

SKRIPSI

**REHABILITASI JARINGAN DISTRIBUSI SALURAN UDARA
TEGANGAN MENENGAH AREA FEEDER SUNGGUMINASA**

OLEH:

AMAL ARSYAD MAKKASAU

D41114514



DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2021

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**REHABILITASI JARINGAN DISTRIBUSI SALURAN UDARA TEGANGAN
MENENGAH AREA FEEDER SUNGGUMINASA**

Disusun dan diajukan oleh :

**AMAL ARSYAD MAKKASAU
D41114514**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 12 Juli 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Prof. Dr. Ir. H. Ansar Suyuti, M.T., IPU,
ASEAN. Eng
NIP. 19671231 199202 1 001



Ir. Hj. Zaenab Muslimin, M.T.
NIP. 19660201 199202 2 002

Ketua Program Studi



Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT.
NIP. 19691026 199412 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Amal Arsyad Makkasau
NIM : D41114514
Program Studi : Teknik Elektro
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“REHABILITASI JARINGAN DISTRIBUSI SALURAN UDARA TEGANGAN MENENGAH AREA FEEDER SUNGGUMINASA”

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, 14 Juli 2021



Yang Menyatakan

Amal Arsyad Makkasau

Abstrak

Penyulang Sungguminasa merupakan salah satu sarana pendistribusian PLN Unit Layanan Pelanggan (ULP) Gowa yang memiliki panjang saluran yang lumayan besar namun masih banyak dari daerah Gowa yang belum terpasang jaringan distribusi, adapun dari daerah Gowa yang jaringan distribusinya sudah tidak layak pakai, perlu penambahan daya, banyak terjadi gangguan dan menyebabkan rugi-rugi daya atau losses salah satunya di Jalan Bakolu yang masih memerlukan penambahan daya sekaligus mengganti komponen yang lebih layak dan handal untuk digunakan dalam jangka waktu yang panjang. Dengan adanya masalah seperti itu maka perlu dilakukan analisis losses juga pemeliharaan jaringan distribusi dari PLN dengan diadakannya rehabilitasi jaringan distribusi pada saluran udara tegangan menengah. Rehabilitasi dilakukan dengan mengganti komponen-komponen menjadi lebih handal seperti, tiang, transformator, kabel, dan komponen lainnya. Agar mengetahui jumlah komponen dan material yang akan diganti maka dilakukan pengukuran panjang lokasi, panjang lokasi jalan Bakolu yang akan direhabilitasi adalah 1,5 km. Setelah menentukan jumlah dan jenis komponen yang akan diperbaharui, maka perlu dilakukan perancangan rencana anggaran biaya (RAB) agar mengetahui jumlah anggaran yang akan dikeluarkan mulai dari material hingga jasa perehabilitasian. Setelah rehabilitasi selesai, losses akan dihitung dan diperbandingkan antara sebelum dan sesudah rehabilitasi.

Kata Kunci: Rehabilitasi, Pemeliharaan, *Losses*, Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM), Rencana Anggaran Biaya (RAB).

Abstract

The Sungguminasa feeder is one of the distribution facilities for the Gowa PLN Customer Service Unit (ULP) which has a fairly large channel length, but there are still many from Gowa areas that have not installed a distribution network, as for the Gowa area where the distribution network is no longer suitable for use, need additional power, many disturbances occur and cause power losses or losses, one of which is on Bakolu street which still requires additional power while replacing components that are more feasible and reliable for use in the long term. With such problems, it is necessary to analyze losses as well as maintenance of the distribution network from PLN by holding distribution network rehabilitation on medium-voltage overhead lines. Rehabilitation is carried out by replacing components to become more reliable, such as poles, transformers, cables, and other components. In order to determine the number of components and materials to be replaced, the length of the location is measured, the length of the Bakolu street location to be rehabilitated is 1.5 km. After determining the number and type of components to be renewed, it is necessary to design a budget plan (RAB) in order to find out the amount of budget that will be issued starting from materials to rehabilitation services. After rehabilitation is complete, losses will be calculated and compared between before and after rehabilitation.

Keywords: Rehabilitation, Maintenance, Losses, Medium Voltage Air Line (SUTM), Budget Plan (RAB).

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkah dan rahmat yang diberikan kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Rehabilitasi Jaringan Distribusi Saluran Udara Tegangan Menengah Area Feeder Sungguminasa”. 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 rehabilitasi jaringan distribusi saluran udara tegangan menengah di jalan Bakolu untuk melakukan uprating pada jaringan distribusinya.

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, ASEAN. Eng selaku Pembimbing I saya sekaligus sebagai Penasehat Akademik penulis yang memberikan bimbingan serta dukungan moral dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Ir. Hj. Zaenab Muslimin MT. selaku pembimbing II saya yang juga selalu memberikan bimbingan dan pelajaran hidup kepada penulis dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dr.Eng. Ir. Hj. Dewiani, selaku ketua Departemen Teknik Elektro yang selalu membantu dan membimbing penulis dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini,

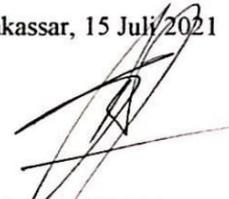
4. Bapak Ir. H. Gassing MT. dan Ibu Dr. Ir. Hj. Sri Mawar Said sebagai penguji untuk tugas akhir penulis yang memberikan masukan serta saran yang membangun.
5. Segenap bapak dan ibu dosen departemen Teknik elektro beserta seluruh staff administrasi yang telah membantu selama perkuliahan.
6. Kedua orang tua yaitu ibu (Mashita Dg. Tasayu, SE) dan bapak (Ir. Arsyad Dg. Talle) yang telah membesarkan dan telah memberikan segalanya yang tidak akan bisa terbalaskan untuk hidup penulis sampai saat ini akhirnya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Saudara laki-laki satu-satunya yaitu (Mallengkasi Arsyad) yang paling mencintaiku dan tulus membantu dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
8. Teman-teman Rectifier 2014 yang telah memberikan dukungan moral, materi dan spiritual serta dorongan yang besar dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Teman seperjuangan penulis yaitu (Azis Mappabeta, Fikri Wardihan, Siswono Nasir, dan Zulfikar Naba) yang menemani penulis sampai titik akhir.
10. Sahabat sejati yaitu (Aswin Darmansyah, Galang Rimbawan, Resky Al Alif, Riswan, dan Jamal) yang selalu menyediakan waktunya untuk berbagi cerita dan tawa kepada penulis selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
11. Seluruh jejak kekasih yaitu (Andi Afiyah, Nur Azizah Rahayu, Arsita Rahayu, dan Ukrima Ratih) yang sempat singgah dan hadir untuk membantu segala proses dan menemani hari-hari penulis agar selalu semangat dan tersenyum. (“apa kabar? Semoga hidup baik-baik saja”)
12. Teman band APATIS yang selalu memberikan wadah untuk menyalurkan bakat dan kegemaran penulis yang membuat penulis menjadi bahagia.

