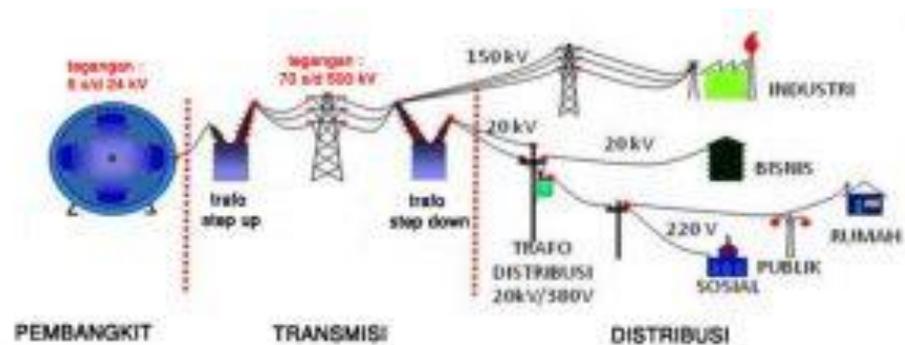


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jaringan Distribusi



Gambar 2.1 Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi merupakan jaringan dengan tegangan 20KV yang berasal dari trafo transmisi yang telah di *step down* dari 70KV ke 20KV. Dapat dilihat pada gambar 1.1, keluaran dari trafo transmisi *step down* yaitu sebesar 20KV akan masuk ke trafo distribusi yang selanjutnya akan mengalami proses *step down* kembali ke menjadi 380 volt (fasa-fasa) dan 220 volt (fasa-netral) didistribusikan ke pelanggan-pelanggan. Jaringan distribusi ini dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu:

A. Distribusi Primer

Yaitu jaringan distribusi yang berasal dari jaringan transmisi yang diturunkan tegangannya di Gardu Induk (GI) menjadi Tegangan Menengah (TM) dengan nominal tegangan 20 kV yang biasa disebut JTM (Jaringan Tegangan Menengah) lalu disalurkan ke lokasi-lokasi pelanggan listrik kemudian di turunkan tegangannya di trafo pada gardu distribusi untuk disalurkan ke pelanggan.



B. Distribusi Sekunder

Yaitu jaringan distribusi dari gardu distribusi untuk di salurkan ke pelanggan dengan klasifikasi tegangan rendah yaitu 220 V atau 380 V (antar fasa). Pelanggan yang memakai tegangan rendah ini adalah pelanggan paling banyak karena daya yang dipakai tidak terlalu banyak. Jaringan dari gardu distribusi dikenal dengan JTR (Jaringan Tegangan Rendah), lalu dari JTR dibagi-bagi untuk ke rumah pelanggan, saluran yang masuk dari JTR ke rumah pelanggan disebut Sambungan Rumah (SR). Pelanggan tegangan ini banyaknya menggunakan listrik satu fasa, walau ada beberapa menggunakan listrik tiga fasa.

Untuk jaringan distribusi sekunder yaitu jaringan yang mendistribusikan listrik ke rumah-rumah, tempat sosial, dan juga industri kecil yang terbagi dalam beberapa golongan seperti golongan R1 dan R3. Sedangkan untuk jaringan distribusi primer itu mendistribusikan listrik ke industri-industri menengah keatas yang dibagi ke golongan seperti B2, B3, P1, P2, P3, I3, I4, dan L. Jaringan tegangan menengah (JTM) terdiri dari Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dan juga Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) dimana konstruksinya ditanam di bawah permukaan tanah. Untuk sekarang, Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) masih menjadi konstruksi termurah untuk penyaluran tenaga listrik pada daya yang sama.

2.2 Penyulang Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Penggunaan penghantar telanjang merupakan ciri umum dari saluran udara tegangan menengah (SUTM), tetapi hal itu juga yang merupakan faktor mengapa saluran umum tegangan menengah harus diperhatikan dengan sangat baik. Ada beberapa jenis konstruksi TM dimana setiap konstruksi saluran udara tegangan menengah (SUTM) ini memiliki fungsi yang berbeda – beda. Dari beberapa jenis konstruksi tersebut ada faktor yang harus diperhatikan terkait dengan keselamatan ketenaga listrikan seperti jarak aman yang harus dipenuhi penghantar bertegangan 20 kV tersebut antar fasa atau dengan bangunan, tanaman seperti pohon, hewan, maupun dengan jangkauan manusia.



Termasuk dalam kelompok yang diklasifikasikan SUTM adalah juga bila penghantar yang digunakan ialah penghantar yang digunakan berupa penghantar berisolasi setengah (*half insulated single core*) karena penggunaan penghantar ini juga tidak menjamin keamanan terhadap tegangan tempel yang dipersyaratkan akan tetapi untuk mengurangi resiko terjadi gangguan temporer khususnya akibat sentuhan tanaman.

Penyulang merupakan istilah yang biasa digunakan untuk menyebut jaringan distribusi listrik tegangan menengah, yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari gardu induk ke gardu distribusi di satu wilayah tertentu, lalu dari gardu distribusi akan di salurkan kembali ke pelanggan. Dalam suatu Gardu Induk memiliki beberapa penyulang yang berbeda-beda jumlahnya, jadi apabila terjadi gangguan yang menyebabkan suatu penyulang itu trip, maka dapat di *cover* oleh penyulang lain dengan cara *manuver* jaringan secara manual maupun scada.

