



Suhadi, dkk.

Teknik Distribusi Tenaga Listrik

untuk
Sekolah Menengah Kejuruan

JILID 2



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Suhadi, dkk.

TEKNIK DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK JILID 2

SMK



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang

TEKNIK DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK JILID 2

Untuk SMK

Penulis Utama : Suhadi
Tri Wrahatnolo
Perancang Kulit : Tim
Ukuran Buku : 17,6 x 25 cm

HAR SUHARDI, Bambang
t Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 2 untuk SMK/oleh
Suhadi, Tri Wrahatnolo ---- Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah
Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan
Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
xii. 207 hlm
Daftar Pustaka : A1-A2
Glosarium : B1-B5
ISBN : 978-979-060-059-1
978-979-060-061-4

Diterbitkan oleh
Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah
Departemen Pendidikan Nasional
Tahun 2008

KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen Pendidikan Nasional, telah melaksanakan kegiatan penulisan buku kejuruan sebagai bentuk dari kegiatan pembelian hak cipta buku teks pelajaran kejuruan bagi siswa SMK. Karena buku-buku pelajaran kejuruan sangat sulit di dapatkan di pasaran.

Buku teks pelajaran ini telah melalui proses penilaian oleh Badan Standar Nasional Pendidikan sebagai buku teks pelajaran untuk SMK dan telah dinyatakan memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada seluruh penulis yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para pendidik dan peserta didik SMK.

Buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*download*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Dengan ditayangkan *soft copy* ini diharapkan akan lebih memudahkan bagi masyarakat khususnya para pendidik dan peserta didik SMK di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri untuk mengakses dan memanfaatkannya sebagai sumber belajar.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para peserta didik kami ucapkan selamat belajar dan semoga dapat memanfaatkan buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, 17 Agustus 2008
Direktur Pembinaan SMK

KATA PENGANTAR

Sebagai buku pegangan, presentasi dalam buku ini ditekankan pada pokok-pokok yang diperlukan dalam praktek distribusi tenaga listrik sehari-hari. Oleh sebab itu disini akan lebih banyak terlibat gambar-gambar dan tabel-tabel dari pada rumus-rumus yang rumit. Rumus-rumus yang disajikan hanya bersifat praktis dan sederhana.

Buku ini disusun berdasar Kurikulum SMK Edisi tahun 2004, yang merupakan penyempurnaan dari Kurikulum SMK Edisi tahun 1999 sebagai bagian dari rencana jangka panjang upaya untuk lebih meningkatkan kualitas lulusan sekolah menengah kejuruan. Penulis telah berusaha maksimal untuk memenuhi harapan sesuai dengan tujuan dan misi yang ada di dalam kurikulum tersebut.

Sebagai buku panduan untuk mencapai standard kompetensi kinerja secara nasional, sangat disadari bahwa buku ini masih jauh dari sempurna, saran dan masukan yang konstruktif dan membangun terhadap buku ini maupun umpan balik berdasarkan pelaksanaan di lapangan sangat dinantikan dan terbuka pada semua pihak.

Penulis sangat berterima kasih kepada Sub Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menyajikan karya terbaik berupa penulisan buku, walaupun masih jauh dari sempurna.

Terima kasih juga penulis sampaikan kepada bapak Munadji, BA direktur CV. Bintang Lima Surabaya, dan bapak Drs. Heru Subagyo selaku Ketua AKLI Jawa Timur dan rekan-rekan APEI yang telah memberikan referensi yang sangat bermanfaat dalam penulisan buku ini.

Akhirulkalam, penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada isteri dan anak-anaknya yang telah banyak mengorbankan jam-jam istirahat, hari-hari Minggu dan hari-hari libur untuk kepentingan penulisan buku ini oleh suami dan ayah mereka.

SINOPSIS

Buku ini menekankan pokok-pokok yang diperlukan dalam praktek distribusi tenaga listrik sehari-hari. Pengguna buku ini adalah siswa SMK jurusan teknik distribusi tenaga listrik. Di dalam buku ini banyak disajikan gambar-gambar yang dapat membantu/mempermudah para siswa agar mengenal materi yang ada di lapangan/industri.

Materi dalam buku ini sebagian besar diambil dari bahan pelatihan yang dilakukan oleh para praktisi (kontraktor listrik), tingkat Ahli Madya (setara D3) dan Ahli Muda (setara SMK), juga materi pelatihan dari diklat yang sesuai dengan kompetensi yang diinginkan. Penggunaan buku ini didampingi modul yang disusun sesuai dengan Kurikulum SMK tahun 2004.

Buku ini menyajikan gambar-gambar rakitan (susunan) hasil kerja yang sudah jadi dan alat-alat kerja yang digunakan. Penulis mengharapkan para pembimbing praktik (guru) sudah memiliki keterampilan (skill) memadai sehingga mampu menjelaskan gambar –gambar yang ada.

Materi dalam buku ini merupakan materi terapan yang sangat menarik untuk di kaji lebih dalam.

DAFTAR ISI

PENGANTAR DIREKTUR PEMBINAAN SMK.....	i
KATA PENGANTAR PENULIS.....	ii
SINOPSIS	iii
DAFTAR ISI	iv
PETA KOMPETENSI	vi

JILID 1

BAB I PENDAHULUAN	1
1-1 Pemanfaatan Tenaga Listrik	1
1-2 Kualitas Daya Listrik	1
1-3 Keselamatan Pemanfaat Tenaga Listrik	2
1-4 Sistem Ketenagalistrikan	3
1-5 Klasifikasi Sistem Tenaga Listrik	5
1-6 Regulasi Sektor Ketenagalistrikan	5
1-7 Standarisasi dan Sertifikasi	7
BAB II SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK	11
2-1 Pengertian dan Fungsi Distribusi Tenaga Listrik	11
2-2 Klasifikasi Saluran Distribusi Tenaga Listrik	14
2-3 Tegangan Sistem Distribusi Sekunder	27
2-4 Gardu Distribusi	31
2-5 Trafo Distribuis	42
2-6 Pelayanan Konsumen	47
2-7 Dasar-dasar Perencanaan Jaringan Distribusi	53
BAB III ALAT PEMBATAS DAN PENGUKUR	63
3-1 Pembatas	63
3-2 Pemasangan, pengoperasian dan pemeliharaan	66
3-3 Alat Ukur Energi Arus Bolak-balik	66
3-4 Jenis-jenis kWH Meter	75
3-5 Pemasangan Alat Pembatas dan Pengukur	82

JILID 2

BAB IV JARINGAN DISTRIBUSI TEGANGAN RENDAH	95
4-1 Tiang Saluran Tegangan Rendah	95
4-2 Saluran Tegangan Rendah	100
4-3 Memasang Instalasi Penumaian	130
4-4 Memasang Saluran Kabel Tanah Tegangan Rendah	145
4-5 Sambungan Pelayanan	162
4-6 Gangguan pada Saluran Udara Tegangan Rendah	181
4-7 Mengatasi Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik	185
4-8 Pengaman terhadap Tegangan Sentuh	188
BAB V JARINGAN DISTRIBUSI TEGANGAN MENENGAH	205
5-1 Konsep Dasar dan Sistem	205

5-2 Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah	216
5-3 Penyambungan kabel tanah	234
5-4 Saluran Udara Tegangan Menengah	237
5-5 Konstruksi Saluran Udara Tegangan Menengah	239
5-6 Konstruksi Palang Sangga (<i>Cross Arm, Travers</i>)	264
5-7 Telekomunikasi untuk Industri Tenaga Listrik	275
5-8 Baterai dan Pengisinya	288

JILID 3

BAB VI SAKELAR DAN PENGAMAN PADA JARING DISTRIBUSI	293
6-1 Perlengkapan Penghubung/pemisah	293
6-2 Transformator	307
6-3 Saklar dan Fuse	319
6-4 Pengaman	339
6-5 Jenis Pengaman	349
6-6 Saklar Seksi Otomatis	351
6-7 Penutup Balik Otomatis (PBO)	355

DAFTAR PUSTAKA	
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR ISTILAH	

**KODE, JUDUL, KOMPETENSI DAN SUB KOMPETENSI
SESUAI STANDAR KERJA KOMPETENSI NASIONAL
PROGRAM KEAHLIAN TEKNIK DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK**

