

SKRIPSI

**ANALISIS LOSSES SISTEM DISTRIBUSI 20 KV PT. PLN ULP
PANAKKUKANG PENYULANG ANTANG MENGGUNAKAN ETAP 16.0**

OLEH:

ANDI ABDUL AZIS MAPPABETA

D411 14 528



DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2021

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**ANALISIS LOSSES SISTEM DISTRIBUSI 20 KV PT. PLN ULP
PANAKKUKANG PENYULANG ANTANG MENGGUNAKAN ETAP 16.0.0**

Disusun dan diajukan oleh:

ANDI ABDUL AZIS MAPPABETA

D4114528

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas
Hasanuddin

Padá tanggal 31 Mei 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Prof. Dr. Ir. Ansar Suyuti, MT. IPU
NIP. 196712311992021001



Ir. Zaenab Muslimin, MT
NIP. 196602011992022002

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Elektro



Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT.
NIP. : 196910261994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Andi Abd. Azis Mappabeta

NIM : D41114528

Program Studi : Teknik Elektro

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**“ANALISIS LOSSES SISTEM DISTRIBUSI 20 KV PT. PLN ULP
PANAKKUKANG-PENYULANG ANTANG MENGGUNAKAN ETAP
16.0”**

Adalah karya tulisan saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 31 Mei 2021

Yang Menyatakan



Andi Abd. Azis Mappabeta

Abstrak

Penyulang Antang merupakan salah satu sarana pendistribusian PLN Unit Layanan Pelanggan (ULP) Panakkukang yang memiliki panjang saluran sebesar: 11,32 km dan memiliki beban total sebesar 3192.14 KVA. Dengan besarnya panjang dan beban penyulang tersebut maka perlu dilakukan analisis losses dan keandalan jaringan tersebut. Analisis losses ini dilakukan dengan melakukan simulasi losses menggunakan software ETAP 16.0.0. Setelah merancang diagram satu garis pada software ETAP 16.0.0 dan memasukkan data yang didapatkan dari PLN, total losses daya aktif pada penyulang antang adalah sebesar 47.2 kW dan daya reaktif sebesar 118.8 kVar. losses ini bisa ditekan dengan merekonfigurasi jaringan pada penyulang. Setelah dilakukan rekonfigurasi saluran atau rekonduktor, total losses berkurang menjadi 41 kW untuk daya aktif dan 116.8 untuk daya reaktif. Keandalan pada penyulang antang dianalisis dengan cara menghitung *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI) dan *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI). Hasil perhitungan yang didapatkan untuk SAIFI setelah direkonfigurasi yaitu sebesar 12 kali per pelanggan per tahun dan SAIDI sebesar 0.28 jam per pelanggan per tahun. Dari hasil perhitungan tersebut dapat dikategorikan handal karena sesuai dengan standar SAIDI dan SAIFI menurut SPLN No 68-2 1986 yaitu untuk SAIDI sebesar 21,09 jam/pelanggan/tahun dan 12 kali/pelanggan/tahun.

Kata Kunci: *Losses*, ETAP 16.0.0, Rekonduktor, ETAP, *System Average Interruption Frequency Index* (SAIFI) dan *System Average Interruption Duration Index* (SAIDI)

Abstract

Antang feeder is one of the distribution system facilities for the Panakkukang PLN Customer Service Unit (ULP) which has a distribution line length of : 11,32 km and has a total load of 3192.14 KVA. With these length and load of the feeder, it is necessary to analyze the losses and reliability of the network. This loss analysis is performed by loss simulation using ETAP 16.0.0 software. After designing the single line diagram in the ETAP software and inputting the data that were obtained from PLN, the total active power losses in the feeder are 47.2 kW and total reactive power losses are 118.8 kVar. These losses can be suppressed by reconfiguring the distribution line of the feeder. After reconfiguration or reconduction, the total of losses are reduce to 41 kW for active power losses and 116.8 kVar for reactive power losses. The reliability of antang feeder were analyzed by calculating the System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) dan System Average Interruption Duration Index (SAIDI). The calculation result for SAIFI after reconfiguration are 12 times per customer per year and for SAIDI are 0.28 hours per customer per year. From ther results of this calculation, the distribution line of Antang feeder can be categorized as realiable because it is according to the standards of SPLN No. 68-2 1986, stated that the standard for SAIDI is 21.09 hours per customer per year and SAIFI is 12 times per customer per year.

Keywords: Losses, reconductor, ETAP, System Average Interruption Frequency Index (SAIFI) dan System Average Interruption Duration Index (SAIDI)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkah dan rahmat yang diberikan kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis *Losses* Sistem Distribusi 20 KV PT. PLN ULP Panakkukang Penyulang Antang Menggunakan ETAP 16.0”. Tugas Akhir ini ditulis sebagai salah satu persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana pada Departemen Elektro Fakultas Teknik di Universitas Hasanuddin. Adapun tugas akhir ini membahas tentang analisis *losses* sistem distribusi 20 KV pada penyulang Antang dan merekonfigurasi penghantar jaringan distribusinya untuk mengurangi *losses* menggunakan program ETAP 16.0.

Dalam penulisan tugas akhir ini dari awal sampai akhir, penulis menyadari bahwa selama proses pengerjaan, banyak mendapatkan bimbingan, bantuan serta dukungan, baik dalam bentuk materi, moral maupun spiritual dari beberapa pihak. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Ansar Suyuti MT. IPU selaku Pembimbing I saya sekaligus sebagai Penasehat Akademik saya yang memberikan bimbingan serta dukungan moral dalam proses pengerjaan Tugas Akhir saya.
2. Ibu Ir. Hj. Zaenab Muslimin MT. selaku pembimbing II saya yang juga selalu memberikan bimbingan dan pelajaran hidup kepada saya dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr.Eng. Ir. Hj. Dewiani, selaku ketua Departemen Teknik Elektro
4. Bapak Ir. H. Gassing MT. dan Ibu Dr. Ir. Hj. Sri Mawar Said sebagai penguji untuk tugas akhir saya yang meberikan masukan serta saran yang membangun.

5. Segenap bapak dan ibu dosen departemen Teknik elektro beserta seluruh staff administrasi yang telah membantu selama perkuliahan.
6. Kedua orang tua yaitu ibu (Tjare Anugerah Tjambolang) dan bapak (Ucok Sadapotto Mappabeta) yang telah mendukung penulis mulai dari doa, materi, sampai dukungan moral dengan ikhlas dan penuh kesabaran untuk keberhasilan penulis.
7. Teman-teman Rectifier 2014 yang telah memberikan dukungan moral dan spiritual serta dorongan yang besar dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Teman seperjuangan penulis yaitu (Amal Arsyad, Muammar Yusril, Fikri Wardihan, dan Edy Siregar) yang menemani penulis sampai titik akhir.
9. Semua pihak yang tidak dapat sebutkan satu per satu, yang telah membantu dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis bersedia menerima kritik dan saran yang membangun untuk memperbaiki.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat yang besar.

