

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Thoriq Aziz Al Qoyyimi, Ontoseno Penangsang dan Ni Ketut Aryani, 2017, dengan judul Penentuan Lokasi Gangguan Hubung Singkat pada Jaringan Distribusi 20 kV Penyulang Tegalsari Surabaya dengan Metode Impedansi Berbasis GIS (Geographic Information System), ditulis dalam Jurnal Teknik, Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), berisi tentang SIG (Sistem Informasi Geografis) adalah salah model informasi yang berhubungan dengan data spasial (keruangan) mengenai daerah-daerah di permukaan Bumi. Penggunaan GIS dalam dunia kelistrikan untuk mengetahui letak-letak gardu induk pada daerah-daerah tertentu. Simulasi terlebih dahulu dilakukan dengan membuat diagram segaris (*Single Line Diagram*) dari peta GIS distribusi listrik sesuai dengan jumlah titik gardu.

Lilik Jamilatul Awalun dan Bangun Muljo Sukojo, 2003, dengan judul Pembuatan Dan Analisa Sistem Informasi Geografis Distribusi Jaringan Listrik (Studi Kasus: Surabaya Industrial Estate Rungkut di Surabaya), Penelitiannya berisi Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem basis data yang bersifat spasial. SIG dapat digunakan untuk mengetahui panjang kabel dan kebutuhan komponen penunjang distribusi tenaga listrik dengan melihat jalur terpendek yang dilalui kabel sehingga waktu kerja juga dapat efisien.

Choirur Rochman, Ontoseno Penangsang dan Ni Ketut Aryani, 2015, dengan judul Manajemen Gangguan Jaringan Distribusi 20 kV Kota Surabaya berbasis Geographic Information System (GIS) menggunakan Metode Algoritma Genetika, ditulis dalam Jurnal Teknik ITS Vol. 4, No. 1. Penelitiannya berisi Identifikasi lokasi gangguan adalah upaya menentukan gangguan yang terjadi dengan perkiraan akurat

tentang lokasi gangguan. Setelah gangguan diketahui dan lokasi gangguan, maka segera dilakukan analisis yang mendasari tindakan pengisolasian gangguan ataupun merestorasi/pemulihan sistem.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi merupakan sub sistem tenaga listrik yang yang paling dekat dengan pelanggan yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*bulk power source*) sampai ke konsumen. Jaringan distribusi tegangan menengah mempunyai tegangan antara 3 kV sampai 20 kV.

Sistem distribusi tenaga listrik didefinisikan sebagai bagian dari sistem tenaga listrik yang menghubungkan gardu induk/pusat pembangkit listrik dengan konsumen. Sedangkan jaringan distribusi adalah sarana dari sistem distribusi tenaga listrik di dalam menyalurkan energi ke konsumen. Dalam menyalurkan tenaga listrik ke pusat beban, suatu sistem distribusi harus disesuaikan dengan kondisi setempat dengan memperhatikan faktor beban, lokasi beban, perkembangan dimasa mendatang, keandalan serta nilai ekonomisnya.

Desain sistem distribusi bervariasi mulai dari sistem radial sampai jaringan distribusi. Pertimbangan utama yang mempengaruhi desain adalah biaya dan keandalan.

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. PLN sendiri menggunakan tegangan di level 20 kV untuk penyaluran distribusi primer dan level tegangan 220/380V untuk penyaluran distribusi sekunder. Pada saat ini PLN hanya mengembangkan jaringan distribusi tegangan menengah 20 kV.

Sistem distribusi dibagi menjadi dua subdivisi :

1. Distribusi primer, berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dari gardu induk (atau sumber lain) ke titik-titik beban dimana disini tegangan diturunkan ke nilai tegangan yang dapat dimanfaatkan oleh para pelanggan.
2. Distribusi sekunder, adalah yang terdiri dari bagian pengoperasian sistem distribusi menuju ke meteran para pelanggan.