KODE KOMPETENSI	JUDUL KOMPETENSI	SUB KOMPETENSI
BAB IV APP DIS.KON.001 (2).A	Memasang APP Fasa Tunggal	Merencanakan dan menyiapkan pemasangan APP 1 fasa
		Memasang APP 1 Fasa
		Memeriksa hasil pemasangan APP 1 fasa
		Membuat laporan berita acara pemasangan
DIS.KON.002 (2).A	Memasang APP Fasa tiga Pengukuran Langsung	Merencanakan dan menyiapkan pemasangan APP 3 fasa
		Memasang APP 3 fasa
		Memeriksa hasil pemasangan APP 3 fasa
		Membuat laporan/berita acara pemasangan
DIS.KON.003 (2).A	Memasang APP Fasa tiga dengan transformator arus (TA) tegangan rendah (TR)	Merencanakan dan menyiapkan pemasangan APP 3 fasa dengan CT-TR
		Memasang APP 3 fasa dengan CT – TR
		Memeriksa hasil pemasangan APP 3 fasa dengan CT-TR
		Membuat laporan/berita acara pemasangan
DIS.KON.004 (2).A	Memasang Alat Pengukur Fasa Tiga Tegangan Menengah	Merencanakan dan menyiapkan pemasangan APP 3 fasa TM
		Memasang APP 3 fasa TM
		Memeriksa hasil pemasangan APP 3 fasa TM
		Membuat laporan/berita acara pemasangan
DIS.KON.005 (2).A	Memasang rele arus lebih untuk pembatas daya	Merencanakan dan menyiapkan pemasangan rele pembatas
		Memasang Rele pembatas
		Memeriksa hasil pemasangan rele pembatas
		Membuat laporan/berita acara pemasangan
DIS.KON.006 (2).A	Memasang alat bantu pengukuran	Merencanakan dan menyiapkan pemasangan alat bantu pengukuran
		Memasang alat bantu pengukuran
		Memeriksa hasil pemasangan rele pembatas
		Membuat laporan/berita acara pemasangan
DIS.HAR.001(2).A	Memelihara instalasi APP pengukuran langsung	Menerapkan prosedur pemeliharaan
		Menyiapkan pemeliharaan
		Memelihara instalasi APP
		Memeriksa instalasi APP
		Membuat laporan
DIS.HAR.002(2).A	Memelihara	Menerapkan prosedur pemeliharaan

KODE KOMPETENSI	JUDUL KOMPETENSI	SUB KOMPETENSI
	instalasi APP pengukuran tidak langsung	- Menyiapkan pemeliharaan - Memelihara instalasi APP - Memeriksa instalasi APP - Membuat laporan
DIS.HAR.003(2).A	Mengganti Instalasi APP Pengukuran Langsung	- Menerapkan prosedur pemeliharaan - Menyiapkan penggantian - Mengganti instalasi APP - Memeriksa instalasi APP - Membuat laporan
DIS.HAR.004(2).A	Mengganti Instalasi APP pengukuran tidak langsung	- Menerapkan prosedur pemeliharaan - Menyiapkan penggantian - Mengganti instalasi APP - Memeriksa instalasi APP - Membuat laporan
BAB V TR DIS.KON.008 (2).A	Mendirikan/menanam tiang	- Merencanakan dan mempersiapkan pendirian tiang dengan/tanpa penopangnya - Mendirikan tiang - Memasang tiang penopang - Mengidentifikasi masalah penanaman tiang - Membuat laporan penanaman tiang
DIS.KON.009 (2) A	Memasang saluran kabel udara tegangan rendah	- Merencanakan dan mempersiapkan pemasangan SKUTR - Memasang perlengkapan pelengkap - Memasang kawat tambat - Menarik SKUTR - Mengidentifikasi masalah pemasangan SKUTR - Membuat laporan pemasangan SKUTR
DIS.KON.010 (2).A	Memasang instalasi pembumian	- Merencanakan dan mempersiapkan pemasangan instalasi pembumian - Memasang instalasi pembumian - Mengukur tahanan elektroda - Mengidentifikasi masalah pemasangan instalasi pembumian - Membuat laporan pemasangan instalasi pembumian
DIS.KON.011 (1).A	Memasang konektor Saluran Kabel Udara Tegangan Rendah (SKUTR)	- Merencanakan dan mempersiapkan pemasangan konektor - Memasang konektor sadapan SKUTR - Memasang konektor lurus

KODE KOMPETENSI	JUDUL KOMPETENSI	SUB KOMPETENSI
		- Memasang sambungan SKUTR dengan SKTR - Mengidentifikasi masalah masalah pemasangan konektor - Membuat laporan pemasangan konektor
DIS.KON.012 (2).A	Menggelar saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR)	- Merencanakan dan mempersiapkan penggelaran SKTR - Menggelar SKTR - Menyambung SKTR - Mengidentifikasi masalah penggelaran SKTR - Membuat laporan
DIS.KON.013 (1).A	Memasang Peralatan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHBTR)	- Merencanakan dan mempersiapkan pemasangan PHB-TR - Memasang PHB-TR - Mengidentifikasi masalah pemasangan PHBTR - Membuat Laporan
DIS.KON.014 (2).A	Memasang Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR)	- Merencanakan dan mempersiapkan pemasangan SUTR - Memasang Perlengkapan pelengkap dan isolator - Memasang kawat tambat - Menarik SUTR - Mengidentifikasi masalah pemasangan SUTR - Membuat laporan pemasangan SUTR
DIS.OPS.001(2).A	Mengoperasikan sambungan pelanggan	- Menerapkan prosedur pengoperasian - Menyiapkan pengoperasian - Menyiapkan dokumen pengoperasian - Mengoperasikan sambungan pelanggan - Menanggulangi masalah operasi - Memeriksa dan membuat laporan - Menerapkan prosedur pengoperasian
DIS.OPS.002(2).A	Mengoperasikan Saluran Kabel Tegangan rendah (SKTR) atau opstyg tegangan rendah baru	- Menyiapkan pengoperasian. - Menyiapkan dokumen pengoperasian - Mengoperasikan SKTR dan kabel opstyg baru - Menanggulangi masalah operasi - Memeriksa dan membuat laporan

KODE KOMPETENSI	JUDUL KOMPETENSI	SUB KOMPETENSI
DIS.OPS.003(2).A	Mengoperasikan peralatan hubung bagi tegangan rendah (PHB-TR) baru	- Menerapkan prosedur pengoperasian - Menyiapkan pengoperasian - Menyiapkan dokumen pengoperasian - Mengoperasikan PHB-TR - Menanggulangi masalah operasi - Memeriksa dan membuat laporan
DIS.OPS.004(2).A	Mengoperasikan Semi Automatic Change Over (SACO) pada jaringan tegangan rendah	- Menerapkan prosedur pengoperasian - Menyiapkan pengoperasian - Mengoperasikan SACO - Menanggulangi masalah operasi - Memeriksa dan membuat laporan
DIS.OPS.005(2).A	Mengganti fuse pada Peralatan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB TR)	- Menerapkan prosedur pengoperasian - Menyiapkan pengoperasian - Mengganti Fuse PHB-TR - Memeriksa dan membuat laporan
DIS.OPS.006(2).A	Mengoperasikan saluran udara tegangan rendah	- Menerapkan prosedur pengoperasian - Menyiapkan pengoperasian. - Menyiapkan dokumen pengoperasian - Mengoperasikan SUTR baru - Menanggulangi masalah operasi - Memeriksa dan membuat laporan
DIS.OPS.007(1).A	Mencari gangguan pada saluran udara tegangan rendah	- Menerapkan prosedur pengoperasian - Menyiapkan sarana pekerjaan - Mencari gangguan pada SUTR - Menanggulangi masalah operasi - Memeriksa dan membuat laporan
DIS.OPS.008(2).A	Mengidentifikasi gangguan pada sistem Alat Pembatas dan Pengukur (APP)	- Menerapkan prosedur pengoperasian - Menyiapkan pelaksanaan - Menyiapkan dokumen pengoperasian - Melaksanakan identifikasi sistem APP - Menanggulangi masalah operasi - Memeriksa dan membuat laporan
BAB VI TM DIS.KON.015 (2).A	Menggelar Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM)	- Merencanakan dan mempersiapkan penggelaran SKTM - Menggelar SKTM

