



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

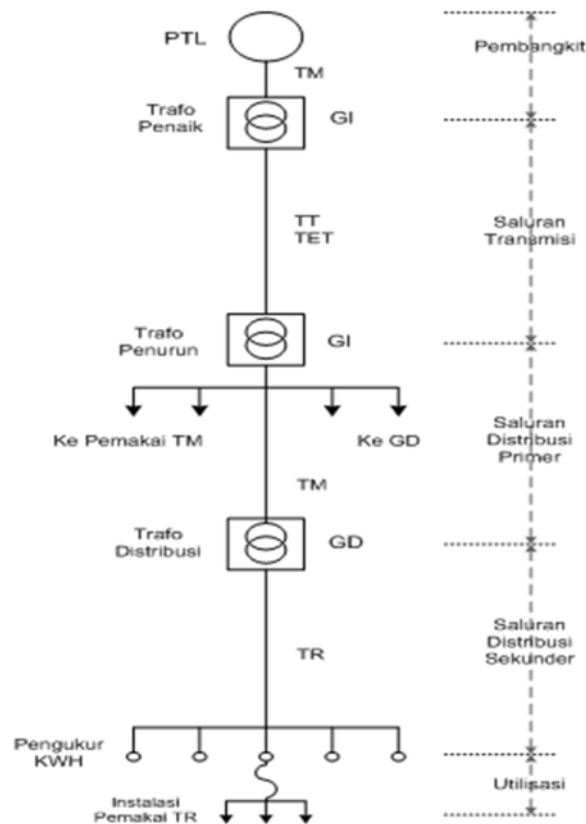
2.1 Deskripsi Sistem Tenaga Listrik¹

Sekalipun tidak terdapat suatu sistem tenaga listrik yang "tipikal", namun pada umumnya dapat dikembalikan batasan pada suatu sistem yang lengkap mendapat empat unsur:

1. Adanya suatu unsur pembangkit tenaga listrik tegangan yang dihasilkan oleh pusat tenaga listrik itu biasanya merupakan tegangan menengah (TM).
2. Suatu sistem transmisi, lengkap dengan gardu induk. Karena jaraknya yang biasanya jauh, maka diperlukan penggunaan tegangan tinggi (TT).
3. Adanya saluran distribusi, yang biasanya terdiri atas saluran distribusi primer dengan tegangan menengah (TM), dan saluran distribusi sekunder dengan tegangan rendah (TR).
4. Adanya unsur pemakaian atau utilisasi, yang terdiri atas instalasi pemakaian tenaga listrik. Instalasi rumah tangga biasanya memakai tegangan rendah, sedangkan pemakai besar seperti industri menggunakan tegangan menengah ataupun tegangan tinggi.

Gambar 2.1 memperlihatkan skema suatu sistem tenaga listrik. Perlu dikemukakan bahwa suatu sistem dapat terdiri atas beberapa subsistem yang saling berhubungan, atau yang biasa disebut sebagai sistem terinterkoneksi. Kiranya jelas bahwa arah mengalirnya energi listrik berawal dari pusat tenaga listrik melalui saluran-saluran transmisi dan distribusi dan sampai pada instalasi pemakai yang merupakan unsur utilisasi.

¹Abdul Kadir.2000. *Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik* .Jakarta: UIP. Hal. 3-5



Gambar 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Keterangan :

PTL = Pembangkit Tenaga Listrik

GI = Gardu Induk

TT = Tegangan Tinggi

TET = Tegangan Ekstra Tinggi

TM = Tegangan Menengah

GD = Gardu Distribusi

TR = Tegangan Rendah

2.2 Jenis Sistem Penyediaan²

Untuk sistem distribusi pada umumnya terdiri dari dua bagian yaitu distribusi primer yang mempergunakan tegangan menengah dan distribusi sekunder yang mempergunakan tegangan rendah.

²Abdul Kadir.2000. *Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik* .Jakarta: UIP. Hal. 21 dan 27

1. Jaringan Distribusi Primer

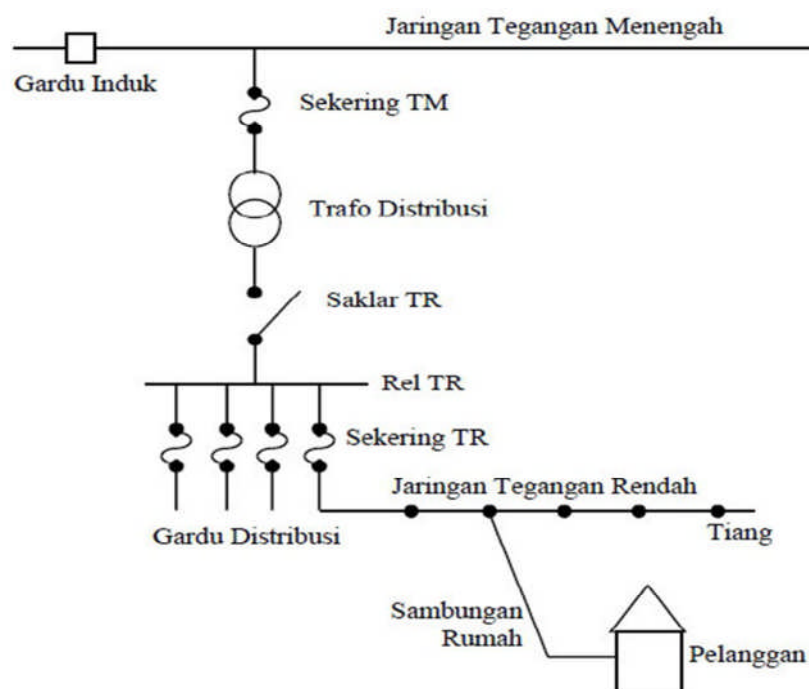
Jaringan distribusi primer yaitu jaringan tenaga listrik yang menyalurkan daya listrik dari gardu induk subtransmisi ke gardu distribusi. Jaringan ini merupakan jaringan tegangan menengah atau jaringan tegangan primer

Pada distribusi primer terdapat empat jenis sistem, yaitu:

- Sistem Radial
- Sistem Lup (*loop*)
- Sistem Jaringan Primer
- Sistem Spindel.

2. Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder 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. Sistem Distribusi Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah 380/220V) seperti pada gambar 2.2 merupakan salah satu bagian dalam sistem distribusi, yaitu mulai dari gardu trafo sampai pada pemakai akhir atau konsumen.