Jaringan distribusi primer 20kV sering disebut Jaringan Distribusi Tegangan Menengah dan jaringan distribusi sekunder 380/220V sering disebut Jaringan Distribusi Tegangan Rendah.

2.2.2 Klasifikasi Saluran Distribusi Tenaga Listrik

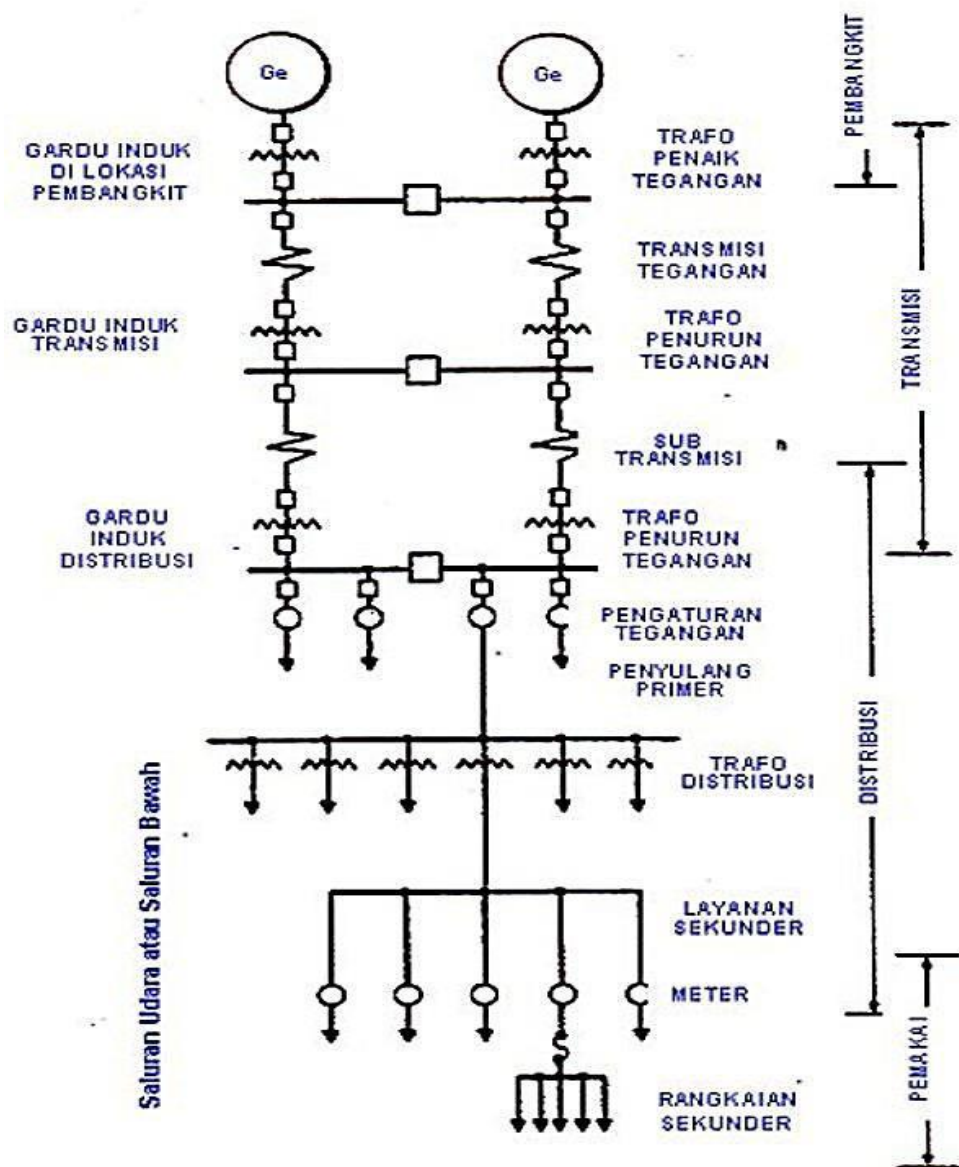
Untuk kemudahan dan penyederhanaan, lalu diadakan pembagian serta pembatasan-pembatasan seperti pada gambar 2.1 :

- 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:

1. SUTM, terdiri dari tiang dan peralatan kelengkapannya, konduktor dan peralatan perlengkapannya, serta peralatan pengaman dan pemutus.