2.3 Proteksi Penyulang Komerling

Pada jaringan saluran udara tegangan menengah (SUTM) pastilah memiliki proteksi untuk melindungi jaringan tersebut dari adanya arus bocor yang disebabkan oleh berbagai macam gangguan. Proteksi tersebut memiliki fungsi masing-masing, berikut merupakan beberapa proteksi yang digunakan pada jaringan saluran udara tegangan menengah (SUTM) :

2.3.1 Load break switch (LBS)

Load break switch adalah saklar pemutus beban yang telah dirancang untuk arus yang telah ditentukan. Sesuai Namanya, prinsip kerja LBS adalah sebagai pemutus aliran listrik. *Load break switch* merupakan salah satu alat dalam kelistrikan yang berfungsi untuk mengisolir daerah gangguan dengan memutus atau menyambung sirkuit pada system distribusi dalam keadaan berbeban. Berikut merupakan gambar dari load break switch itu sendiri.



Gambar 2.2 *Load Break Switch*

LBS digunakan untuk pemutusan lokal apabila terjadi gangguan atau ingin dilakukan perawatan jaringan distribusi pada daerah tertentu sehingga daerah yang tidak mengalami gangguan atau perawatan tidak mengalami pemadaman listrik. Pada saat terjadi bencana atau gangguan listrik, seperti gempa, angin ribut, pohon tumbang, dan lain-lain sering terjadi gangguan pada jaringan distribusi seperti kabel tumbang.

2.3.2 *Lightning arrester (LA)*

Arrester adalah suatu alat bagi pelindung suatu sistem tenaga listrik terhadap surja petir. Alat pelindung terhadap surja petir ini berfungsi melindungi peralatan sistem tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah.⁵ Berikut merupakan gambar dari *arrester* itu sendiri.



Gambar 2.3 *Lightning Arrester*

Pada keadaan tegangan jaringan normal, tegangan nominal pelindung berperan sebagai isolasi atau idealnya tidak mengalirkan arus dari jaringan tanah. Tetapi jika suatu tegangan lebih impuls tiba pada terminal alat pelindung, maka alat

⁵ Hajar, dkk. 2017. Kajian Pemasangan Lightning Arrester Pada Sisi HV Transformator Daya Unit Satu Gardu Induk Teluk Betung. JURNAL ENERGI dan KELISTRIKAN. Vol. 9 No.2.



pelindung segera berubah menjadi penghantar dan mengalirkan arus impuls ke tanah sehingga amplitude tegangan lebih yang merambat menuju peralatan yang dilindungi berkurang menjadi dibawah ketahanan tegangan impuls peralatan yang dilindungi.

Lightning arrester ini memiliki beberapa bagian sebagai berikut :

A. Elektroda

Pada *arrester* terpasang 2 elektroda yaitu elektroda atas dan elektroda bawah, dimana elektroda atas dihubungkan ke bagian yang bertegangan sedangkan elektroda bawah dihubungkan ke *ground*.

B. *Spark gap*

Bertugas untuk memunculkan busur api apabila terjadi tegangan lebih akibat surja petir ataupun surja hubung.

C. Tahanan Katup

Tahanan yang digunakan dalam arrester ini adalah suatu jenis material yang sifat tahanannya dapat berubah.

2.3.3 *Fuse Cut Out (FCO)*

Fuse Cut Out (FCO) adalah suatu alat pengaman yang melindungi jaringan terhadap arus beban lebih (*overload current*) yang mengalir melebihi dari batas maksimum, yang disebabkan karena hubung singkat (*short circuit*) atau beban lebih (*overload*). Fuse cut out ini hanya dapat memutuskan satu saluran kawat jaringan di dalam satu alat. Apabila diperlukan pemutus saluran tiga fasa maka dibutuhkan Fuse cut out sebanyak tiga buah. Berikut merupakan gambar dari *Fuse Cut Out*.



Gambar 2.4 Fuse Cut Out

Fuse cut out merupakan sebuah alat pemutus rangkaian listrik yang berbeban pada jaringan distribusi yang bekerja dengan cara meleburkan bagian dari komponennya (*fuse link*) yang telah dirancang khusus dan disesuaikan ukurannya untuk itu. Perlengkapan fuse ini terdiri dari sebuah rumah fuse (*fuse support*), pemegang fuse (*fuse holder*) dan fuse link sebagai pisau pemisahannya. Fuse cut out sering ditemukan pada setiap transformator.

Fuse cut out boleh dikatakan hanya berupa sehelai kawat yang memiliki penampang disesuaikan dengan besarnya arus maksimum yang diperkenankan mengalir di dalam kawat tersebut. Pemilihan kawat yang digunakan pada fuse cut out ini didasarkan pada faktor lumer yang rendah dan harus memiliki daya hantar (*conductivity*) yang tinggi. Faktor lumer ini ditentukan oleh temperatur bahan tersebut. Biasanya bahan-bahan yang digunakan untuk fuse cut out ini adalah kawat perak, kawat tembaga, kawat seng, kawat timbel atau kawat paduan dari bahan-bahan tersebut. Pada umumnya diantara kawat diatas, yang sering digunakan adalah kawat logam perak, hal ini karena logam perak memiliki Resistansi Spesifik ($\mu\Omega/\text{cm}$) yang paling rendah dan Titik Lebur ($^{\circ}\text{C}$) yang rendah. Kawat ini dipasangkan di dalam tabung porselin yang diisi dengan pasir putih sebagai pemadam busur api, menghubungkan kawat tersebut pada kawat fasa, sehingga arus mengalir melaluinya.³

