

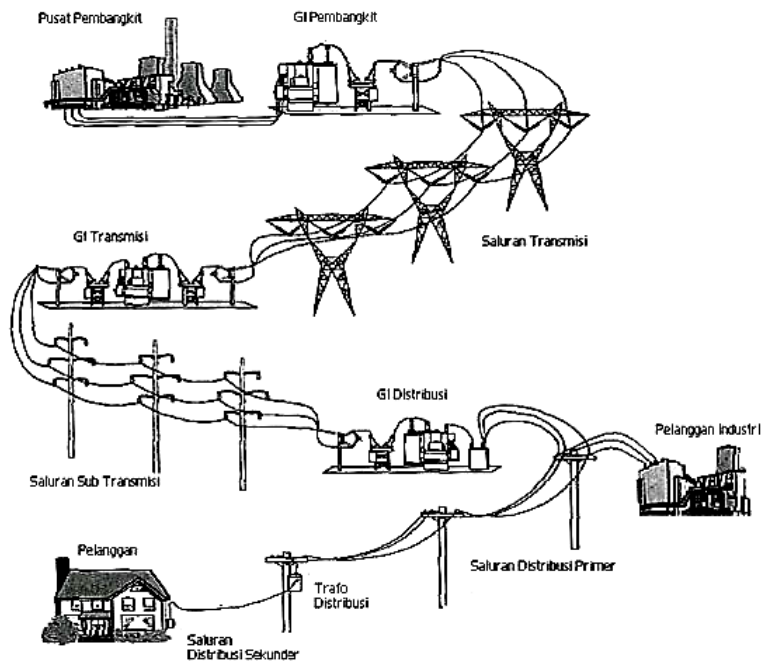
BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Pengertian Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem distribusi tenaga listrik adalah kumpulan komponen tenaga listrik yang secara bersamaan membentuk sistem penyaluran daya/tenaga listrik ke konsumen tenaga listrik, sistem distribusi merupakan satu dari tiga bagian utama sistem tenaga listrik secara keseluruhan seperti pada gambar 2.1, yaitu sebagai berikut ini :

1. Pembangkit tenaga listrik.
2. Transmisi tenaga listrik.
3. Distribusi tenaga listrik.



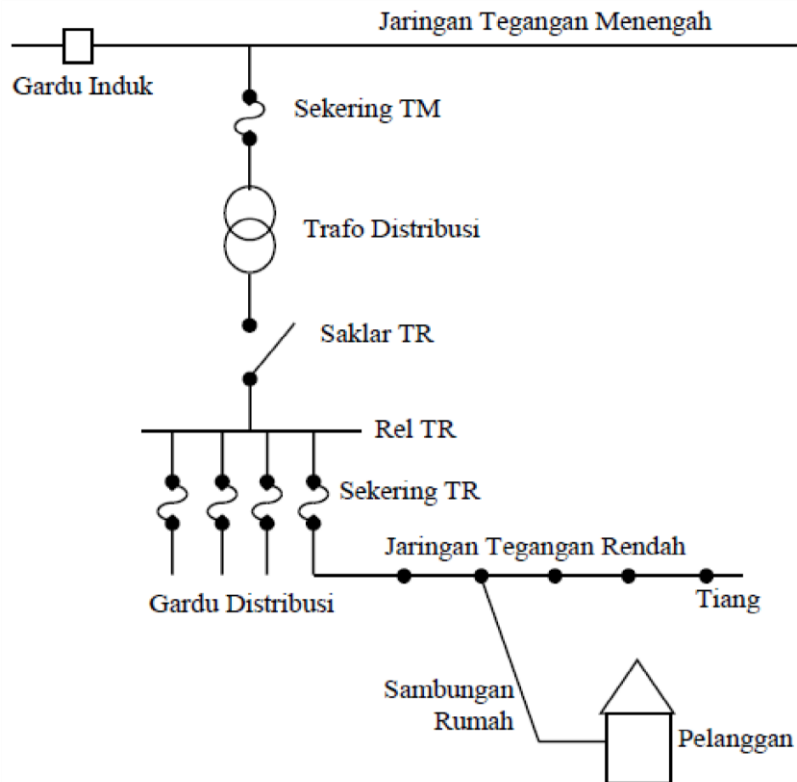
Gambar 2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai dengan 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator step up menjadi 70 kV, 154 kV 220 kV hingga 500 kV, kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan adalah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi, 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 step down pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-

gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi menjadi sistem tegangan rendah yaitu 220/380 Volt, selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen. Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan.[8]

Sistem distribusi kebanyakan merupakan jaringan yang diisi dari sebuah gardu induk (GI) seperti pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan.

Jaringan distribusi yang diisi dari sebuah GI pada umumnya tidak dihubungkan secara listrik dengan jaringan distribusi yang diisi dari GI yang lain, sehingga masing-masing jaringan distribusi beroperasi secara terpisah satu sama lain.