Gambar 2.2 Hubungan Tegangan Menengah ke Tegangan Rendah dan Konsumen

2.3 Jaringan Distribusi Tegangan Rendah³

Jaringan Distribusi Tegangan Rendah adalah bagian hilir dari suatu sistem tenaga listrik. Melalui jaringan distribusi ini disalurkan tenaga listrik kepada para pemanfaat atau pelanggan listrik. Mengingat ruang lingkup konstruksi jaring distribusi ini langsung berhubungan dan berada pada lingkungan daerah berpenghuni, maka selain harus memenuhi persyaratan kualitas teknis pelayanan juga harus memenuhi persyaratan aman terhadap pengguna dan akrab terhadap lingkungan.

Terdapat 2(dua) macam Konstruksi Jaringan Tegangan Rendah :

1. Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR)
2. Saluran Kabel Bawah Tanah Tegangan Rendah (SKTR)

Konfigurasi jaringan secara umum adalah radial, hanya pada kasus khusus dipergunakan sistem tertutup (*loop*). Saluran Udara Tegangan Rendah memakai penghantar jenis kabel pilin (NFAAX-T) dengan penampang berukuran luas penampang 35 mm², 50 mm² dan 70 mm² serta penghantar tak berisolasi AAC, AAAC, BCC dengan penampang 25 mm², 35 mm² dan 50 mm². Saluran kabel bawah tanah memakai kabel tanah dengan pelindung metal, berisolasi PVC, berinti Tembaga atau Aluminium NYFGbY atau NYAFGBY dengan penampang berukuran luas 25 mm², 35 mm², 50 mm² , 70 mm² dan 95 mm².

2.3.1 Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR)

Terdapat 2 jenis konstruksi saluran udara 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.

³Kelompok Kerja Standar Kontruksi Disribusi Jaringan Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia.2010. *Buku 1 : Kriteria Dasar Enjinerig Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik* . Jakarta: PT. PLN PERSERO, Bab 8



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 %. Jenis tiang yang digunakan adalah tiang beton berukuran panjang 9 m dengan kedalaman penanaman 1/6 kali panjang tiang. Untuk Jaringan Tegangan Rendah, Beban Kerja (*working load*) tiang yang dipakai adalah 160 daN, 200 daN, 350 daN dan 500 daN (1 daN = 1,01 kg.gaya).

2.3.2 Saluran Kabel Bawah Tanah Tegangan Rendah (SKTR)

Saluran Kabel tanah Tegangan Rendah (SKTR) secara umum tidak banyak dipakai sebagai jaringan distribusi Tegangan Rendah, kecuali hanya dipakai dalam hal :

1. Kabel utama dari Gardu ke jaringan Tegangan Rendah (*Opstik kabel/kabel naik*)
2. Pada lintasan yang tidak dapat memakai Saluran Udara.
3. Pada daerah-daerah eksklusif atas dasar permintaan, seperti :
 - Perumahan real estate
 - Daerah komersil khusus.

Kriteria konstruksi pada SKTR ini sama dengan kriteria konstruksi saluran kabel TM.

2.4 Sambungan Tenaga Listrik Tegangan Rendah (SLTR)⁴

Sambungan tenaga listrik tegangan rendah (SLTR) adalah sambungan listrik dengan tegangan pelayanan sebesar 220/380 Volt dan dengan daya sebesar- besarnya 197 kVA. Terdapat 2 jenis konstruksi sambungan listrik tegangan rendah, baik untuk fasa 1 ataupun fasa 3 sebagai berikut :

- a. Konstruksi melalui saluran udara
- b. Konstruksi melalui kabel bawah tanah

⁴Kelompok Kerja Standar Kontruksi Disribusi Jaringan Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia.2010. *Buku 2 : Standar Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik* .Jakarta: PT. PLN PERSERO, Hal : 2- 4

Berdasarkan sistem pengukuran bebannya di bagi menjadi 2 :

- a. Pengukuran langsung (tanpa trafo arus)
- b. Pengukuran tidak langsung (menggunakan trafo arus).

2.4.1 Persyaratan Konstruksi

Konstruksi fisik sambungan melalui saluran udara harus memenuhi dua syarat, yaitu:

- a. Mempunyai ruang bebas.
- b. Mempunyai jarak aman (*safety distance*) yang cukup dari sekelilingnya.

Jarak aman di perti mbangkan berdasarkan perti mbangan mekanis dan elektris agar penghantar sambungan luar pelayanan ti dak terjangkau oleh tangan manusia.

Tabel 2.1 Jarak Aman Sambungan Luar Pelayanan

Uraian		Batas Jarak Aman
1.	Permukaan jalan raya	Tidak kurang dari 6 meter
2.	Terhadap atap rumah	Tidak kurang dari 1 meter bagi atap yang tidak dinaiki manusia
3.	Terhadap balkon	Tidak kurang dari 2,5 meter (di luar jangkauan tangan)
4.	Terhadap saluran telekomunikasi	Tidak kurang dari 2,5 meter
5.	Terhadap saluran udara tegangan	Tidak kurang dari 1,0 meter
6.	Terhadap bangunan /tower /papan	Tidak kurang dari 3,5 meter
7.	Lintasan kereta api	Tidak dianjurkan, diperlukan

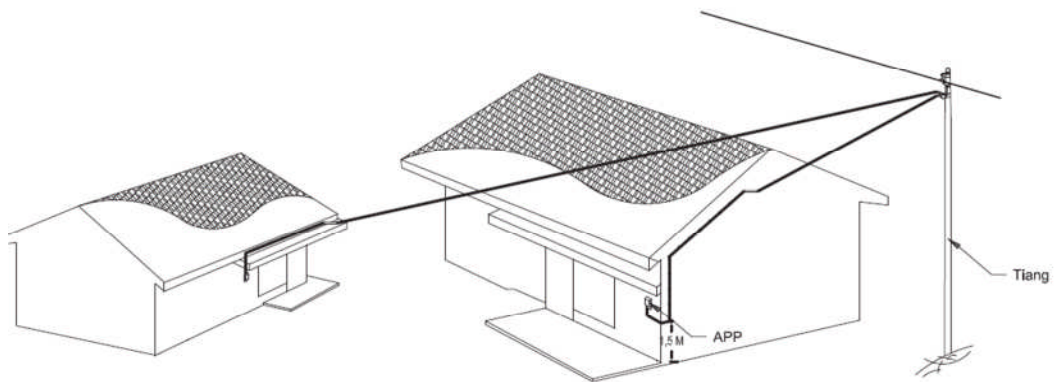
2.4.2 Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik Melalui Saluran Udara

Konstruksi ini merupakan sambungan tenaga listrik dengan menggunakan konstruksi saluran udara baik untuk sambungan Fasa 1 atau

Fasa 3. Jenis konstruksi di golongan dalam jenis-jenis konstruksi tipe A, Tipe B, Tipe C, tipe D, Tipe E, tipe F dan tipe G.

