

4. ANALISA SUTM 20 KV TERPASANG

Sistem jaringan distribusi yang digunakan di wilayah Surabaya Selatan adalah sistem distribusi tipe radial interkoneksi. Dimana listrik dibangkitkan oleh berbagai pembangkit yang berada di luar Surabaya. Kemudian sumber listrik tersebut disalurkan ke berbagai gardu induk dalam bentuk tegangan tinggi 150 KV, setelah itu baru diturunkan oleh trafo step down menjadi tegangan menengah 20 KV dan didistribusikan. Tegangan 20 KV yang terdapat pada SUTM tersebut diturunkan ke tegangan rendah 380/220 volt dengan menggunakan trafo step down 20/0.38 KV. Dari GTT (Gardu Trafo Tiang) tersebut ditarik kabel SUTR menuju ke setiap tiang untuk melayani konsumen tegangan rendah.

4.1. Standar Konstruksi Saluran Langgan Tegangan Menengah

4.1.1. SLTM Daya 201 sampai dengan 690 KVA

- i. Menggunakan konstruksi gardu portal
- ii. Pelanggan diwajibkan untuk menyediakan material-material yang secara langsung dipergunakan oleh pelanggan maupun untuk proteksi peralatan pelanggan, sebagai berikut:

a. Tiang beton	2 buah
b. Konstruksi besi kanal NP 10-3000 mm	3 buah
c. Cut Out 20 KV/..... A	3 buah
d. Lightning Arrester 24 KV/5 KA	3 buah
e. Trafo daya ... KVA	1 buah
f. Pagar pengaman trafo BRC tinggi 200 cm	1 lot
g. Pondasi trafo	1 lot
h. Lahan	9m ²
- iii. Panjang SUTM untuk mensuplai gardu portal tersebut maksimum 50 meter sirkuit.
- iv. Pengukuran dilakukan pada SUTM tetapi pembatasan pada sisi tegangan rendah.

4.1.2. SLTM Daya 691 sampai dengan 2000 KVA

Pelanggan diwajibkan menyediakan:

- a) Lahan untuk bangunan gardu 50 m²
- b) Bangunan gardu tembok memiliki 2 pintu yang memisahkan ruangan untuk peralatan milik PLN dan IML. Ruangan untuk peralatan milik PLN disekat menjadi 3 bilik dengan luas ruangan dengan ukuran 4 x 8 meter. Ukuran ruangan untuk peralatan IML tergantung dari besar peralatan IML.
- c) Instalasi penerangan.

4.1.3 SLTM Daya Lebih Besar Dari 2000 KVA

(i) Menggunakan cubicle single incoming

(ii) Pelanggan diwajibkan menyediakan:

- a) Lahan untuk bangunan gardu 12 m²
- b) Bangunan gardu tembok memiliki 2 pintu yang memisahkan ruangan untuk peralatan milik PLN dan IML. Ukuran ruangan untuk peralatan milik PLN 4 x 3 m. Ukuran ruangan untuk IML tergantung dari besar peralatan IML.
- c) Instalasi penerangan

4.1.4 SLTM Daya Lebih Besar Dari 2000 KVA Dengan Jam Nyala Tertentu

U¹ Khusus bagi pelanggan yang membutuhkan tingkat keandalan yang tinggi dan dapat memenuhi jam nyala dimana secara perhitungan adalah ekonomis.

ft Menggunakan cubicle 2 (dua) incoming.

'8¹ Pelanggan diwajibkan menyediakan:

- a) Lahan untuk bangunan gardu 18 m²
- b) Bangunan gardu tembok memiliki 2 pintu yang memisahkan ruangan untuk peralatan milik PLN dan IML. Ukuran ruangan untuk peralatan milik PLN 4 x 4.5 m. Ukuran ruangan untuk peralatan milik IML tergantung dari besar peralatan IML.
- c) Instalasi penerangan.

4.2. Penanaman Tiang

Dalam melaksanakan penanaman tiang. Kedalaman lubang galian untuk tiang minimal $\frac{1}{6}$ dari tinggi tiang, namun apabila daerah tersebut merupakan daerah yang berair maka kedalaman galian harus ditambah 40 cm lagi yang digunakan untuk isian pasir dan beton plat (*pole block*) sebagai landasan tiang supaya tidak longsor, kemudian baru dipadatkan dengan tamping ranner. Untuk tiang yang juga digunakan untuk pemasangan Gradu Trafo Tiang (GTT), tiang tersebut harus dilengkapi dengan beton plat dari beton, atau dapat juga menggunakan besi kanal yang dihubungkan dengan beugel yang diikat dengan baut yang biasa disebut dengan block band.