13. Teman-teman podstress yaitu (Tahta Ramadhan dan Alfathir Gibran) yang selalu memberikan motivasi hidup dan menjadi teman curhat.
14. Seluruh kanda-kanda senior dan adinda junior yang selalu membantu juga memberi dukungan moral dan spiritual dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
15. Kekasih penulis yaitu (Nurul Husna) yang selalu berjuang, mendukung, membantu, memotivasi, dan menyisihkan waktunya kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
16. Teman-teman dari Eunoia Coffee yang selalu memberikan wadah dan sarana untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
17. Musisi yaitu (The SIGIT, BMTH , Kelompok Penerbang Roket, Boy Pablo, Murphy Radio, Semiotika, Efek Rumah Kaca, dan Paniki Hate Light) yang telah menciptakan musik untuk menemani pendengaran penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
18. Hewan peliharaan (Anya) yang selalu menemani dan memberi semangat dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
19. Diri sendiri (Amal Arsyad) yang selalu kuat, sabar, tabah, dan bertahan dalam segala kondisi dan masalah yang harus dilalui agar bisa menyelesaikan perkuliahan hingga saat ini.
20. Semua pihak yang tidak dapat sebutkan satu per satu, yang telah membantu dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis berusaha menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan semaksimal mungkin. Namun penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini jauh dari sempurna, semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semua pihak yang telah turut membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis berharap atas saran dan kritik yang bersifat membangun dari pembaca.

Akhir kata, penulis mengharapkan semoga tujuan dari pembuatan skripsi ini dapat tercapai sesuai dengan yang diharapkan.

Makassar, 15 Juli 2021



Amal Arsyad Makkasau

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	ii
Abstrak	iii
Abstract	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	4
1.5. Sistematika Penulisan	4
BAB II.....	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Sistem Distribusi.....	6
2.2. Perlengkapan Sistem Distribusi	7
2.3. Transmisi Tenaga Listrik	11
2.4. Jaringan Tegangan Menengah (JTM).....	14
2.4.1 Komponen Utama Konstruksi JTM	15
2.5. Standar Konstruksi	19
2.5.1. Indeks Standar Konstruksi	19
2.5.2. Konstruksi SUTM	21
2.5.3. Pekerjaan JTM 1 Fasa	21
2.6. Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3).....	23
2.6.1. Prosedur Keselamatan Kerja	23
2.6.2. Alat Pelindung Diri (APD).....	23
2.7. Pemeliharaan Jaringan Listrik.....	25

2.7.1. Tujuan Pemeliharaan	25
2.7.2. Jenis Pemeliharaan.....	26
2.8. Jadwal Pemeliharaan	29
BAB III	30
METODOLOGI PENELITIAN.....	30
3.1 Jenis Penelitian.....	30
3.2 Lokasi Penelitian	30
3.3 Waktu Penelitian.....	30
3.4 Diagram Alir Penelitian	31
BAB IV	32
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Umum	32
4.2 Penentuan Material JTM	32
4.3 Penentuan Jarak Tiang Pada Lokasi.....	36
4.4 Pembahasan.....	37
4.5 Hasil	38
4.5.1 Profil Desa Pallangga Jalan Bakolu	38
4.5.2 Rehabilitasi SUTM	39
4.5.3 Rencana Anggaran Biaya JTM.....	41
4.5.4 Perhitungan losses	43
4.5.5 Perhitungan biaya keuntungan PLN	46
BAB V	47
KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 1 <i>Line</i> Diagram Sistem Distribusi	6
Gambar 2 2 Transformator Distribusi	8
Gambar 2 3 <i>Recloser</i>	9
Gambar 2 4 <i>Lightning Arrester</i>	9
Gambar 2 5 Contoh pemasangan pentanahan	10
Gambar 2 6 Diagram blok umum sistem tenaga listrik	11
Gambar 2 7 Penghantar Berisolasi Penuh	16
Gambar 2 8 Jenis-jenis isolator tumpu	17
Gambar 2 9 Jenis-jenis isolator tarik	17
Gambar 2 10 Contoh letak pemasangan FCO dan LBS	18
Gambar 3 1 Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 4 1 Konstruksi Tiang sesuai standar PLN	33
Gambar 4 2 Konstruksi topang tarik sesuai standar PLN	34
Gambar 4 3 Konstruksi Gardu tipe portal sesuai standar PLN	35
Gambar 4 4 Perlengkapan hubung bagi sesuai standar PLN	36
Gambar 4 5 <i>Single Line SUTM Jalan Bakolu</i>	38
Gambar 4 6 Tiang JTM	39
Gambar 4 7 Tiang Gardu Distribusi	40
Gambar 4 8 Trafo Distribusi	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2 1 Rincian pembangkit eksisting di Provinsi Sulawesi Selatan.	13
Tabel 2 2 Jarak aman SUTM	21
Tabel 4 1 Anggaran biaya keuntungan PLN	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi listrik adalah sumber energi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat sehingga dalam penyaluran energi tersebut harus benar – benar handal. energi listrik merupakan salah satu kebutuhan yang paling penting untuk menunjang kehidupan manusia saat ini dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari, baik dalam rumah tangga maupun dalam bisnis. Secara umum dapat dikatakan bahwa energi listrik merupakan salah satu prasyarat kehidupan manusia, dan perkembangan kehidupan manusia memerlukan penyediaan energi listrik. Oleh sebab itu ketersediaan energi listrik yang cukup dan berkualitas merupakan tuntutan yang harus dipenuhi oleh PLN (Perusahaan Listrik Negara). Rehabilitasi jaringan listrik adalah salah satu bentuk program kerja PLN dalam pemeliharaan jaringan distribusi.