2.4.2.1 Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik Tipe A

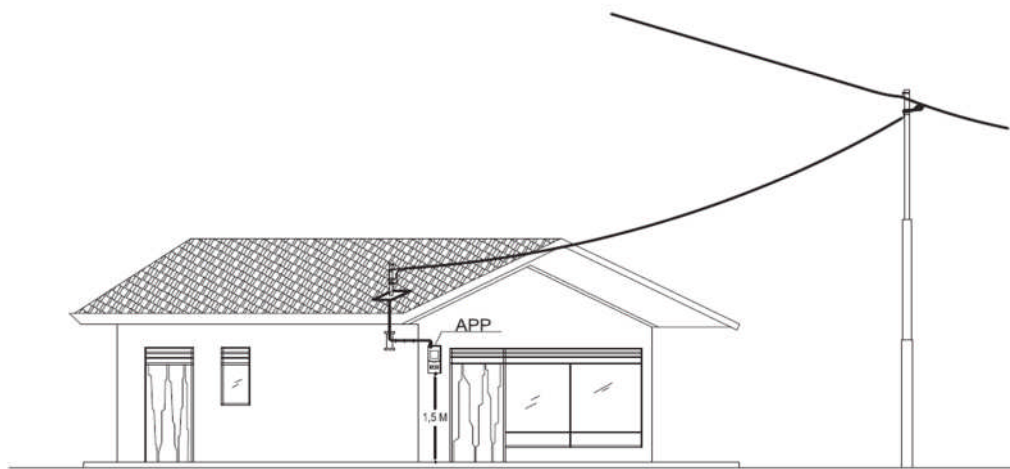
Konstruksi tipe A adalah konstruksi sambungan tenaga listrik tanpa memakai tiang atap atau dak standar dan di pergunakan jika jarak antara tiang dan bangunan (sambungan luar pelayanan) sampai dengan APP tidak melebihi 30 meter. Sambungan masuk pelayanan tidak mengenai fisik bangunan dan di lindungi dengan pipa PVC tahan mekanis atau sejenis.



Gambar 2.3 Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik Tipe A

2.4.2.2 Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik Tipe B

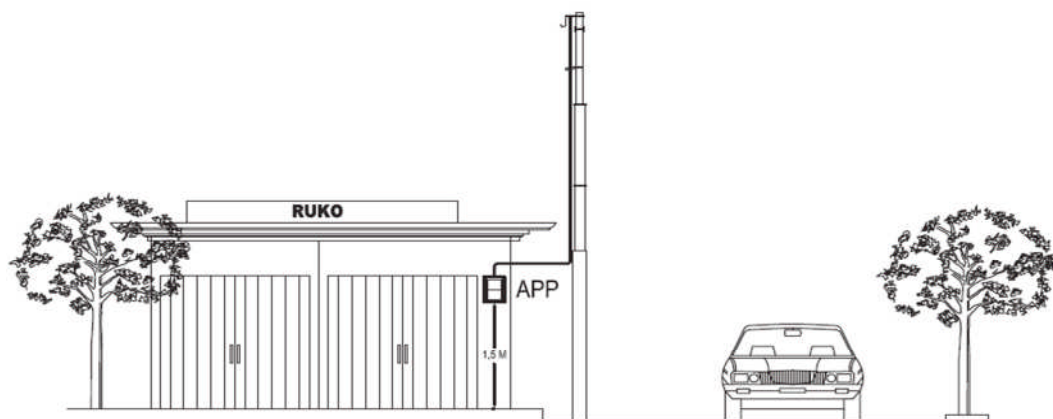
Konstruksi tipe B adalah konstruksi sambungan tenaga listrik memakai tiang atap atau dak standar dan di pergunakan apabila jarak aman terhadap lingkungan atau permukaan jalan tidak memenuhi syarat jika memakai sambungan tipe A. Penghantar sambungan masuk pelayanan, diluar pipa dak standar, dilindungi dengan pipa PVC atau sejenis; ujung pipa bagian atas di tutup dengan *protective cup* dan bagian bawah di tutup dengan *cable gland*.



Gambar 2.4 Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik Tipe B

2.4.2.3 Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik Tipe C

Konstruksi tipe C adalah sambungan pelayanan dengan sambungan luar pelayanan mendatar dimana jarak bangunan dan tiang atap sangat dekat (± 3 meter). Umumnya digunakan pada daerah pertokoan atau ruko atau rukan. Ketentuan mengenai sambungan pelayanan sama dengan Tipe A atau B.



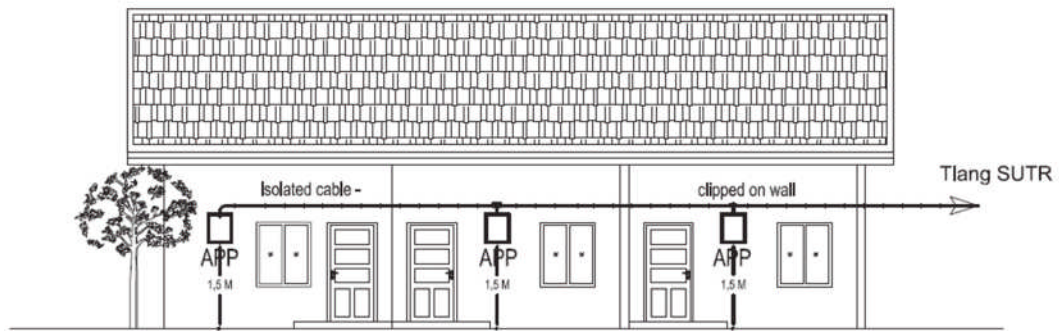
Gambar 2.5 Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik Tipe C

2.4.2.4 Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik Tipe D

Konstruksi tipe D untuk sambungan tenaga listrik seri pada ruko, rumah petak, took dan pertokoan atau mall. Sambungan pelayanan memakai kabel jenis NYFGbY atau NYY yang di masukan dalam pipa PVC tahan mekanis. Semua

kabel dilindungi secara fisik dari sentuhan tangan. Pada konstruksi ini sadapan pencabangan dapat dilakukan dengan:

- T doos atau kotak pencabangan
- Konektor/H atau O Pressed Connector atau tipe piercing



Gambar 2.6 Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik Tipe D

2.4.2.5 Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik pada Tiang Melalui Kabel Bawah Tanah Tipe E