Dalam pengoperasian sistem distribusi, masalah yang utama adalah mengatasi gangguan karena jumlah gangguan dalam sistem distribusi relative banyak dibandingkan dengan jumlah gangguan pada bagian sistem yang lain.[8]

2.2 Jenis Sistem Distribusi

Jenis sistem distribusi dibedakan menjadi dua sistem yaitu sistem distribusi primer dan sistem distribusi sekunder.

2.2.1 Sistem Distribusi Primer

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

2.2.2 Sistem Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu distribusi ke beban-beban yang ada di konsumen, pada sistem distribusi sekunder bentuk saluran yang

paling banyak digunakan adalah sistem radial. Sistem ini dapat menggunakan kabel yang berisolasi maupun konduktor tanpa isolasi, sistem ini biasanya disebut sistem tegangan rendah yang langsung dihubungkan kepada konsumen/pemakai tenaga listrik.[8]

2.3 Jenis Jaringan Distribusi

2.3.1 Jaringan Distribusi Sistem Radial

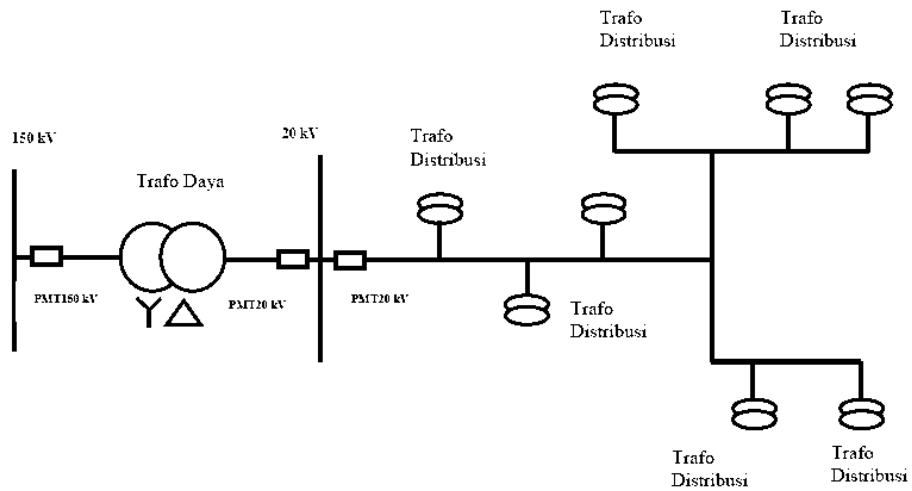
Jaringan distribusi sistem radial ini merupakan bentuk dasar yang paling sederhana dan banyak digunakan, dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabang ke titik-titik beban yang dilayani.

Kelebihan dari sistem radial ini yaitu :

- Bentuknya sederhana.
- Biaya investasinya relatif murah.

Kekurangan dari sistem radial ini yaitu :

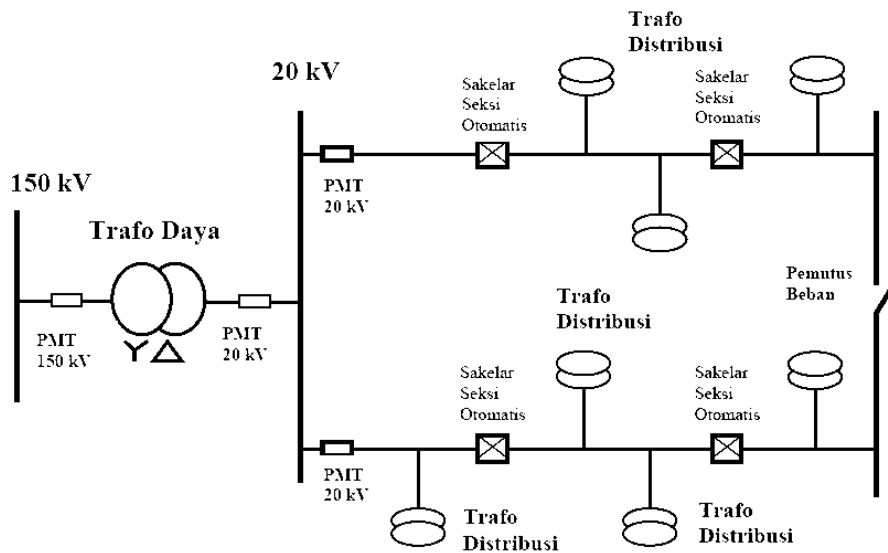
- Kualitas pelayanan dayanya relatif buruk, karena rugi tegangan dan rugi daya yang terjadi pada saluran relatif besar
- Kontinyunitas pelayanan daya tidak terjamin, sebab antara titik sumber dan titik beban hanya ada satu saluran sehingga saluran tersebut bila mengalami gangguan maka seluruh saluran sesudah titik gangguan akan mengalami black out secara total.[5]