Dari tahun ke tahun bidang pemeliharaan jaringan distribusi diperkirakan menempati kedudukan yang cukup tinggi, baik dilihat dari fungsinya maupun dilihat dari anggaran biaya yang diperlukan. Keadaan ini dapat terjadi karena sistem distribusi terus semakin padat dan berkembang. Pada hakekatnya pemeliharaan merupakan suatu pekerjaan yang dimaksudkan untuk mendapatkan jaminan bahwa suatu sistem/peralatan akan berfungsi secara optimal, umur teknisnya meningkat dan aman baik bagi personil maupun bagi masyarakat umum.

Pada saluran transmisi tegangan ekstra tinggi terdapat rugi – rugi tegangan dan rugi – rugi daya yang disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah faktor

korona dan faktor kebocoran isolator yang biasanya banyak terjadi pada saluran transmisi tegangan ekstra tinggi, sehingga mengakibatkan tegangan mengalami penurunan atau biasa disebut dengan jatuh tegangan. Adapun gangguan listrik yang harus direhabilitasi antara lain.

- Gangguan pada tiang
- Gangguan pada isolator
- Gangguan pada kawat
- Gangguan pada kabel saluran udara

Gangguan listrik sekecil apapun akan berdampak buruk pada tatanan sosial ekonomi masyarakat. Listrik merupakan urat nadi kehidupan masyarakat kita. Pertumbuhan sektor tenaga-listrikan memberikan andil yang besar bagi pertumbuhan ekonomi nasional, demikian pula sebaliknya, pertumbuhan ekonomi akan memacu peningkatan kebutuhan tenaga listrik, sehingga diperlukan peningkatan infrastruktur penyediaan tenaga listrik dari waktu ke waktu

Oleh karena itu, diharap selalu terjalin kerjasama yang harmonis antara badan usaha penyedia listrik maupun badan usaha jasa penunjang tenaga listrik seperti PT. PLN (Persero) dan perusahaan-perusahaan listrik swasta sebagai penyedia tenaga listrik dalam rangka pembangunan sarana dan prasarana kelistrikan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat.

1.2. Rumusan Masalah

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

- Bagaimana menentukan solusi rehabilitasi jaringan distribusi tegangan menengah
- Bagaimana cara menggambar konstruksi jaringan distribusi tegangan menengah
- Bagaimana cara menghitung rencana anggaran biaya (RAB) rehabilitasi jaringan distribusi tegangan menengah
- Bagaimana cara menghitung losses setelah diadakan rehabilitasi jaringan distribusi tegangan menengah

1.3. Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan dilaksanakannya rehabilitasi jaringan distribusi ini adalah:

- Menentukan dan menentukan solusi rehabilitasi jaringan distribusi tegangan menengah
- Menggambar konstruksi jaringan distribusi tegangan menengah
- Menghitung rencana anggaran biaya (RAB) rehabilitasi jaringan distribusi tegangan menengah
- Menghitung losses setelah diadakan rehabilitasi jaringan distribusi tegangan menengah

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian rehabilitasi jaringan distribusi ini adalah:

- Meminimalisir adanya gangguan pada jaringan distribusi tegangan menengah
- Memperbaharui konstruksi jaringan distribusi tegangan menengah
- Meningkatkan keandalan dan kualitas dari peralatan jaringan distribusi tegangan menengah

1.5. 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 kestabilan tegangan pada jaringan transmisi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisikan tentang perencanaan dan pengambilan data di PT. PLN (Persero) Wilayah Sulselbar. Serta diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi pembahasan mengenai hasil penelitian terkait kestabilan tegangan pada sistem jaringan transmisi Sulselbar dengan masuknya transmisi baru berdasarkan hasil simulasi dengan skenario yang telah ditetapkan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

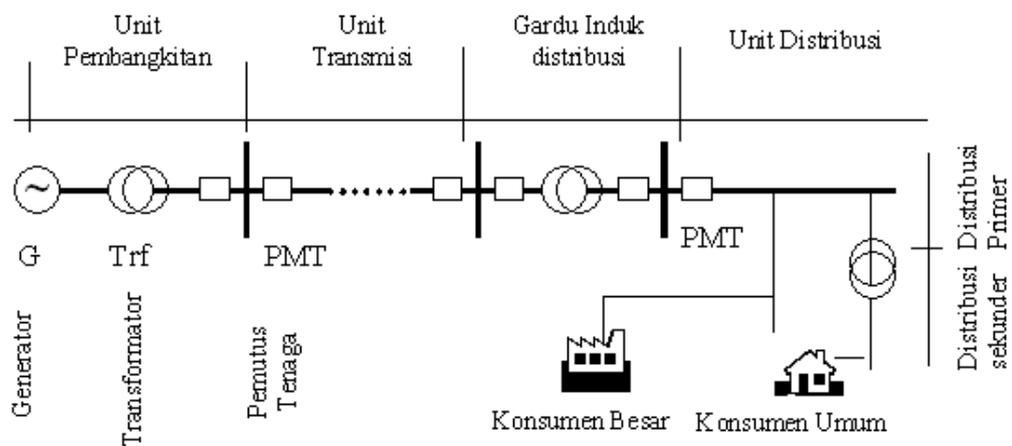
Bab ini berisikan kesimpulan pembahasan hasil penelitian dan saran – saran untuk perbaikan dan penyempurnaan tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Distribusi

Sistem distribusi adalah suatu sistem jaringan distribusi yang terdiri dari sejumlah peralatan listrik (peralatan gardu, proteksi dan lain-lain) dan orang yang berada di dalamnya yang bekerja mendistribusikan energi listrik dari gardu induk ke konsumen seperti pada gambar 2.1



Gambar 2 1 Line Diagram Sistem Distribusi

Adapun bagian-bagian dari sistem distribusi tenaga listrik adalah:

1. Gardu Induk Distribusi

Transformator daya merupakan komponen utamanya, fungsinya menurunkan tegangan tinggi menjadi tegangan distribusi primer

2. Jaringan Primer (Jaringan Tegangan Menengah)

JTM adalah jaringan yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari gardu induk distribusi ke transformator distribusi. Jaringan distribusi primer atau jaringan distribusi tegangan menengah memiliki tegangan sistem sebesar 20kV.