Makassar, 02 Maret 2021

Andi Abdul Azis Mappabeta

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	ii
Abstrak	iii
Abstract	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Sistem Tenaga Listrik.....	6
2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	7
2.2.1 Bagian – bagian jaringan distribusi	8
2.2.2 Klasifikasi Jaringan Distribusi.....	10
2.2.3 Ruang Lingkup Jaringan Distribusi	15
2.2.4 Jenis – Jenis Penghantar Jaringan Distribusi	16
2.2.5 Jenis – Jenis Gardu Distribusi.....	19
2.3 Pengertian Susut Daya Listrik dan Jatuh Tegangan.....	26
2.3.1 Daya Listrik	26
2.3.2 Susut Daya	28

2.3.3 Jatuh Tegangan	30
2.4 Keandalan Sistem Distribusi	31
2.5 Penelitian Yang Terkait.....	32
BAB III.....	35
METODOLOGI PENELITIAN.....	35
3.1. Jenis Penelitian	35
3.3 Lokasi Penelitian	35
3.4. Waktu Penelitian	35
3.5. Diagram Alir Penelitian.....	36
3.6 Data Penyulang Antang.....	37
3.7 Prosedur Penelitian.....	45
BAB IV	50
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	50
4.1 Profil Penyulang Antang	50
4.2 Perhitungan Ketidakseimbangan arus beban pada Trafo	50
4.3 Penyeimbangan Gardu Distribusi pada Penyulang Antang.....	54
4.4 Diagram Satu Garis Penyulang Antang.....	57
4.5 Hasil Simulasi Aliran Daya.....	57
4.6 Rekonduktor pada Kabel Saluran.....	60
4.7 Perhitungan Saidi dan Saifi pada penyulang Antang	62
BAB V.....	66
KESIMPULAN DAN SARAN.....	66
5.1 Kesimpulan.....	66
5.2 Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 1 Komponen-komponen sistem tenaga listrik.....	7
Gambar 2 2 Bagian-Bagian Jaringan Distribusi (Abdul Kadir 2006).....	10
Gambar 2 3 Jaringan distribusi pola radial	12
Gambar 2 4 jaringan distribusi pola loop.....	13
Gambar 2 5 jaringan distribusi pola grid.....	14
Gambar 2 6 jaringan distribusi pola spindel	15
Gambar 2 7 Bangunan Gardu Beton (PLN Buku 4, 2010)	21
Gambar 2 8 Diagram satu garis dari gardu distribusi (PLN Buku 4, 2010).....	21
Gambar 2 9 Gardu Tiang Tipe Portal dan Bagan Satu Garis (PLN Buku 4, Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik, 2010).....	23
Gambar 2 10 Gardu Tipe Cantol (PLN Buku 4, Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik, 2010).....	24
Gambar 2 11 Gardu Tipe Beton (PLN Buku 4, Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik, 2010).....	25
Gambar 2 12 Gardu Mobil (PLN Buku 4, Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik, 2010)	26
Gambar 2 13 Hubungan Segitiga Daya (Stevenson, 1984: hal 19).....	27
Gambar 2 14 Rangkaian Ekuivalen.....	29
Gambar 3 1 Diagram Alir Penelitian	36
Gambar 3 2 Single Line Diagram Penyulang Antang.....	37
Gambar 3 3 Kotak Dialog Pertama	46
Gambar 3 4 Gambar membuat projek baru.....	46
Gambar 3 5 Tampilan user information ETAP 16.0.0	47
Gambar 3 6 Tampilan utama ETAP 16.0.0.....	47
Gambar 3 7 Diagram satu garis penyulang Antang	48
Gambar 4 1 Hasil software ETAP penyulang Antang.....	57
Gambar 4 2 Panel cable pada ETAP.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel 3 1 Data trafo penyulang Antang	37
Tabel 3 2 Data Arus Beban Penyulang Antang	42
Tabel 3 3 Data Impedansi Trafo Penyulang Antang	43
Tabel 4 1 Ketidakseimbangan arus pada penyulang Antang	52
Tabel 4 2 Gardu distribusi yang beban arusnya tidak memenuhi standar ketidakseimbangan arus	54
Tabel 4 3 Gardu distribusi yang keseimbangan arusnya telah diperbaiki.....	56
Tabel 4 4 Hasil simulasi gardu pada penyulang Antang.....	57
Tabel 4 5 Hasil simulasi pada kabel saluran	59
Tabel 4 6 hasil losses pada kabel setelah direkonduktor.....	61
Tabel 4 7 Tabel gangguan pada penyulang Antang	63
Tabel 4 8 Tabel Saidi dan Saifi penyulang Antang per bulan pada tahun 2019- 2020.....	64
Tabel 4 9 Tabel gangguan setelah simulasi rekonfigurasi	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penyulang atau *Feeder* merupakan sarana untuk pendistribusian tenaga listrik dari gardu induk ke konsumen. Dimana sarana tersebut harus selalu dijaga agar tetap berjalan dengan baik. Tetapi penyulang tersebut kadang mengalami gangguan yang dapat menyebabkan adanya kejadian secara acak dalam sistem berupa terganggunya fungsi peralatan, peningkatan beban dan lepasnya peralatan yang tersambung ke sistem. Selain gangguan, daya yang didistribusikan PLN belum tentu sesuai ke konsumen. Peristiwa tersebut merupakan susut daya listrik dan jatuh tegangan.

Penyulang Antang merupakan salah satu sarana pendistribusian PLN Unit Layanan Pelanggan (ULP) Panakukkang yang terletak di jalan Antang. Saluran penyulang ini cukup panjang yaitu 11,32 km dan memiliki beban relatif besar yaitu 3192.14 KVA. Karena hal tersebut penulis tertarik untuk menghitung keandalan dalam bentuk saidi dan saifi serta *losses* di penyulang Antang, mengingat adanya toleransi *losses* yang diijinkan untuk suatu sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik menurut SPLN No. 72 Tahun 1987 yaitu 5% untuk jaringan menengah.

Pada pendistribusian energi listrik akan terjadi beberapa hambatan yang dapat mengurangi daya listrik yang dihantarkan, satu diantaranya adalah *losses* atau susut daya listrik. *Losses* atau susut daya listrik adalah berkurangnya energi listrik yang diterima oleh konsumen, artinya ada sebagian energi listrik yang hilang pada

proses pendistribusian, dalam hal ini pihak penyedia energi listrik (PLN) menderita kerugian.

Untuk mengetahui besarnya *losses* atau susut daya listrik, diperlukan adanya perhitungan-perhitungan. Dalam perhitungan tersebut dibutuhkan ketelitian serta keakurasian dari semua parameter-parameter komponen jaringan yang terpasang. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan menghitung tingkat keandalan dan besarnya *losses* atau susut daya listrik pada sistem distribusi 20 KV pada PT. PLN ULP Panakkukang penyulang Antang.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan, maka penelitian ini akan dilakukan simulasi terhadap hasil data yang telah didapat. Sehingga perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menghitung *losses* dan jatuh tegangan pada penyulang antang?
2. Bagaimana cara mengurangi *losses* atau susut daya listrik dan jatuh tegangan pada penyulang antang?
3. Bagaimana tingkat keandalan penyulang antang dengan menghitung *System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)* dan *System Average Interruption Duration Index (SAIDI)* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dari tugas akhir ini adalah:

1. Menghitung *losses* atau susut daya listrik dan jatuh tegangan pada penyulang antang.
2. Merekonfigurasi jaringan distribusi untuk mengurangi *losses* dan jatuh tegangan pada penyulang antang.
3. Menganalisis keandalan penyulang antang dengan menghitung *System Average Interuption Frequency Index* (SAIFI) dan *System Average Interuption Duration Index* (SAIDI).

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai peneliti sendiri dapat menambah wawasan terkait sistem jaringan distribusi tenaga listrik. Selain itu penelitian ini juga bermanfaat untuk pihak PT. PLN (Persero) khususnya pada PT. PLN ULP Panakkukang karena dengan adanya penelitian ini dapat memberikan data masukan dalam sistem distribusi tenaga listrik 20 KV. Penelitian ini juga dapat menjadi dasar untuk penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan sistem distribusi tenaga listrik 20 KV khususnya pada penyulang Antang.