Gambar 2.3 Sistem Radial

2.3.2 Jaringan Distribusi Sistem Ring (LOOP)

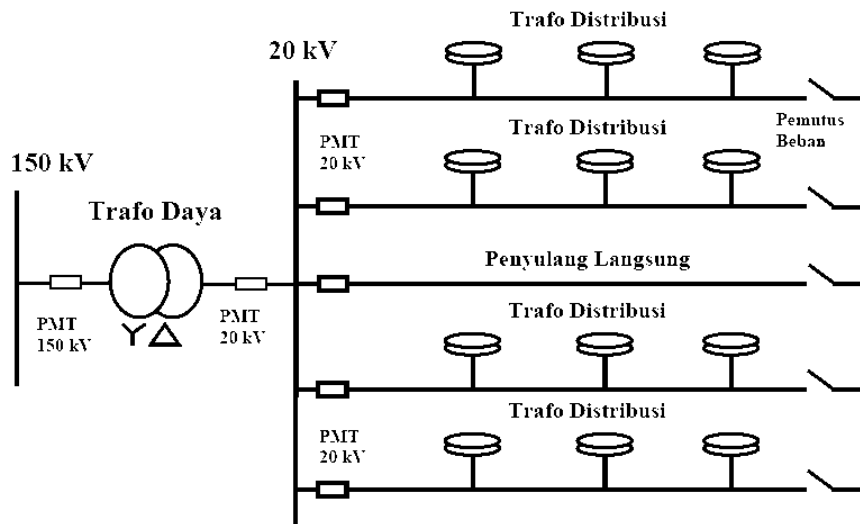
Pada jaringan distribusi sistem ring terdapat dua alternatif saluran dari sumber jaringan, jaringan ini merupakan bentuk tertutup disebut jaringan loop karena susunan rangkaian penyulang membentuk ring yang memungkinkan titik beban dilayani dari dua arah penyulang sehingga kontinuitas pelayanan lebih terjamin serta kualitas dayanya menjadi lebih baik karena rugi tegangan dan rugi daya pada saluran menjadi lebih kecil.[5]



Gambar 2.4 Sistem Ring (LOOP)

2.3.3 Jaringan Distribusi Sistem Spindel

Jaringan distribusi sistem spindel biasanya terdiri atas maksimum 6 penyulang dalam keadaan dibebani dan satu penyulang dalam keadaan kerja tanpa beban, saluran 6 penyulang yang beroperasi dalam keadaan berbeban dinamakan working feeder sedangkan satu saluran yang beroperasi tanpa beban dinamakan express feeder. Fungsi express feeder sebagai cadangan pada saat terjadi gangguan pada salah satu working feeder.[5]



Gambar 2.5 Sistem Spindel

2.4 Jenis Sistem Penyaluran Jaringan Distribusi

Berdasarkan sistem penyaluran jaringan distribusi dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu saluran udara (overhead line) dan saluran bawah tanah (underground cable).

Saluran udara merupakan sistem penyaluran tenaga listrik melalui kawat penghantar yang ditopang pada tiang listrik, sedangkan saluran bawah tanah merupakan sistem penyaluran tenaga listrik melalui kabel-kabel yang ditanamkan di dalam tanah.[8]

2.4.1 Saluran Udara (Overhead Line)

Keuntungannya :

- a. Lebih fleksibel dan leluasa dalam upaya untuk perluasan beban.

- b. Dapat digunakan untuk penyaluran tenaga listrik pada tegangan diatas 66 kV.
- c. Bila terjadi gangguan hubung singkat, mudah dideteksi.

Kekurangannya :

- a. Mudah terpengaruh oleh cuaca buruk, bahaya petir, badai dan tertimpa pohon.
- b. Masalah induktansi dan kapasitansi yang terjadi akan mengakibatkan drop tegangan yang tinggi.

2.4.2 Saluran Bawah Tanah (Underground Cable)

Keuntungannya :

- a. Tidak terpengaruh oleh cuaca buruk, bahaya petir, badai dan tertimpa pohon.
- b. Dari segi keindahan saluran bawah lebih indah bila dipandang.
- c. Mempunyai batas umur pakai dua kali lipat daripada saluran udara.
- d. Drop tegangan lebih rendah karena masalah induktansi bisa diabaikan.

Kekurangannya :

- a. Biaya investasi lebih mahal daripada saluran udara.

- b. Saat terjadi gangguan hubung singkat, usaha pencarian titik gangguan tidak mudah.
- c. Bencana banjir , desakan akar pohon, dan ketidakstabilan tanah tidak dapat dihindari.