Pada penggunaan tiang besi sebelum ditanam tiang tersebut harus terlebih dahulu dicat agar tidak mudah berkarat, mula-mula pengecatan dengan meni besi kemudian dicat aluminium dan terakhir tiang bagian bawah dicat hitam. Pada daerah tertanam juga dilapisi penahan karat dan diuruk dengan batu-batuan, pasir secara bergantian dan terakhir diuruk dengan tanah. Pada daerah berair urukan dipadatkan dengan compactor. Tiang sudah harus berdiri dengan kokoh dan tegak lurus sebelum penarikan konduktor (*guy wire*) dan pemasangan-pemasangan peralatan. Hal ini dimaksudkan agar tiang yang mengalami pengerjaan tidak roboh dan tidak membahayakan. Jarak antar tiang biasanya 50 meter tetapi bisa disesuaikan dengan lokasi pemasangan. Jenis-jenis tiang besi yang biasa dipergunakan adalah tiang jenis HH, antara lain :

1. Tiang HH 1 dan tiang HH 2

Konstruksi tiang penyangga yang menyangga hantaran yang arahnya lurus atau membentuk sudut kurang dari 170° . Konduktor dipasang pada traverse dan diikat/disekrup pada isolator. Jenis isolator yang dipakai adalah jenis pin isolator, fungsinya untuk menjaga jarak antara masing-masing penghantar dan mengisolasi bagian yang bertegangan dengan tiang penyangga. Jika konduktor membentuk sudut lebih dari 170° digunakan jenis tiang HH 2. Perbedaannya dengan jenis tiang HH 1, tiang ini menggunakan double cross arm dan menggunakan guy wire.

2. Tiang HH 3 dan tiang HH 4

Tiang HH 3 adalah tiang tarik, untuk menarik konduktor dari 1 arah, biasanya dipasang pada awal atau akhir saluran. Isolator yang dipergunakan adalah jenis isolator gantung (*suspension isolator*), tiap-tiap fasa membutuhkan dua buah. Cross arm yang dipergunakan lebih panjang, karena isolator gantung memiliki piringan yang lebih panjang, dan juga karena isolator gantung memiliki piringan yang lebih lebar dari pin isolator atau line post isolator. Untuk mengikat konduktor pada isolator digunakan HV Dead End Clamp. Karena menarik dari satu arah saja maka dipergunakan single arm strain. Untuk jenis konduktor yang berat misalnya AAAC 110 mm² digunakan konstruksi tiang HH 4. Tiang ini menggunakan double cross arm, tupang tarik, kawat penarik (guy wire), namun secara umum konstruksinya sama dengan tiang HH 3.

3. Tiang HH 5 dan tiang HH 6

Untuk menarik konduktor dari dua arah (kiri dan kanan) digunakan konstruksi tiang HH 5. Untuk saluran yang lurus setelah menggunakan tiang penyangga berturut-turut harus dipasang satu tiang penegang. Konduktor dipasang pada isolator gantung sehingga bila konduktor putus sebagian saluran masih ditahan oleh tiang ini, dengan demikian keadaan SUTM masih dalam keadaan baik. Konduktor sebelah kiri dan sebelah kanan dihubungkan dengan jumper wire (kawat penghubung). Karena jumper wire ini agak panjang, ada kemungkinan menyentuh cross arm. Line tap connector digunakan untuk menghubungkan saluran dengan jumper wire. Tiang jenis HH 6 dipergunakan untuk menarik konduktor dari empat arah, sehingga menggunakan double cross arm.

4. Tiang HH 7 dan tiang HH 8

Konstruksi tiang HH 7 digunakan untuk tiang penyangga pada saluran utamanya sedang bagian bawahnya dipecah untuk saluran percabangan. Isolator jenis pin isolator digunakan untuk saluran utama dan suspension isolator dipergunakan pada saluran percabangannya. Saluran utama dan saluran percabangan dihubungkan dengan jumper wire. Agar jumper wire ini stabil maka dipergunakan 2 buah pin isolator untuk menyangganya. Antara jumper wire

dengan saluran utamanya dihubungkan dengan line *tap connector*. Untuk jenis tiang HH 8 digunakan *double cross arm* pada saluran percabangannya.

5. Tiang HH9 dan tiang HH10

Bila SUTM harus membelok 90° , dipergunakan konstruksi HH 9 yang berfungsi sebagai tiang sudut. Saluran bagian atas dan bagian dibawahnya menggunakan suspension isolator. Tiang ini harus dipasang tupang tarik untuk mengimbangi bagian atas dan bagian bawah. Untuk tiang jenis HH 10 digunakan *double cross arm* pada saluran atas dan bawah. Secara umum kedua tiang ini mempunyai konstruksi yang sama.

6. Tiang HH11

Konstruksi tiang ini menggunakan *double cross arm* pada saluran atas dan bawah. Bagian bawah tiang ini dipasang *outdoor terminal cable* yang digunakan untuk menyalurkan energi listrik dari gardu induk (GI) menuju SUTM. Tiga buah line *arrester* 28 KV; 2,5 KA sebagai pengaman. Pada tiang ini dihubungkan tiang arde sebagai *earth terminal* yang dihubungkan dengan tiga buah *arrester* diatasnya. Demi keamanan dan kerapian, kabel terminal bagian bawah dimasukkan dalam pipa setinggi 2,5 meter. Pemasangan tupang tarik harus diperhatikan agar tidak menyentuh bagian yang bertegangan.