KODE KOMPETENSI	JUDUL KOMPETENSI	SUB KOMPETENSI
		- Mengidentifikasi masalah penggelaran SKTM - Membuat laporan
DIS.KON.016 (2).A	Memasang kotak sambung dan kotak ujung Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM)	- Merencanakan dan mempersiapkan pemasangan kotak sambung dan kotak ujung SKTM - Memasang kotak sambung - Melakukan berbagai macam pembubutan - Memasang kotak ujung - Memasang arester dan instalasi pembumian - Mengidentifikasi masalah pemasangan kotak sambung dan kotak ujung - Membuat laporan
DIS.KON.017 (2).A	Memasang Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)	- Merencanakan dan mempersiapkan pemasangan SUTM - Memasang perlengkapan pelengkap dan isolator - Memasang kawat tambat - Menarik SUTM - Mengidentifikasi masalah pemasangan SUTM - Membuat laporan pemasangan SUTM
DIS.KON.018 (2).A	Memasang peralatan penghubung/pemisah	- Merencanakan dan mempersiapkan pemasangan SUTM - Memasang peralatan penghubung/pemisah - Mengidentifikasi masalah pemasangan peralatan penghubung/pemisah - Membuat laporan
DIS.KON.019 (2).A	Memasang Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM)	- Merencanakan dan mempersiapkan pemasangan SKUTM - Memasang perlengkapan pelengkap - Memasang kawat tambat - Menarik SKUTM - Mengidentifikasi masalah pemasangan SKUTM - Membuat laporan
DIS.KON.020(2).A	Memasang kotak ujung dan kotak sambung Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM)	- Merencanakan dan mempersiapkan pemasangan kotak ujung dan kotak sambung SKUTM - Memasang Kotak sambung - Memasang kotak ujung - Membuat laporan
DIS.OPS.009(2).A	Mengoperasikan Saluran Kabel Tegangan	- Menerapkan prosedur pengoperasian. - Menyiapkan pengoperasian

KODE KOMPETENSI	JUDUL KOMPETENSI	SUB KOMPETENSI
	Menengah (SKTM) Baru	- Menyiapkan dokumen pengoperasian - Mengoperasikan jaringan SKTM - Menanggulangi masalah operasi - Memeriksa dan membuat laporan
DIS.OPS.010(2).A	Melokalisir gangguan pada SKTM	- Menerapkan prosedur pengoperasian - Menyiapkan pengoperasian - Menyiapkan dokumen pengoperasian - Mengoperasikan jaringan SUTM - Menganggulangi masalah operasi - Memeriksa dan membuat laporan
DIS.OPS.011(2).A	Mengoperasikan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) Baru	Mengoperasikan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) Baru
DIS.OPS.013(2).A	Mengganti fuse cut out pada SUTM	- Menerapkan prosedur pengoperasian. - Menyiapkan pengoperasian - Melaksanakan penggantian Fuse Link - Menanggulangi masalah operasi - Membuat laporan penggantian Fuse
DIS.HAR.037(1).A	Memelihara instalasi Ground Fault Detector (GFD)	- Menerapkan prosedur pemeliharaan - Menyiapkan pemeliharaan GFD - Memelihara GFD - Memeriksa dan membuat laporan pemeliharaan
DIS.KON.025(1).A	Memasang Indikator Gangguan Tanah (IGT)	- Merencanakan dan mempersiapkan pemasangan IGT - Memasang IGT - Mengidentifikasi masalah pemasangan peralatan penghubung/pemisah - Membuat laporan pemasangan IGT
DIS.HAR. 035(2).A	Memelihara sistem komunikasi suara	- Menerapkan prosedur pemeliharaan - Menyiapkan pemeliharaan - Memelihara instalasi sistem komunikasi suara - Membuat laporan pemeliharaan
DIS.HAR.039(2).A	Memelihara sistem Baterai dan rectifier inverter	- Menerapkan prosedur pemeliharaan - Menyiapkan pemeliharaan UPS dan rectifier catu daya - Memelihara sistem UPS dan rectifier catu daya - Menanggulangi masalah operasi

KODE KOMPETENSI	JUDUL KOMPETENSI	SUB KOMPETENSI
		Membuat laporan pemeliharaan
BAB VII SAKLAR DAN PENGAMAN DIS.OPS.014(2) A	Mengoperasikan Pole Top Switch (PTS)/Load Break Switch (LBS)	- Menerapkan prosedur pengoperasian - Menyiapkan pengoperasian - Menyiapkan dokumen pengoperasian - Mengoperasikan PTS dan Poletop LBS - Menanggulangi masalah operasi - Membuat laporan pengoperasian
DIS.OPS.015(2)A	Mengoperasikan Penutup Balik Automatic (PBO)/ Saklar Semi Automatic	- Menerapkan prosedur pengoperasian - Menyiapkan pengoperasian - Menyiapkan dokumen pengoperasian - Pengoperasian PBO dan SSO - Menanggulangi masalah operasi - Membuat Laporan Pengoperasian
DIS.OPS.016(2).A	Mengoperasikan Automatic Voltage Regulator (AVR) dan Cawasitor Voltage (CVR)	- Menerapkan prosedur pengoperasian - Menyiapkan pengoperasian - Menyiapkan pengoperasian - Mengoperasikan AVR dan CVR - Menanggulangi masalah operasi - Membuat laporan pengoperasian

BAB IV

JARINGAN DISTRIBUSI

TEGANGAN RENDAH

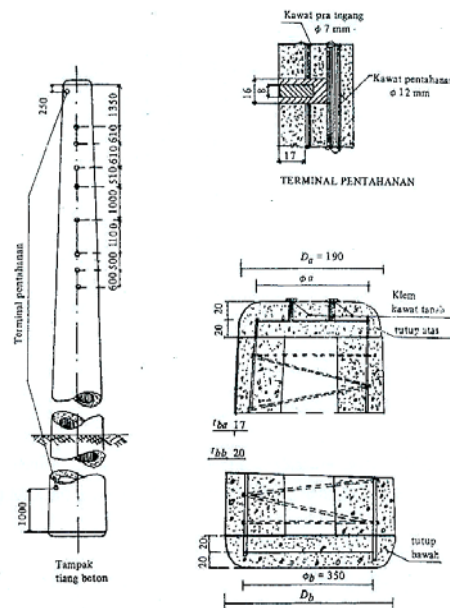
4-1 Tiang Saluran Tegangan Rendah

4-1-1 Jenis Tiang

Pada umumnya tiang listrik yang sekarang digunakan pada SUTR terbuat dari beton bertulang dan tiang besi. Tiang kayu sudah jarang digunakan karena daya tahannya (umumnya) relatif pendek dan memerlukan pemeliharaan khusus. Sedang tiang besi jarang digunakan karena harganya relative mahal dibanding tiang beton, disamping itu juga memerlukan biaya pemeliharaan rutin.

Dilihat dari fungsinya, tiang listrik dibedakan menjadi dua yaitu tiang pemikul dan tiang tarik. Tiang pemikul berfungsi untuk memikul konduktor dan isolator, sedang tiang tarik fungsinya untuk menarik konduktor. Sedang fungsi lainnya disesuaikan dengan kebutuhan sesuai dengan posisi sudut tarikan konduktor nya. Bahan baku pembuatan tiang beton untuk tiang tegangan menengah dan tegangan rendah adalah sama, hanya dimensinya yang berbeda.