³ DuniaListrik. 2015. Prinsip Kerja Fuse Cut Out. <http://dunialistrikelektron.blogspot.com/2015/04/prinsip-kerja-fuse-cut-out-fco.html>

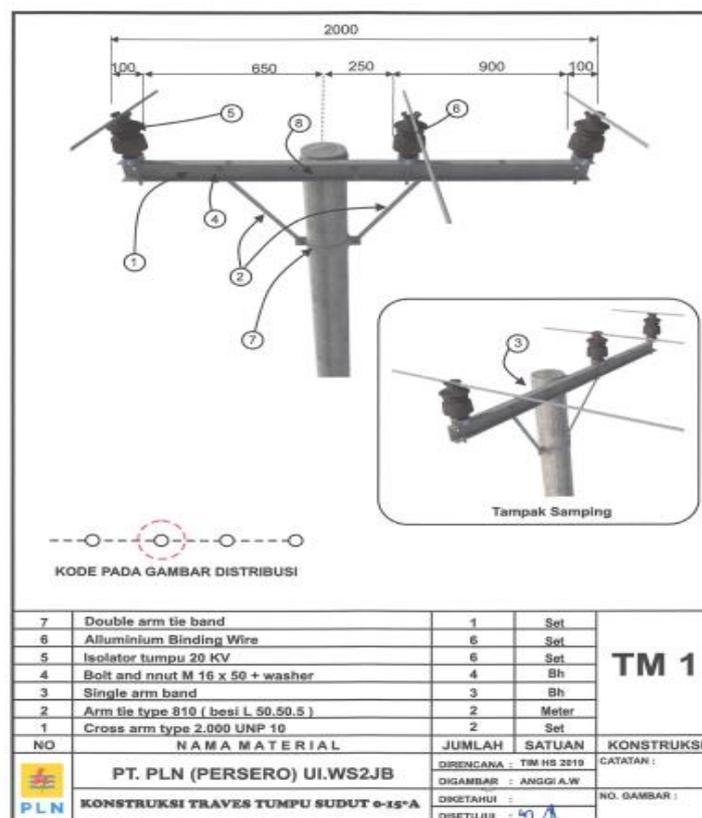


2.4 Kontruksi Tiang SUTM

Dalam system jaringan tegangan menengah ada beberapa jenis kontruksi tiang yang digunakan untuk keberlangsungan penyaluran energi listrik untuk daerah UIW S2JB. Setiap jenisnya memiliki ketentuan dan fungsi masing-masing sehingga penggunaannya harus sesuai dengan yang seharusnya. Berikut merupakan jenis-jenis dari kontruksi tiang SUTM tersebut.

2.4.1 Tiang TM1

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 kontruksi TM-1 ini hanya dapat dilakukan pada sudut 170° - 180° Berikut merupakan gambar TM 1 beserta keterangannya.



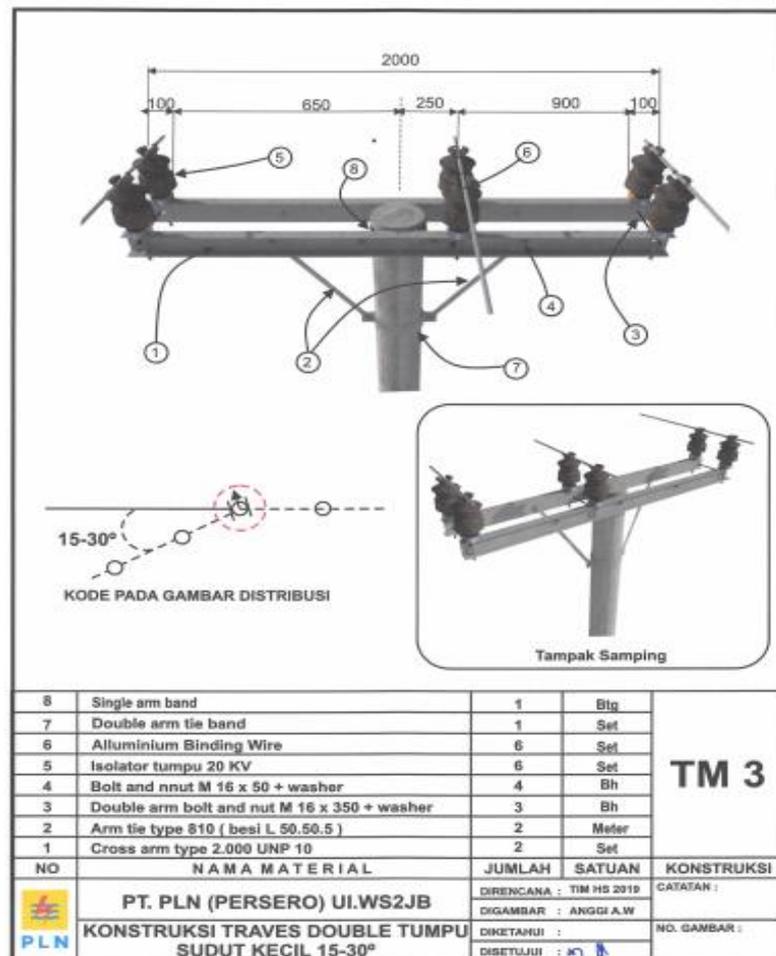
Gambar 2.5 Kontruksi TM1¹⁷

¹⁷ PT. PLN PERSERO. 2019. Standar Kontruksi Jaringan Distribusi. Jakarta. Hal 6.