1.5 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil pembahasan yang terarah, maka penulis perlu membatasi masalah yang akan dibahas. Adapun Batasan masalah pada Tugas Akhir ini adalah:

- 1 Menghitung rugi-rugi daya dan tegangan pada penyulang Antang PT. PLN ULP Panakkukang menggunakan software ETAP secara manual.
2. Menghitung Saidi dan Saifi pada penyulang Antang dengan Manual.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terbagi menjadi 5 bab dengan rincian setiap bab adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan tentang teori dasar atau teori umum yang membahas tentang hal – hal yang terkait dengan Sistem Distribui Tenaga Listrik dan Susut Daya atau *Losses* dan Jatuh Tegangan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tentang perencanaan dan pengambilan data di PT. PLN (Persero) ULP Panakkukang, serta diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi pembahasan mengenai hasil penelitian terkait perhitungan *Losses* atau susut daya listrik sistem distribusi 20 KV pada PT PLN (Persero) ULP Panakkukang penyulang Antang

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan pembahasan hasil penelitian dan saran – saran untuk perbaikan dan penyempurnaan tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik adalah suatu sistem yang terdiri dari beberapa komponen berupa pembangkitan, transmisi, distribusi dan beban yang saling berhubungan dan bekerja sama untuk melayani kebutuhan tenaga listrik bagi pelanggan sesuai kebutuhan, untuk lebih jelasnya diperlihatkan pada Gambar 2.1.

Fungsi masing – masing komponen secara garis besar adalah sebagai berikut:

1. Pembangkitan

Merupakan komponen yang berfungsi membangkitkan tenaga listrik, yaitu mengubah sumber energi lain misalnya: air, batu bara, panas bumi, minyak bumi dan lain-lain menjadi energi listrik.

2. Transmisi

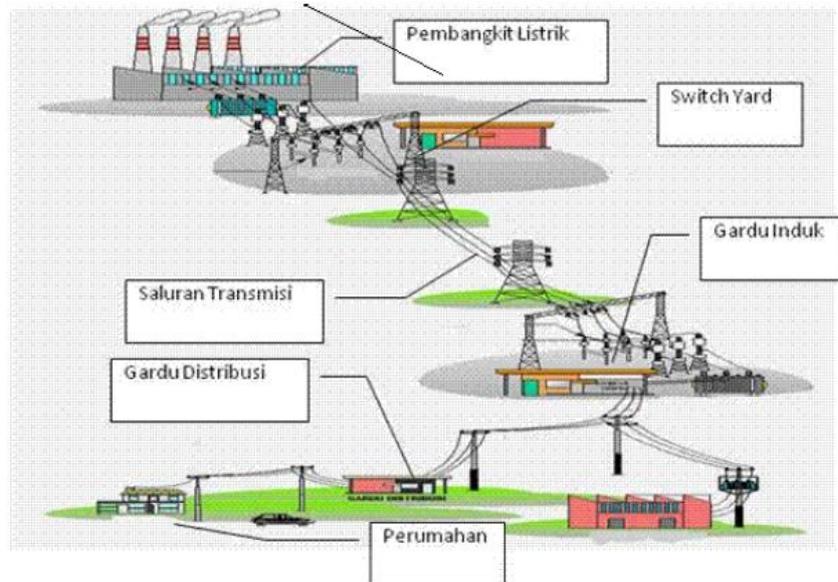
Merupakan komponen yang berfungsi menyalurkan daya atau energi dari pusat pembangkitan ke pusat beban.

3. Distribusi

Merupakan komponen yang berfungsi menyalurkan energi listrik ke lokasi konsumen energi listrik.

4. Beban

Adalah peralatan listrik di lokasi konsumen yang menggunakan energi listrik yang disalurkan tersebut.



Gambar 2.1 komponen-komponen sistem tenaga listrik

2.2 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar atau Gardu Induk 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, 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 ,154kV, 220kV atau 500kV

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 ($I^2 \cdot R$).

Dengan daya yang sama bila nilai tegangannya diperbesar, maka arus yang mengalir semakin kecil sehingga kerugian daya juga akan kecil pula. 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 menurunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380Volt, selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

2.2.1 Bagian – bagian jaringan distribusi

Untuk jaringan distribusi pada umumnya terdiri dari dua bagian yang paling utama, yaitu sebagai berikut:

1. Jaringan distribusi primer

Jaringan distribusi primer yaitu jaringan tenaga listrik yang menyalurkan daya listrik dari gardu induk sub transmisi ke gardu distribusi. Jaringan ini merupakan jaringan tegangan menengah atau jaringan tegangan primer. Biasanya, jaringan ini menggunakan empat jenis jaringan yaitu sistem radial, sistem tertutup atau loop, grid, dan spindle. (Abdul Kadir, 2006)

2. Jaringan distribusi sekunder

Jaringan ini menggunakan tegangan rendah. jaringan distribusi sekunder yaitu jaringan tenaga listrik yang menyalurkan daya listrik dari gardu distribusi ke konsumen. Jaringan ini sering disebut jaringan tegangan rendah. (Abdul Kadir, 2006)

Pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang paling banyak digunakan ialah sistem radial yang menggunakan kabel yang berisolasi. Sistem ini biasanya disebut sistem tegangan rendah yang langsung akan dihubungkan kepada konsumen/pemakai tenaga listrik dengan melalui peralatan-peralatan sebagai berikut:

- Panel Hubung Bagi (PHB) pada trafo distribusi,
- Hantaran tegangan rendah (saluran distribusi sekunder).
- Saluran Layanan Pelanggan (SLP) (ke konsumen/pemakai)
- Alat Pembatas dan pengukur daya (kWH. meter) serta fuse atau pengaman pada pelanggan.

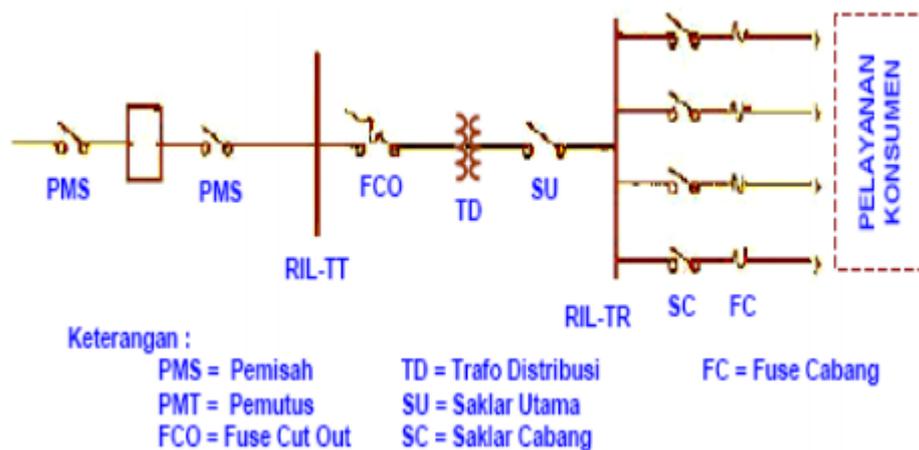
Ditinjau dari cara pengawatannya, saluran distribusi AC dibedakan atas beberapa macam tipe, dan cara perawatannya bergantung pula pada jumlah fasanya, yaitu:

1. Sistem tiga fasa tiga kawat 240 Volt
2. Sistem tiga fasa tiga kawat 480 Volt
3. Sistem tiga fasa empat kawat 220/380 Volt

Di Indonesia dalam hal ini PT. PLN menggunakan sistem tegangan 220/380 Volt. Sebagai anggota, IEC (International Electrotechnical Commission), Indonesia

telah mulai menyesuaikan sistem tegangan menjadi 220/380 Volt saja, karena IEC sejak tahun 1967 sudah tidak mencantumkan lagi tegangan 127 Volt. (IEC Standard Voltage pada Publikasi nomor 38 tahun 1967 halaman 7 seri 1 Tabel 1).

Berdasarkan penjelasan diatas, bagian – bagian dari jaringan distribusi dapat dijelaskan secara sistematis pada Gambar 2.2



Gambar 2 2 Bagian-Bagian Jaringan Distribusi (Abdul Kadir 2006)

2.2.2 Klasifikasi Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi adalah sarana dari sistem distribusi tenaga listrik yang menyalurkan energi listrik ke konsumen. Dalam menyalurkan tenaga listrik ke pusat beban atau konsumen, suatu sistem distribusi harus disesuaikan dengan kondisi setempat dengan memperhatikan faktor beban, lokasi beban, perkembangan dimasa mendatang, keandalan serta nilai ekonomisnya.