4-1-2 Menentukan/memilih Panjang Tiang

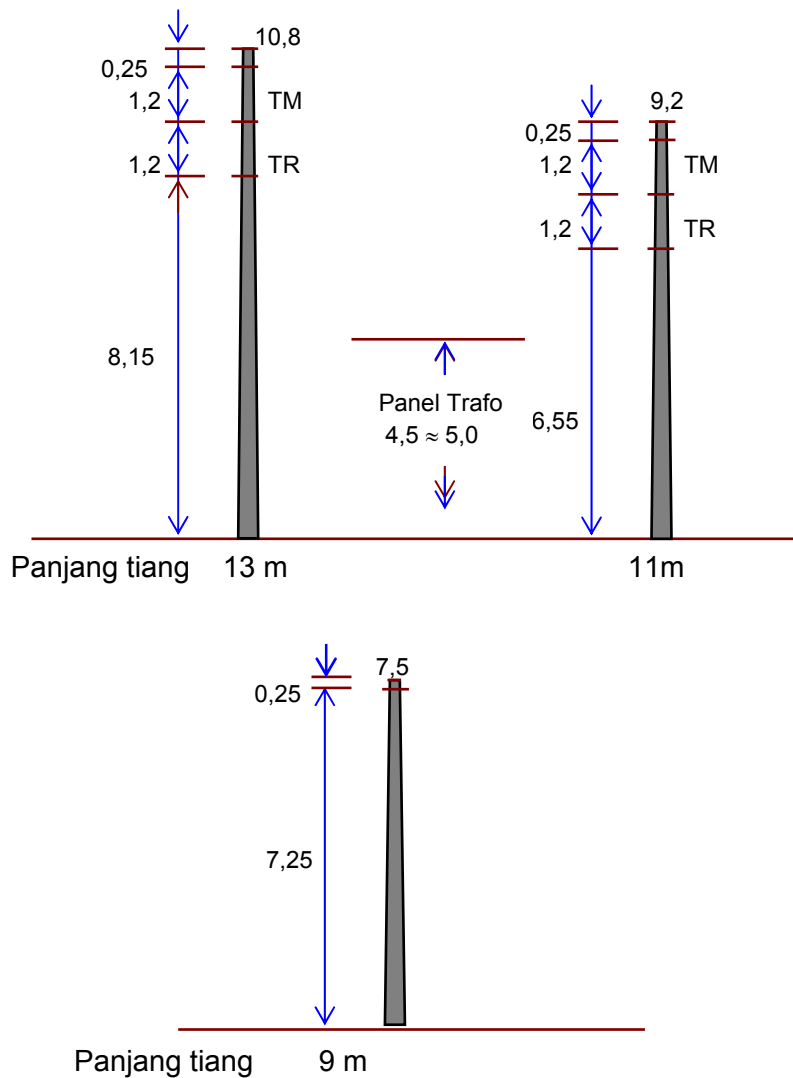


Gambar 4-1. Konstruksi Tiang Beton

Tiang beton untuk saluran tegangan menengah dan tegangan rendah dipilih berdasarkan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 4-1. Memilih Panjang Tiang

No.	Tegangan	Rangkaian	Panjang tiang (mtr)	Type (daN)	Span maksimum
1	Menengah	Tunggal	11	350	80
			13	350	120
2	Menengah	Ganda	11	350	50
			13	350	60
3	Rendah	Tunggal	9	100	40
			9	200	60



Gambar 4-2. Jarak aman yang diperlukan untuk menentukan panjang tiang

Pada jaringan tegangan rendah yang menggunakan tiang bersama dengan jaringan tegangan menengah maka jarak gawang (Span) harus di jaga agar tidak lebih dari 60 meter.

Di dalam menentukan panjang tiang beberapa faktor yang harus dipertimbangkan adalah; 1) jarak aman antara saluran tegangan menengah dan tegangan rendah, 2) Posisi trafo tiang, dan 3) tinggi rendahnya trafo dengan penyangga dua tiang. Gambar 4-2 menunjukkan jarak aman yang diperlukan untuk menentukan panjang tiang. Pada gambar tersebut diperlihatkan bahwa panjang tiang minimum untuk tegangan menengah 11 meter (9,2 meter diatas tanah) dan untuk tegangan rendah 9 meter (7,5 meter diatas tanah).

4-1-3 Jarak Aman Tiang Tegangan Rendah

Dari tabel 5-1 disebutkan bahwa tiang 9 meter type 200 daN dapat digunakan sampai jarak tiang 60 meter, sedang tiang 9 meter type 100 daN dapat digunakan terbatas sampai jarak tiang 40 meter, bahkan lebih pendek dengan pengurangan beban kawat, karena batas ketahanan momen hampir nol pada jarak(span) 40 meter, bila

**Tabel 4-2. Batas minimum penggunaan tiang beton
Pada jaring SUTR – TIC khusus**

Jumlah Jaring SUTR - TIC	SUTR-TIC Khusus	Gawang (Span)	50 m	Penggunaan Khusus	
				60 m	75 m
Sirkuit Tunggal	3x70+54,6 + 2x16	9/200	9/200	9/200	
	3x50+54,6 + 2x16				
	3x35+54,6 + 2x16				
	3x70+54,6 +1 x16				
	3x50+54,6 +1 x16				
	3x35+54,6 +1x16				
	3 x 70 + 54,6				
	3 x 50 + 54,6				
	3 x 35 + 54,6				
Sirkuit Ganda	3x70+54,6 + 2x16	9/200	9/500	9/500	
	3x50+54,6 + 2x16				
	3x35+54,6 + 2x16				
	3x70+54,6 +1 x16		9/200		9/200
	3x50+54,6 +1 x16				
	3x35+54,6 +1x16				
	3 x 70 + 54,6				
	3 x 50 + 54,6				
	3 x 35 + 54,6				

tekanan angin pada konduktor dan tiang mendekati momen ketahanan sebesar 724 kgm. Hal ini dapat di rinci sebagai berikut:

A: Momen pembengkok oleh tekanan angin pada konduktor = 522 kgm untuk jarak tiang 40 meter.

B: Momen pembengkok oleh tekanan angin pada tiang = 214 kgm

$$A + B = 736 \text{ kgm} \div 724 \text{ kgm.}$$

Ini berarti batas momen ketahanan tidak terlampaui untuk penurunan kawat. Tabel 5-2 menunjukkan batas minimum penggunaan tiang beton pada jaring SUTR –TIC khusus.

4-1-4 Merencanakan dan mempersiapkan mendirikan tiang

Untuk menentukan jumlah (kebutuhan) dan jenis tiang pada suatu lokasi, diperlukan data survai jaringan yang akan dipasang. Dari gambar situasi jaringan dapat ditentukan jenis dan perlengkapan tiang untuk lokasi tersebut, yaitu jumlah tiang TR dan penunjangnya. Tiang beton untuk Tegangan Rendah digunakan ukuran 9 meter, Gambar 4-5 dan gambar berikutnya menunjukkan konstruksi tiang beton dengan perlengkapannya sesuai dengan kebutuhan di lokasi.

Telah diuraikan diatas, jarak antar tiang ditetapkan sebesar 40-60 meter, namun jarak tersebut masih perlu disesuaikan dengan kondisi lokasi (masih bisa digeser). Dari gambar situasi jaringan dapat ditentukan jenis dan perlengkapan yang diperlukan (Material Distribusi Utama) untuk lokasi tersebut, yaitu jumlah tiang beton, konduktor, Kabel tanah dan Udara, serta isolator dan perlengkapannya.

Setelah mengetahui jumlah tiang beton yang diperlukan, selanjutnya mempersiapkan peralatan minimal yang diperlukan (yang harus disediakan oleh pemborong) untuk pekerjaan mendirikan tiang adalah sebagai berikut:

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------|
| a. Tool kit lengkap | g. Kantong kerja |
| b. Sabuk Pengaman | h. Tas kerja |
| c. Derek-tangan | i. Topi pengaman |
| d. Besi kaki tiga | j. Tampar 16 mm |
| e. Bor tanah | k. Linggis dan lain-lain. |
| f. Gerobak (untuk mengangkut tiang) | l. Tangga |

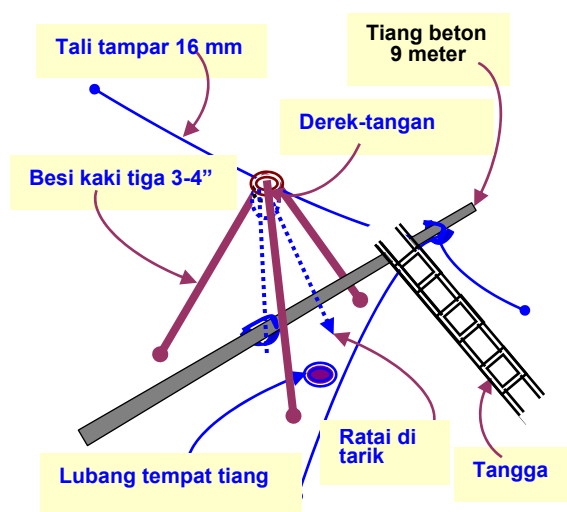
4-1-5 Mendirikan/menanam Tiang

Bagian tiang yang harus ditanam di bawah permukaan tanah adalah 1/6 dari panjang tiang. Jadi kedalaman lubang tergantung panjang/tinggi tiang yang akan dipasang. Pada tanah yang lembek bagian bawah tiang harus di pasang bantalan (beton blok) agar bagian tiang yang tertanam dalam tanah tetap 1/6 panjang tiang. Dari gambar 4-1 tampak bahwa untuk panjang tiang 13 meter bagian yang berada diatas tanah adalah 10,2 meter, untuk panjang tiang 11 meter bagian yang berada diatas tanah adalah 9,2 meter, dan untuk panjang tiang 9 meter bagian yang berada diatas tanah adalah 7,5 meter.