2.4.2 Tiang TM3

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 school. Berikut merupakan gambar TM 3 beserta keterangannya.



Gambar 2.6 Kontruksi TM3⁷

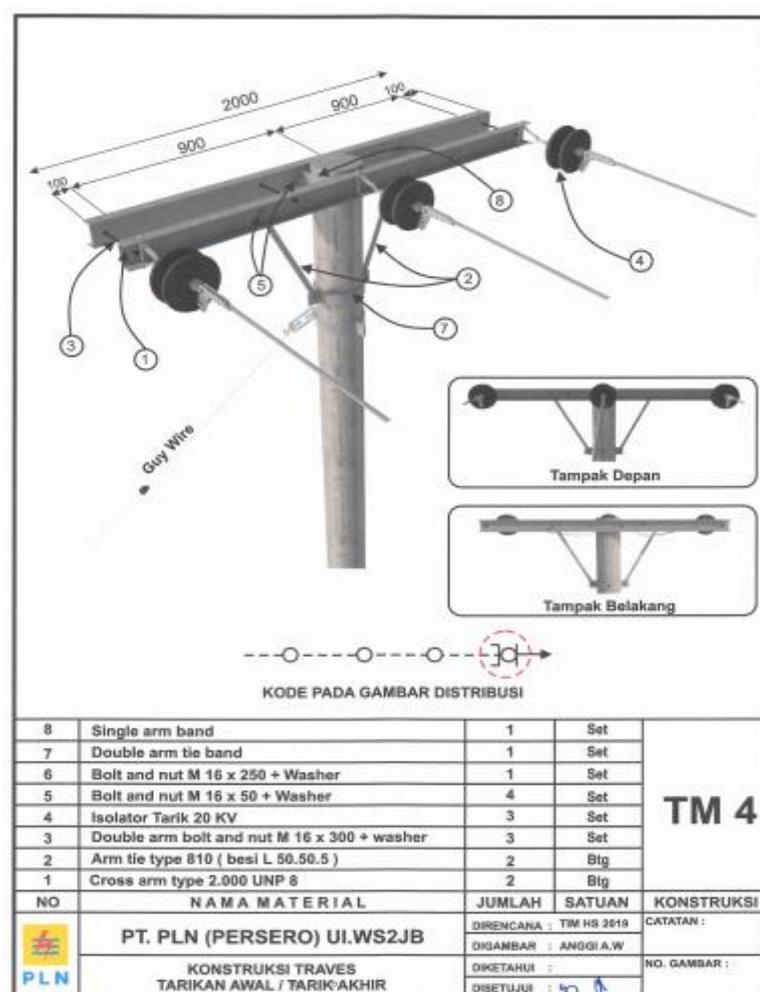
Konstruksi TM-3 sama dengan konstruksi TM-3D, bedanya TM-3D digunakan untuk saluran ganda (double sirkuit), empat buah traves, 12 isolator jenis suspension insulator, dan 6 isolator jenis pin insulator.

⁷ PT. PLN PERSERO. 2019. Standar Kontruksi Jaringan Distribusi. Jakarta. Hal 8.