Berdasarkan Tegangan Pengenal

Berdasarkan tegangan pengenalnya sistem jaringan distribusi dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

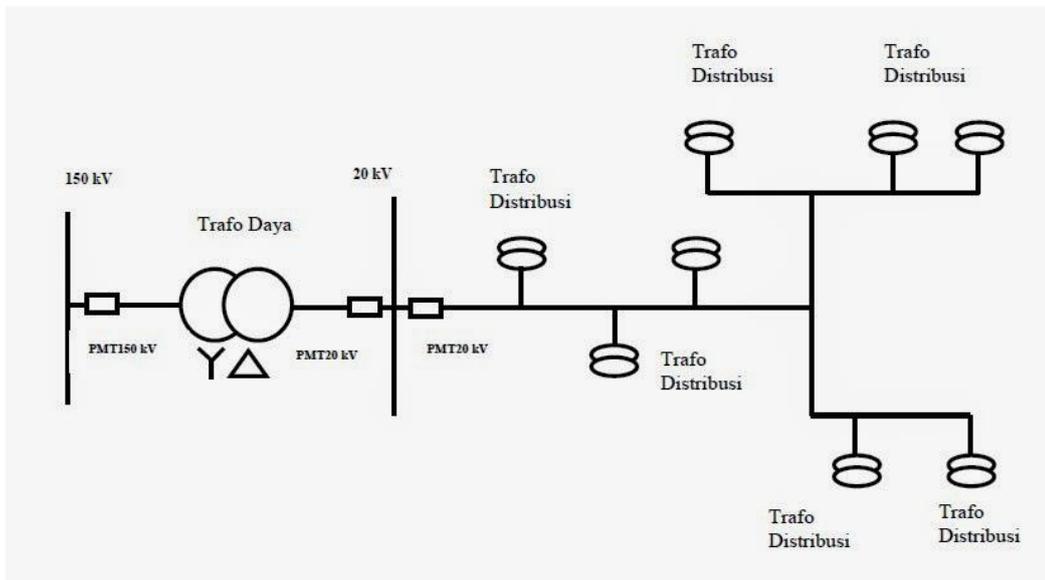
1. Sistem jaringan tegangan primer atau Jaringan Tegangan Menengah (JTM), yaitu berupa Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) atau Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM). Jaringan ini menghubungkan sisi sekunder trafo daya di Gardu Induk menuju ke Gardu Distribusi, besar tegangan yang disalurkan adalah 6 kV, 12 kV atau 20 kV.
2. Jaringan tegangan 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.

Berdasarkan Konfigurasi Jaringan Primer

Konfigurasi jaringan distribusi primer pada suatu sistem jaringan distribusi sangat menentukan mutu pelayanan yang akan diperoleh khususnya mengenai kontinuitas pelayanannya. Adapun jenis jaringan primer yang biasa digunakan adalah:

1. Jaringan Distribusi Pola Radial.

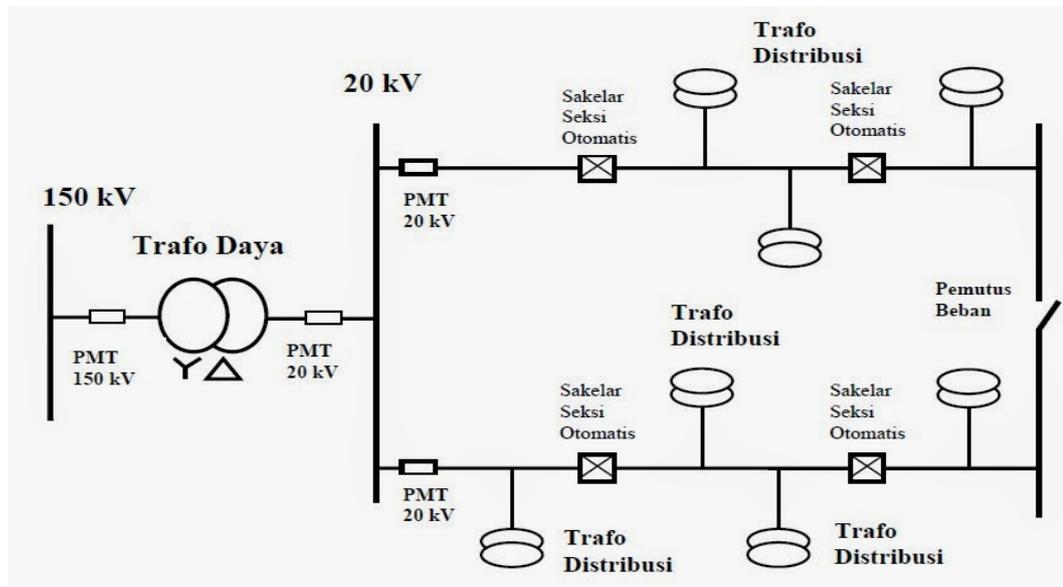
Pola radial adalah jaringan yang setiap saluran primernya hanya mampu menyalurkan daya dalam satu arah aliran daya. Jaringan ini biasa dipakai untuk melayani daerah dengan tingkat kerapatan beban yang rendah. Keuntungannya ada pada kesederhanaan dari segi teknis dan biaya investasi yang rendah. Adapun kerugiannya apabila terjadi gangguan dekat dengan sumber, maka semua beban saluran tersebut akan ikut padam sampai gangguan tersebut dapat diatasi. Jaringan distribusi pola radial bisa dijelaskan lebih detail pada Gambar 2.3.



Gambar 2 3 Jaringan distribusi pola radial

2. Jaringan Distribusi Pola Loop

Jaringan pola loop adalah jaringan yang dimulai dari suatu titik pada rel daya yang berkeliling di daerah beban kemudian kembali ke titik rel daya semula. Pola ini ditandai pula dengan adanya dua sumber pengisian yaitu sumber utama dan sebuah sumber cadangan. Jika salah satu sumber pengisian (saluran utama) mengalami gangguan, akan dapat digantikan oleh sumber pengisian yang lain (saluran cadangan). Jaringan dengan pola ini biasa dipakai pada sistem distribusi yang melayani beban dengan kebutuhan kontinuitas pelayanan yang baik (lebih baik dari pola radial). Penjelasan jaringan distribusi pola loop bisa dilihat pada Gambar 2.4.

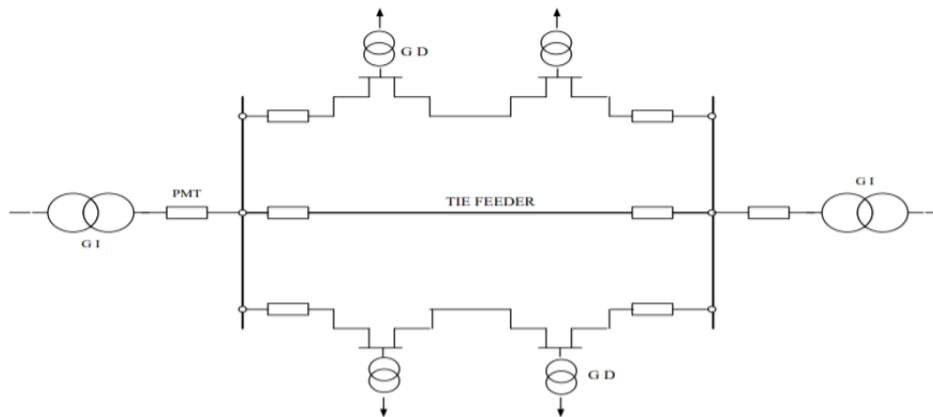


Gambar 2 4 jaringan distribusi pola loop

3. Jaringan Distribusi Pola Grid

Pola jaringan ini mempunyai beberapa rel daya dan antara rel-rel tersebut dihubungkan oleh saluran penghubung yang disebut tie feeder. Dengan demikian setiap gardu distribusi dapat menerima atau mengirim daya dari atau ke rel lain. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 2.5. Keuntungan dari jenis jaringan ini adalah:

- a. Kontinuitas pelayanan lebih baik dari pola radial atau loop.
- b. Fleksibel dalam menghadapi perkembangan beban.
- c. Sesuai untuk daerah dengan kerapatan beban yang tinggi. Adapun kerugiannya terletak pada sistem proteksi yang rumit dan mahal dan biaya investasi yang juga mahal.