Pekerjaan mendirikan tiang beton diawali dengan menyiapkan gambar rencana penempatan tiang. Dari gambar rencana dapat ditentukan jumlah tiang yang diperlukan dan ditentukan pula letak dimana tiang akan didirikan

(ditandai dengan patok). Selanjutnya untuk mendirikan tiang dapat dilakukan langkah–langkah sebagai berikut: 1) Mempersiapkan alat-alat kerja dan perlengkapan yang diperlukan untuk mendirikan tiang tersebut, 2) Mendistribusikan tiang-tiang tersebut ke lokasi dimana letak tiang akan didirikan, 3) Menggali lubang pada setiap tempat yang akan didirikan tiang, 4) Jika galian sudah siap, maka kegiatan mendirikan tiang dapat dilakukan. Mendirikan tiang beton tegangan rendah (9 meter) dapat dilakukan dengan dua cara; **pertama** secara manual (konvensional), yaitu menggunakan derek-tangan dan dengan menggunakan penyangga (tangga). Cara ini dilaksanakan terutama pada lokasi-lokasi penanaman tiang yang sulit dijangkau dengan mobil derek. Pada tiang tegangan rendah (9 meter) hal ini sangat mungkin terjadi. Mendirikan tiang dengan cara manual dilakukan sebagai berikut:

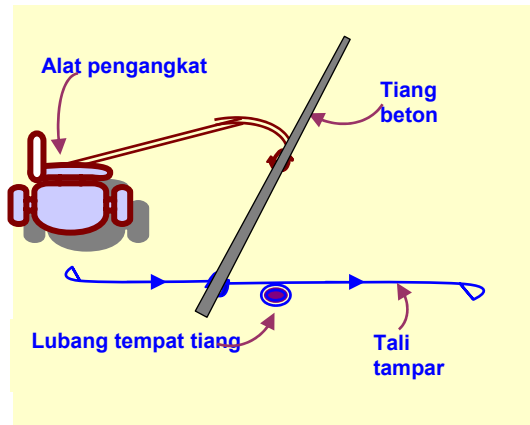
1) Sebelum tangga untuk penyangga tiang ditinggikan, terlebih dahulu tiang beton diangkat dengan derek-tangan, 2) Mengikatkan rantai derek-tangan pada bagian tengah tiang. Derektangan ini digantungkan pada besi kaki tiga yang disiapkan untuk pekerjaan ini. 3) Jika tiang beton sudah mulai dinaikkan, maka diikuti dengan tangga atau penopang yang lain untuk mendorong ke atas. 4) Disamping itu untuk mengendalikan arah tiang beton pada saat diangkat, dipasang tali tamper sebanyak 4(empat) atau 3(tiga) direntangkan ke arah berbeda, diikatkan pada posisi (15-20) % dari ujung atas tiang, untuk mengendalikan arah tiang pada saat diangkat. 5) Selanjutnya tiang ditarik/didorong ke atas sambil dikendalikan dari arah tali tamper tersebut, sampai bagian pangkal tiang mendekati dan masuk



Gambar 4-3. Mendirikan tiang cara manual

lubang. 6) Untuk tiang beton bertulang sebelum diuruk tanah, perhatikan arah lubang baut untuk penempatan *cross arm*. 7) Jika arah lubang belum sesuai putarlah tiang dengan mengikatkan tali pada tiang, kemudian tiang diputar sesuai dengan arah lubang tempat baut yang diinginkan. Selanjutnya uruk dengan tanah pada sekitar tiang sampai padat. Untuk tanah yang lembek pada pangkal tiang perlu dipasang pondasi atau diberi bantalan. **Kedua**, mendirikan tiang dengan alat pengangkat lebih cepat dan praktis, tidak memerlukan

banyak tenaga manusia (lihat Gambar 4-4). Setelah lubang tempat tiang disiapkan, maka tiang cukup diangkat dengan alat pengangkat, dan selanjutnya diperlukan bantuan untuk mengarahkan supaya pangkal tiang



Gambar 4-4. Mendirikan Tiang dengan alat pengangkat

tepat berada diatas lubang, kemudian tiang dimasukkan ke dalam lubang. Persyaratan yang lain sehubungan dengan kondisi tanah, sama dengan cara pertama.

4-2 Saluran Tegangan Rendah

Saluran Tegangan Rendah terdiri dari 3(tiga) macam, yaitu Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR), Saluran Kabel Udara Tegangan rendah (SKUTR), dan Saluran Kabel Tanah Tegangan Rendah.

4-2-1 Saluran Udara Tegangan Rendah

Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) dengan *LVTC* (*Low Voltage Twisted Cable*), saat ini sudah dikembangkan, hal ini untuk mempertinggi keandalan, faktor keamanan dan lain-lain. Untuk kabel *LVTC* ini pemasangannya, 1) di bawah SUTM (*Underbuilt*) dan 2) khusus *LVTC* (JTR murni). Spesifikasi kabel *LVTC* seperti tercantum pada tabel 4-3 halaman 99.

- *Accessories twisted cable* terdiri dari :

1. *Suspension assembly*
2. *Large angle assembly*
3. *Dead end assembly*
4. *Insulated tap connector* berbagai ukuran
5. *Insulated Nontension joint*
6. *Insulated tension joint*.
7. *Guy set / stay set SUTR*

Pemakaian *guy set* pada SUTR digunakan type ringan, pada *stay set* SUTR ini tidak mempergunakan guy insulator.

Spesifikasi material *guy set* sesuai dengan gambar standar, sedang kawat baja galvanisnya sbb. :

1. Ultimate load : 17 kN
2. Penampang : 22 mm²
3. Material : baja

Dalam pemasangan Saluran Udara, konduktor harus ditarik tidak terlalu kencang dan juga tidak boleh terlalu kendur, agar konduktor tidak menderita kerusakan mekanis maupun kelelahan akibat tarikan dan ayunan, dilain pihak dicapai penghematan pemakaian konduktor.

Dalam pemasangan kabel udara setelah tiang berdiri, sambil menggelar kabel dari haspel terlebih dahulu dipasang perlengkapan bantu (*klem service*), pengikat, pemegang dan sebagainya. Untuk kabel penghantar berisolasi, bagian yang diikat pada pemegang di tiang adalah

penghantar Nol, baik untuk dua kabel (sistem satu fasa) maupun empat kabel (sistem tiga fasa). Penarikan kabel dimulai dari salah satu tiang ujung, kemudian ditarik dengan alat penegang (*hand tracker*). Setelah tarikan dianggap cukup kuat, maka pada setiap tiang kabel Nol diikat dengan pemegang yang telah disiapkan.

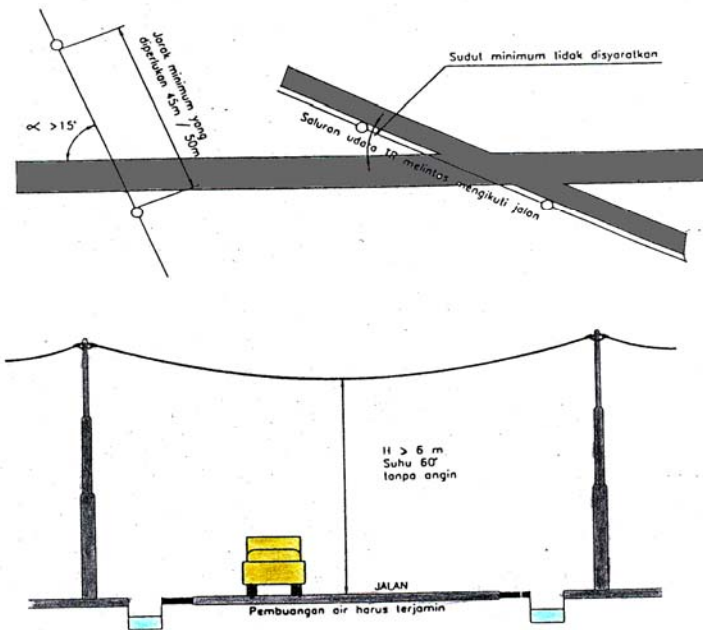
Sebagaimana diketahui bahwa harga konduktor berkisar 40% dari harga perkilometer jaringan. Batasan-batasannya adalah sebagai berikut:

- a) Tarikan AAAC yang diijinkan maksimum 30% dari tegangan putus (Ultimate tensile strength).
- b) Tarikan Twisted cable yang diijinkan maksimum 35% dari tegangan putus dari kawat penggantung.
- c) Andongan yang terjadi pada SUTR dengan jarak gawang 35-50 meter, tidak boleh lebih dari 1 meter.