2.4.3 Tiang TM4

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



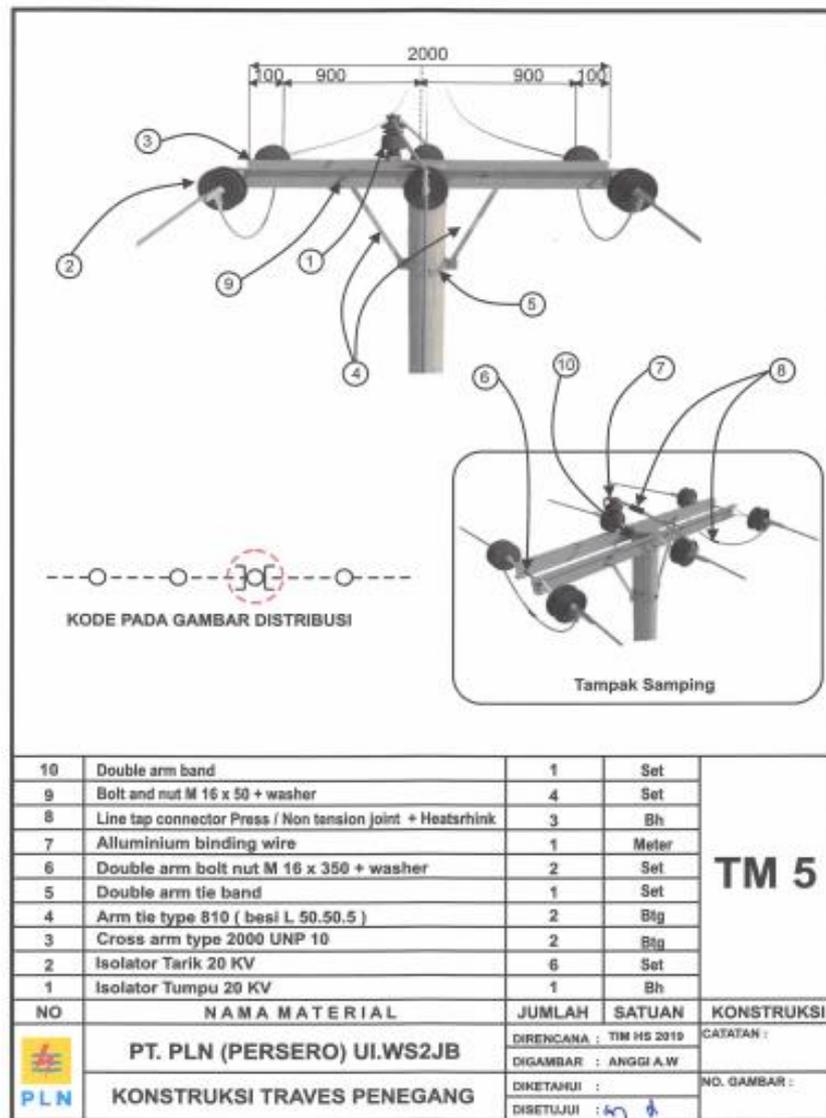
Gambar 2.7 Kontruksi TM4⁷

⁷ PT. PLN PERSERO. 2019. Standar Kontruksi Jaringan Distribusi. Jakarta. Hal 9.



2.4.4 Tiang TM5

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. Berikut merupakan gambar TM 5 beserta keterangannya.



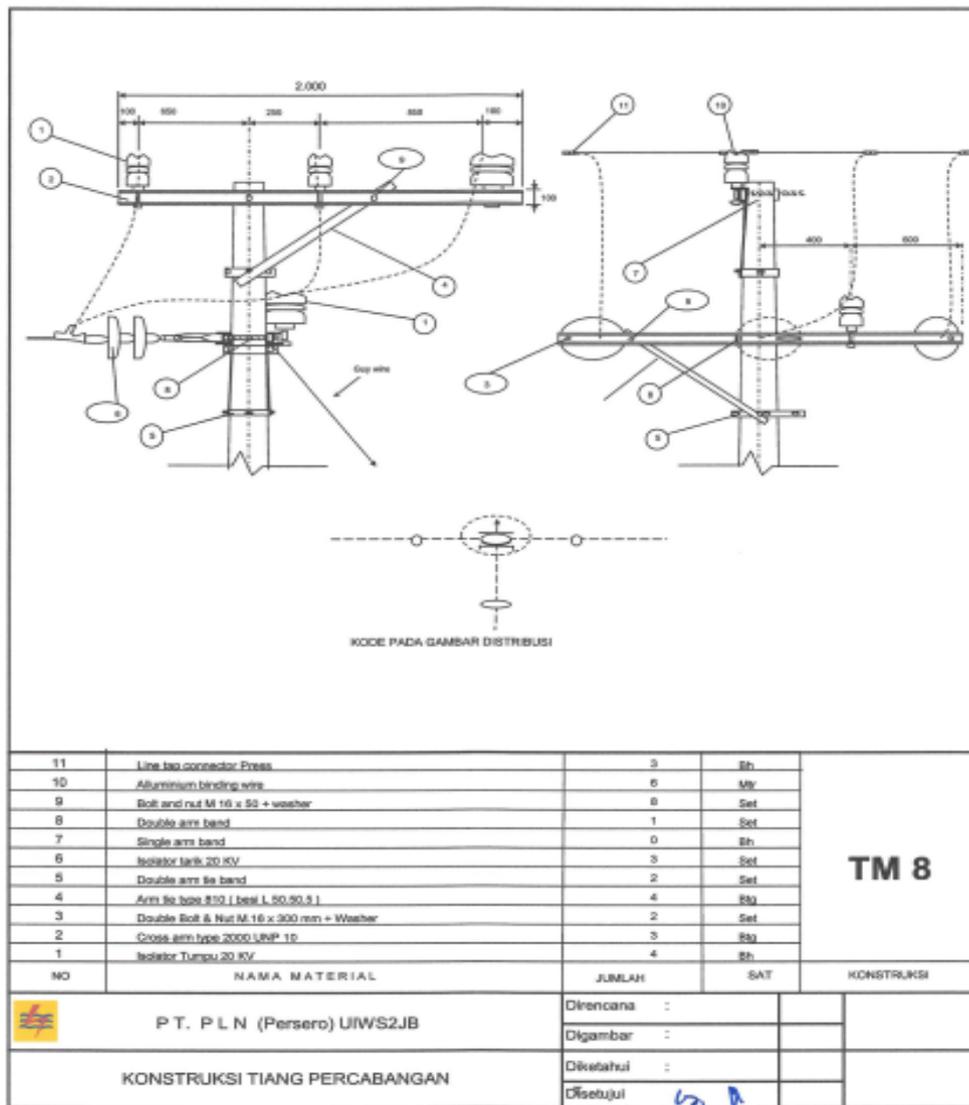
Gambar 2.8 Kontruksi TM5⁷

⁷ PT. PLN PERSERO. 2019. Standar Kontruksi Jaringan Distribusi. Jakarta. Hal 11.



2.4.5 Tiang TM8

Konstruksi TM-8 ini terpasang pada konstruksi percabangan JTM sudut siku (90°). Masing-masing double traves disilang 4. Traves atas memakai isolator tumpu dan TM percabangan memakai isolator suspension. Type isolator yang digunakan ada dua jenis. Memakai track skoor. Berikut merupakan gambar TM 8 beserta keterangannya.