3. Gardu Distribusi atau Transformator Dsistribusi

Gardu distribusi (trafo distribusi) berfungsi merubah tegangan listrik dari jaringan distribusi primer menjadi tegangan terpakai yang digunakan untuk konsumen dan disebut sebagai jaringan distribusi sekunder. Kapasitas transformator yang digunakan pada transformator distribusi ini tergantung pada jumlah beban yang akan dilayani dan luas daerah pelayan beban.

4. Jaringan Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah)

JTR merupakan jaringan tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan konsumen. Oleh karena itu besarnya tegangan untuk jaringan distribusi sekunder ini adalah 220V.

2.2. Perlengkapan Sistem Distribusi

Sistem distribusi memiliki komponen perlengkapan yang berbeda-beda disetiap jaringan distribusi masing-masing garis besarnya antara lain:

1. Trafo Distribusi



Gambar 2 2 Transformator Distribusi

Transformator atau sering disebut dengan istilah trafo adalah suatu alat listrik yang dapat mengubah taraf suatu tegangan AC ke taraf yang lain. Maksud dari perubahan taraf tersebut diantaranya seperti untuk menurunkan tegangan AC dari 220VAC ke 12VAC ataupun menaikkan tegangan dari 110VAC ke 220 VAC.

Jenis transformator pada sistem distribusi adalah sebagai berikut:

1. Trafo 1 phasa dengan kapasitas 10, 15, 25 dan 50 kVA, dengan type CSP (*Completely Self Protecting*) yang berarti trafo lengkap dengan proteksi terletak pada *body* trafo.
2. Trafo 3 phasa dengan kapasitas 100, 160, 225, 300, 500, 630, 800, 1000 dan 5000 kVA.

2. *Recloser*



Gambar 2 3 Recloser

Recloser berfungsi untuk meningkatkan mutu keandalan karena adanya gangguan yang bersifat sementara. *Recloser* biasanya dipasang pada percabangan feeder utama dan feeder 3 fase. Biasanya di koordinasi dengan OCR gardu induk dan *fuse cut out* yang ada pada sisi beban.

3. *Lightning Arrester*

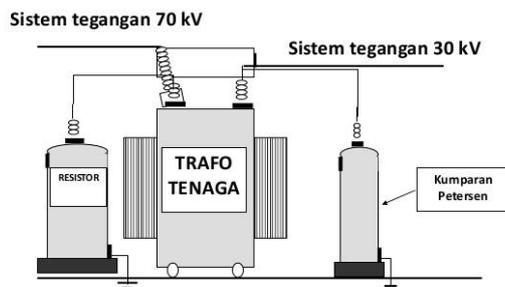


Gambar 2 4 Lightning Arrester

Penangkal petir digunakan untuk melindungi peralatan listrik dari gangguan tegangan lebih yang disebabkan oleh petir. Penangkal petir biasanya dipasang pada Gardu Induk dan trafo distribusi yang menempel pada tiang distribusi.

4. Pentanahan

Contoh Pemasangan Pentanahan Titik Netral dengan Kumparan Petersen



Gambar 2 5 Contoh pemasangan pentanahan

Pentanahan pada jaringan distribusi berfungsi untuk mengalirkan arus gangguan ke tanah baik gangguan dari sistem maupun luar.

5. Peralatan Proteksi

Peralatan yang dipakai pada jaringan distribusi adalah sebagai berikut:

- *Fuse Cut Out*, sebagai pengaman arus lebih yang bekerja dengan cara meleburkan elemen konduktifnya bila dialiri arus yang melebihi ketentuan.
- SSO (Saklar Sesi Otomatis), Sebagai pemutus arus gangguan secara otomatis.
- PMT (Pemutus Tenaga), Sebagai pemutus suatu rangkaian listrik yang dilengkapi dengan relay-relay untuk mendeteksi gangguan, antara lain

diberi arsir tebal. Fungsi dari bagian *transmission substation* menyediakan servis untuk menaikkan dan menurunkan tegangan pada saluran tegangan yang ditransmisikan serta meliputi regulasi tegangan. Standarisasi *range* tegangan internasional yaitu 345 kV hingga 765 kV untuk saluran tegangan ekstra tinggi dan 115 kV hingga 230 kV untuk saluran tegangan tinggi. Standarisasi tegangan Transmisi listrik di Indonesia adalah 500 kV untuk saluran ekstra tinggi dan 150 kV untuk saluran tegangan tinggi.

Pada sistem tenaga listrik, jarak antara pembangkit dengan beban yang cukup jauh, akan menimbulkan penurunan kualitas tegangan yang diakibatkan oleh rugi – rugi daya pada jaringan. Sehingga dibutuhkan suatu peralatan untuk memperbaiki kualitas tegangan dan diletakkan pada saluran yang mengalami jatuh tegangan. SVC (*Static Var Compensator*) berfungsi sebagai pemelihara kestabilan tetap pada kondisi *steady state* dan dinamika tegangan dalam batasan yang sudah ditentukan pada jaringan transmisi berjarak jauh dan berbeban tinggi (*heavily loaded*). *Synchronous Condenser*, sebagai generator pensuplai arus gangguan, dan transformer dengan tap yang variabel. Ini adalah jenis khusus transformator listrik yang dapat menambah atau mengurangi jumlah gulungan kawat, sehingga meningkatkan atau menurunkan medan magnet dan tegangan keluaran dari transformator.

Distribution Substation, pada bagian ini merubah tegangan aliran listrik dari tegangan *medium* menjadi tegangan rendah dengan transformator *step-down*, dimana memiliki tap otomatis dan memiliki kemampuan untuk regulator tegangan rendah. Tegangan rendah meliputi rentangan dari 120/240V *single phase* sampai

600V, 3 *phase*. Bagian ini melayani perumahan, komersial dan institusi serta industri kecil.