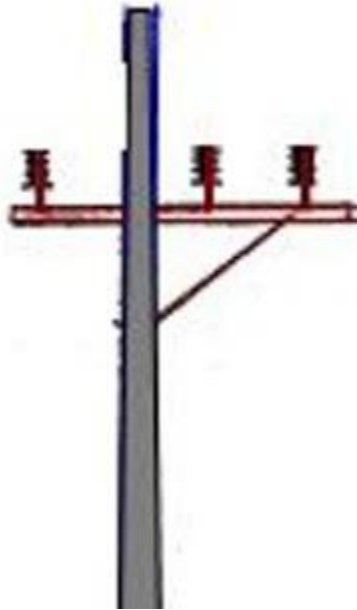
2. SKTM, terdiri dari kabel tanah, *indoor* dan *outdoor termination*, batu bata, pasir dan lain-lain.
3. Gardu Transformator, terdiri dari transformator, tiang, pondasi tiang, rangka tempat transformator, LV panel, pipa-pipa pelindung, *Arrester*, kabel-kabel, peralatan *grounding*, dan lain-lain.
4. 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

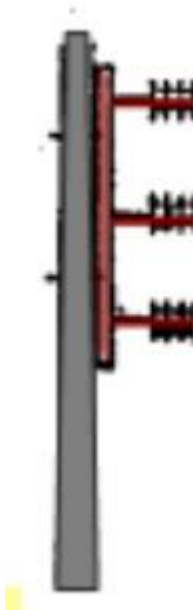
Secara umum, saluran tenaga Listrik atau saluran distribusi dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Menurut nilai tegangannya :
 - a. Saluran distribusi Primer, Terletak pada sisi primer trafo distribusi, yaitu antara titik Sekunder trafo sub *station* (Gardu Induk) dengan titik primer trafo distribusi. Saluran ini bertegangan menengah 20 kV. Jaringan listrik 70 kV atau 150 kV, jika langsung melayani pelanggan, bisa disebut jaringan distribusi.
 - b. Saluran Distribusi Sekunder, Terletak pada sisi sekunder trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder dengan titik cabang menuju beban.
2. Menurut bentuk tegangannya :
 - a. Saluran Distribusi DC (*Direct Current*) menggunakan sistem tegangan searah.
 - b. Saluran Distribusi AC (*Alternating Current*) menggunakan sistem tegangan bolak-balik.
3. Menurut jenis/tipe konduktornya :
 - a. Saluran udara, dipasang pada udara terbuka dengan bantuan penyangga (tiang) dan perlengkapannya, dan dibedakan atas :
 - 1). Saluran kawat udara, bila konduktornya telanjang, tanpa isolasi Pembungkus.
 - 2). Saluran kabel udara, bila konduktornya terbungkus isolasi.
 - b. Saluran Bawah Tanah, dipasang di dalam tanah, dengan menggunakan kabel tanah (*ground cable*).
 - c. Saluran Bawah Laut, dipasang di dasar laut dengan menggunakan kabel laut (*submarine cable*).
4. Menurut susunan (konfigurasi) salurannya :
 - a. Saluran Konfigurasi Horizontal, bila saluran fasa terhadap fasa yang lain/terhadap netral atau saluran positif terhadap negatif (pada sistem DC) membentuk garis horizontal.