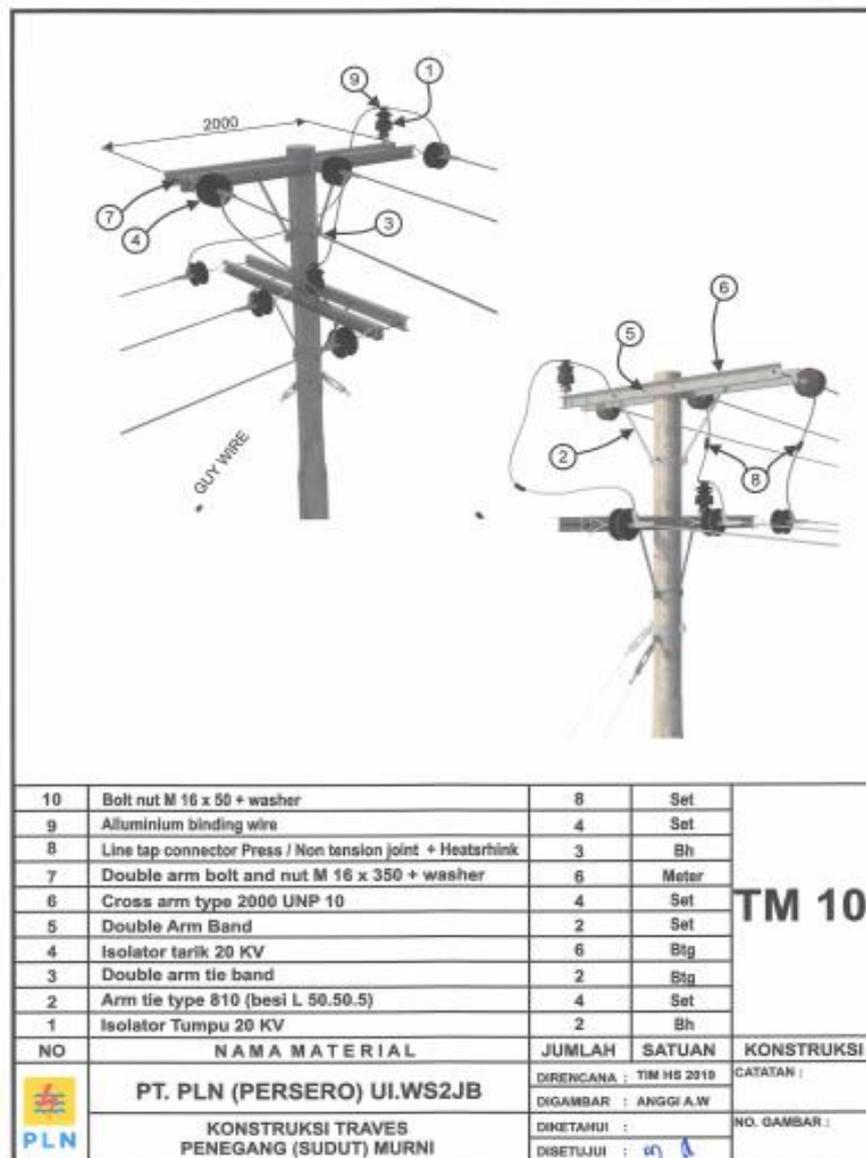
Gambar 2.9 Kontruksi TM8⁷

⁷ PT. PLN PERSERO. 2019. Standar Kontruksi Jaringan Distribusi. Jakarta. Hal 12.



2.4.6 Tiang TM10

Konstruksi TM-10 sama dengan konstruksi TM-8. TM-10 terpasang pada konstruksi tiang tikungan siku (sudut 60° - 90°). Masing-masing double traves disilang 4. Isolator type suspension dan memakai treck skoor ganda. Berikut merupakan gambar TM 10 beserta keterangannya.