Interconnecting substation, pada bagian ini berfungsi untuk melayani sambungan percabangan transmisi dengan tegangan yang berbeda serta untuk mempertahankan kestabilan pada keseluruhan jaringan. Setiap *substation* selalu memiliki *Circuit Breakers, Fuses, lightning arresters* sebagai pengaman peralatan.

Energi listrik yang ditransmisikan didesain pada tegangan ekstra tinggi (*Extra High Voltage*), tegangan tinggi (*High Voltage*), tegangan sedang (*Medium Voltage*) dan tegangan rendah (*Low Voltage*). Klasifikasi nilai tegangan ini dibuat berdasarkan skala standarisasi tegangan yang di tunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2 1 Rincian pembangkit eksisting di Provinsi Sulawesi Selatan.

Kelas Tegangan	Dua Kabel	Tiga Kabel	Empat Kabel
Tegangan Rendah (LV)	120 Single Phase	123 /240	120 / 208
		Single phase	277 / 480
		480 V	347 / 600
		600 V	
Tegangan Medium (MV)		2400	
		4160	
		4800	
		6900	
		13800	7200 / 12470
		23000	7620 / 13200
		24500	7970 / 13800
		46000	14400 / 24940
		69000	19920 / 34500

Tegangan Tinggi (HV)		115000	
		138000	
		161000	
		230000	
Tegangan Extra Tinggi (EHV)		345000	
		500000	
		735000 – 765000	

Kategori sistem distribusi listrik dibagi menjadi 2, yaitu :

1. Sistem transmisi, dimana saluran tegangan berkisar antara 115kV sampai dengan 800kV
2. Sistem distribusi, dimana rentang tegangan berkisar antara 120V sampai dengan 69kV.

Distribusi listrik ini dibagi lagi menjadi tegangan menengah (2,4kV sampai 69kV) dan tegangan rendah (120V sampai 600V).

2.4. Jaringan Tegangan Menengah (JTM)

Konstruksi jaringan tenaga listrik tegangan menengah dapat dikelompokkan menjadi 3 macam konstruksi sebagai berikut :

1. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Saluran udara tegangan menengah (SUTM) adalah sebagai konstruksi termurah untuk penyaluran tenaga listrik pada daya yang sama. Ciri utama jaringan ini adalah penggunaan penghantar telanjang yang ditopang dengan isolator pada tiang besi atau beton.

2. Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM)

Untuk lebih meningkatkan keamanan dan keandalan penyaluran tenaga listrik, penggunaan penghantar telanjang atau penghantar berisolasi setengah pada konstruksi jaringan saluran udara tegangan menengah 20kV, dapat juga digantikan dengan konstruksi penghantar berisolasi penuh yang dipilin. Isolasi penghantar tiap fase tidak perlu dilindungi dengan pelindung mekanis. Berat kabel pilin menjadi pertimbangan terhadap pemilihan kekuatan beban kerja tiang beton penopangnya.

3. Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM)

Konstruksi SKTM adalah konstruksi yang aman dan andal untuk mendistribusikan tenaga listrik tegangan menengah, tetapi relatif lebih mahal untuk penyaluran daya yang sama. Keadaan ini dimungkinkan dengan konstruksi isolasi penghantar per fase dan pelindung mekanis yang dipersyaratkan. Pada rentang biaya yang diperlukan, konstruksi ditanam langsung adalah termurah bila dibandingkan dengan penggunaan conduit atau bahkan *tunneling* (terowongan beton).

2.4.1 Komponen Utama Konstruksi JTM

1. Penghantar

- Penghantar Telanjang AAAC atau BC (*Bare Conductor*) dengan bahan utama aluminium (Al) yang di pilin bulat padat.

- Penghantar Berisolasi Setengah AAAC-S dengan bahan utama aluminium ini diisolasi dengan material XLPE, dengan batas tegan 6 kV.



Gambar 2 7 Penghantar Berisolasi Penuh

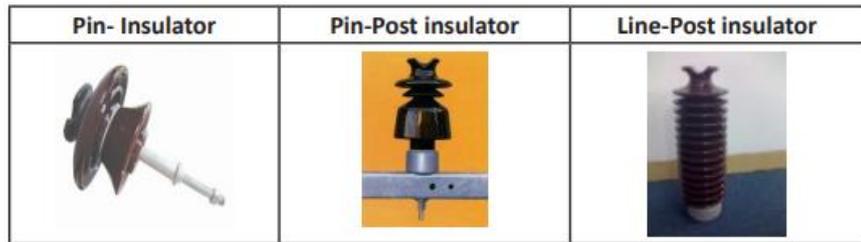
2. Tiang Listrik

Sebagai penyangga kawat agar berada di atas tiang dengan jarak aman sesuai dengan ketentuan. Terbuat dari bahan yang kuat menahan beban tarik maupun tekan yang berasal dari kawat ataupun tekanan angin. Menurut bahannya tiang terdiri dari 3 jenis yaitu tiang kayu, tiang besi, dan tiang beton.

3. Isolator

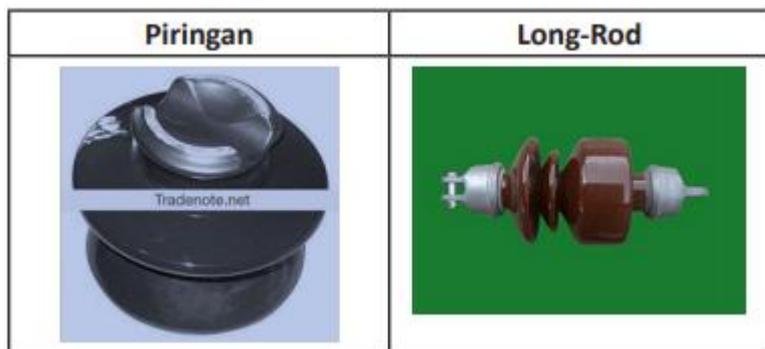
Pada jaringan SUTM, Isolator pengaman penghantar bertegangan dengan tiang penopang/*travers* dibedakan untuk jenis konstruksinya adalah:

- Isolator Tumpu



Gambar 2 8 Jenis-jenis isolator tumpu

- Isolator Tarik



Gambar 2 9 Jenis-jenis isolator tarik

4. *Cross Arm*

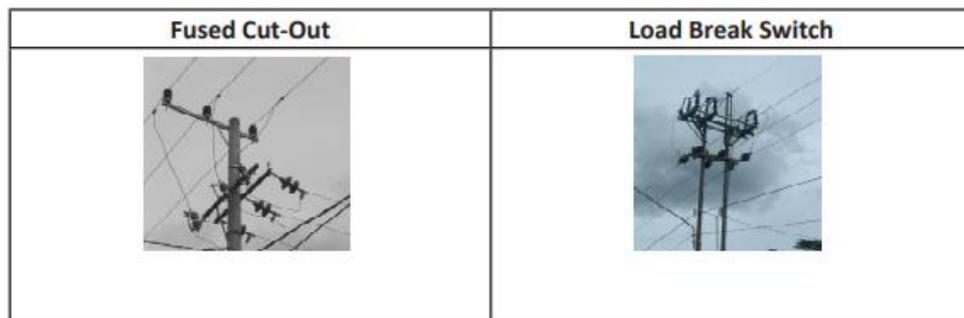
Cross arm dipakai untuk menjaga penghantar dan peralatan yang dipasang diatas tiang. Material *cross arm* terbuat dari besi, *cross arm* dipasang pada tiang dan pemasangan dapat dengan memasang klem-klem, disekrup dengan baut dan mur secara langsung. Pada *cross arm* dipasang baut-baut penyangga isolator dan peralatan lainnya, biasanya *cross arm* ini di bor terlebih dahulu untuk membuat lubang-lubang baut.

5. *Lightning Arrester*

Lightning arrester adalah alat proteksi bagi peralatan listrik terhadap tegangan yang lebih, yang disebabkan oleh petir atau surja hubung (*switching surge*).

6. Peralatan *Switching*

Pada percabangan atau pengalokasian seksi pada jaringan SUTM untuk maksud kemudahan operasional harus dipasang pemutus beban.



Gambar 2 10 Contoh letak pemasangan FCO dan LBS

7. *Recloser*

Recloser adalah rangkaian listrik yang terdiri pemutus tenaga yang dilengkapi kotak kontrol elektronik dimana peralatan ini tidak berhubungan dengan tegangan menengah.

8. Transformator Daya

Berfungsi sebagai trafo daya mengubah tegangan menengah (20kV) menjadi tegangan rendah (380/220V). Pemilihan kapasitas trafo bergantung kepada seberapa besar beban pelanggan yang akan ditanggung oleh sebuah trafo.

2.5. Standar Konstruksi

Dalam membangun instalasi jaringan tegangan menengah tenaga listrik di PT PLN (Persero) diperlukan standar konstruksi jaringan tegangan menengah. Tenaga listrik yang merupakan penjabaran dari kriteria desain *engineering* konstruksi jaringan distribusi tenaga listrik. Selama ini konstruksi instalasi tenaga listrik di PT PLN (Persero), masih mengacu pada tiga macam standar konstruksi distribusi yang dibuat oleh konsultan dari manca negara.

2.5.1. Indeks Standar Konstruksi

Dalam menyusun suatu perencanaan maupun rehabilitasi jaringan distribusi, perencana harus mengikuti standar konstruksi yang sudah ditetapkan. Standar konstruksi ini menyesuaikan jenis jaringan yang ada dibangun.

1. Standar Konstruksi JTM 1 Fasa

Standar konstruksi JTM 1 fasa meliputi konstruksi untuk tarikan lurus, belokan, *dead end* dan percabangan. Kode dari standar konstruksi ini diawali dengan kode CA.

2. Standar Konstruksi SUTM 1 Fasa – 3 Fasa

Standar konstruksi SUTM 1 fasa dan 3 fasa meliputi konstruksi untuk tarikan lurus, belokan, dan *dead end*. Kode dari standar konstruksi ini diawali dengan kode CA.

3. Konstruksi SUTM 3 Fasa *Single Circuit*

Standar konstruksi SUTM 3 fasa *Single Circuit* ini meliputi konstruksi untuk tarikan lurus, belokan, dan *dead end*. Kode dari standar konstruksi ini diawali dengan kode CC.

4. Konstruksi SUTM 3 Fasa *Double Circuit*

Standar konstruksi SUTM 3 fasa *Double Circuit* ini meliputi konstruksi untuk tarikan lurus, belokan, dan *dead end*. Kode dari standar konstruksi ini diawali dengan kode CC.

5. Konstruksi Kelengkapan JTM

Standar konstruksi untuk kelengkapan JTM ini meliputi konstruksi untuk perpanjangan tiang (tarikan lurus maupun belokan), kawat Tarik, *anchor*, *grounding*, dan perlengkapan lainnya.

6. Konstruksi SKUTM 3 Fasa

Standar konstruksi SKUTM 3 fasa mini meliputi konstruksi untuk *rise pole*, tarikan lurus, belokan, sambungan, dan *dead end*. Kode dari standar konstruksi ini diawali dengan kode KU.

7. Konstruksi SKTM 3 Fasa

Standar konstruksi SKTM 3 fasa mini meliputi konstruksi yang terkait dengan lokasi atau peletakan jaringan dan konstruksi sambungan. Kode dari standar konstruksi ini diawali dengan kode KTM, PTM, dan KTR.

2.5.2. Konstruksi SUTM

Jarak aman adalah jarak antara bagian aktif/fase dari jaringan terhadap benda-benda disekelilingnya baik secara mekanis atau *elektromagnets* yang tidak memberikan pengaruh membahayakan. Secara rinci jarak aman jaringan terhadap bangunan lain dapat dilihat pada tabel 2.2

Khusus terhadap jaringan telekomunikasi, jarak aman minimal adalah 1 m baik vertikal atau horizontal. Bila dibawah JTM terdapat JTR, jarak minimal antara JTM dengan kabel JTR dibawahnya minimal 120 cm.