2.5 Jenis Konstruksi Jaringan Distribusi

Melihat bentuk konstruksi jaringan distribusi tenaga listrik saluran udara, maka dikenal 2 macam konstruksi, yaitu : konstruksi vertical dan konstruksi horizontal.[8]

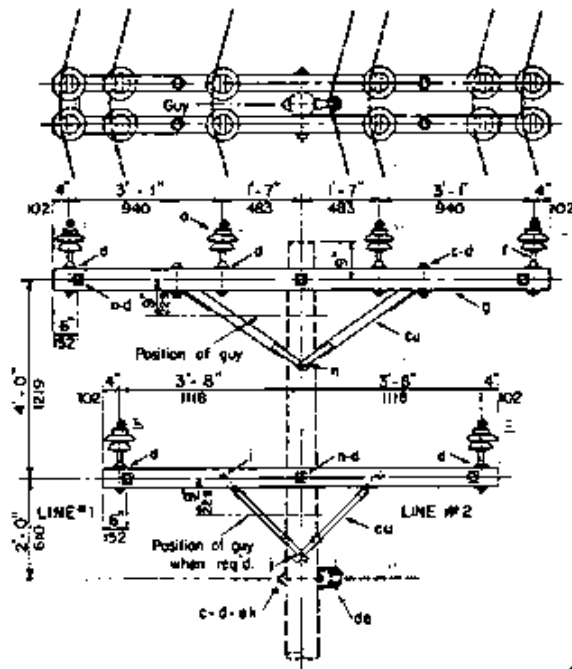
2.5.1 Konstruksi Horizontal

Keuntungannya :

- a. Tekanan angin yang terjadi terfokus pada wilayah cross-arm (traves).
- b. Dapat digunakan untuk saluran ganda tiga fasa.

Kekurangannya :

- a. Lebih banyak menggunakan cross-arm.
- b. Beban tiang (tekanan ke bawah) lebih berat.
- c. Lebih banyak menggunakan isolator.



Gambar 2.6 Konstruksi Horizontal

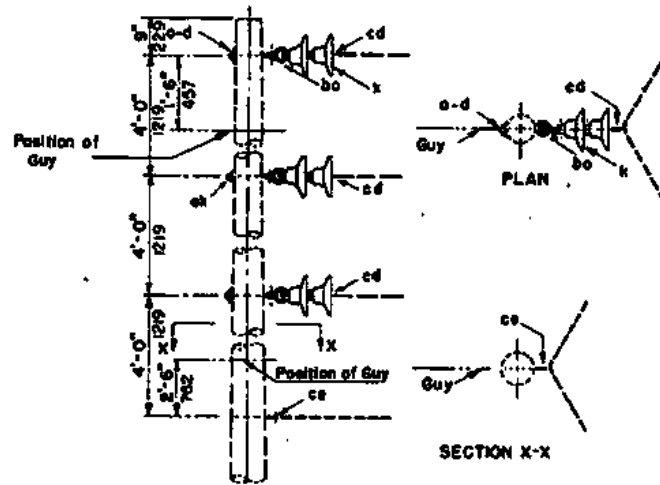
2.5.2 Konstruksi Vertikal

Keuntungannya :

- Sangat cocok untuk wilayah yang memiliki bangunan tinggi.
- Beban tiang beban (tekanan ke bawah) lebih sedikit.
- Isolator jenis pasak (pin isolator) jarang digunakan.
- Tanpa menggunakan cross-arm (traves).

Kekurangannya :

- Tekanan angin merata di bagian tiang.
- Terbatas hanya untuk saluran tunggal tiga fasa.



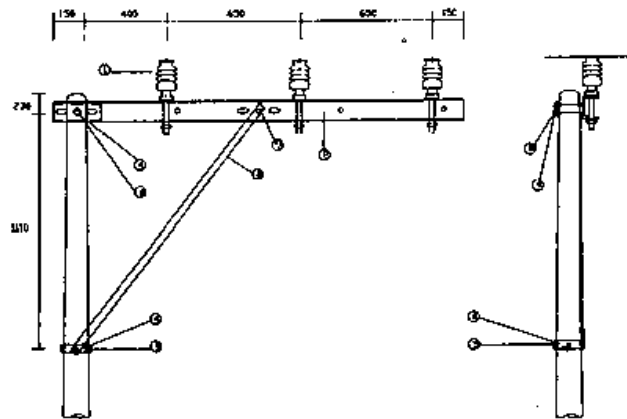
Gambar 2.7 Konstruksi Vertikal

2.6 Standarisasi Konstruksi Jaringan Distribusi Tegangan Menengah

a. Konstruksi TM – 1

Merupakan tiang tumpu yang digunakan untuk rute jaringan lurus, dengan satu traves (cross-arm) dan menggunakan tiga buah isolator jenis pin insulator dan tidak memakai treck skoor (guy wire). Penggunaan konstruksi TM-1 ini hanya dapat dilakukan pada sudut 170° - 180° .