7. Tiang HH12

Tiang ini digunakan sebagai tiang penyangga, pada tiang ini terdapat saluran cabang untuk menyambung gardu khusus untuk langganan. Saluran percabangan ini diambil dari saluran utama dengan memasang tiga buah *fuse cut out switch* 100 A dan tiga buah line *arrester* 28 KV; 25 KA. Pada bagian bawah, kabel tanah dimasukkan kedalam pipa setinggi 2,5 meter guna kerapian dan keamanan. Pemasangan *fuse cut out switch* perlu diperhatikan agar pada saat menggantikan sekering tegangan menengah 20 KV tidak menyentuh bagian yang bertegangan dan cukup aman.

8. TiangHH13

Konstruksi tiang ini agak lain, karena menggunakan dua buah tiang. Kedua tiang tersebut digunakan untuk menyangga *automatic vacuum switch*. Pada bagian atas digunakan *suspension isolator* untuk menegangkan konduktor yang terpasang.

9. TiangHHH

Pada bagian atas tiang ini digunakan *line post isolator* dan pada saluran bagian bawah menggunakan *suspension isolator*. Untuk mengamankan saluran utama bagian atas akibat terganggunya saluran cabang maka dipasang tiga buah *fuse cut out switch 22 KV; 100 KA*. Pada tiang ini dibutuhkan tiang tarik guna mengimbangi tarikan yang terjadi dan jumper wire untuk menghubungkan saluran utama dan saluran cabang.

10. TiangHH15

Tiang ini merupakan tiang tarik yang dilengkapi tiga *line arrester 28 KV; 2,5 KA*. *Line post isolator* digunakan untuk menyangga kabel penghubung dari arrester, sedangkan *suspension isolator* dipergunakan untuk menarik konduktor dari saluran. Untuk mengimbangi tarikan yang berasal dari satu arah dipasang tupang tarik.

11. TiangHH16

Tiang jenis ini dikenal sebagai trafo tiang atau gardu transformator tiang. Trafo yang dipasang pada tiang ini adalah single fasa 25, 37,5 atau 50 KVA, dipasang langsung pada tiang dengan menggunakan transformator band. Adapun pemasangan trafo sebagai berikut: dari SUTM diambil 2 fasa dan dihubungkan pada bagian primer trafo, 2 line arrester 28 KV; 25 KA dipasang pada tangki trafo dan dihubungkan pada bagian primer trafo. Pada bagian sekunder terdiri dari 2 fasa dan 1 kawat nol yang dihubungkan dengan kawat yang dimasukkan dalam *vinyle tube* ke bagian jaringan tegangan rendah dibawahnya.

12. Tiang HH 17

Tiang HH 17 juga merupakan gardu transformator tiang, tetapi yang dipasang pada tiang ini tiga buah single fasa transformator 25, 37,5 atau 50 KVA. Tiga buah *line arrester 28 KV; 2,5 KA* dipasang pada bagian primer trafo, sedangkan bagian sekunder terdiri dari 3 fasa kawat dan satu kawat nol yang

dihubungkan pada jaringan tegangan rendah melalui *vinyle tube* sepanjang 2 meter. Tiga buah transformator single phasa dipasang pada tiang dengan menggunakan transformator band khusus. Gambar tiang HH 1 sampai dengan tiang HH 17 dapat dilihat pada lampirati.

4.3. Perlengkapan Tiang

4.3.1. *Trekschoor (guy wire)*

Sebagai *trekschoor (guy wire)* digunakan steel wire/kawat baja pilin 22 mm yang dilengkapi dengan isolator *tdur/ball isolator*, *span schroef/tie rod* dan *pole block*. Beton plat (*pole block*) harus ditanam cukup dalam, minimal sedalam tiang yang tertanam dan sebagai urukannya dilakukan dengan menggunakan batuan yang dicampur dengan pasir. iPada bagian bawah *trekschoor* dilindungi pipa selubung berdiameter 1" sepanjang dua meter dan dicat wama hitam berseling putih.

Guy wire ini dipasang sebagai penunjang tiang konstruksi agar dapat berdiri kuat dan tegak lurus. *Guy vnire* ini terutama diperlukan untuk tiang percabangan, belokan tiang akhir atau ditempat-tempat lain yang sekiranya dianggap perlu menggunakan *guy wire*.

Kabel baja untuk *Guy wire* dan *guy wire block* juga *ball insulator*

Kawat baja mm	Jumlah inti	Kuat tarik yang dibolehkan
38	7 x 2,6	1500 Kg
55	7 x 3,2	2300 Kg
90	7 x 4	3000 Kg

Ball - Insulator Type	Kuat tarik yang dibolehkan
B - 38	1400 Kg
B - 55	2100 Kg
B - 90	3200 Kg

Guy - Wire Block	Kuat tarik yang dibolehkan
Tipe B 2	2000 Kg
Tipe B 3	3000 Kg

4.3.2. *Strut Pole (Drukschoor)*

Strut Pole berfungsi untuk menunjang tiang dan dipakai apabila guy wire tidak dapat dipakai karena suatu hal, misalnya keadaan daerah yang berair. *Strut Pole* menggunakan tiang yang lebih rendah dari konstruksi pemasangan biasa.