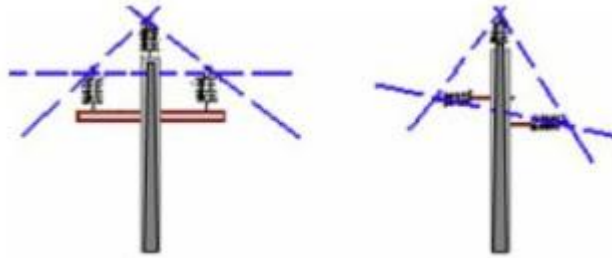
Gambar 2.2 Saluran Konfigurasi horizontal

- b. Saluran Konfigurasi Vertikal, bila saluran-saluran tersebut membentuk garis vertikal



Gambar 2.3 Saluran Konfigurasi Vertikal

- c. Saluran konfigurasi Delta, bila kedudukan saluran satu sama lain membentuk suatu segitiga (delta).



Gambar 2.4 Saluran konfigurasi Delta

5. Menurut Susunan Rangkaiannya Dari uraian di atas telah disinggung bahwa sistem distribusi dibedakan menjadi dua yaitu sistem distribusi primer dan sistem distribusi sekunder.
- Jaringan sistem distribusi primer atau Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 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 disuplai tenaga listrik sampai ke pusat beban. Jaringan ini menghubungkan sisi sekunder trafo daya di Gardu Induk menuju ke Gardu Distribusi, besar tegangan yang disalurkan adalah 6 kV, 12 kV atau 20 kV.
 - Jaringan sistem distribusi sekunder atau Jaringan Tegangan Rendah (JTR) salurannya bisa berupa SKTM atau SUTM yang menghubungkan Gardu Distribusi/sisi sekunder trafo distribusi ke konsumen. Tegangan sistem yang digunakan adalah 220 Volt dan 380 Volt. 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

- 1). Papan pembagi pada trafo 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.



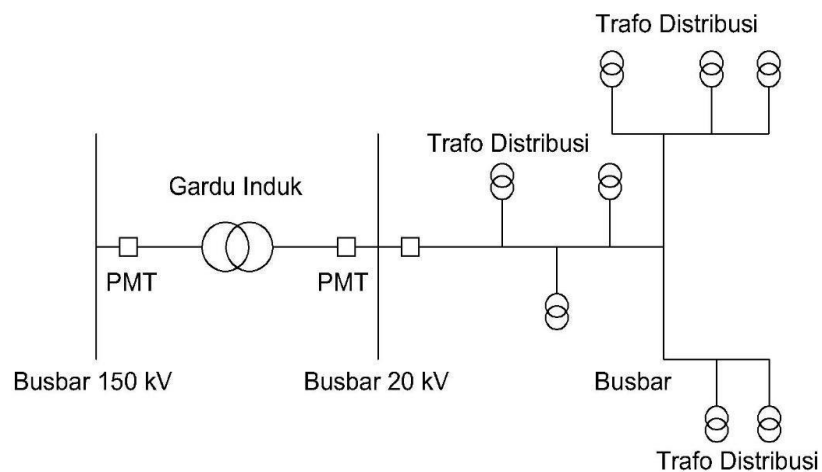
1. Jaringan Sistem Distribusi Primer

11

Berdasarkan konfigurasi jaringan, maka sistem jaringan distribusi ini dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu sistem jaringan distribusi radial, loop dan spindel.