Konstruksi TM-1 ini termasuk tiang penyangga yang merupakan tiang yang dipasang pada saluran listrik yang lurus dan hanya berfungsi sebagai penyangga kawat penghantar dimana gaya yang ditanggung oleh tiang adalah gaya karena beban kawat.[8]

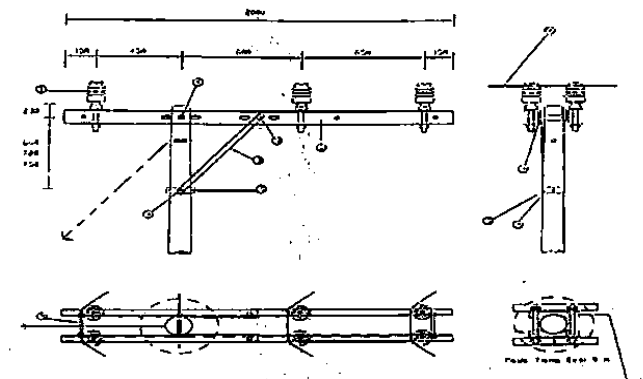


Gambar 2.8 Konstruksi TM – 1

Konstruksi TM-1D. Pada dasarnya konstruksi TM-1D sama dengan TM-1, bedanya TM-1D digunakan untuk saluran ganda (double circuit), dengan dua traves (cross-arm) dan enam buah isolator jenis pin insulator. Satu traves diletakkan pada puncak tiang, sedangkan traves yang lain diletakkan dibawahnya.

b. Konstruksi TM – 2

Konstruksi TM-2. Konstruksi TM-2 digunakan untuk tiang tikungan dengan sudut 150° – 170° , menggunakan double traves dan double isolator. Karena tiang sudut maka konstruksi TM-2 mempunyai treck skoor.



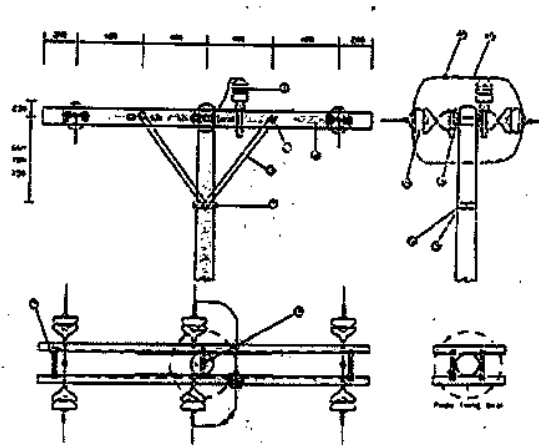
Gambar 2.9 Konstruksi TM -2

Konstruksi TM-2 ini termasuk tiang sudut, yang merupakan tiang yang dipasang pada saluran listrik, dimana pada tiang tersebut arah penghantar membelok dan arah gaya tarikan kawat horizontal. Konstruksi TM-2D.

Konstruksi TM-2D mempunyai konstruksi sama dengan TM-2, bedanya TM-2D digunakan untuk saluran ganda (double sirkuit), dan menggunakan double track schoor yang diletakkan dibawah masing-masing traves

c. Konstruksi TM – 3

Konstruksi TM-3 terpasang pada konstruksi tiang lurus, mempunyai double traves. Isolator yang digunakan enam buah isolator jenis suspension insulator dan tiga buah isolator jenis pin insulator. Konstruksi TM-3 ini tidak memakai track schoor.

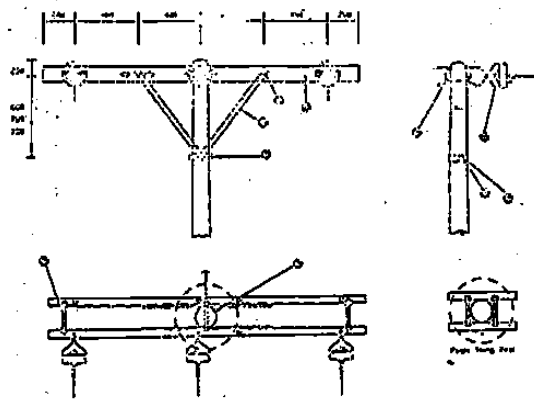


Gambar 3.0 Konstruksi TM – 3

Konstruksi TM-3D. Konstruksi TM-3D sama dengan konstruksi TM-3, bedanya TM-3D digunakan untuk saluran ganda (double sirkuit), empat buah traves, 12 isolator jenis suspension insulator, dan 6 isolator jenis pin insulator.

d. Konstruksi TM – 4

Konstruksi TM-4. Konstruksi TM-4 digunakan pada konstruksi tiang TM akhir. Mempunyai double traves, dengan tiga buah isolator jenis suspension insulator dan memakai treck schoor.



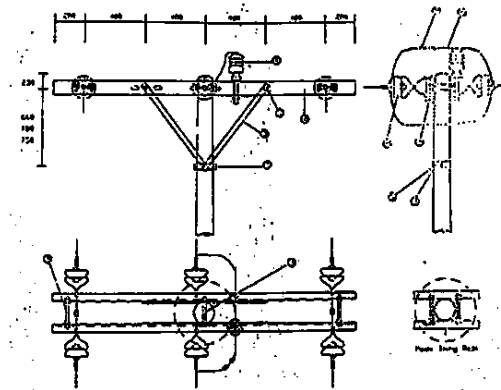
Gambar 3.1 Konstruksi TM – 4

Konstruksi TM-4 ini termasuk tiang awal atau tiang akhir yang merupakan tiang yang dipasang pada permulaan atau pada akhir penerikan kawat penghantar, dimana gaya tarikan kawat pekerja terhadap tiang dari satu arah.