Drukschoor juga dilengkapi dengan penguat ditengah dengan pipa minimal 2" dijepit dan diikat dengan baut begel. Bagian dasar *drukschoor* yang tertanam dilandasi dengan *pole block*.

4.3.3. *Horisontal Guy Wire (Contramast)*

Pemasangan *contramast* dilakukan apabila *strutpole* dan *guy wire* tidak dapat dipasang berseberangan jalan dengan tiang konstruksi.

4.3.4. *Grounding*

Pada pemasangan *grounding*, pemasangan *ground rod* harus dilakukan. *Ground rod* tersebut ditanam secara vertikal sedalara ± 50 cm. *Ground rod* dihubungkan ke tiang dengan memakai kawat BC 25 mm" atau BC 50 mm . *Earth terminal* digunakan untuk menghubungkan kawat BC dengan tiang. *Grounding* juga dipasang pada alat pemutus trafo, *fuse cut offatm* pada tempat-tempat lain dimana diperlukan.

4.4. Komponen- Komponen Iltam a Distribusi

4.4.1. *Cross Arm* Dipasang Melintang Pada Tiang Dan Disangga Dengan *ArmTie*

Pemasangan *cross arm* dan penyangga dilakukan dengan *arm band* dan *arm tie band* yang diikat dengan baut.

Dalam pemasangan *cross arm* hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Modifikasi lubang harus benar-benar tepat dengan petunjuk-petunjuk yang ada supaya pemasangannya bisa tegak lurus terhadap tiang.
- Pemasangan *cross arm* dengan *arm tie* harus sedemikian rupa kekuatannya sehingga bila konduktor, isolator, *cross arm* dipasang tidak boleh bergeser.

4.4.2. Isolator Lengkap Dengan Sarana Dan Pengecekan Kondisi

Pin isolator dan post insulator harus dipasang tegak lurus terhadap *cross arm* dan tidak miring ataupun kendur, serta kuat kedudukannya, sehingga apabila pemasangan konduktor dilakukan, posisi isolator tersebut tidak berubah. Isolator gantung (*suspension isolatof*) harus mampu menahan tarikan sehingga tidak terlepas setelah konduktor dipasang pada isolator. Memasang isolator termasuk memasang *band strap* sampai dengan *dead end clampnya*

4.5. Konduktor Dan Peralatan Lainnya

4.5.1. *Power Conductor* (Penghantar Daya)

Penarikan konduktor baru dapat dilaksanakan setelah semua pekerjaan persiapan, terutama pekerjaan-pekerjaan yang berhubungan dengan tindakan pengamanan, antara lain:

1. *Guy wire, Strut Pole*, atau *horizontal Gny Wire* harus sudah dipasang dengan baik dan kuat.
2. Pada tempat-tempat dimana konduktor akan melintasi saluran listrik lain, saluran telekomunikasi, rel kereta api atau jalan raya, harus telah dipasang andang-andang untuk pengamanan dan tanda-tanda pengaman lain yang diperlukan.

Selama penarikan harus dijaga agar kawat tidak rusak/cacat seperti luka, pintalan terbuka/putus. Selama pelaksanaan harus dijaga agar sesudah penarikan

selesai, tiang isolator tidak miring, bengkok, pecah, maupun patah. Setelah penarikan selesai segera dilakukan pemeriksaan sepanjang saluran udara distribusi yang dipasang dan membebaskan jalur yang terhambat seperti pohon-pohon.

Untuk mengetahui berapa beratnya tarikan dari SUTM yang terdiri dari bermacam-macam ukuran itu, lihat tabel dibawah:

Macam hantaran	AAAC telanjang 30x3	AAAC/ AAAC-OC 55x3	AAAC/ AAAC-OC 110x3	AAAC/ AAAC-OC 150x3
Daya tarik maximum (Kg)	410Kg	695 Kg	HOOKg	4190Kg

4.5.2. Andongan

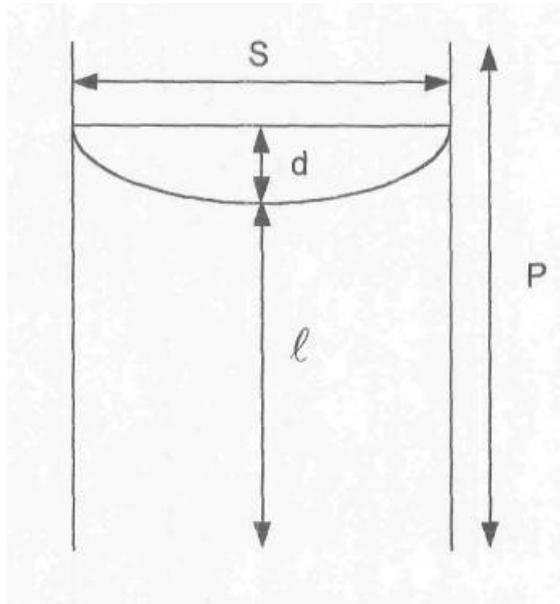
Sesuai dengan peraturan dan ketentuan jaringan distribusi udara untuk 20 KV maka andongan yang dipergunakan adalah:

Conductor (D)	Span(S)			
	30 m	40 m	50 m	60 m
AAAC	25	40	65	90
AAAC-OW	30	50	80	110
AAAC-OC	35	60	95	135

Untuk perhitungan andongan dapat menggunakan data kabel AAAC pada lampiran. Adapun data yang ada sebagai berikut:

- Kabel AAAC 3 x 150 mm².
- Berat Konduktor (kg/m) = 0,406
- Tegangan Kawat Maksimum (kg) = 4.190

Jarak antar tiang (m) = 50



Perhitungan untuk penunjang tiang yang sama dengan menggunakan rumus New Jec sebagai berikut:

	Parabola
Andongan	$d = \frac{W \times S^2}{8T}$
Panjang Konduktor	$L = S \times \left[1 + \frac{1}{24} \left(\frac{W \times S}{T} \right)^2 \right]$
Tegangan Kawat Maksimum	$T_{A,B} = T \times \left[1 + \frac{1}{8} \left(\frac{W \times S}{T} \right)^2 \right]$

dimana : d = andongan (cm)

W = berat konduktor (kg/m)

S = jarak antar tiang (40-50m)

T = tegangan kawat maksimum (kg)

L = panjang konduktor (m)

$$d = \frac{0,406 \times 50^2}{8 \times 4.190}$$

$$= 0,0303 \text{ m}$$

$$= 3,03 \text{ cm}$$

$$L = 50 \times \left[1 + \frac{1}{24} \left(\frac{0,406 \times 50}{4.190} \right)^2 \right]$$

$$= 50,0000489 \text{ m}$$

$$T_{A,B} = 4.190 \times \left[1 + \frac{1}{8} \left(\frac{0,406 \times 50}{4.190} \right)^2 \right]$$

$$= 4.190,012293 \text{ kg}$$

$$\ell = P - d$$

$$= 12 - 0,0303$$

$$= 11,9697 \text{ m}$$

Perhitungan untuk penunjang tiang yang tidak sama dengan menggunakan rumus New Jec sebagai berikut:

	Parabola
Andongan	$d = \frac{W \times S^2}{8T}$ $dA = d \left(\frac{h}{4 \times d} - 1 \right)^2 ; dB = d \left(\frac{h}{4 \times d} + 1 \right)^2$
Panjang Konduktor	$L = S \times \left[1 + \frac{1}{24} \left(\frac{W \times S}{T} \right)^2 + \frac{1}{2} \tan^2 \delta \right]$ $\frac{1}{2} \tan^2 \delta = \left(\frac{h}{S} \right)^2$
Tegangan Kawat Maksimum	$T_{A,B} = T + (W \times d_{A,B})$

$$d = \frac{0,406 \times 50^2}{8 \times 4.190}$$

$$= 0,0303 \text{ m}$$

$$= 3,03 \text{ cm}$$

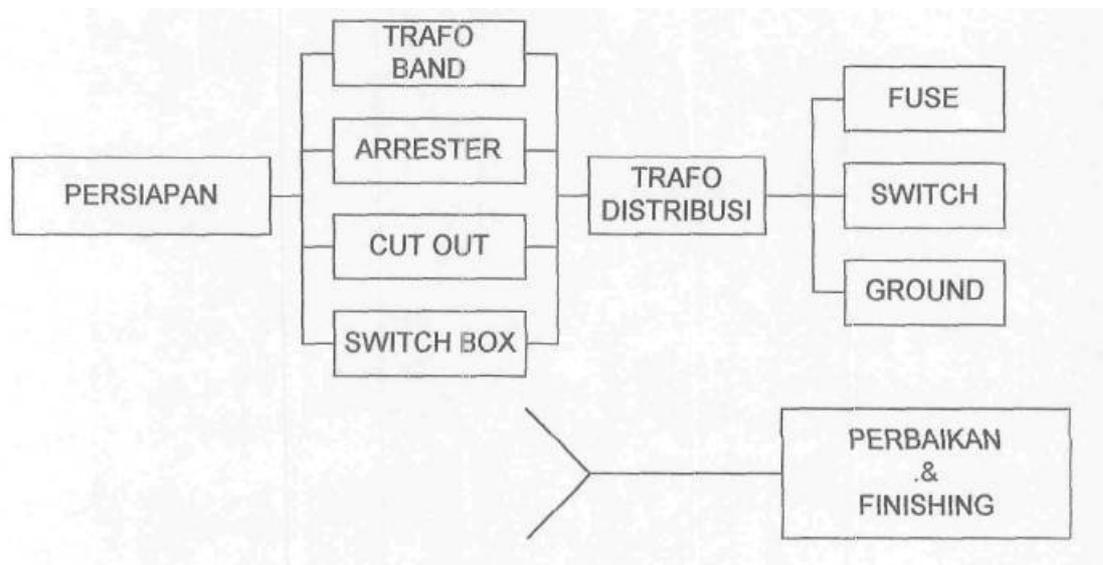
$$\begin{aligned}
 dA &= 0,0303 \left(\frac{1}{4 \times 0,0303} - 1 \right)^2 & dB &= 0,0303 \left(\frac{1}{4 \times 0,0303} + 1 \right)^2 \\
 &= 1,593 \text{ m} & &= 2,593 \text{ m} \\
 &= 159,3 \text{ cm} & &= 259,3 \text{ cm} \\
 L &= 50 \times \left[1 + \frac{1}{24} \left(\frac{0,406 \times 50}{4.190} \right)^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{50} \right)^2 \right] \\
 &= 50,0100489 \text{ m} \\
 T_A &= 4.190 + (0,406 \times 1,593) \\
 &= 4.190,646759 \text{ kg} \\
 T_A &= 4.190 + (0,406 \times 2,593) \\
 &= 4.191,052750 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.5.3. *Ground Wire* Dan *Vagnet* (Jaring Penadah)