a. Sistem Jaringan Distribusi Radial

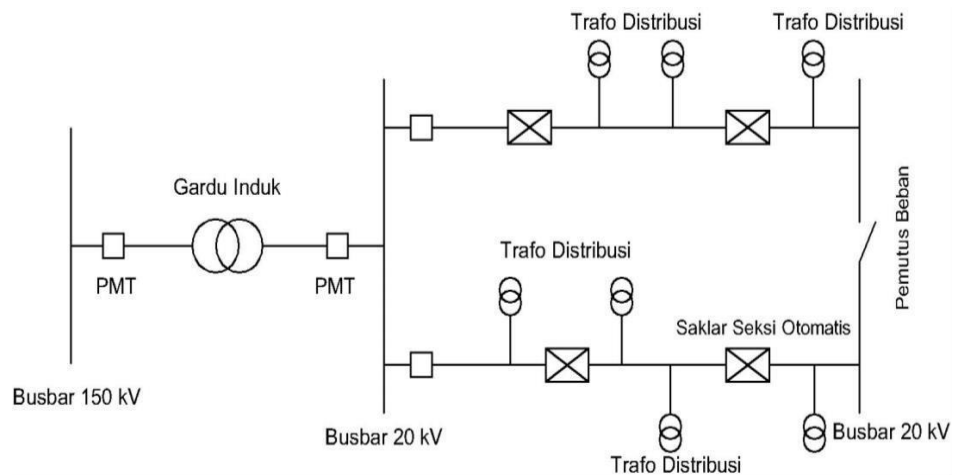
Bentuk jaringan ini merupakan bentuk yang paling sederhana, banyak digunakan dan murah. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabangkan ke titik-titik beban yang dilayani, seperti terlihat pada gambar 2.6. Sistem Jaringan Distribusi Radial.



Gambar 2.6 Sistem Jaringan Distribusi Radial

b. Sistem Jaringan Distribusi Loop

Jaringan ini merupakan bentuk tertutup, disebut juga bentuk jaringan ring. Susunan rangkaian saluran membentuk ring, seperti terlihat pada gambar 2.7 yang memungkinkan titik beban terlayani dari dua arah saluran, sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya menjadi lebih baik, karena *drop* tegangan dan rugi daya saluran menjadi lebih kecil.



Gambar 2.7 Sistem Jaringan Distribusi *Loop*

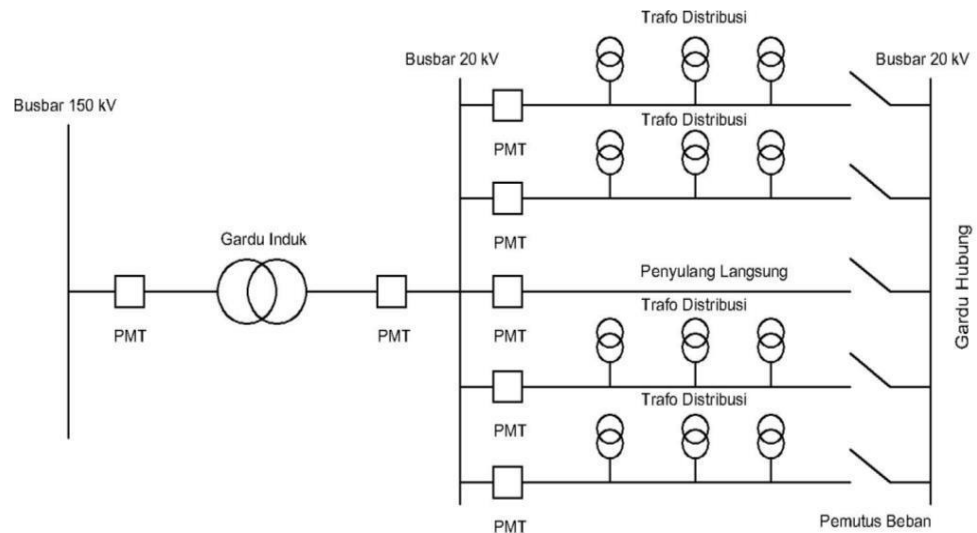
Bentuk sistem jaringan distribusi *loop* ini ada 2 macam yaitu :

- 1) Bentuk *open loop*, bila dilengkapi dengan *normally open switch* yang terletak pada salah satu bagian gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkaian selalu terbuka.
- 2) Bentuk *close loop*, bila dilengkapi dengan *normally close switch* yang terletak pada salah satu bagian di antara gardu distribusi, dalam keadaan normal rangkaian selalu tertutup.