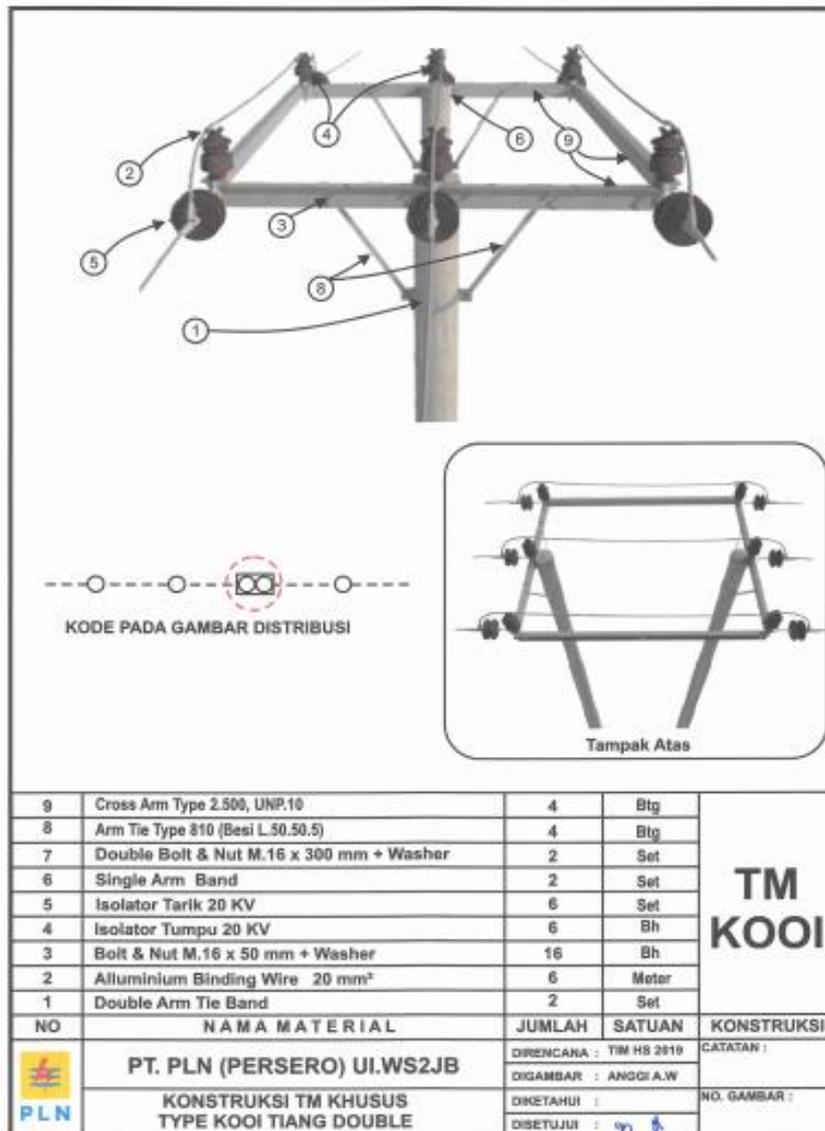
Gambar 2.10 Kontruksi TM10⁷

⁷ PT. PLN PERSERO. 2019. Standar Kontruksi Jaringan Distribusi. Jakarta. Hal 14.



2.4.7 Tiang TM K001

Konstruksi TM K001 berbeda dari yang lain karena travesnya membentuk persegi dan dapat digunakan di wilayah yang membutuhkan 4 percabangan. Dan juga menggunakan isolator tumpu atau pin isolator dan juga hang atau isolator tarik. Berikut merupakan gambar TM K001 beserta keterangannya.



Gambar 2.11 Kontruksi TM K001⁷

⁷ PT. PLN PERSERO. 2019. Standar Kontruksi Jaringan Distribusi. Jakarta. Hal 15.



2.5 Gangguan Pada Penyulang

Pada suatu sistem jaringan saluran udara tegangan menengah tidak akan luput dari gangguan baik yang disebabkan oleh faktor internal maupun faktor eksternal. Gangguan ini dapat mempengaruhi kinerja dari jaringan SUTM itu sendiri terutama mempengaruhi terhadap kaandalan jaringan pada penyulang tersebut.

2.5.1 Pengertian gangguan

Gangguan itu sendiri dapat diartikan sebagai kondisi fisik yang disebabkan kegagalan suatu perangkat, komponen atau suatu elemen untuk bekerja sesuai dengan fungsinya. Gangguan pada penyulang ini hampir selalu ditimbulkan karena terjadinya hubung singkat antar *fasa* atau hubung singkat *fasa* ke tanah.² Gangguan ini dapat dibagi menjadi dua yaitu gangguan secara teknis dan gangguan non teknis. Gangguan secara teknis merupakan gangguan yang terjadi akibat adanya komponen kelistrikan yang sudah tidak layak pakai ataupun rusak. Sedangkan gangguan non teknis merupakan gangguan yang disebabkan oleh beberapa hal disekitar penyulang yang dapat menyebabkan terjadinya hubung singkat antar *fasa*.

2.5.2 Faktor penyebab gangguan

Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya gangguan pada penyulang SUTM. Dan setiap gangguan tersebut dapat menyebabkan kerugian pada PT PLN itu sendiri karena adanya energi listrik yang tak tersalurkan atau biasa disebut dengan *Energy Not Supply* (ENS). Dari beberapa faktor tersebut, gangguan akibat adanya ranting pohon merupakan faktor terbanyak yang menyebabkan terjadinya pemadaman pada area Sei Juaro. Berikut merupakan faktor - faktor terjadinya gangguan pada penyulang saluran udara tegangan menengah (SUTM) :

A. Komponen JTM

Gangguan yang disebabkan oleh adanya kerusakan pada bahan – bahan listrik yang digunakan pada jaringan tegangan menengah, seperti kawat penghantar, fuse cut out, arrester, isolator dan sebagainya. Pada gambar 2.3 merupakan salah satu

² Asnawi, dkk. 2010. Analisa Gangguan SUTM 20KV Penyulang Senggiring 3 di PT PLN (PERSERO) Area Pontianak. Jurnal Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. Hal 2.



contoh gangguan akibat komponen JTM yang tidak boleh digunakan lagi karena dapat dilihat bahwa arrester yang terpasang sudah gosong dan tidak layak pakai lagi. Karena apabila terus digunakan dan tidak diganti, memungkinkan apabila terjadi sambaran petir, maka akan menyebabkan trip karena akan ada lonjakan tegangan yang akan menuju peralatan listrik yang tidak dapat dibumikan sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik.



Gambar 2.12 Gangguan akibat komponen

B. Bencana Alam

Bencana alam merupakan salah satu faktor yang dapat mengakibatkan terjadinya gangguan pada penyulang. Untuk daerah Palembang faktor ini jarang terjadi karena jarang terjadi bencana alam yang berpotensi menyebabkan kerusakan pada jaringan SUTM. Tetapi faktor ini juga merupakan faktor yang sangat sulit untuk di atasi karena kita tidak dapat memprediksi kapan dan dimana bencana alam itu sendiri akan terjadi.