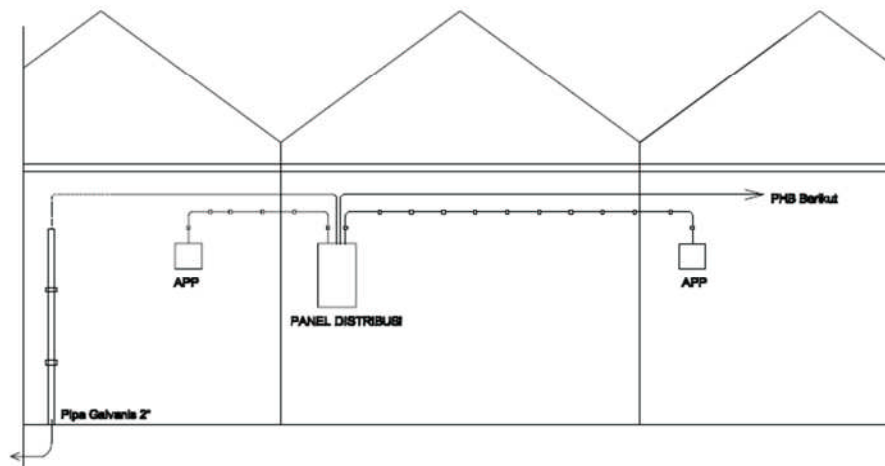
Konstruksi E menggunakan kabel NYFGbY yang ditarik dari tiang SUTR. Ujung kabel pada tiang harus diterminasi. Sambungan ke jaringan harus memakai bimetal joint Al- Cu yang di bungkus dengan *heathshrink sleeve*. Kabel turun ke tanah diberi pelindung pipa galvanis 11/2 inci sepanjang 2,5 meter di atas tanah dan tiap 1,5 meter diikat dengan *stainless steel* dan *link* dan *protective plastic tape*. Selanjutnya persyaratan konstruksi sama dengan persyaratan konstruksi kabel bawah tanah. Kabel naik di dalam bangunan di lindungi dengan pipa *galvanis* 11/2 inch yang diikatkan pada tembok.



Gambar 2.7 Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik Tipe E

2.4.2.6 Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik tipe F

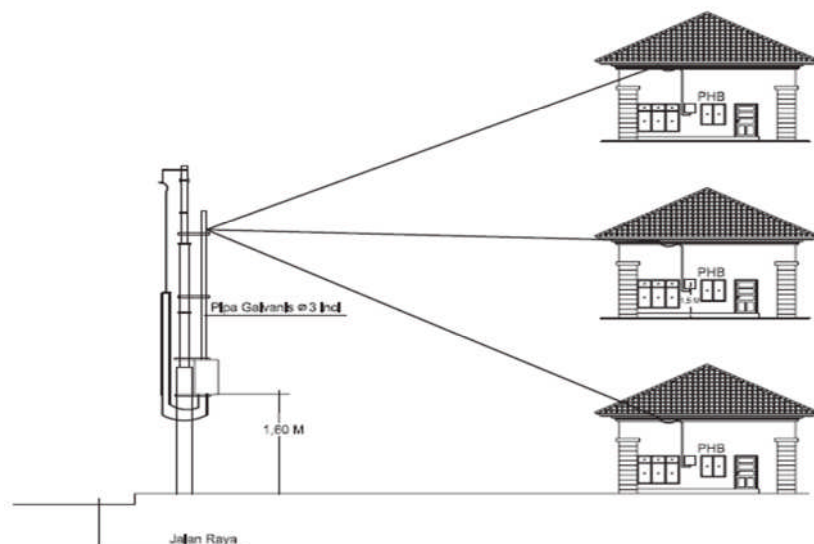
Konstruksi tipe F merupakan sambungan tenaga listrik dengan alat pengukur kWh dan pembatas terpasang terpusat pada tiang untuk beberapa rumah/bangunan.



Gambar 2.8 Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik Tipe F

2.4.2.7 Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik tipe G

Konstruksi tipe G sama dengan tipe F, hanya alat pengukur kWh dan pembatas terpasang terpusat pada bangunan.



Gambar 2.9 Konstruksi Sambungan Tenaga Listrik Tipe G



2.5 Papan Hubung Bagi Tegangan Rendah⁵

Perangkat hubung bagi menurut definisi PUIL, adalah suatu perlengkapan untuk mengendalikan dan membagi tenaga listrik dan atau mengendalikan dan melindungi sirkit dan pemanfaat tenaga listrik. Adapun bentuknya dapat berupa box, panel, atau lemari. Perangkat hubung bagi ini merupakan bagian dari suatu sistem suplai. Sistem suplai itu sendiri pada umumnya terdiri atas : pembangkitan (generator), transmisi (penghantar), pemindahan daya (transformator). Sebelum tenaga listrik sampai ke peralatan konsumen seperti motor-motor, katup solenoid, pemanas, lampu-lampu penerangan, AC dan sebagainya, biasanya melalui PHB terlebih dahulu.



Gambar 2.10 Papan Hubung Bagi Tegangan Rendah

⁵Rio Chandra, *Papan Hubung Bagi*, diakses dari <http://riochandra42.blogspot.com/2010/10/phb-perangkat-hubung-bagi.html>, pada 16 Mei 2014 Pukul 17.00 WIB.



Panel Perlengkapan Hubung Bagi (PHB) harus memenuhi persyaratan⁶ :

- 1) Kemampuan hantar arus
- 2) Kemampuan hubung singkat
- 3) Kemampuan kondisi klimatik (Tingkat IP)
- 4) Kemampuan mekanis

Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali (PHB) dipergunakan dari jenis

- 1) Pasangan Luar, dengan kualifikasi IP.45 (*Outdoor free Standing*)
- 2) Pasangan Dalam, dengan kualifikasi IP.44 (*Indoor wall mounting*)

Spesifikasi teknis PHB sistem Fasa 3 adalah sebagai berikut :

- 1) Ketebalan plat sekurang-kurangnya 3 mm.
- 2) Kemampuan Hantar Arus (KHA) rel pembagi sekurang-kurangnya 125% dari KHA kabel masuk.
- 3) Arus pengenalan gawai kendali sisi masuk sekurang-kurangnya 115% dari KHA kabel.
- 4) *Short time withstand current* 25 kA selama 0,5 detik (RMS).
- 5) Tingkat keamanan terhadap klimatik sekurang-kurangnya IP 45 atau untuk pasangan luar – outdoor free standing.
- 6) Pengaman sirkit keluar memakai pengaman lebur jenis HRC tipe NH/NT.
- 7) Jumlah sirkit keluar sebanyak-banyaknya 6 buah.
- 8) Jenis rel tembaga.
- 9) Lampu indikator merah kuning biru pada sisi sirkit masuk.
- 10) Panel PHB dihubung tanah atau dibumikan.
- 11) Seluruh fisik metal konstruksi di galvanis.