c. Sistem Jaringan Distribusi Spindel

Jaringan distribusi spindel (seperti gambar 2.8) merupakan saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM) yang penerapannya sangat cocok di kota-kota besar. Sistem jaringan distribusi spindel sangat cocok untuk memenuhi kebutuhan - kebutuhan antara lain:

- 1) Peningkatan keandalan atau kontinuitas pelayanan sistem.
- 2) Menurunkan atau menekan rugi-rugi akibat gangguan.
- 3) Sangat baik untuk menyuplai daerah beban yang memiliki kerapatan beban yang cukup tinggi, serta perluasan jaringan mudah dilakukan.



Gambar 2.8 Sistem Jaringan Distribusi Spindel

Sistem jaringan distribusi spindel sangat cocok untuk memenuhi kebutuhan – kebutuhan antara lain :

1. Peningkatan keandalan atau kontinuitas pelayanan sistem.
2. Menurunkan atau menekan rugi – rugi akibat gangguan.
3. Sangat baik untuk mensuplai daerah beban yang memiliki kerapatan beban yang cukup tinggi.
4. Perluasan jaringan mudah dilakukan.

Sistem Spindel adalah suatu pola kombinasi jaringan dari pola Radial dan Ring. Spindel terdiri dari beberapa penyulang (*feeder*) yang tegangannya diberikan dari Gardu Induk dan tegangan tersebut berakhir pada sebuah Gardu Hubung (GH).

Pada sebuah spindel biasanya terdiri dari beberapa penyulang aktif dan sebuah penyulang cadangan (*express*) yang akan dihubungkan melalui gardu hubung. Pola Spindel biasanya digunakan pada jaringan tegangan menengah (JTM) yang menggunakan kabel tanah/saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM).

Namun pada pengoperasiannya, sistem Spindel berfungsi sebagai sistem Radial. Di dalam sebuah penyulang aktif terdiri dari

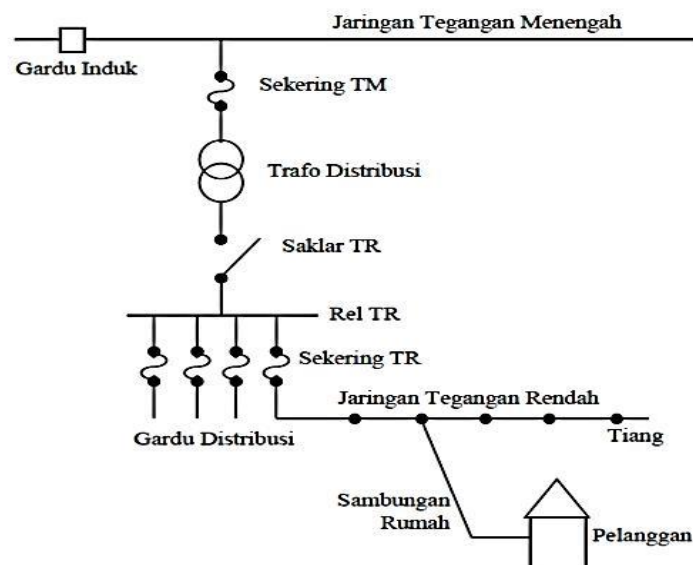
gardu distribusi yang berfungsi untuk mendistribusikan tegangan kepada konsumen baik konsumen tegangan rendah (TR) atau tegangan menengah (TM).

Adapun operasi sistem jaringan sebagai berikut :

- a. Dalam keadaan normal semua saluran di gardu hubung (GH) terbuka sehingga semua SKTM beroperasi radial.
- b. Dalam keadaan normal saluran ekspres tidak dibebani dan dihubungkan dengan rel di gardu hubung dan digunakan sebagai pemasok cadangan dari gardu hubung.
- c. Bila salah satu seksi dari SKTM mengalami gangguan, maka saklar beban di kedua ujung seksi yang terganggu dibuka. Kemudian seksi – seksi sisi gardu induk (GI) mendapat suplai dari GI, dan seksi – seksi gardu hubung mendapat suplai dari gardu hubung melalui saluran ekspres.