Gambar 2.13 Gangguan akibat bencana

Gambar berikut merupakan salah satu contoh gangguan SUTM yang disebabkan oleh faktor bencana alam yaitu longsor. Faktor ini sangat sulit untuk diatasi karena tidak bisa diprediksi bencana alam itu sendiri. Tetapi untuk tetap



meningkatkan keadalan jaringan kepada pelanggan, maka dilakukan perbaikan secara sigap agar pemadaman tidak berlangsung lama.

C. Hewan / pihak ketiga

Faktor selanjutnya yang dapat menyebabkan gangguan pada penyulang SUTM yaitu adanya pihak ketiga/Hewan yang melakukan interaksi dengan kabel SUTM dalam kondisi hewan tersebut menyentuh dua atau tiga dari fasa R,S dan T sehingga terjadi trip antar fasa dan menyebabkan padamnya listrik ke pelanggan. Gambar berikut merupakan contoh faktor yang menyebabkan gangguan pada penyulang SUTM oleh hewan sehingga terjadi trip antar fasa.



Gambar 2.14 Gangguan akibat hewan

D. Pohon

Pohon merupakan salah satu faktor yang paling sering terjadi dalam menyebabkan gangguan pada penyulang. Di daerah - daerah yang masih belum termasuk perkotaan besar merupakan tempat paling sering terjadi gangguan yang disebabkan oleh faktor pohon ini. Adapun jarak standar PLN antara pohon ke kabel SUTM yaitu 3 meter dari kanan dan kiri.



Gambar 2.15 Gangguan akibat pohon



E. Layang – layang

Faktor lainnya penyebab gangguan penyulang merupakan adanya layang – layang yang menyentuh 2 hingga 3 fasa sekaligus. Faktor ini sering terjadi di daerah padat penduduk dan sering terjadi saat musim layang – layang tiba. Biasanya penyebab sering terjadinya gangguan akibat layang – layang ini karena anak – anak bahkan orang dewasa yang belum memahami akan akibat dari layang – layang yang menyentuh kabel dari jaringan SUTM.



Gambar 2.16 Gangguan akibat layang-layang

F. Tidak diketahui

Faktor terakhir yang dapat menyebabkan terjadinya gangguan ini adalah faktor yang tidak diketahui atau tidak bisa diidentifikasi kenapa bisa terjadi trip selain dari ke 5 faktor di atas. Hal ini dikarenakan saat melakukan investigasi ke titik padam, tidak ada nya barang bukti yang mendukung kenapa hal bisa terjadi gangguan pada penyulang bisa terjadi.

2.6 Akibat terjadinya gangguan penyulang

Gangguan pada penyulang merupakan suatu hal yang tak dapat diprediksi kapan akan terjadi, tetapi dapat dicegah dan di minimalisir. Tetapi apabila proses pencegahan itu tidak dilakukan dengan baik atau dalam artian tidak secara terus menerus maka akan menimbulkan hal – hal yang dapat merugikan baik merugikan masyarakat maupun merugikan pihak PLN itu sendiri.



2.6.1 Dampak terhadap pelanggan

Salah satu dampak dari terjadinya gangguan pada penyulang yaitu dapat menyebabkan adanya pemadaman pada pelanggan. Pemadaman ini dapat berlangsung di area section, maupun zone ataupun langsung ke Gardu induk sesuai dimana letak gangguan itu terjadi.

2.6.2 Dampak terhadap PT PLN (PERSERO)

A. *Energy not supply* (ENS)

ENS (*Energy Not Supplied*) adalah indeks keandalan yang menyatakan jumlah energi yang tidak dapat disalurkan oleh sistem kepada pelanggan. Ini didefinisikan sebagai penjumlahan energi yang hilang akibat adanya gangguan terhadap pasokan daya selama satu periode. Secara sistematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{Daya (P)} = V \times I \times \text{Cos phi} \dots\dots\dots \text{Rumus (2.1)}$$

$$\text{ENS} = I \times V \times \text{Cos phi} \times \sqrt{3} \times T \dots\dots\dots \text{Rumus (2.2)}$$

Dimana :

I = arus sebelum terjadi pemadaman

V = tegangan penyulang (20KV)

Cos phi = 0,85

T = Durasi Padam (Jam)

B. *System Average Interruption Duration Index (SAIDI) dan System Average Interruption Frequency Index (SAIFI).*

Saidi

Rata-rata jumlah lamanya padam yang dialami oleh pelanggan dalam 1 tahun dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani. Secara sistematis dapat dituliskan sebagai berikut :



$$SAIDI = \frac{\sum U_i \times n_i}{\sum N} \dots\dots\dots \text{Rumus (2.3)}$$

Dimana :

U_i : Durasi Pemadaman/Gangguan

n_i : Jumlah Pelanggan Padam

N : Jumlah Pelanggan yang Dilayani

Saifi

Indeks frekuensi pemadaman rata-rata jumlah pelanggan yang mengalami pemadaman dalam 1 tahun dibagi dengan jumlah pelanggan yang dilayani. Untuk memperoleh nilai dari frekuensi pemadaman sistem yang terjadi secara sistematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$SAIFI = \frac{\sum F_i \times n_i}{\sum N} \dots\dots\dots \text{Rumus (2.3)}$$

Dimana :

F_i : Kali Pemadaman/Gangguan

n_i : Jumlah Pelanggan Padam

N : Jumlah Pelanggan yang Dilayani