Untuk pemakaian PHB dibagi atas dua jenis:

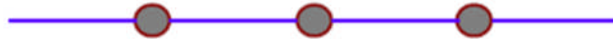
- 1) PHB Utama dengan kabel sirkit masuk ukuran Cu 95 mm² dan Cu 70 mm².
- 2) PHB Cabang dengan kabel sirkit masuk ukuran Cu 50 mm² dan Cu 25 mm.

⁶Kelompok Kerja Standar Kontruksi Distribusi Jaringan Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia, Buku 3 : *Standar Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Tegangan Rendah*. (Jakarta: PT. PLN PERSERO, Hal. 23)

2.6 Konstruksi penghantar jaringan tegangan rendah

2.6.1 Konstruksi tiang penyangga (TR-1)

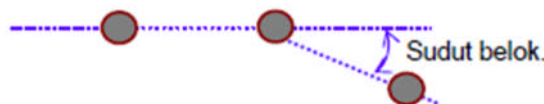
Pada jaringan tegangan rendah yang lurus atau dengan sudut belok maksimum 15 derajat, dipakai konstruksi tiang penyangga atau penggantung kabel.



Gambar 2.11 Konstruksi Tiang Penyangga (TR-1)

2.6.2 Konstruksi tiang sudut (TR-2)

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



Gambar 2.12 Konstruksi Tiang Sudut (TR-2)

2.6.3 Konstruksi Tiang Awal (TR-3)

Pada awal jaringan yaitu tempat dipasangnya trafo distribusi, dipakai konstruksi TR-3.



Gambar 2.13 Konstruksi Tiang Awal (TR-3)

2.6.4 Konstruksi tiang akhir (TR-3)

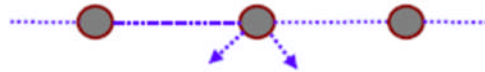
Pada ujung jaringan dipasang konstruksi TR-3



Gambar 2.14 Konstruksi Tiang Akhir (TR-3)

2.6.5 Konstruksi tiang penegang (TR-5)

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



Gambar 2.15 Konstruksi Tiang Penegang (TR-5)

2.6.6 Konstruksi guy wire

Seperti halnya pada SUTM, juga pada tiang awal, tiang akhir, dan tiang penegang, dari suatu SUTR diperlukan topang tarik untuk mengimbangi beban vertikal yang bekerja pada tiang.

2.6.7 Konstruksi horizontal guy wire

Bila penempatan anchor blok di dekat tiang tersedia, maka dapat di pasang konstruksi ini, sama halnya dengan yang dipakai pada SUTM.

2.6.8 Konstruksi strut pole

Dalam suatu kondisi tidak memungkinkan dipasang konstruksi guy wire maupun horizontal guy wire, dipasang suatu konstruksi penyangga yaitu konstruksi Strut Pole.

2.7 Gardu Distribusi⁷

Pengertian umum Gardu Distribusi tenaga listrik yang paling dikenal adalah suatu bangunan gardu listrik berisi atau terdiri dari instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB-TM), Transformator Distribusi (TD) dan Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) untuk memasok kebutuhan tenaga listrik bagi para pelanggan baik dengan Tegangan Menengah (TM 20 kV) maupun Tegangan Rendah (TR 220/380V).

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

Secara garis besar gardu distribusi dibedakan atas :

- a) Jenis pemasangannya:
 - Gardu pasangan luar : Gardu Portal, Gardu Cantol
 - Gardu pasangan dalam : Gardu Beton, Gardu Kios
- b) Jenis Konstruksinya:
 - Gardu Beton (bangunan sipil : batu, beton)
 - Gardu Tiang : Gardu Portal dan Gardu Cantol)
 - Gardu Kios
- c) Jenis Penggunaannya
 - Gardu Pelanggan Umum
 - Gardu Pelanggan Khusus

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

2.7.1 Gardu Tiang

Gardu tiang merupakan gardu distribusi yang dipasang ditiang pada jaringan distribusi. Gardu Tiang umunya terdiri dari bahan : beton, besi, kayu.



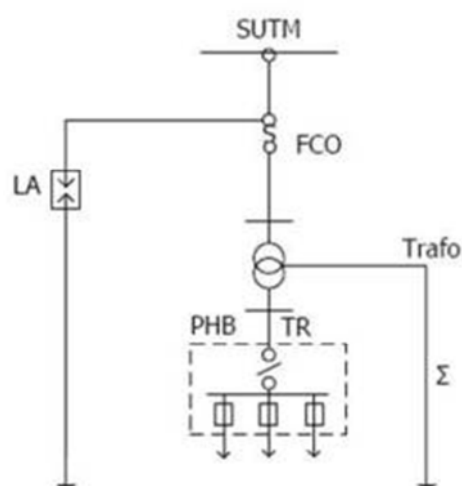
Gambar 2.16 Tiang Besi



Gambar 2.17 Tiang Beton

2.7.1.1 Gardu Portal

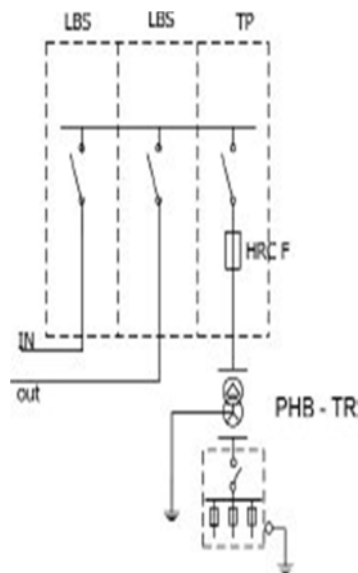
Umumnya konfigurasi Gardu Tiang yang dicatu dari SUTM adalah T section dengan peralatan pengaman Pengaman Lebur *Cut-Out* (FCO) sebagai pengaman hubung singkat transformator dengan elemen pelebur (*pengaman lebur link type expulsion*) dan *Lightning Arrester* (LA) sebagai sarana pencegahan naiknya tegangan pada transformator akibat surja petir.