2. Jaringan Sistem Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder seperti pada Gambar 2.9 merupakan salah satu bagian dalam sistem distribusi, yaitu mulai dari gardu transformator sampai pada pemakai akhir atau konsumen.



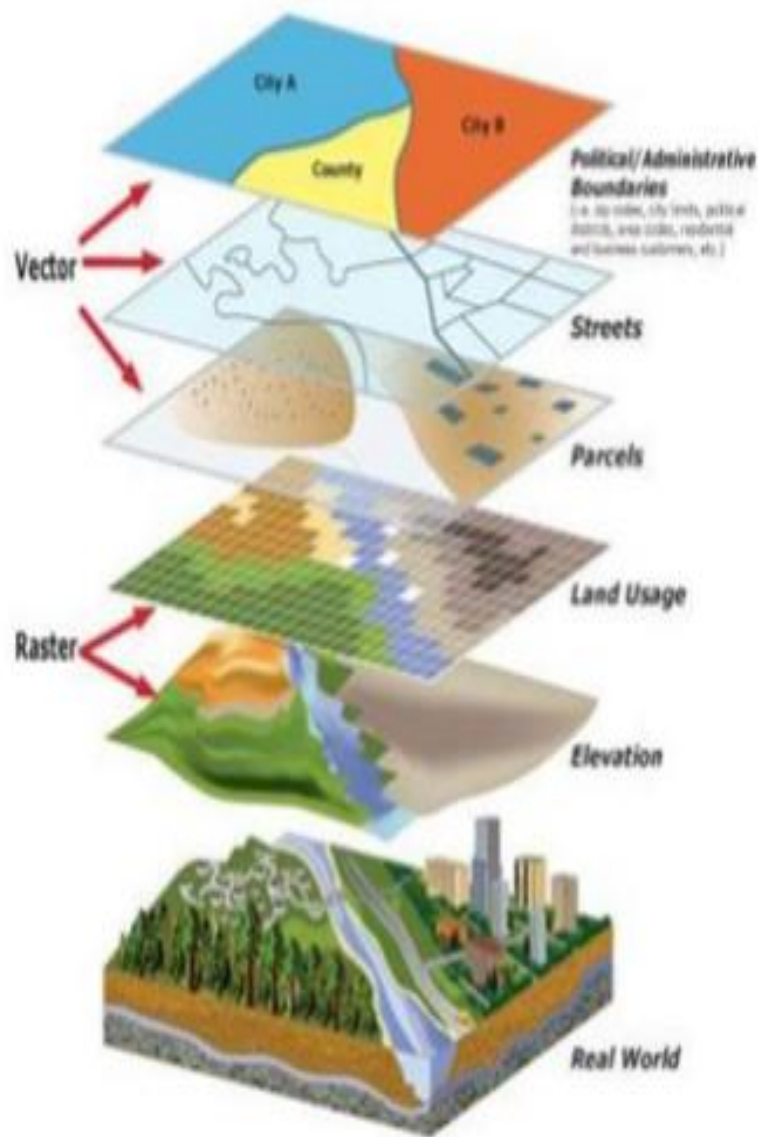
Gambar 2.9 Hubungan Tegangan Menengah ke Tegangan Rendah dan Konsumen.

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.

