Over Current Relay*
- m. *Variable Frequency Drive (VFD)*
- n. *Charger*

2. Membuat proyek baru

- a. Klik tombol *New* atau klik menu *File* lalu akan muncul kotak dialog sebagai berikut :



Gambar 2.33 *Create New Project File*

- b. Lalu ketik nama *file project*. Misalnya : *Pelatihan*. Lalu klik *Ok* atau tekan *Enter*.
- c. Akan muncul kotak dialog *User Information* yang berisi data pengguna *software*.
Isikan nama anda dan deskripsi proyek anda. Lalu klik *Ok* atau tekan *Enter*.



Gambar 2.34 User Information

- d. Anda telah membuat file proyek baru dan siap untuk menggambar one-line diagram di layar. Lalu buat One-line diagram seperti pada gambar dibawah dan isikan data peralatan.

3. Menggambar *single line diagram*

Menggambar *single line diagram* dilakukan dengan cara memilih simbol peralatan listrik pada menu bar disebelah kanan layar. Klik pada simbol, kemudian arahkan kursor pada media gambar. Untuk menempatkan peralatan pada media gambar, klik kursor pada media gambar.

Untuk mempercepat proses penyusunan *single line diagram*, semua komponen dapat secara langsung diletakkan pada media gambar. Untuk mengetahui kontinuitas antar komponen dapat di-cek dengan Continuity Check pada menu bar utama.

Pemakaian *Continuity Check* dapat diketahui hasilnya dengan melihat warna komponen/branch. Warna hitam berarti telah terhubung, warna abu-abu berarti belum terhubung.

4. *Editing data peralatan*

- Bus
- Generator
- Cable
- Two Winding Transformator



- a. *Induction Machine*
- b. *Static Load*
- c. *Circuit Breaker*
- d. Fuse

Data Peralatan yang diperlukan oleh *Power Station* untuk analisa sangat detail sehingga kadang membuat beberapa pengguna kesulitan dalam memperoleh data tersebut. Untuk mempermudah memasukkan data, maka harus diidentifikasi terlebih dahulu keperluan data. Sebagai contoh, analisa hubung singkat membutuhkan data yang lebih kompleks daripada analisa aliran daya. Jadi tidak perlu memasukkan semua parameter yang diminta pada menu editor komponen oleh ETAP *Power Station*.

5. Melakukan studi/analisa

Dengan ETAP *Power Station* dapat dilakukan beberapa analisa pada sistem kelistrikan yang telah digambarkan dalam *single line diagram*. Studi-studi tersebut adalah :

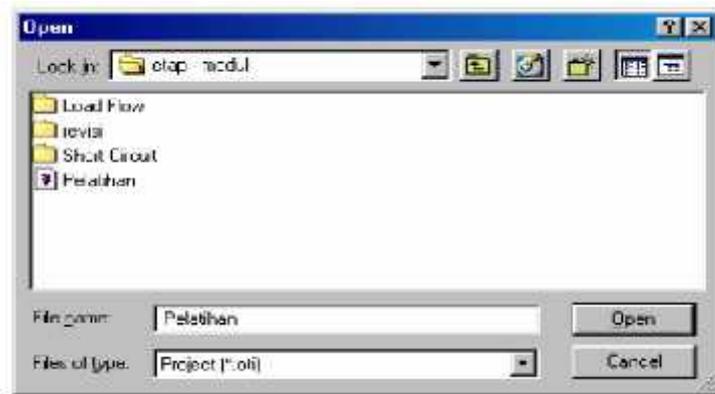
1. *Load Flow Analysis (LF)*
2. *Short Circuit Analysis (SC)*
3. *Motor Starting Analysis (MS)*
4. *Transient Stability Analysis (TS)*
5. *Cable Ampacity Derating Analysis (CD)*
6. *Power Plot Interface*

6. Menyimpan file project (*save project*)

Masuk menu bar File, pilih Save atau click toolbar

7. Membuka file project (*open project*)

- a. Masuk menu bar File, pilih Open File lalu tentukan direktori tempat menyimpan filenya (browse) atau click toolbar
- b. Pilih file yang dituju kemudian click open



Gambar 2.35 Membuka File Project

8. Mengcopy / menyalin file project

- a. Masuk menu bar File, pilih Copy Project To lalu tentukan direktori tempat menyimpan filenya (browse)
- b. Beri nama File Project yang dicopy kemudian click Save



Gambar 2.36 Mengcopy / Menyalin File Project

9. Menutup project (*close project*)

Klik menu File lalu klik Close Project atau kill toolbar Close.

10. Keluar dari program (*exit program*)

Klik menu File lalu klik Exit untuk keluar dari program ETAP.