Tabel 4-3. Spesifikasi kabel LVTC

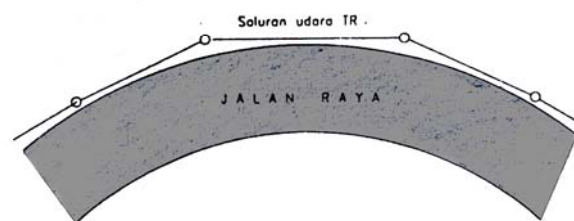
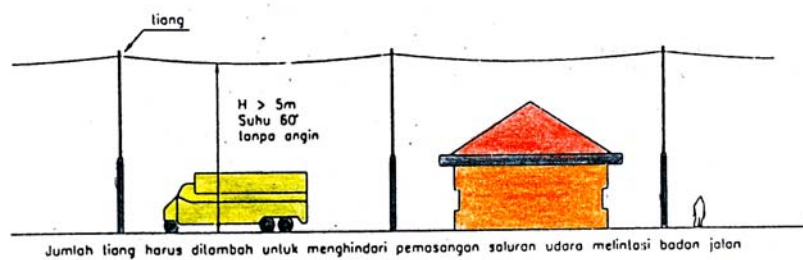
Spesifikasi	70 mm ²	50 mm ²	35 mm ²
- Max. Resistivity pada 20 ^o C (mm ² /m)	0,0283	0,0283	0,0283
- Minimum tensile strength (K/mm ²)	180	180	180
- Density at 20 ^o C (kg/dm ³)	2,7	2,7	2,7
- Koefisien of resistansi exp./ °C	0,004	0,004	0,004
- Cross section (mm ²)	70	70	70
- Diameter of bare conductor	10,1	8,4	7
- Tolerance of conductor diameter (%)	5	5	5
- Number of stranded	19	19	19
- Type of insulation	XLPE	XLPE	XLPE
- Ketebalan dari isolasi (mm)	18	18	18
- Dia. of cond. over installation (mm)	12,9	-	9,6
- Max. service/s.c. temperature/°C	80/130	80/130	80/130
- Max. arus pada amb. temperatur	205	146	132
- Voltage rating (Volt)	1000/600	1000/600	1000/600
- Berat kg/km	1000	786	550
- DC resistance at 20°C (Ohm/km)	0,443	0,613	0,876

Pada kontruksi jaringan tegangan rendah atau menengah harus diperhatikan lintasan yang akan dilewati saluran kabel, misalnya pada saat kabel udara melintasi jalan umum, kabel udara yang dipasang di bawah pekerjaan konstruksi, kabel udara melintasi sungai, dan lintasan- lintasan lain yang perlu perhatian sehubungan dengan keamanan kabel dan keselamatan mereka yang berada di sekitar kabel tersebut. Berikut ini adalah beberapa contoh bentuk saluran kabel udara yang melewati lokasi tersebut, dan ukuran-ukuran jarak aman terhadap lingkungan yang tercantum dapat digunakan sebagai acuan dalam melaksanakan tugas pemasangan kabel.

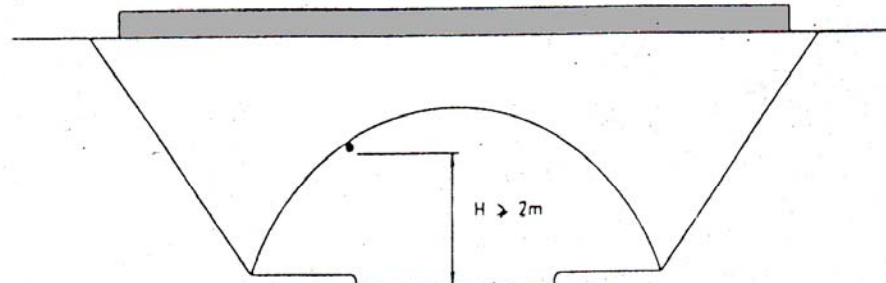


Gambar 4-5. Kabel udara melintasi jalan umum yang dilalui kendaraan bermotor.

Jarak keamanan H	Jalan umum	6 m
Pengantar Berisolasi	Jalan pribadi	4 m
	Wilayah Pribadi	3 m

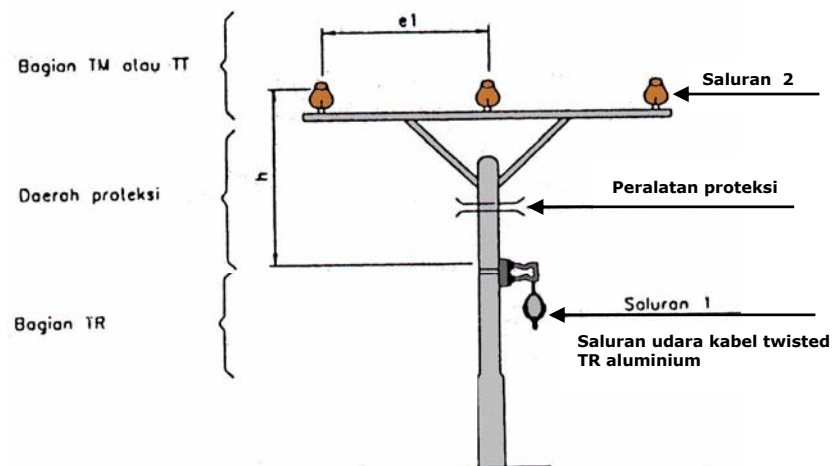


Gambar 4-6. Kabel udara yang dipasang di sepanjang jalan raya.



Penghantar TR harus dipasang diluar ukuran yang diijinkan dan sesuai dengan peraturan yang berlaku

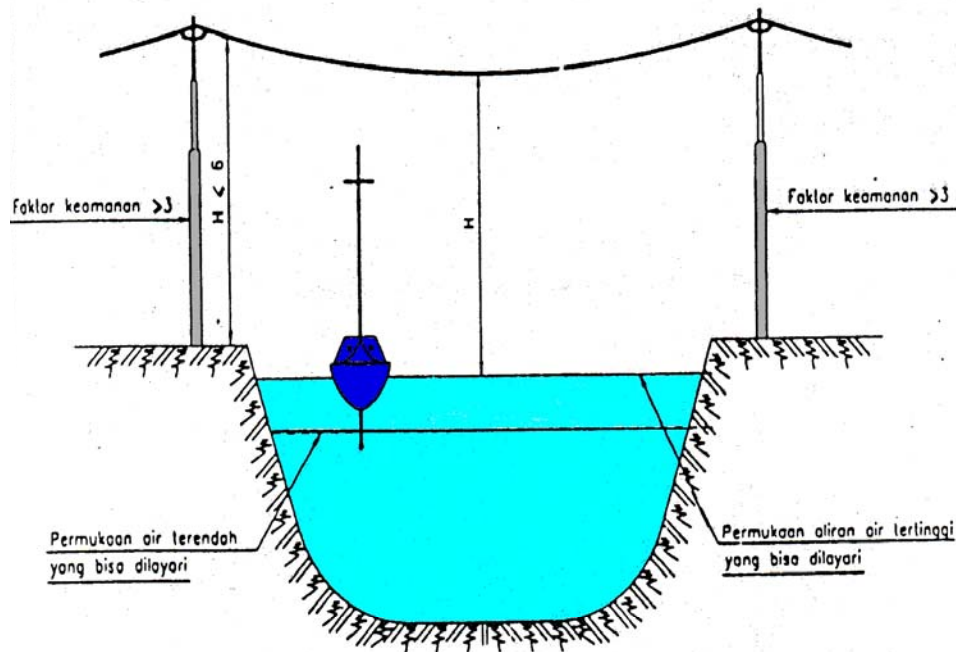
Gambar 4-7. Kabel udara yang dipasang di bawah pekerjaan konstruksi