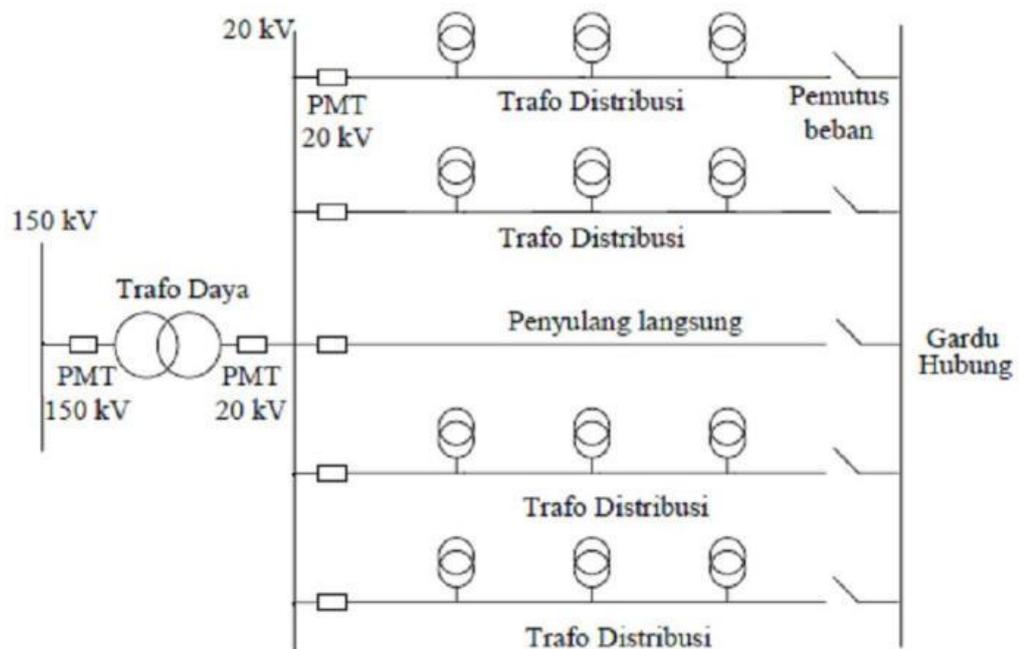
Gambar 2 5 jaringan distribusi pola grid

4. Jaringan Distribusi Pola Spindel

Jaringan primer pola spindel merupakan pengembangan dari pola radial dan loop terpisah. Beberapa saluran yang keluar dari gardu induk diarahkan menuju suatu tempat yang disebut gardu hubung (GH), kemudian antara GI dan GH tersebut dihubungkan dengan satu saluran yang disebut express feeder. Sistem gardu distribusi ini terdapat disepanjang saluran kerja dan terhubung secara seri. Saluran kerja yang masuk ke gardu dihubungkan oleh saklar pemisah, sedangkan saluran yang keluar dari gardu dihubungkan oleh sebuah saklar beban. Jadi sistem ini dalam keadaan normal bekerja secara radial dan dalam keadaan darurat bekerja secara loop melalui saluran cadangan dan GH.

Keuntungan pola jaringan ini adalah: Sederhana dalam hal teknis pengoperasiannya seperti pola radial. Kontinuitas pelayanan lebih baik dari pada pola radial maupun loop. Jaringan distribusi pola spindle bisa dilihat pada Gambar 2.6.

- Pengecekan beban masing-masing saluran lebih mudah dibandingkan dengan pola grid.
- Penentuan bagian jaringan yang terganggu akan lebih mudah dibandingkan dengan pola grid. Dengan demikian pola proteksinya akan lebih mudah.
- Baik untuk dipakai di daerah perkotaan dengan kerapatan beban yang tinggi.



Gambar 2 6 jaringan distribusi pola spindel

2.2.3 Ruang Lingkup Jaringan Distribusi

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, ruang lingkup dari jaringan distribusi adalah sebagai berikut:

- SUTM (Saluran Udara Tegangan Menengah), terdiri dari: Tiang dan peralatan kelengkapannya, konduktor dan peralatan perlengkapannya, serta peralatan pengaman dan pemutus.

2. SKTM (Saluran Kabel Tegangan Menengah), terdiri dari: Kabel tanah, indoor dan outdoor termination, batu bata, pasir dan lain-lain.
3. Gardu trafo, terdiri dari: Transformator, tiang, pondasi tiang, rangka tempat trafo, LV panel, pipa-pipa pelindung, Arrester, kabel-kabel, transformer band, peralatan grounding, dan lain-lain.
4. SUTR (Saluran Udara Tegangan Rendah) dan SKTR (Saluran Kabel Tegangan Rendah), terdiri dari: sama dengan perlengkapan/ material pada SUTM dan SKTM yang membedakan hanya dimensinya. (PLN Buku 5, Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah)

2.2.4 Jenis – Jenis Penghantar Jaringan Distribusi

Dalam proses transmisi dan distribusi tenaga listrik, penghantar memiliki fungsi yang sangat krusial karena menentukan jumlah dan kualitas dari tenaga listrik yang disalurkan tersebut. Terdapat bermacam – macam bahan yang biasa digunakan sebagai bahan penghantar, seperti aluminium dan tembaga. Namun, dalam aplikasinya, penghantar yang terbuat dari aluminium lebih sering digunakan karena lebih murah dan lebih ringan daripada tembaga dengan besar resistansi yang tidak jauh berbeda.

1. AAC (all aluminium conductors): seluruh bagian inti kabel terbuat dari aluminium.
2. AAAC (all aluminium alloy conductors): seluruh bagian inti kabel terbuat dari campuran aluminium.

3. ACSR (aluminium conductor, steel-reinforced): terbuat dari aluminium yang diperkuat dengan baja
4. ACAR (aluminium conductor, alloy-reinforced); terbuat dari aluminium yang diperkuat dengan logam campuran.

Dalam sistem instalasi listrik, terdapat dua tipe pemasangan hantaran jaringan yaitu sebagai berikut:

Jaringan hantaran udara: Jaringan hantaran udara menyalurkan daya listrik menggunakan kabel yang digantung pada tiang – tiang dengan menggunakan peralatan isolator, sehingga dengan demikian gangguan lebih mudah terjadi, samping itu mengurangi keindahan di sekitarnya karena saluran kabel tersebut terkadang terpasang tidak teratur. Jenis penghantar yang sering digunakan pada jaringan distribusi hantaran udara biasanya menggunakan jenis kabel atau kawat belitan dengan jenis tembaga atau dari jenis aluminium.

Tiang – tiang jaringan distrbusi primer dan sekunder biasanya dapat berupa tiang besi atau beton. Tetapi untuk tiang jaringan distribusi ini yang paling banyak digunakan adalah tiang dari jenis beton dan besi. (Abdul Kadir, 2006)

Berikut merupakan keuntungan dan kerugian dari jaringan hantaran udara:

1. Keuntungan:

- Mudah dilakukan perluasan pelayanan dengan menarik cabang yang diperlukan
- Mudah diperiksa bila terjadi gangguan pada jaringan
- Mudah dipelihara
- Harganya relatif lebih murah
- Pembangunannya tidak terlalu sulit

- Tiang – tiang pada jaringan distribusi primer dapat pula digunakan untuk jaringan distribusi sekunder dan keperluan pemasangan transformator.