Gambar 2.18 Gardu Portal dan Bagan Satu Garis



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



Gambar 2.19 Bagan Satu Garis Konfigurasi II Section Gardu Portal

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

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

2.7.1.2 Gardu Cantol

Pada Gardu Distribusi tipe cantol, transformator yang terpasang adalah transformator dengan daya ≤ 100 kVA Fase 3 atau Fase 1.



Transformator terpasang adalah jenis CSP (*Completely Self Protected Transformer*) yaitu peralatan switching dan proteksinya sudah terpasang lengkap dalam tangki transformator.



Gambar 2.20 Gardu Cantol

Perlengkapan perlindungan transformator tambahan LA (*Lightning Arrester*) dipasang terpisah dengan Penghantar pembumiannya yang dihubungkan langsung dengan badan transformator. Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) maksimum 2 jurusan dengan saklar pemisah pada sisi masuk dan pengaman lebur (type NH, NT) sebagai pengaman jurusan. Semua Bagian Konduktif Terbuka (BKT) dan Bagian Konduktif Ekstra (BKE) dihubungkan dengan pembumian sisi Tegangan Rendah.

2.7.1.3 Gardu Beton

Seluruh komponen utama instalasi yaitu transformator dan peralatan *switching* atau proteksi, terangkai didalam bangunan sipil yang dirancang, dibangun dan difungsikan dengan konstruksi pasangan batu dan beton (*masonry wall building*). Konstruksi ini dimaksudkan untuk pemenuhan persyaratan terbaik bagi keselamatan ketenagalistrikan.



Gambar 2.21 Gardu Beton

2.7.1.4 Gardu Kios

Gardu tipe ini adalah bangunan *prefabricated* terbuat dari konstruksi baja, *fiberglass* atau kombinasinya, yang dapat dirangkai di lokasi rencana pembangunan gardu distribusi. Terdapat beberapa jenis konstruksi, yaitu Kios Kompak, Kios Modular dan Kios Bertingkat.

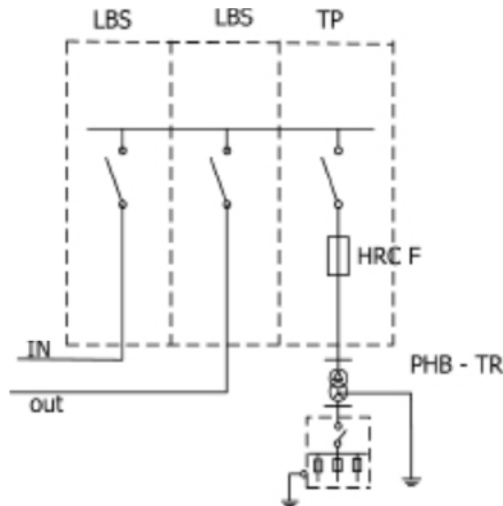


Gambar 2.22 Gardu Kios

Gardu ini dibangun pada tempat-tempat yang tidak diperbolehkan membangun Gardu Beton. Karena sifat mobilitasnya, maka kapasitas transformator distribusi yang terpasang terbatas. Kapasitas maksimum adalah 400 kVA, dengan 4 jurusan Tegangan Rendah. Khusus untuk Kios Kompak, seluruh instalasi komponen utama gardu sudah dirangkai selengkapnyanya di pabrik, sehingga dapat langsung di angkut ke lokasi dan disambungkan pada sistem distribusi yang sudah ada untuk difungsikan sesuai tujuannya.

2.7.1.5 Gardu Pelanggan Umum

Umumnya konfigurasi peralatan Gardu Pelanggan Umum adalah π section, sama halnya seperti dengan Gardu Tiang yang dicatu dari SKTM.



Gambar 2.23 Bagan Satu Garis Konfigurasi π Section Gardu Pelanggan Umum

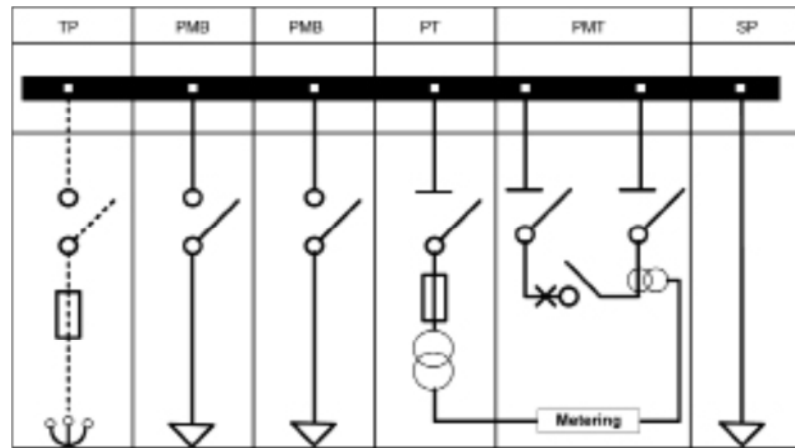
Karena keterbatasan lokasi dan pertimbangan keandalan yang dibutuhkan, dapat saja konfigurasi gardu berupa **T section** dengan catu daya disuplai PHB-TM gardu terdekat yang sering disebut dengan **Gardu Antena**. Untuk tingkat keandalan yang dituntut lebih dari Gardu Pelanggan Umum biasa, maka gardu dipasok oleh SKTM lebih dari satu penyulang sehingga jumlah saklar hubung lebih dari satu dan dapat digerakan secara Otomatis (**ACOS : Automatic Change Over Switch**) atau secara *remote control*.

2.7.1.6 Gardu Pelanggan Khusus

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

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

Pada umumnya, Gardu Pelanggan Khusus ini dapat juga dilengkapi dengan transformator untuk melayani pelanggan umum.



Gambar 2.24 Bagan Satu Garis Gardu Pelanggan Khusus

Keterangan :

TP = Pengaman Transformator

PMB = Pemutus Beban – LBS

PT = Trafo Tegangan

PMT = Pembatas Beban Pelanggan

SP = Sambungan Pelanggan

2.7.2 Gardu Hubung

Gardu Hubung disingkat GH atau *Switching Substation* adalah gardu yang berfungsi sebagai sarana manuver pengendali beban listrik jika terjadi gangguan aliran listrik, program pelaksanaan pemeliharaan atau untuk maksud mempertahankan kontinuitas pelayanan. Isi dari instalasi Gardu Hubung adalah rangkaian saklar beban (Load Break switch – LBS), dan atau pemutus tenaga yang terhubung paralel. Gardu Hubung juga dapat dilengkapi sarana pemutus tenaga pembatas beban pelanggan khusus Tegangan Menengah.

Konstruksi Gardu Hubung sama dengan Gardu Distribusi tipe beton.