$h > 1$ m jika tegangan saluran 2 lebih tinggi dari 130 V dan lebih rendah dari 57 kV
 $h > 2$ m jika tegangan saluran 2 lebih tinggi dari 57 kV

Gambar 4-8. Dua Kabel udara (SUTM & SUTR) dipasang pada satu tiang

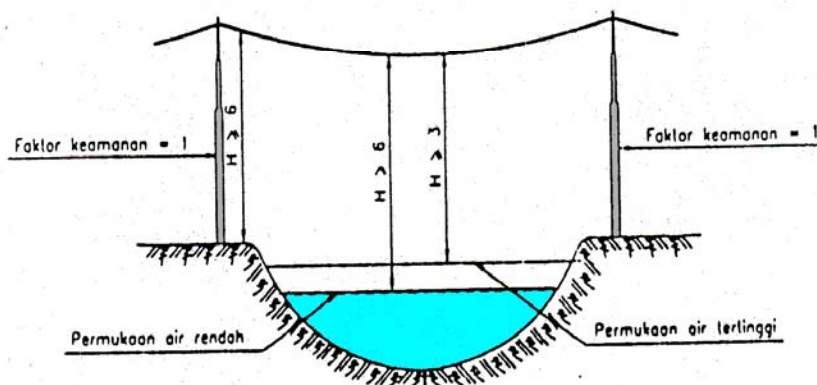
A. MELINTASI SUNGAI YANG BISA DILAYARI



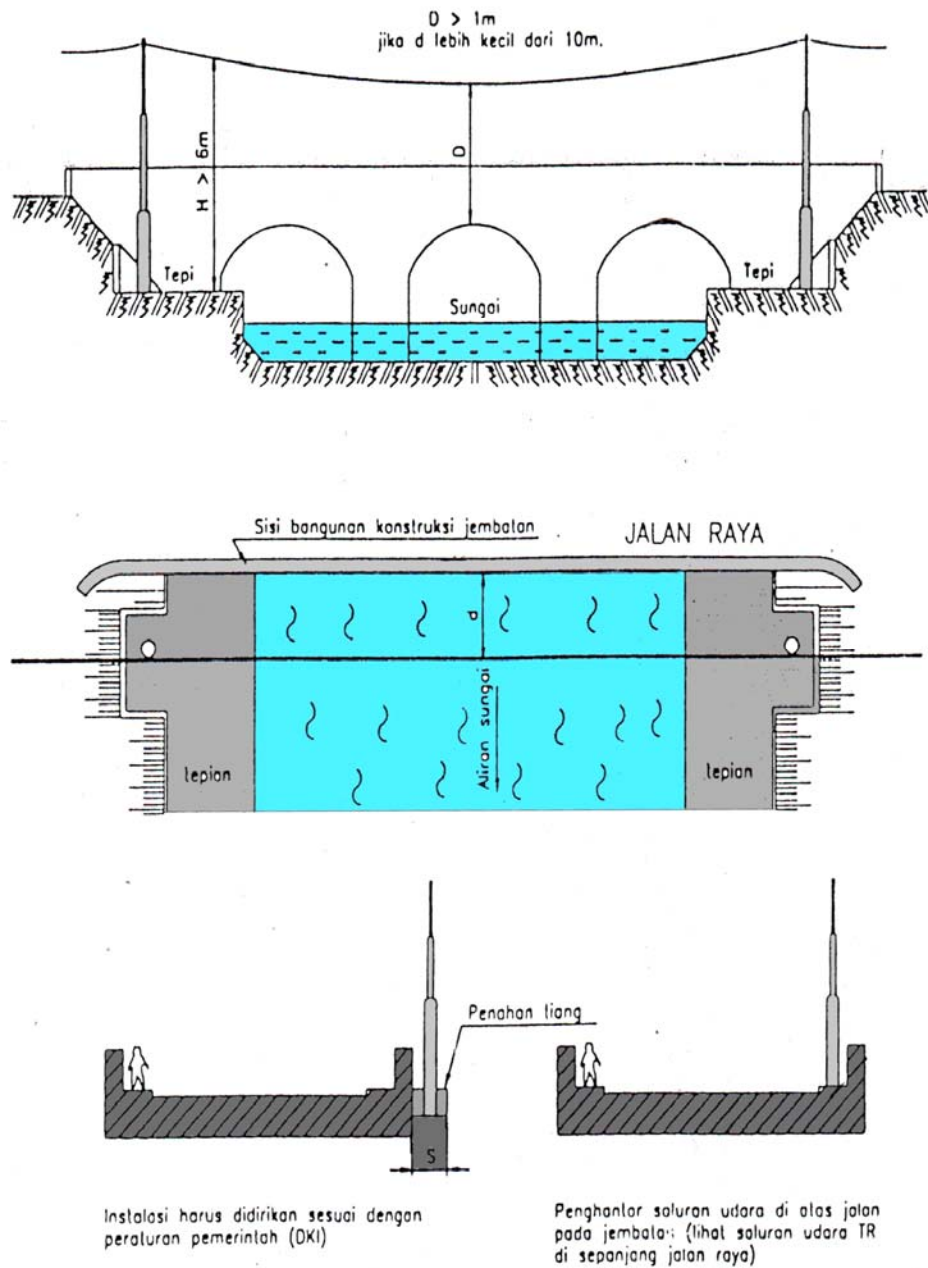
H tergantung dengan jenis kapal/perahu, peraturan pelayaran navigasi selempal

Untuk sungai pedalaman yang bisa dilayari, instalasi harus disesuaikan dengan peraturan pelayaran selempal yang berlaku

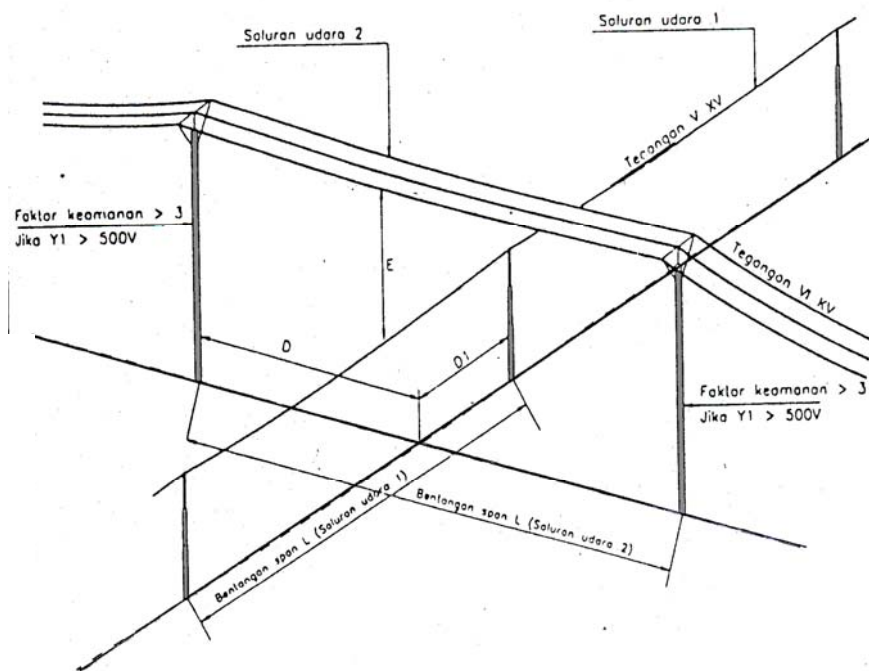
B. MELINTASI SUNGAI YANG TIDAK BISA DILAYARI



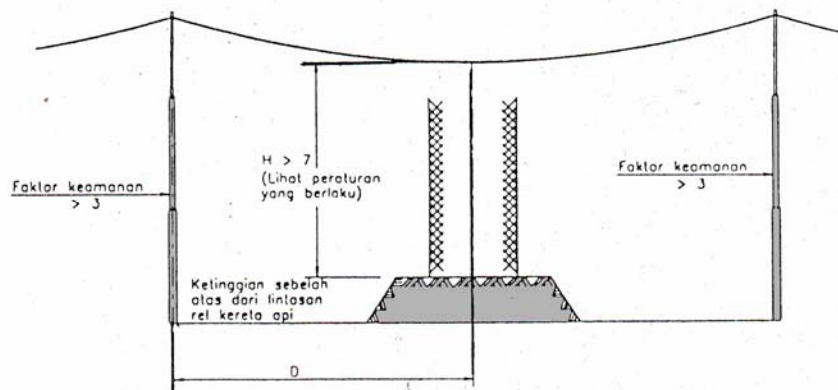
Gambar 4-9. Kabel udara melintasi sungai