2. Kerugian:

- Mengurangi estetika tata kota
- Mudah mengalami gangguan karena berinteraksi langsung dengan udara luar
- Keandalannya kurang
- Biaya pemeliharaannya besar

Jaringan hantaran Bawah Tanah: Jaringan ini merupakan jaringan kabel yang dipasang dibawah tanah dengan beberapa ketentuan pengamanan seperti batas kedalaman dan persyaratan material kabel. Jaringan ini biasanya dipasang pada daerah kerapatan beban tinggi, seperti pusat kota ataupun pusat industri, pemasangan jaringan hantaran bawah tanah lebih baik ditinjau dari keindahan maupun dari segi keamanan. Adapun keuntungan dan Kerugian dari jaringan ini adalah:

1. Keuntungan:

- Kabel yang dipasang bebas dari gangguan petir atau pun manusia
- Tidak mengganggu estetika tata kota
- Keandalannya lebih tinggi
- Kemungkinan gangguan lebih kecil

2. Kerugian:

- Harganya relatif mahal
- Sulit untuk mendeteksi dan memeriksa gangguan yang terjadi
- Pemeliharaan tidak bersifat fleksibel

- Sulit dilakukan perluasan dan percabangan

2.2.5 Jenis – Jenis Gardu Distribusi

Menurut Sistem Pemasangannya

Menurut sistem pemasangannya, gardu distribusi dibagi menjadi pemasangan luar dan pemasangan dalam. Berikut merupakan penjelasan lebih lanjut mengenai masing jenis gardu distribusi menurut sistem pemasangannya :

a. Pemasangan luar:

1. Pole Mounting

Gardu distribusi dan peralatannya dipasang langsung pada tiang, cara pemasangan ini cukup baik untuk trafo kecil sampai kapasitas 50 kVA.

2. H-pole Mounting

Gardu distribusi ini dipasang pada lengan antara dua tiang, cara pemasangan ini baik untuk gardu berkapasitas sampai 200 kVA.

3. Plat Form Mounting

Gardu distribusi ini dipasang pada konstruksi tersendiri dari empat tiang untuk penempatan trafo, cara ini baik untuk tempat dimana diperlukan peralatan yang membahayakan. Kapasitas maksimal dari gardu ini adalah 200 kVA.

4. Pemasangan di Lantai

Gardu distribusi ini baik untuk semua ukuran gardu, tetapi biasanya untuk kapasitas daya lebih besar dari 250 kVA.

b. Pemasangan Dalam Gardu distribusi pemasangan dalam memiliki jarak minimum sebagai persyaratan bangunan rumah trafo, yaitu sebagai berikut:

1. Jarak dari sisi dinding pada satu sisi minimum 1,25 m
2. Jarak dari sisi dinding pada dua sisi minimum 0,75 m
3. Jarak dari sisi dinding pada tiga sisi minimum 100 m
4. Jarak dari sisi minimum 1,25 m

Menurut Bentuk Tampilan

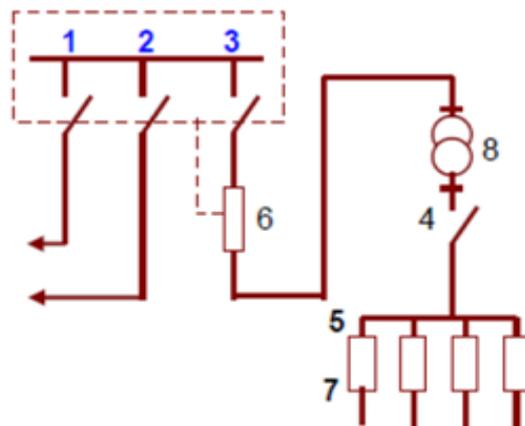
Untuk mengoptimalkan fungsinya sebagai penyalur daya listrik, maka gardu distribusi dibentuk dalam beberapa tampilan yang disesuaikan dengan kebutuhan dan beberapa factor penyesuaian, seperti luas wilayah pemasangan, besarnya daya yang dibutuhkan atau pun kondisi alam dari daerah dimana gardu tersebut akan dipasang. Berdasarkan faktor – faktor tersebut, maka tampilan gardu distribusi terbagi dalam beberapa tampilan sebagai berikut:

1. Gardu Distribusi Beton

Gardu distribusi ini dikonstruksi dari beton dengan peralatan – peralatan listrik terdapat dalam gardu beton. Contoh gardu beton dapat dilihat pada Gambar 2.7. Pada umumnya gardu ini dibangun untuk melayani beban yang besar dan diagram satu garis dari gardu distribusi tersebut dijelaskan pada Gambar 2.8. (PLN buku 4, 2010)



Gambar 2 7 Bangunan Gardu Beton (PLN Buku 4, 2010)



Gambar 2 8 Diagram satu garis dari gardu distribusi (PLN Buku 4, 2010)

Keterangan:

1. Kabel masuk-pemisah atau sakelar beban (load break)
2. Kabel keluar-sakelar beban (load break)
3. Pengaman transformator-sakelar beban+pengaman lebur.

4. Sakelar beban sisi TR.
5. Rak TR dengan 4 sirkit beban.
6. Pengaman lebur TM (HRC-Fuse)
7. Pengaman lebur TR (NH - Fuse)
8. Transformator.

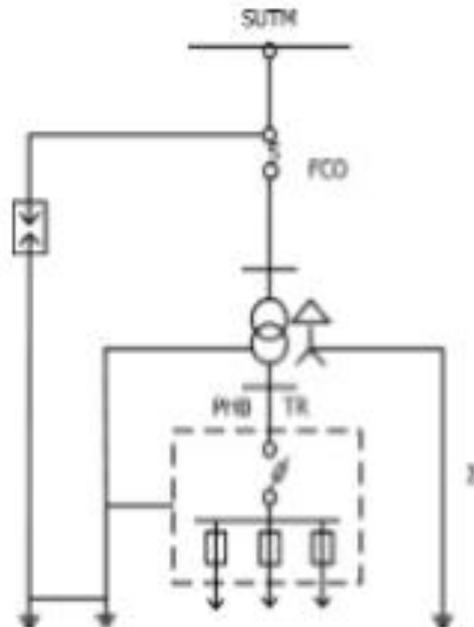
2. Gardu Distribusi Tiang

Gardu ini merupakan gardu distrinusi pasang luar karena perlengkapannya terdapat diluar yang dilengkapi dengan peralatan pengaman seperti arrester. Biasanya gardu tiang dipasang pada saluran udara tegangan menengah dengan jenis trafo pasangan luar. Berikut dua tipe gardu tiang yang biasa digunakan dalam sistem distribusi tenaga listrik: (PLN buku 4, 2010)

1. Gardu Tiang tipe Portal

Yaitu gardu distribusi yang bangunan pelindungnya/penyangganya terbuat dari tiang. Dalam hal ini trafo distribusi terletak di bagian atas tiang. Karena trafo distribusi terletak pada bagian atas tiang, maka gardu tiang hanya dapat melayani daya listrik terbatas, mengingat berat trafo yang relatif tinggi, sehingga tidak mungkin menempatkan trafo berkapasitas besar di bagian atas tiang (± 5 meter di atas tanah). Untuk gardu tiang dengan trafo satu fasa kapasitas yang ada maksimum 50 KVA, sedang gardu tiang dengan trafo tiga fasa kapasitas maksimum 160 KVA (200 kVA). Trafo tiga fasa untuk gardu tiang ada dua macam, yaitu trafo 1x3 fasa dan trafo 3x1 fasa. Gambar memperlihatkan sebuah gardu distribusi tiang tipe portal lengkap dengan perlengkapan proteksinya dan panel distribusi tegangan rendah yang terletak di bagian bawah tiang (tengah).