Konstruksi TM-4D. Konstruksi TM-4D sama dengan konstruksi TM-4, bedanya TM-4D mempunyai double sirkuit dengan double treck schoor

e. Konstruksi TM - 5

Konstruksi TM-5. Terpasang pada konstruksi tiang TM lurus dengan belokan antara $120^\circ - 180^\circ$, menggunakan double traves dengan enam buah isolator jenis suspension dan tiga buah isolator jenis pin insulator, dan memakai treck schoor.

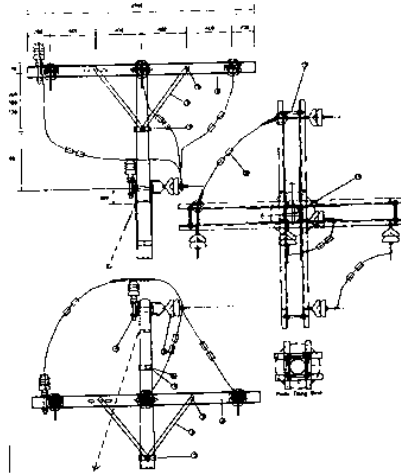


Gambar 3.2 Konstruksi TM - 5

Konstruksi TM-5D. Konstruksi TM-5D sama dengan TM-5, namun TM-5D digunakan untuk saluran ganda (double sirkuit) dengan double track schoor.

f. Konstruksi TM - 6

Konstruksi TM-6 ini terpasang pada konstruksi tiang TM siku (60° - 90°). Masing-masing double traves disilang 4. Isolator yang digunakan jenis suspension insulator sebanyak 6 buah dan satu isolator jenis pin insulator. Konstruksi ini memakai track skoor ganda. Konstruksi TM-6 ini termasuk tiang sudut, yang merupakan tiang yang dipasang pada saluran listrik, dimana pada tiang tersebut arah penghantar membelok dan arah gaya tarikan kawat horizontal.



Gambar 3.3 Konstruksi TM - 6

g. Konstruksi TM-7

Konstruksi TM-7 digunakan pada konstruksi percabangan jaringan tegangan menengah dengan sudut siku (90°). Masing-masing double traves disilang 4. Pada TM induk memakai isolator suspension, pada TM percabangan juga memakai isolator suspension dan menggunakan isolator jenis pin. Konstruksi ini memakai track skoor. Konstruksi TM-7D terpasang pada konstruksi percabangan Jaringan Tegangan Menengah (JTM) sudut siku (90°). Masing-masing satu traves disilang 2. TM induk memakai isolator tumpu dan pada TN percabangan juga memakai isolator tumpu. Type isolator tumpu. Dan memakai track skoor.

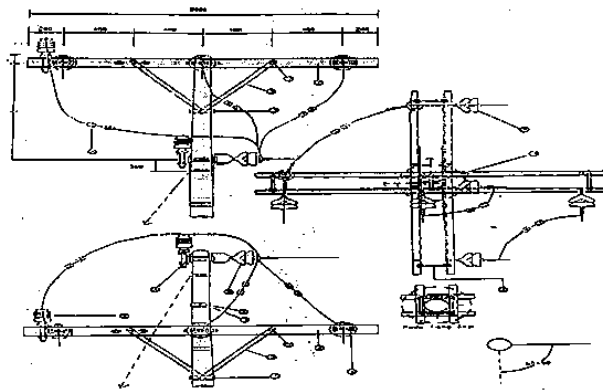
h. Konstruksi TM-8

Konstruksi TM-8 ini terpasang pada konstruksi percabangan JTM sudut siku (90°). Masing-masing double traves disilang 4. TM induk

memakai isolator tumpu dan TM percabangan memakai isolator suspension. Type isolator yang digunakan ada dua jenis. Memakai track skoor. TM-8 hampir sama dengan TM-7 hanya bedanya pada isolator TM induknya. Konstruksi TM-8D sama dengan TM-8 hanya bedanya TM-8D mempunyai double sirkuit.

i. Konstruksi TM - 9

Konstruksi TM-9 terpasang pada konstruksi jaringan TM penyangga lurus. Satu traves. Type isolator tumpu. Tidak pakai track skoor. TM-9 biasanya lebih banyak digunakan pada daerah perkotaan yang banyak bangunan