2.2.4 Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem informasi yang berdasar pada data keruangan dan merepresentasikan objek di bumi. Pengertian tentang SIG sangat beragam. Hal ini sejalan dengan perkembangan SIG sejak pertama kali dikembangkan oleh Tomlinson tahun 1967. Murai (1999) mengartikan SIG sebagai sistem informasi yang digunakan untuk memasukkan, menyimpan, memanggil kembali, mengolah, menganalisis dan menghasilkan data bereferensi geografis atau data geospasial, untuk mendukung pengambilan keputusan dalam perencanaan dan pengelolaan penggunaan lahan, sumber daya alam, lingkungan, transportasi, fasilitas kota, dan pelayanan umum lainnya. Prinsip penggunaan SIG tidak lepas dari perangkat keras dan perangkat lunak komputer serta manajemen data dan informasi yang berhubungan dengan permukaan bumi.

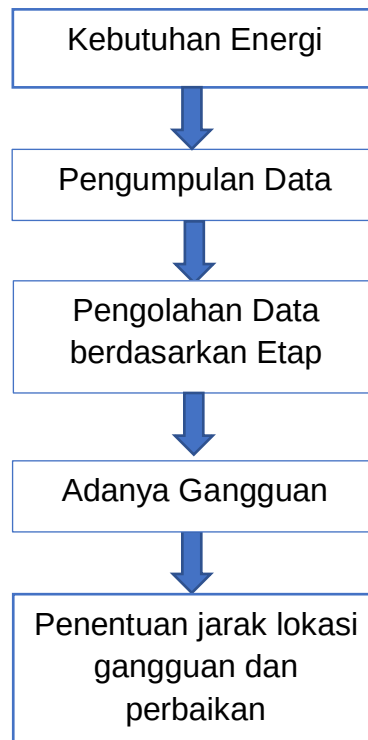
Data dalam SIG terdiri atas dua komponen yaitu data spasial yang berhubungan dengan geometri bentuk keruangan dan data atribut yang memberikan informasi tentang bentuk keruangannya. Data spasial adalah data yang bereferensi geografis atas representasi objek di bumi seperti pada gambar 2.10 dibawah ini. Fungsi utama GIS adalah Kemampuan analisis jaringan elektrik meliputi pemetaan jaringan distribusi dan analisis topologis, analisis cakupan suplai daya pada jaringan distribusi pendetailan analisis *region* dan lain sebagainya.



Gambar 2.10 Bentuk data sistem informasi geografis

2.3 Kerangka Pemikiran

Untuk mempermudah pemahaman yang dilakukan dalam penelitian, maka digunakan bagan seperti ditunjukkan oleh gambar 2.11 sebagai berikut :



Gambar 2.11 Kerangka pemikiran

Keterangan berdasarkan gambar 2.11 kerangka pemikiran sebagai berikut :

1. Kebutuhan energi listrik yang semakin lama semakin meningkat seiring dengan berkembangnya sektor industri dan semakin padatnya pemukiman penduduk, menyebabkan pendistribusian tenaga listrik terhadap pelanggan juga ikut bertambah. Banyaknya pelanggan yang tersebar begitu luas diseluruh lokasi membuat PLN juga sering menghadapi masalah ketika terjadi kerusakan pada saluran distribusi pelanggan maupun masalah teknis lainnya. Hal ini terjadi karena tidak setiap petugas mengetahui secara pasti dimana lokasi distribusi pelanggan yang rusak/gangguan itu berada.
2. Mengumpulkan data-data dengan cara observasi, wawancara dan studi dengan karyawan dan karyawan di PLN APD Banten Area Cikokol

3. Melakukan pengolahan data meliputi analisis hasil dari data-data yang diperoleh dengan simulasi menggunakan Etap.
4. Dari hasil simulasi dengan Etap adanya gangguan hubung singkat di beberapa gardu, dilakukan perhitungan estimasi penentuan lokasi gangguan pada saluran distribusi antar gardu berdasarkan pemetaan SIG milik PT. PLN Area cikokol
5. Perancangan berupa pemetaan lokasi agar dapat membantu serta memudahkan dalam menentukan letak lokasi terjadi gangguan agar dapat segera diperbaiki.