Gardu tiang tipe portal dapat dilihat lebih jelasnya pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Gardu Tiang Tipe Portal dan Bagan Satu Garis (PLN Buku 4, Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik, 2010)

2. Gardu Tiang tipe Cantol

Gardu cantol adalah type gardu listrik dengan transformator yang dicantolkan pada tiang listrik besamya kekuatan tiang minimal 500 daN. - Instalasi gardu dapat berupa:

- 1 Cut out fused
- 1 lighting arrester.
- 1 panel PHB tegangan rendah dengan 2 jurusan atau transformator completely self protected (CSP - Transformator). Contoh gambar gardu tipe Cantol bisa dilihat pada Gambar 2.10. (PLN buku 4, Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik, 2010)



Gambar 2 10 Gardu Tipe Cantol (PLN Buku 4, Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik, 2010)

3. Gardu distribusi Metal Clad

Yaitu gardu distribusi yang bangunan pelindungnya terbuat dari besi. Gardu besi termasuk gardu jenis pasangan dalam, karena pada umumnya semua peralatan penghubung/pemutus, pemisah dan trafo distribusi terletak di dalam bangunan besi. Semua peralatan tersebut sudah di instalasi di dalam bangunan besi, sehingga dalam pembangunannya pelaksana pekerjaan tinggal menyiapkan pondasinya saja. Untuk Gardu distribusi beton dengan pelindung metal clad dapat dilihat pada Gambar 2.11 (PLN buku 4, 2010)

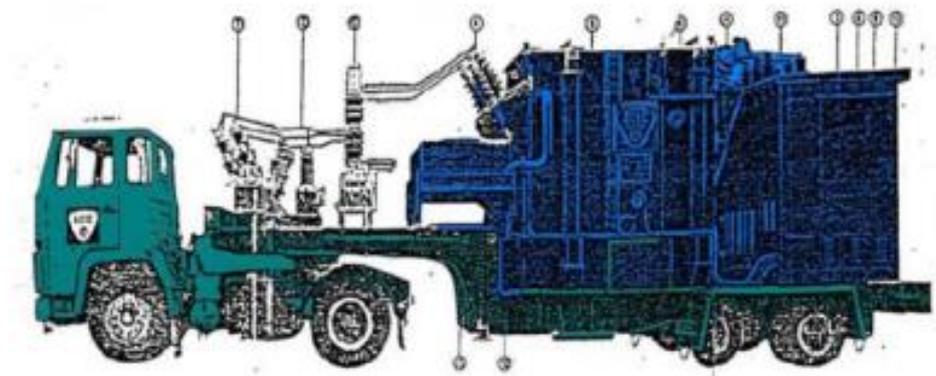


Gambar 2 11 Gardu Tipe Beton (PLN Buku 4, Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik, 2010)

4. Gardu Mobil

Yaitu gardu distribusi yang bangunan pelindungnya berupa sebuah mobil (diletakkan diatas mobil), sehingga bisa dipindah-pindah sesuai dengan tempat yang membutuhkan. Oleh karenanya gardu mobil ini pada umumnya untuk pemakaian sementara (darurat), yaitu untuk mengatasi kebutuhan daya yang sifatnya temporer. Secara umum ada dua jenis gardu mobil, yaitu pertama gardu mobil jenis pasangan dalam (mobil boks) dimana semua peralatan gardu berada di dalam bangunan besi yang mirip dengan gardu besi. Kedua, gardu mobil jenis pasangan luar, yaitu gardu yang berada diatas mobil trailer, sehingga bentuk pisiknya lebih panjang dan semua peralatan penghubung/pemutus, pemisah dan trafo distribusi tampak dari luar. Gardu distribusi jenis trailer ini umumnya berkapasitas lebih besar daripada yang jenis mobil. Hal ini biasa dilihat dari konstruksi peralatan penghubung yang digunakan. Pada setiap gardu distribusi

umumnya terdiri dari empat ruang (bagian) yaitu, bagian penyambungan/pemutusan sisi tegangan tinggi, bagian pengukuran sisi tegangan tinggi, bagian trafo distribusi dan bagian panel sisi tegangan rendah. Untuk lebih jelasnya gardu distribusi bentuk mobil dapat dilihat pada Gambar 2.12. (PLN buku 4, Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik, 2010)



Gambar 2 12 Gardu Mobil (PLN Buku 4, Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik, 2010)

2.3 Pengertian Susut Daya Listrik dan Jatuh Tegangan

2.3.1 Daya Listrik

Daya listrik merupakan jumlah energi yang digunakan oleh beban untuk melakukan kerja atau usaha. Daya listrik dibagi menjadi tiga, yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya nyata.

Daya aktif adalah daya yang terpakai untuk melakukan kerja. Rumus daya aktif adalah sebagai berikut:

$$P = V.I \cos\varphi$$

Rumus daya aktif tiga fasa:

$$P = \sqrt{3}.V.I \cos\varphi$$

Keterangan: $\cos\varphi$ = Faktor daya

V = Tegangan (volt)

I = Kuat arus (Ampere)

Daya reaktif adalah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Daya ini tidak akan hilang dan akan terus ada dalam sistem (terus berbolak-balik antara sumber dan beban), satuannya adalah VAR.

Rumus daya reaktif satu fasa:

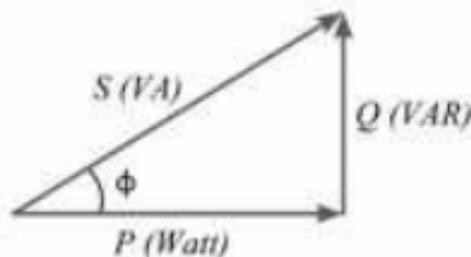
$$Q = V.I.\sin\varphi$$

Rumus daya reaktif tiga fasa:

$$Q = \sqrt{3}.V.I.\sin\varphi$$

Daya nyata adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan reaktif. Satuannya adalah VA

Hubungan antara daya nyata, daya reaktif dan daya semu dapat dilihat pada Gambar 2.13



Gambar 2 13 Hubungan Segitiga Daya (Stevenson, 1984: hal 19)

Sesuai dengan hubungan segitiga pada Gambar 2.10 maka hubungan antara daya aktif, daya reaktif dan daya nyata dapat diekspresikan ke dalam sebuah persamaan pitagoras seperti pada persamaan:

$$S = \sqrt{3(P^2 + Q^2)}$$

Keterangan : S = Daya semu (VA)

: P = Daya aktif (Watt)

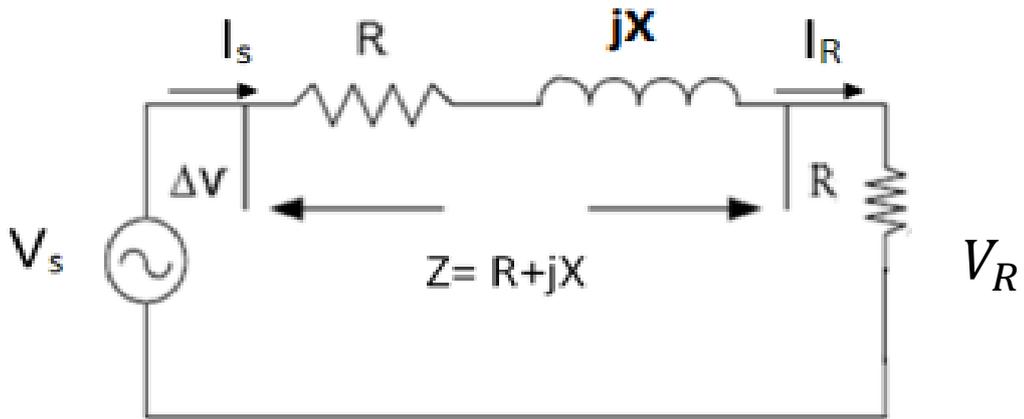
: Q = Daya reaktif (VAR)

2.3.2 Susut Daya

Susut daya atau rugi daya listrik adalah berkurangnya daya listrik yang diterima oleh (konsumen) yang disalurkan dari gardu induk. Jenis *Losses*/susut daya listrik terbagi atas 2 macam, yaitu:

1. Berdasarkan sifatnya, yaitu susut teknis dan susut non teknis
 - Susut energi, adalah jumlah energi kWh yang hilang atau berkurang karena sebab-sebab teknis maupun non-teknis pada waktu penyediaan dan penyaluran energi.
 - Susut teknik, adalah susut yang terjadi karena alasan teknik dimana energi menyusut berubah menjadi panas.
2. Berdasarkan tempat terjadinya, yaitu susut transmisi, susut distribusi, susut TT, susut TM dan susut TR.