Tabel 2 2 Jarak aman SUTM

No.	Uraian	Jarak Aman
1	Terhadap permukaan jalan raya	≥ 6 meter
2	Balkon Rumah	≥ 2,5 meter
3	Atap Rumah	≥ 2 meter
4	Dinding Bangunan	≥ 2,5 meter
5	Antena TV/radio, menara	≥ 2,5 meter
6	Pohon	≥ 2,5 meter
7	Lintasan kereta api	≥ 2 meter
8	Underbuilt TM - TM	≥ 1 meter
9	Underbuilt TM - TR	≥ 1 meter

2.5.3. Pekerjaan JTM 1 Fasa

Setelah persiapan lapangan selesai, dilanjutkan tahap berikutnya yaitu Pemasangan JTM 1 fasa yang terdiri dari :

1. Pemasangan tiang beton untuk JTM

- Penggalian lubang tempat dudukan tiang beton yang sebelumnya telah ditentukan titik-titik lokasi penempatan tiang.
- Penanaman tiang beton sedalam 1,8 meter.

2. Pemasangan Konstruksi

Setelah tiang listrik didirikan, dilanjutkan dengan pemasangan konstruksi pada tiap-tiap tiang termasuk peralatan pendukungnya.

3. Pemasangan hantaran diatas tanah

Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah

a) Jarak Gawang

- Untuk daerah diluar pemukiman (JTM murni atau SUKTM), berjarak antara 60-80 m, andongan maksimum 1.00 meter.
- Untuk daerah pemukiman (JTM murni atau SUKTM), berjarak antara 35-50 m, andongan maksimum 1.00 meter.

b) Jarak Bebas

Jarak bebas minimum 6.00 m. Jarak bebas penyebrangan dan jarak bebas dengan pohon dan bangunan mengikuti PUIL dan perda setempat yang berlaku.

- #### c) Pemasangan sejajar SUTM atau SKUTM dengan aluran telekomunikasi
- tidak dibenarkan, bila tidak memungkinkan harus berjarak lebih dari 2,5 meter (PUIL 760.B.4).

- d) Pemasangan penghantar udara untuk tegangan yang lebih tinggi dipasang diatas penghantar udara yang bertegangan yang lebih rendah.

2.6. Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Keselamatan dan kesehatan kerja adalah suatu kondisi dalam pekerjaan yang sehat dan aman baik itu bagi pekerjaannya, perusahaan maupun bagi masyarakat dan lingkungan sekitar pabrik atau tempat kerja tersebut. Keselamatan dan kesehatan kerja juga merupakan suatu usaha untuk mencegah setiap perbuatan atau kondisi tidak selamat, yang dapat mengakibatkan kecelakaan.

2.6.1. Prosedur Keselamatan Kerja

Prosedur keselamatan kerja merupakan suatu tata cara yang disusun secara sistematis dan jelas sehingga dapat digunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan pekerjaan. Prosedur keselamatan kerja sangat erat kaitannya dengan hal-hal keamanan personil, kelayakan peralatan kerja dan keamanan peralatan instalasi listrik yang menjadi objek pekerjaan sehingga dapat terciptanya *zero accident* dan *safety condition* pada setiap unit di PLN.

2.6.2. Alat Pelindung Diri (APD)

Peralatan APD pada instalasi TT/TET berfungsi untuk mengurangi tingkat bahaya dan kecelakaan yang terjadi pada saat seseorang melakukan pekerjaan pada instalasi tersebut. Peralatan APD hanya bersifat untuk mengurangi terjadinya kecelakaan tetapi tidak dapat membebaskan personil dari bahaya kecelakaan. Peralatan APD pada saat pemeliharaan instalasi TT/TET pada kondisi *offline*, terdiri dari:

1. **Shackel Stick (tongkat penghubung)**, berfungsi untuk mengeluarkan / memasukkan PMS.
2. **PMS Tanah**, berfungsi sebagai pengaman pada penghantar terhadap tegangan sisa.
3. **Alat pentanahan portabel**, berfungsi untuk menyetanahkan peralatan / instalasi.
4. **Voltage Tester (Tester Tegangan)**, berfungsi untuk meyakinkan peralatan listrik masih bertegangan atau sudah bebas tegangan.
5. **Bangku Isolator**, berfungsi sebagai alat isolasi bagi petugas pada waktu melaksanakan pekerjaan.
6. **Rambu-rambu Pengaman/Tanda Peringatan**, berfungsi untuk tanda peringatan pada saat melakukan pekerjaan.
7. **Topi Pengaman (helmet)**, berfungsi melindungi kepala dari benturan / kejatuhan benda keras dan tajam.
8. **Pakaian Kerja**, berfungsi untuk melindungi diri.
9. **Sarung Tangan**, berfungsi untuk melindungi tangan pada saat melaksanakan pekerjaan.
10. **Kaca Mata**, berfungsi untuk melindungi mata pada waktu pelaksanaan pekerjaan juga melindungi mata dari cahaya-cahaya yang dapat merusak mata.
11. **Sabuk Pengaman**, berfungsi untuk pengamanan para petugas yang bekerja memanjat ke tempat-tempat yang tinggi seperti pada tower, tiang menara, dan lain sebagainya.

12. **Sepatu Kerja**, berfungsi untuk melindungi kaki pada saat melaksanakan pekerjaan.
13. **Masker Hidung (*Respirator*)**, berfungsi untuk mengamankan petugas dari gangguan pernafasan terhadap kotoran/debu-debu atau bahan kimia.
14. **Alat penutup telinga (*Ear Protector*)**, berfungsi untuk melindungi telinga dari kebisingan.
15. **Peralatan pernafasan (*Breathing Apparatus*)**, berfungsi untuk memberikan pertolongan pada orang yang terjebak dalam ruangan yang terancam kebakaran (penuh asap).
16. **Penutup Dada untuk Las Listrik**, berfungsi untuk melindungi dada dari radiasi panas pada waktu mengelas listrik.
17. **Jas Hujan**, berfungsi untuk melindungi petugas yang sedang melaksanakan pekerjaan di lapangan pada waktu hujan.