⁷Kelompok Kerja Standar Kontruksi Disribusi Jaringan Tenaga Listrik dan Pusat Penelitian Sains dan Teknologi Universitas Indonesia.2010. *Buku 4 : Standar Konstruksi Gardu Distribusi Dan Hubung Tenaga Listrik* .Jakarta: PT. PLN PERSERO, Hal : 1-5



Pada ruang dalam Gardu Hubung dapat dilengkapi dengan ruang untuk Gardu Distribusi yang terpisah dan ruang untuk sarana pelayanan kontrol jarak jauh. Ruang untuk sarana pelayanan kontrol jarak jauh dapat berada pada ruang yang sama dengan ruang Gardu Hubung, namun terpisah dengan ruang Gardu Distribusinya.

2.8 Rugi Energi Listrik

Di dalam sistem distribusi tenaga listrik terdapat faktor yang dinamakan susut (*losses*) yang berdasarkan Surat Keputusan Menteri Keuangan Nomor 431/KMK.06/2002 didefinisikan sebagai suatu bentuk kehilangan energi listrik yang berasal dari selisih sejumlah energi listrik yang tersedia dengan sejumlah energi listrik yang diterima oleh penerima/konsumen atau jumlah energi yang hilang atau menyusut, terjadi karena sebab-sebab teknik maupun non teknik pada waktu penyediaan dan penyaluran energi.

2.8.1 Jenis-jenis Susut (*Losses*)

Menurut Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) No.217-1.K/DIR/2005 tentang Pedoman Penyusunan Laporan Neraca Energi (kWh), Jenis susut (*losses*) energi listrik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Berdasarkan sifatnya, Susut teknis dan non teknis
2. Berdasarkan tempat terjadinya, Susut transmisi dan susut distribusi.

Berdasarkan kutipan diatas maka penjelasannya adalah sebagai berikut:

2.8.1.1 Berdasarkan Sifatnya

a. Susut Teknis

Susut teknis, yaitu hilangnya energi listrik pada saat penyaluran mulai dari pembangkit hingga ke pelanggan karena berubah menjadi panas. Susut teknis ini tidak dapat dihilangkan karena merupakan kondisi bawaan atau susut yang terjadi karena alasan teknik dimana energi menyusut berubah menjadi panas pada jaringan Tegangan Tinggi (JTT), Gardu Induk (GI), Jaringan Tegangan Menengah (JTM) Gardu Distribusi (GD) , Jaringan Tegangan Rendah (JTR), Sambungan Rumah (SR) dan Alat Pengukur dan Pembatas (APP)



b. Susut Non Teknis

Susut Non Teknis, yaitu hilang energi listrik yang dikonsumsi pelanggan maupun non pelanggan karena tidak tercatat dalam penjualan.

2.8.1.2 Berdasarkan tempat terjadinya :

- a. Susut Transmisi, yaitu hilangnya energi listrik yang di bangkitkan pada saat disalurkan melalui jaringan transmisi ke gardu induk.
- b. Susut Distribusi, yaitu hilangnya energi listrik yang didistribusikan dari gardu induk melalui jaringan distribusi ke pelanggan.

Sedangkan menurut **Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) No: 217-1.K/DIR/2005** tentang **Pedoman Penyusunan Laporan Neraca Energi (kWh)**, susut (*Losses*) diperinci sebagai berikut :

- a. Susut Energi, adalah jumlah energi kWh yang hilang atau menyusut terjadi karena sebab-sebab teknik maupun non teknik pada waktu penyediaan dan penyaluran energi.
- b. Susut Teknik, adalah susut yang terjadi karena alasan teknik dimana energi menyusut berubah menjadi panas pada JTT, GI, JTM, GD, JTR, SR, dan APP.
- c. Susut Non Teknik, adalah selisih antara susut energi dan susut teknik.
- d. Susut Tansmisi, adalah susut teknik yang terjadi pada jaringan transmisi, yang meliputi susut pada Jaringan Tegangan Tinggi (JTT) dan pada Gardu Induk (GI).
- e. Susut Distribusi, adalah susut teknik dan non teknik yang terjadi pada jaringan distribusi yang meliputi susut pada Jaringan Tengah Menengah (JTM), Gardu Distribusi (GD), Jaringan Tenaga Rendah (JTR), Sambungan Rumah (SR) serta Alat Pembatas dan Pengukur (APP) pada pelanggan TT, TM dan TR. Bila terdapat Jaringan Tegangan Tinggi yang berfungsi sebagai jaringan distribusi maka susut jaringan ini dimasukkan sebagai Susut Distribusi.
- f. Susut TT, adalah susut teknik dan non teknik yang terjadi pada sisi TT, yang merupakan penjumlahan susut pada JTT, GI, dan APP TT.



- g. Susut TM, adalah susut teknik dan non teknik yang terjadi pada sisi TM, yang merupakan penjumlahan susut pada JTM, GD, dan APP TM.
- h. Susut TR, adalah susut teknik dan non teknik yang terjadi pada sisi TR, yang merupakan penjumlahan susut pada JTR, SR dan APP TR.
- i. Susut Jaringan, adalah jumlah energi dalam kWh yang hilang pada jaringan transmisi dan distribusi, atau merupakan penjumlahan antara Susut Transmisi dan Susut Distribusi.

Dengan demikian PT. PLN (Persero) dapat menghitung susut (*losses*) distribusi energi listrik dengan cara membandingkan antara energi listrik yang tersedia dengan energi yang terjaul.

2.9 Penyebab Susut (*Losses*) Energi Listrik

a. Susut Teknis⁸

- 1. Luas penampang terlalu kecil (penampang tidak sesuai dengan beban) semakin kecil kawat semakin besar ruginya.
- 2. Panjang jaringan : terlalu panjang sehingga listrik yang mengalir banyak yang hilang. Terlalu panjang jaringannya juga menyebabkan arusnya besar sehingga tegangannya turun.
- 3. Sambungan tidak baik juga dapat mengakibatkan adanya loss contact, sambungan antar kawat tidak rapat sehingga terdapat celah udara yang seharusnya kedap udara sehingga menyebabkan alat cepat rusak. Sambungan tidak baik kadang disebabkan adanya ranting pohon layang-layang yang menempel pada kabel.
- 4. Umur Peralatan : alat yang terlalu tua dapat menurunkan kinerja alat tersebut.
- 5. Arus yang terlalu besar dapat menimbulkan panas sehingga dapat merusak alat dan terjadi losses.
- 6. Terlalu banyak percabangan saluran SR (tarikan SR 5) untuk sambungan pelayanan.