Pemasangan *ground wire* dilaksanakan seperti penarikan konduktor, menarik *steel stranded wire* diatas tiang pengikat dan mengikatnya dengan *ground wire clip/strain. Clamp* pada tiang termasuk *earlh terminal* dan hubungannya. Selama pelaksanaan penarikan faarus dijaga agar kawat tidak rusak atau cacat. Pemasangan *Vagnet* bisa ditopang pada tiang penegang atau dengan mendirikan tiang batu.

4.6. **Trafo Distribusi Dan Kelengkapannya**

Langkah-langkah pemasangan trafo distribusi dapat dilihat urut-urutannya padagambar4.1.



Gambar 4.1. Skema Pemasangan Trafo Distribusi

Trafo dipasang pada tiang dengan transformator band atau konstruksi band untuk kedudukan trafo serta dilengkapi dengan arrester, fiise cut out, switch box / kotak pembagi tegangan rendah serta kelengkapan lainnya termasuk pengawatan dan groundingnya. Sebelum pengerjaan pemasangan dimulai, semua peralatan kerja harus tersedia dan diperiksa terlebih dahulu untuk menyakinkan bahwa peralatan dalam keadaan baik.

Langkah-langkah pemasangan trafo distribusi yaitu :

4.6.1. Pemasangan Fuse Cut Out Arrester

Memasang peralatan pemutus cut out dan pengaman arrester pada cross arm atau konstruksi besi sebagai kedudukan peralatan, pengawatan jieralatan dan hubungannya ke jaringan serta pemasangan groundingnya.

4.6.2. Pemasangan Switch

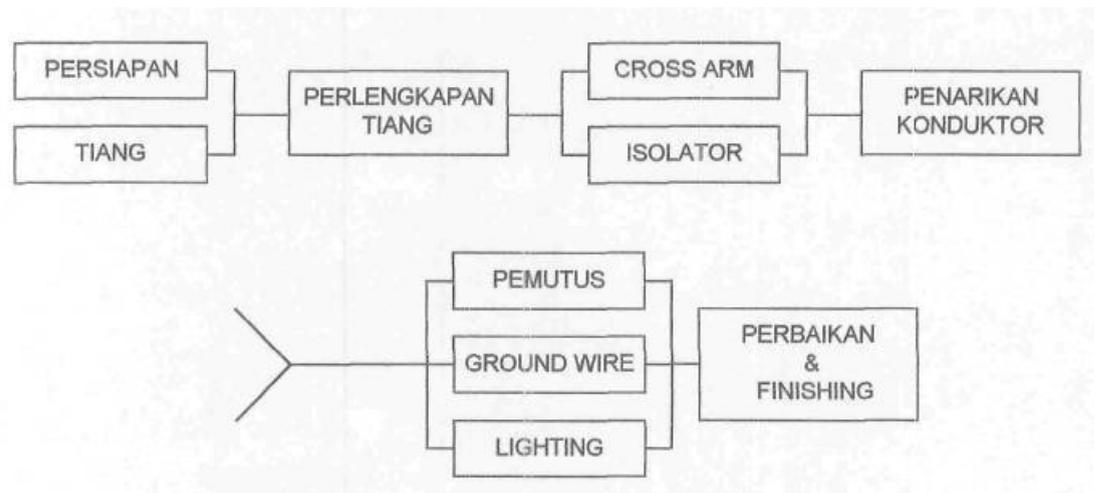
Pemasangan konstruksi besi sebagai kedudukan peralatan pada tiang dan peralatan switch pada kedudukannya, serta pemasangan groundingnya.

4.6.3. Pemasangan grounding

Pemasangan ground rod dengan kedalaman yang sesuai dengan persyaratannya, grounding, konduktor dan perlengkapannya serta pengawatan hubung ketitik netral trafo. Sebelum tiang dibebani trafo, tiang harus sudah diberi pole block pada bagian bawahnya supaya tiang tidak ambles dan dikontrol apakah ground rodnya sudah terpasang atau belum. Pemasangan trafo pada tiang dengan

cara dikerek secara perlahan-lahan dan diletakkan pada dudukan yang telah tersedia.