Gambar 3.4 Konstruksi TM – 9

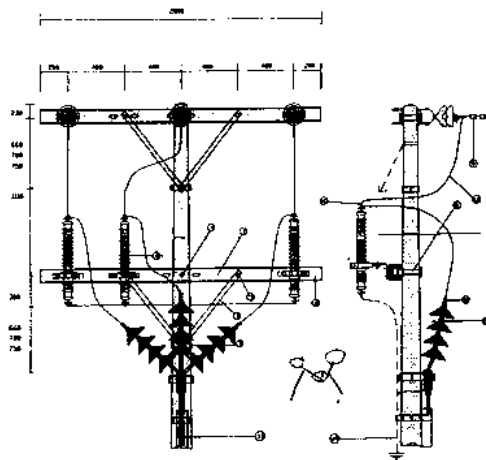
Konstruksi TM-9 ini termasuk konstruksi tiang penyangga yang merupakan tiang yang dipasang pada saluran listrik yang lurus dan hanya berfungsi sebagai penyangga kawat penghantar dimana gaya yang ditanggung oleh tiang adalah gaya karena beban kawat.

j. Konstruksi TM-10

Konstruksi TM-10 sama dengan konstruksi TM-6. TM-10 terpasang pada konstruksi tiang tikungan siku (sudut $60^\circ - 90^\circ$). Masing-masing double traves disilang 4. Isolator type suspension. Memakai track skoor ganda.

k. Konstruksi TM - 11

Konstruksi TM-11 terpasang pada konstruksi tiang TM akhir, Opstijg kabel. TM double traves. Isolator type suspension. Satu traves untuk lightning arrester. Dan memakai track skoor.



Gambar Konstruksi TM – 11

Konstruksi TM-11 merupakan tiang akhir yang merupakan tiang yang dipasang pada permulaan dan akhir penerikan kawat penghantar, dimana gaya tarikan kawat pekerja terhadap tiang dari satu arah.

l. Konstruksi TM - 12

Konstruksi TM-12 merupakan tiang penyangga lurus. Terpasang pada konstruksi tiang pada hutan lindung. Mempunyai isolator jenis tumpu. Tidak memakai traves. Konstruksi TM-12 merupakan tiang penyangga, yaitu tiang yang dipasang pada saluran listrik yang lurus dan hanya berfungsi sebagai penyangga kawat penghantar dimana gaya yang ditanggung oleh tiang adalah gaya karena beban kawat.

m. Konstruksi TM-13

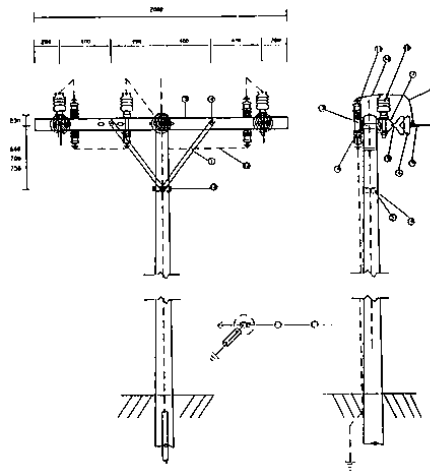
Konstruksi TM-13. Merupakan konstruksi tiang penyangga lurus. Terpasang pada konstruksi tiang hutan lindung. Isolator type tumpu. Tidak memakai traves. Konstruksi TM-13 merupakan tiang penyangga, yaitu tiang yang dipasang pada saluran listrik yang lurus dan hanya berfungsi sebagai penyangga kawat penghantar dimana gaya yang ditanggung oleh tiang adalah gaya karena beban kawat.

n. Konstruksi TM-14

Konstruksi TM-14 merupakan konstruksi tiang tarik vertical (sudut 150° - 170°). Terpasang pada konstruksi tiang hutan lindung. Type isolator suspension. Tidak memakai traves.

o. Konstruksi TM-15

Konstruksi TM-15 merupakan TM yang terpasang pada konstruksi tiang tarik akhir dengan menggunakan Arrester. Mempunyai double traves. Type isolator tumpu. Memakai treck skoor.

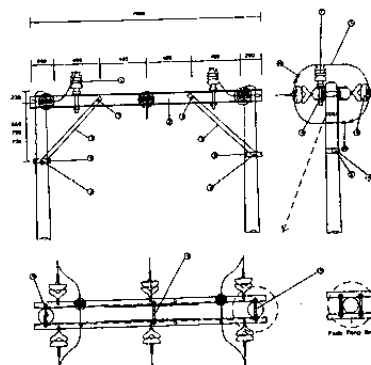


Gambar 3.6 Konstruksi TM-15

Konstruksi TM-15 merupakan tiang akhir, yang merupakan tiang yang dipasang pada permulaan dan akhir penerikan kawat penghantar, dimana gaya tarikan kawat pekerja terhadap tiang dari satu arah.

p. Konstruksi TM-16

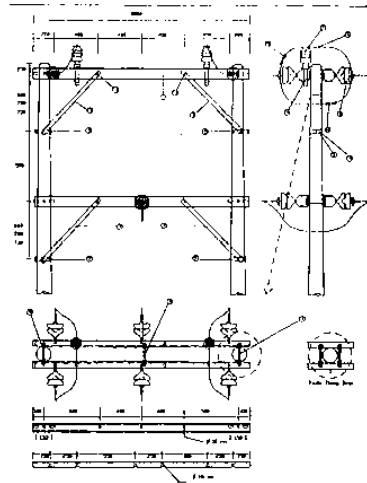
Konstruksi TM-16 merupakan konstruksi tiang portal dengan double traves. Isolator yang digunakan jenis suspension, dan jenis pin. Konstruksi TM-16 digunakan untuk jaringan yang melalui sungai dengan trek schoor.