Susut daya jaringan listrik dinyatakan dalam persamaan 1.7 dan rangkaian ekuivalen susut daya bisa dilihat pada Gambar 2.14



Gambar 2 14 Rangkaian Ekivalen

Rangkaian Ekivalen Berdasarkan gambar diatas, didapat persamaan sebagai berikut:

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots(1.1)$$

$$I_s = I_R \dots\dots\dots(1.2)$$

$$Z = R + jX \dots\dots\dots(1.3)$$

$$\Delta V = I (R + jX) \dots\dots\dots(1.4)$$

$$V_s = \Delta V + V_R \dots\dots\dots(1.5)$$

$$P_L = 3 I^2 R \dots\dots\dots(1.6)$$

dimana:

P_L = Rugi-rugi Daya (watt)

R = Tahanan kawat per fasa (Ω / Km)

I = Arus per fasa

Persamaan:

$$P_L = P_S - P_R \dots\dots\dots(1.7)$$

dimana:

P_R = Daya yang diterima (kW)

P_S = Daya yang dikirim (kW)

P_L = Hilang/ Susut daya (kW)

2.3.3 Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan secara umum adalah tegangan yang digunakan pada beban. Jatuh tegangan ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui tahanan kawat. Jatuh tegangan (V) pada penghantar semakin besar jika arus (I) di dalam penghantar semakin besar dan jika tahanan penghantar ($R\ell$) semakin besar pula. Jatuh Tegangan merupakan penyebab utama terjadinya kerugian pada penghantar karena dapat menurunkan tegangan pada beban. Akibatnya hingga berada di bawah tegangan nominal yang dibutuhkan. Atas dasar hal tersebut maka tegangan jatuh yang diijinkan untuk instalasi arus kuat hingga 1.000 V yang ditetapkan dalam persen dari tegangan kerjanya (*Daryanto,2010: hal 18 & 42*).

Sesuai dengan standar tegangan yang ditentukan oleh PLN (SPLN) No. 72 Tahun 1987, perancangan jaringan dibuat agar jatuh tegangan di ujung tidak lebih dari 5%. Jatuh tegangan disebabkan oleh adanya rugi tegangan akibat hambatan listrik (R) dan reaktansi (X). Jatuh tegangan phasor V_d pada suatu penghantar yang mempunyai impedansi (Z) dan membawa arus (I) dapat dijabarkan dengan rumus:

$$\Delta V = I.Z \dots\dots\dots (1.8)$$

Dalam pembahasan ini yang dimaksudkan dengan jatuh tegangan (ΔV) adalah selisih antara tegangan pengirim (V_S) dengan tegangan penerima (V_R), maka jatuh tegangan dapat didefinisikan menjadi:

$$\Delta V = (V_s) - (V_R) \dots\dots\dots (1.9)$$

Untuk menghitung jatuh tegangan, diperlukan reaktansinya, maupun faktor dayanya yang tidak sama dengan satu, maka berikut ini akan diuraikan cara perhitungannya. Dalam penyederhanaan perhitungan, diasumsikan beban-bebannya merupakan bebas tiga fasa yang seimbang dengan faktor dayanya ($\cos\phi$) antara 0,6 s/d 0,85. Tegangan dapat dihitung berdasarkan rumus pendekatan hubungan sebagai berikut:

$$\Delta V = I (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta) \dots\dots\dots (1.10)$$

Dimana:

I = Arus beban (A)

R = Tegangan rangkaian (Ω)

V = Jatuh tegangan (V)

X = Reaktansi rangkaian

2.4 Keandalan Sistem Distribusi

Keandalan (*reliability*) secara umum merupakan kemampuan sistem dapat berfungsi dengan baik untuk jangka waktu tertentu. Ukuran keandalan dapat dinyatakan dengan seberapa sering sistem mengalami pemadaman, berapa lama pemadaman terjadi dan berapa cepat waktu yang dibutuhkan untuk memulihkan kondisi dari pemadaman yang terjadi.

SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

Saifi merupakan nilai index yang didefinisikan sebagai jumlah rata-rata gangguan sistem yang terjadi per pelanggan yang dilayani oleh sistem per satuan

waktu (umumnya pertahun). Nilai SAIFI dapat dikategorikan handal jika mengacu pada standar nilai SAIFI menurut SPLN No 68-2 1986 yaitu sebesar 12 kali/pelanggan/tahun.

Rumus yang digunakan untuk menghitung saifi adalah:

$$\text{Saifi} = \frac{(b)}{(c)}$$

Dimana (b) = jumlah pelanggan padam

(c) = total pelanggan rata-rata dalam satu tahun

SAIDI (*System Average Interuption Duration Index*)

Saidi merupakan nilai index yang didefinisikan sebagai nilai rata-rata dari lamanya gangguan sistem untuk setiap konsumen selama satu tahun. Nilai SAIDI dapat dikategorikan handal jika mengacu pada standar nilai SAIDI menurut SPLN No 68-2 1986 yaitu sebesar 21,09 jam/pelanggan/tahun.

Rumus yang digunakan untuk menghitung saidi adalah:

$$\text{Saidi} = \frac{(a)}{(c)}$$

Dimana (a) = jumlah pelanggan yang padam x jam

(c) = total pelanggan rata-rata dalam satu tahun

2.5 Penelitian Yang Terkait

Judul Penelitian	Penulis	Hasil Penelitian
Studi Susut Energi Pada Sistem Distribusi Tenaga listrik Melalui Analisis Pengukuran dan Perhitungan	Danang Ramadhianto	Besar susut jaringan tegangan menengah yang penulis hitung sebesar 11,911% sampai dengan 20,778 %
Analisis <i>Losses</i> Jaringan Distribusi Primer 20 Kv Area Lhoukseumawe	Novan Gunadi	Hasil penelitian penulis menunjukkan bahwa <i>losses</i> yang terjadi antara

		saluran bus pada sistem distribusi primer 20 kv area lhoukseumawe masih berada dalam batas yang diizinkan. <i>Losses</i> daya terbesar dari GI Lhoukseumawe ke GH Cunda sebesar 0.821 MW atau 4,66 %.
Analisa Jatuh Tegangan Dan Penanganan Pada Jaringan Distribusi 20 KV Rayon Palur PT. PLN PERSERO Menggunakan ETAP 12.6	Arif Kurniawan	Hasil pembahasan yang telah dilakukan mengenai drop tegangan pada jaringan distribusi menengah 20 KV dapat diambil kesimpulan tegangan terimanya 19,857 KV dengan drop tegangan 0,143 KV dan prosentase dropnya 0,00611%. Besar drop tegangan pada saluran tersebut masih dalam keadaan standar PLN karena belum melebihi setandar yang telah ditentukan yaitu - 10% dari tegangan nominalnya. Drop tegangan sangat dipengaruhi oleh panjang penghantar serta nilai impedansi dimana nilai tersebut dipengaruhi oleh nilai resistansi dan nilai reaktansi saluran, semakin besar nilai reaktansi dan nilai resistansi maka drop tegangan akan semakin besar.
Analisa Susut Daya Dan Energi Pada Jaringan Distribusi Di Gardu Induk Bringin Penyulang BRG-4 Menggunakan Software ETAP 12.6	Siti Khoiriyah	Pada penyulang Bringin-4 nilai susut daya dan energi masih dalam batas normal tidak terjadi kondisi yang mengkhawatirkan atau

		harus ada perbaikan. Perhitungan manual diperoleh <i>P losses</i> pada siang hari sebesar 63,10 kW. Total <i>P losses</i> pada malam hari sebesar 34,31 kW.
--	--	--