Apabila bekerja di daerah yang bertegangan maka segala tindakan-tindakan pendahuluan tentang keselamatan kerja harus mendapat perhatian utama. Untuk jaringan tegangan menengah, langkah-langkah persiapan tiang serta peralatannya dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2. Skema Pemasangan Jaringan Tegangan Menengah

4.7. Perhitungan Voltage Drop

Cara perhitungan drop tegangan menggunakan data sekunder dari PT. PLN (Persero) UPJ Surabaya Selatan.

Gardu Induk Waru

Total panjang SUTM : 138.438 Kms

Total panjang SKTM : 9.174 Kms

Trafo 3. 150/20 KV 60 MVA

Tegangan trafo : 21 KV

Rata – rata Tegangan hasil pengukuran : 20.3785 KV

Beda tegangan : 0.6215 KV

$$\begin{aligned} \% \Delta V &= \frac{621.5}{21.000} \times 100 \% \\ &= 2.9595 \% \end{aligned}$$

Trafo 4. 150/20 KV 60 MVA

Tegangan trafo	: 21 KV
Rata – rata Tegangan hasil pengukuran	: 20.3571 KV
Beda tegangan	: 0.6429 KV

$$\begin{aligned} \% \Delta V &= \frac{642.9}{21.000} \times 100 \% \\ &= 3.0614 \% \end{aligned}$$

Trafo 5. 150/20 KV 60 MVA

Tegangan trafo	: 21 KV
Rata – rata Tegangan hasil pengukuran	: 20.5571 KV
Beda tegangan	: 0.4429 KV

$$\begin{aligned} \% \Delta V &= \frac{442.9}{21.000} \times 100 \% \\ &= 2.1090 \% \end{aligned}$$

Trafo 6. 150/20 KV 50 MVA

Tegangan trafo	: 20.5 KV
Rata – rata Tegangan hasil pengukuran	: 19.6214 KV
Beda tegangan	: 0.8786 KV

$$\begin{aligned} \% \Delta V &= \frac{878.6}{20.500} \times 100 \% \\ &= 4.2858 \% \end{aligned}$$

Trafo 7. 150/20 KV 50 MVA

Tegangan trafo	: 21 KV
Rata – rata Tegangan hasil pengukuran	: 20.6142 KV
Beda tegangan	: 0.3858 KV

$$\begin{aligned} \% \Delta V &= \frac{385.8}{21.000} \times 100 \% \\ &= 1.8371 \% \end{aligned}$$

4.8. Perkembangan Jumlah Pelanggan Dan Daya Tersambung

Berikut adalah data perkembangan jumlah pelanggan dan daya tersambung 10 tahun terakhir di wilayah surabaya selatan:

Tabel 4.1. Perkembangan Jumlah Pelanggan dan Daya Tersambung 1991

Bulan	Jumlah Pelanggan	MVA Tersambung
April 1991	370.339	984.994
Mei 1991	372.894	989.995
Juni 1991	377.302	999.045
Juli 1991	380.580	998.209
Agustus 1991	381.880	1.007.823
September 1991	383.398	1.006.059
Oktober 1991	386.468	1.010.237
November 1991	387.750	1.011.944
Desember 1991	388.999	1.011.178
Januari 1992	391.105	1.018.276
Februari 1992	391.920	1.021.781
Maret 1992	393.465	1.026.494

Tabel 4.2. Data Pelanggan Tahun 1994

No.	Uraian	Satuan	Wilayah Surabaya Selatan
1	Jumlah pelanggan	Lgn	460.801
	Rumah tangga	Lgn	422.816
	Sosial	Lgn	22.726
	Usaha	Lgn	11.508
	Industri	Lgn	2.408
	Gedung	Lgn	932
	Umum	Lgn	411

Tabel 4.2. Data Pelanggan Tahun 1994 (saimbungan)

No.	Uraian	Satuan	Wilayah Surababaya Selatan
2	Daya Tersambung	MVA	1.351,9
	Rumah tangga	MVA	355,1
	Sosial	MVA	36,6
	Usaha	MVA	107,9
	Industri	MVA	818,6
	Gedung	MVA	29,0
	Umum	MVA	4,8

Tabel 4.3. Data Pelanggan Tahun 1995

No.	Uraian	Satuan	Wilayah Surabaya Selatan
1	Jumlah pelanggan	Lgn	504.469
	Rumah tangga	Lgn	465.551
	Sosial	Lgn	21.283
	Usaha	Lgn	13.521
	Industri	Lgn	2.708
	Gedung	Lgn	916
	Umum	Lgn	490
2	Daya Tersambung	MVA	1.536,6
	Rumah tangga	MVA	398,8
	Sosial	MVA	43,2
	Usaha	MVA	131,1
	Industri	MVA	932,1
	Gedung	MVA	26,0
	Umum	MVA	5,4