2.7. Pemeliharaan Jaringan Listrik

Pemeliharaan merupakan suatu pekerjaan yang dimaksudkan untuk mendapatkan jaminan bahwa suatu sistem atau peralatan akan berfungsi secara optimal, umur teknisnya meningkat dan aman baik bagi personil maupun bagi masyarakat umum. Kegiatan pokok pemeliharaan rutin ini ditentukan berdasarkan periode atau waktu pemeliharaan yaitu bulanan, triwulan, semesteran atau tahunan

2.7.1. Tujuan Pemeliharaan

1. Menjaga agar peralatan/komponen dapat dioperasikan secara optimal berdasarkan spesifikasinya sehingga sesuai dengan umur ekonomisnya.

2. Menjamin bahwa jaringan tetap berfungsi dengan baik untuk menyalurkan energi listrik dari pusat listrik sampai ke sisi pelanggan.
3. Menjamin bahwa energi listrik yang diterima pelanggan selalu berada dalam tingkat keandalan dan mutu yang baik.
4. Mendapatkan jaminan bahwa sistem/peralatan distribusi aman baik bagi personil maupun bagi masyarakat umum.
5. Untuk mendapatkan efektifitas yang maksimum dengan memperkecil waktu tak jalan peralatan sehingga ongkos operasi yang menyertai diperkecil.
6. Menjaga kondisi peralatan atau sistem dengan baik, sehingga kualitas produksi atau kualitas kerja dapat dipertahankan.
7. Mempertahankan nilai atau harga diri peralatan atau sistem, dengan mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan.
8. Untuk menjamin keselamatan bagi karyawan yang sedang bekerja dan seluruh peralatan dari kemungkinan adanya bahaya akibat kerusakan dan kegagalan suatu alat.
9. Untuk mempertahankan seluruh peralatan dengan efisiensi yang maksimum.
10. Dan tujuan akhirnya yaitu untuk mendapatkan suatu kombinasi yang ekonomis antar berbagai faktor biaya dengan hasil kerja yang optimum.

2.7.2. Jenis Pemeliharaan

Oleh karena luas dan kompleknya keadaan jaringan distribusi dan tidak sedikitnya sistem jaringan dan peralatan distribusi yang perlu dipelihara,

pemeliharaan jaringan distribusi dapat dikelompokkan dalam tiga macam pemeliharaan yaitu :

- Pemeliharaan rutin (*preventif maintenance*).
- Pemeliharaan korektif (*korektif maintenance*).
- Pemeliharaan darurat (*emergency maintenance*).

2.7.2.1. Pemeliharaan rutin (*preventif maintenance*).

Pemeliharaan rutin adalah pemeliharaan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan tiba-tiba dan mempertahankan unjuk kerja jaringan agar selalu beroperasi dengan keadaan dan efisiensi yang tinggi. Kegiatan pokok pemeliharaan rutin ini ditentukan berdasarkan periode/waktu pemeliharaan: triwulan, semesteran atau tahunan. Berdasarkan tingkat kegiatannya pemeliharaan preventif dapat dibedakan atas : pemeriksaan rutin dan pemeriksaan sistematis.

Kegiatan pemeliharaan rutin meliputi kegiatan :

- Pemeriksaan / inspeksi rutin
- Pemeliharaan rutin
- Pemeriksaan prediktif
- Perbaikan / penggantian peralatan
- Perubahan / penyempurnaan jaringan

2.7.2.2 Pemeliharaan korektif (*corrective maintenance*).

Pemeliharaan korektif dapat dibedakan dalam 2 kegiatan yaitu: terencana dan tidak terencana. Kegiatan yang terencana diantaranya adalah pekerjaan perubahan/penyempurnaan yang dilakukan pada jaringan untuk memperoleh

keandalan yang lebih baik (dalam batas pengertian operasi) tanpa mengubah kapasitas semula. Kegiatan yang tidak terencana misalnya mengatasi/perbaiki kerusakan peralatan/gangguan. Perbaikan kerusakan dalam hal ini dimaksudkan suatu usaha/pekerjaan untuk mempertahankan atau mengembalikan kondisi sistem atau peralatan yang mengalami gangguan/kerusakan sampai kembali pada keadaan semula dengan kepastian yang sama.

Pekerjaan-pekerjaan yang termasuk pemeliharaan korektif diantaranya adalah :

- Pekerjaan penggantian mof kabel yang rusak.
- Pekerjaan JTM yang putus.
- Penggantian *bushing* trafo yang pecah.
- Penggantian tiang yang patah.

Perubahan/penyempurnaan dalam hal ini dimaksudkan suatu usaha/pekerjaan untuk penyempurnaan sistem atau peralatan distribusi dengan cara mengganti/merubah sistem peralatan dengan harapan agar daya guna dan keandalan sistem peralatan yang lebih tinggi dapat dicapai tanpa merubah kapasitas sistem peralatan semula.

2.7.2.3. Pemeliharaan darurat (*emergency maintenance*).

Pemeliharaan khusus atau disebut juga pemeliharaan darurat adalah pekerjaan pemeliharaan yang dimaksud untuk memperbaiki jaringan yang rusak yang disebabkan oleh *force majeure* atau bencana alam seperti gempa bumi, angin rebut, kebakaran dan sebagainya yang biasanya waktunya mendadak. Dengan

demikian sifat pekerjaan pemeliharaan untuk keadaan ini adalah sifatnya mendadak dan perlu segera dilaksanakan, dan pekerjaannya tidak direncanakan.

Contoh pemeliharaan darurat :

- Perbaikan / penggantian JTR yang rusak akibat kebakaran.
- Perbaikan / penggantian instalasi gardu yang rusak akibat banjir.
- Perbaikan / penggantian gardu dan jaringan yang rusak akibat huru-hara.

2.8. Jadwal Pemeliharaan

Jadwal pemeliharaan dengan kurun waktu berbeda sesuai dengan kebutuhan dan umur dari peralatan yang akan dipelihara, waktu tersebut adalah sebagai berikut:

- Pemeliharaan mingguan
- Pemeliharaan bulanan
- Pemeliharaan triwulan
- Pemeliharaan semesteran
- Pemeliharaan tahunan