Gambar 3.7 Konstruksi TM-16

q. Konstruksi TM-16.A

Konstruksi TM-16.A hampir sama dengan konstruksi TM-16 hanya pada TM-16A digunakan untuk double circuit dengan 2 pasang double traves.



Gambar 3.8 Konstruksi TM-16.A

r. Konstruksi TM-17

Konstruksi TM-17 merupakan konstruksi tiang tarik vertikal dengan menggunakan isolator jenis suspension dan isolator jenis pin. Konstruksi TM-17 ini digunakan untuk jaringan bersudut 120° - 180° dengan treck schoor.

s. Konstruksi TM-18

Konstruksi TM-18 ini digunakan untuk sudut 90° yang merupakan konstruksi tiang tarik vertikal yang menggunakan double treck schoor. Isolator yang digunakan jenis suspension tanpa travers.

mengalami pemadaman, misalnya : instalasi militer, pusat pelayanan komunikasi, rumah sakit dll.

2. Kualitas daya yang baik antara lain meliputi :
 - a. Kapasitas daya yang memenuhi.
 - b. Tegangan yang selalu konstan.
 - c. Frekuensi yang selalu konstan.
3. Perluasan dan penyebaran daerah beban yang dilayani seimbang, khususnya untuk sistem tegangan tiga fasa. Faktor keseimbangan atau kesimetrisan beban pada masing-masing fasa perlu diperhatikan.
4. Fleksibel dalam pengembangan dan perluasan daerah beban perencanaan sistem distribusi yang baik tidak hanya bertitik tolak pada kebutuhan beban sesaat, tetapi perlu diperhatikan pula secara teliti mengenai pengembangan beban yang harus dilayani bukan saja dalam hal penambahan kapasitas dayanya tetapi juga dalam hal perluasan daerah beban yang dilayani.
5. Kondisi dan situasi lingkungan, faktor ini merupakan pertimbangan dalam perencanaan untuk menentukan tipe atau macam sistem distribusi mana yang sesuai untuk lingkungan bersangkutan. Misalnya tentang konduktornya, konfigurasinya, tata letaknya, termasuk pertimbangan segi estetika keindahannya.
6. Pertimbangan ekonomis, faktor ini menyangkut perhitungan untung rugi ditinjau dari segi ekonomis baik secara komersil maupun dalam rangka penghematan anggaran yang tersedia.[5]

2.7.1 Kelompok Penyebab Gangguan di PT. PLN (Persero) Area Surabaya Utara

NO. KODE	PENYEBAB GANGGUAN	JML PLG PADAM	JAM*JML PELANGGAN PADAM	SAIDI (JAM)	SAIFI (KALI)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)=(d)/(plg)	(f)=(c)/(plg)
1.	Kelompok Padam Tidak Terencana (Unplanned)				
1.1	Fasilitas Gardu Induk				
1.2	Fasilitas Penyulang				
1.3	Fasilitas Gardu Distribusi				
1.4	Fasilitas JTR				
1.5	Fasilitas Sambungan Tenaga Listrik dan APP				
2.	Kelompok Padam Terencana				

	(Planned)				
2.1	Fasilitas Gardu Induk				
2.2	Fasilitas Penyulang				
2.3	Fasilitas Gardu Distribusi				
2.4	Fasilitas JTR				
2.5	Fasilitas Sambungan Tenaga Listrik dan APP				

2.7.2 Sistem Distribusi PT. PLN (Persero) Area Surabaya Utara Tahun 2018

Ada 169 penyulang di PLN Area Surabaya Utara tahun 2018, secara keseluruhan jumlah pelanggan di PLN Area Surabaya Utara yaitu :

1. Bulan Januari jumlahnya 352.742 (plg).
2. Bulan Februari jumlahnya 353.570 (plg)
3. Bulan Maret jumlahnya 354.466 (plg).
4. Bulan April jumlahnya 355.605 (plg)
5. Bulan Mei jumlahnya 356.861 (plg)

6. Bulan Juni jumlahnya 357.345 (plg).

Semakin bertambahnya bulan maka semakin banyak juga jumlah pelanggannya dan juga berpengaruh terhadap nilai indeks keandalannya.[7]

2.7.3 Diagram Single Line Pada GI Ujung dan GI Kenjeran