Tabel 4.4. Data Pelanggan s/d Desember 2001

No.	Uraian	Satuan	Wilayah Surabiaya Selatan
1	Jumlah pelanggan	Lgn	433.382
	Rumah tangga	Lgn	397.119
	Sosial	Lgn	7.908
	Bisnis	Lgn	24.596
	Industri	Lgn	2.364
	Gedung pemerintah +	Lgn	1.395
	Penerangan jalan umum		
2	Daya Tersambung	MVA	1.512,5
	Rumah tangga	MVA	479,6
	Sosial	MVA	51,6
	Bisnis	MVA	173,1
	Industri	MVA	778,5
	Gedung pemerintah +	MVA	29,4
	Penerangan jalan umum		

Tabel 4.5. Data Pelanggan s/d Juli 2002

No.	Uraian	Satuan	Wilayah Surabaya Selatan
1	Jumlah pelanggan	Lgn	440.039
	Rumah tangga	Lgn	402.579
	Sosial	Lgn	7.978
	Bisnis	Lgn	25.642
	Industri	Lgn	2.406
	Gedung pemerintah +	Lgn	1.434
	Penerangan jalan umum		

Tabel 4.5. Data Pelanggan s/d Juli 2002 (sambungan)

No.	Uraian	SaLtuhan	Wilayah Surabaya Selatan
2	Daya Tersambung	MVA	1.534,5
	Rumah tangga	MVA	489,9
	Sosial	MVA	54,9
	Bisnis	MVA	186,1
	Industri	MVA	779,4
	Gedung pemerintah + Penerangan jalan umum	MVA	24,1

Dari data diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa secara umum perkembangan jumlah pelanggan dan daya tersambung adalah sebagai berikut:

Tahun	Jumlah Pelanggan	MVA Tersambung
1991	393.465	1.011,2
1994	460.801	1.351,9
1995	504.469	1.536,6
2001	433.382	1.485,5
2002	440.039	1.534,5

Dari data diatas, diketahui bahwa antara tahun 1991 sampai tahun 1995 terjadi peningkatan jumlah pelanggan sebanyak 111.004 pelanggan (28,212 %) dan peningkatan MVA tersambing sebesar 525,4 MVA (51,958 %). Namun antara tahun 1995 sampai tahun 2001, terjadi penurunan jumlah pelanggan sebanyak 71.087 pelanggan (14,091 %) dan penurunan jumlah MVA tersambung sebesar 23,1 MVA (1,5033 %). Hal ini terjadi karena adanya krisis moneter yang terjadi antara tahun 1997 sampai dengan 1998, menyebabkan jumlah pelanggan listrik berkurang. Namun pada tahun 2001/2002 terjadi peningkatan pelanggan

sebanyak 6.657 pelanggan (1,536 %) dan peningkatan MVA tersambung sebanyak 49 MVA (3,2985 %).

Sementara itu secara umum di Jawa Timur, pada tahun 1990 sampai dengan tahun 1995, perkembangan jumlah pelanggan dan daya tersambung adalah sebagai berikut:

Tahun	Jumlah Pelanggan	Prosentase	MVA tersambung	Prosentase
1990/1991	1.966.853		2.672,5	
1991/1992	2.175.034	10,5844 %	2.885,4	7,9663 %
1992/1993	2.395.162	10,1206 %	3.115,6	7,9781 %
1993/1994	2.736.782	14,2629%	3.585,9	15,095 %
1994	3.141.132	14,7746%	4.016,2	11,9997%
1995	3.660.156	16,5234%	4.608,9	14,7577 %

Jadi rata-rata pertumbuhan pelanggan dapat dihitung sebagai berikut" :

$$P_n = P_o (1 + x)^n$$

Dimana : P_n = Beban pada akhir tahun ke n

P_o = Beban mula-mula

x = laju pertumbuhan beban per tahun

n = jumlah tahun

$$\text{maka: } 3660156 = 1966853 (1 + x)^6$$

$$1,86092 = (1 + x)^6$$

$$1 + x = 1,10905$$

$$x = 0,10905 \times 100\%$$

$$x = 10,905\%$$

Sedangkan rata-rata penambahan MVA tersambung adalah

$$P_n = P_o (1 + x)^6$$

$$4608,9 = 2672,5 (1 + x)^6$$

$$1,72456 = (1 + x)^6$$

$$1 + x = 1,095081$$

² Turan Gonen. *Electric Power Distribution System Engineering*. (Singapore : McGraw-HillbookCo.,1986).p.66

$$x = 0.095081 \times 100\%$$

$$x = 9,5081\%$$

Dari perhitungan ini bisa diketahui bahwa tegangan distribusi yang ada sekarang (20 KV) sudah selayaknya ditingkatkan, apalagi umur jaringan SUIM yang ada sekarang sudah mencapai hampir 30 tahun, dan voltage drop yang ada sudah banyak yang melampaui batas normal 3 %. Sedangkan menurut ketentuan yang berlaku di Eropa, bila umur tegangan distribusi sudah mencapai 20 tahun, maka tegangan distribusi tersebut sudah harus ditingkatkan 2 kali lipat, agar voltage drop tetap memenuhi batas 3 %.