7. Bila arus listrik yang mengalir ke R, S, T tidak seimbang maka yang terjadi arus akan mengalir ke ground sehingga menyebabkan adanya hambatan di ground yang besar (maksimal 5Ω).
8. Adanya arus yang mengalir di hantaran netral. Idealnya arus yang mengalir disepanjang hantaran netral adalah nol tetapi karena pengaruh dari beban yang tidak seimbang maka hantaran netral akan berarus sehingga arus yang melalui hantaran ini sebagian berubah menjadi panas yang didisipasikan ke lingkungan sekitar sebagai losses. Walaupun terdapat pentanahan netral kadang-kadang pentanahan netral tidak mampu membuang arus netral yang cukup besar akibat dari beban yang tidak seimbang.

b. Susut Non-Teknis

1. Pencurian Daya Listrik
2. Salah catat stand meter

2.9.1 Macam-Macam Pencurian Aliran Listrik⁹

Macam-macam pencurian aliran listrik ada beberapa kategori atau tipe, antara lain:

1. Pencurian Tipe A
2. Pencurian Tipe B
3. Pencurian Tipe C
4. Pencurian Tipe D
5. Pencurian Tipe E
6. Pencurian Tipe F

⁸Losses, diakses dari <http://cor-ding14inch.blogspot.com/2012/11/losses.html>, diakses pada 16 Mei Pukul 17.00 WIB.

⁹Tinjauan Yuridis Tentang Pencurian Aliran Listrik, diakses dari : <http://wiraraja.ac.id/wp-content/uploads/2013/02/JURNAL-ab-5-2012-rev.pdf>, diakses pada 18 Mei Pukul 19.00 WIB.



Berikut penjelasannya :

1. Pencurian Tipe A adalah pelanggaran/pencurian dengan merusak segel, pelanggaran tidak mempengaruhi batas daya dan tidak mempengaruhi pengukuran energi. misalnya:
2. Pencurian Tipe B yaitu pelanggaran atau pencurian yang mempengaruhi ukuran energi. misalnya:
 - Konsumen melakukan atau merubah otomatis atau MCB tetapi tidak merusak kWh meter.
3. Pencurian Tipe C yaitu pencurian yang tidak mempengaruhi batas daya tapi mempengaruhi pengukuran energi. misalnya:
 - Kedapatan sambungan langsung.
 - Alat ukur tidak berfungsi sebagaimana mestinya.
 - Tanda tera alat pengukuran rusak.
 - kWh meter dikendalikan agar putarannya tidak berfungsi.
4. Pencurian dengan Tipe D yaitu pencurian yang mempengaruhi batas daya dan mempengaruhi pengukuran energi. misalnya:
 - Konsumen menyambung atau merusak kabel SM.
 - Ada sekring buatan untuk mengendalikan.
 - Pemakaian di luar kWh meter.
5. Pencurian dengan Tipe E yaitu pencurian yang bukan kesalahan pelanggan atau konsumen, misalnya sambungan atau pengawatan di dalam OA Kosten terbalik sehingga pengukuran energi tidak terukur.
6. Pencurian Tipe F ialah pelanggaran pengalihan fungsi atau tarif. misalnya:
 - Konsumen sewaktu pendaftaran pertama mengajukan tarif rumah tangga tapi ternyata difungsikan untuk usaha (toko), maka dari pihak perusahaan listrik atau PLN dirubah tarifnya sesuai dengan fungsi saat diperiksa/dikembalikan sesuai keadaan jika rumah tangga dengan tarif rumah tangga, sedang toko atau yang difungsikan usaha akan dikembalikan pada tarif usaha sesuai aturan yang berlaku di PLN atau akan merugikan pihak perusahaan listrik (PLN).

Pelanggaran seperti pelanggaran Tipe F ini akan merugikan pihak perusahaan listrik (PLN), seyogyanya masyarakat tidak perlu melakukan



pencurian aliran listrik walaupun dengan alasan yang bermacam-macam alasan, karena semuanya menginginkan keuntungan yang sebanyak-banyaknya atau pembayaran untuk rekening listrik kecil, tetapi keuntungan atau hasil yang didapat dari keuntungan yang tidak halal karena dilakukan dengan melanggar hukum, seharusnya semua pemakai jasa listrik bisa mengatur sendiri pemakaian dengan cara bergantian diantara salah satu alat elektronik sehingga tidak merugikan pihak perusahaan listrik (PLN).

Sebenarnya pelanggaran-pelanggaran seperti Tipe F ini banyak dilakukan oleh pihak konsumen tarif kecil seperti daya 450 VA, karena semua alasannya sama ingin pembayaran rekening listrik kecil atau penghematan dalam pengeluaran pembayaran rekening listrik dengan melanggar ketentuan pihak perusahaan (PLN).

2.10 Perhitungan Rugi Energi Listrik (kWh) Pada Jaringan Tegangan Rendah¹⁰

Perhitungan rugi energi pada Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dapat dicari dengan menggunakan rumus seperti berikut:

$$1. \text{ Rugi Energi Listrik (kWh susut) = Energi listrik (kWh) Siap Jual - Energi listrik terjual (kWh Jual TUL III - 09).....(2.1)}$$

$$2. \text{ Persentase (\%) Rugi Energi Listrik}$$

$$\text{Persentase susut} = \frac{\text{kWh susut}}{\text{kWh Siap Salur}} \times 100 \%.....(2.2)$$

Sebelum menghitung rugi energi listrik berdasarkan kedua rumus diatas, terlebih dahulu harus mencari:

1. Jumlah energi listrik yang diterima:

$$\text{Jumlah Terima Energi} = \text{Jumlah terima dari A} + \text{Jumlah terima dari B} + \text{Jumlah Terima dari C} + \text{Jumlah terima D}.....(2.3)$$

2. Jumlah energi listrik yang dikirim:

$$\text{Jumlah Kirim Energi} = \text{Jumlah kirim ke C} + \text{Jumlah kirim ke D}.....(2.4)$$



3. Energi Siap Salur:

Energi Siap Salur = Jumlah Terima Energi + Jumlah Kirim Energi.....(2.5)

4. Mengetahui PS (Pemakaian Sendiri) Distribusi dengan cara:

PS Distribusi = 0.09% x Energi Siap Salur.....(2.6)

5. Energi Siap Jual :

Energi Listrik Siap Jual = Energi Siap Salur - PS Distribusi.....(2.7)

¹⁰lampiran 4 , *susut distribusi per-unit tahun 2013* PT.PLN persero rayon kenten Palembang
(tidak diterbitkan)