Gambar 4-10. Kabel udara yang melintas di sebelah jembatan

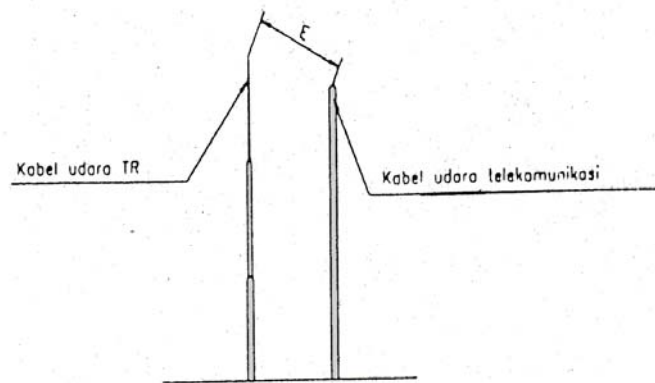


Gambar 4-11. Kabel udara melintasi jalur listrik saluran udara

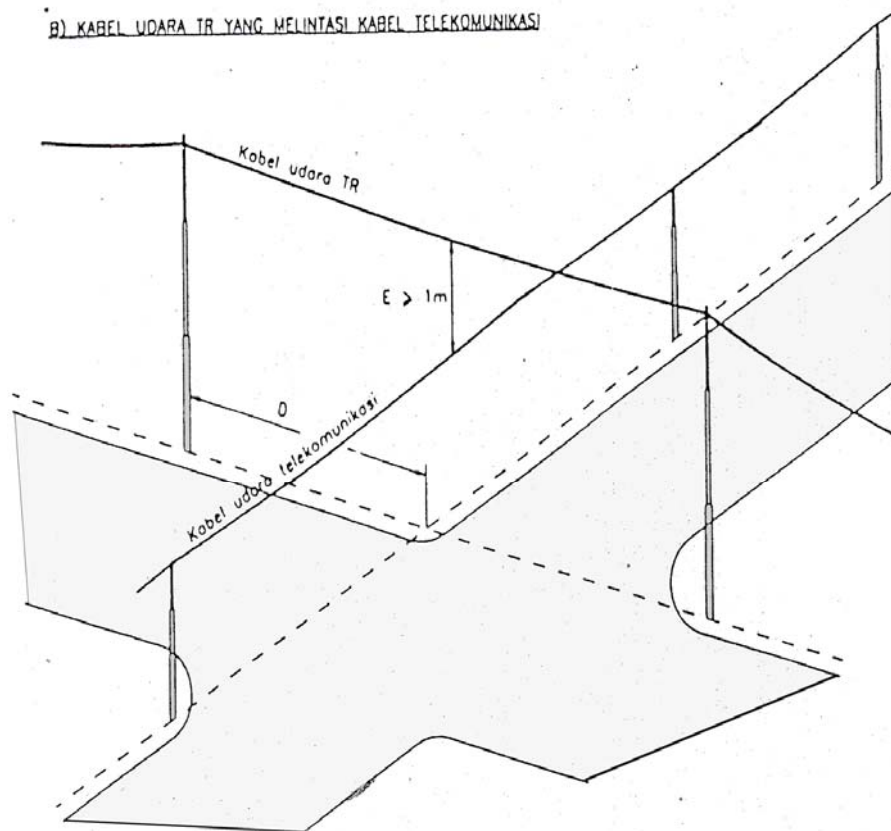


Gambar 4-12. Kabel udara yang melintasi rel kereta api

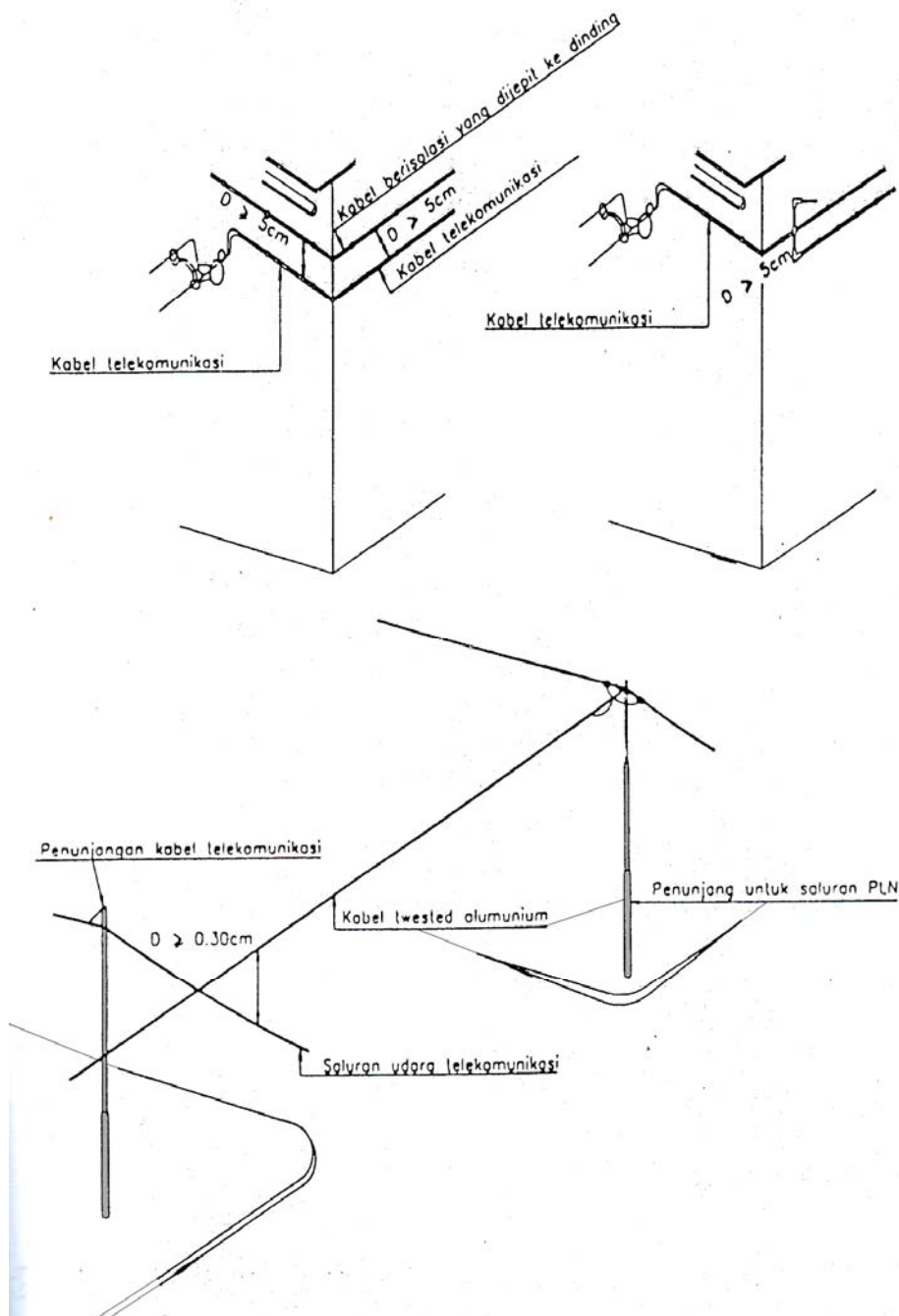
A) KASUS UMUM = $E > 1 \text{ m}$



B) KABEL UDARA TR YANG MELINTASI KABEL TELEKOMUNIKASI

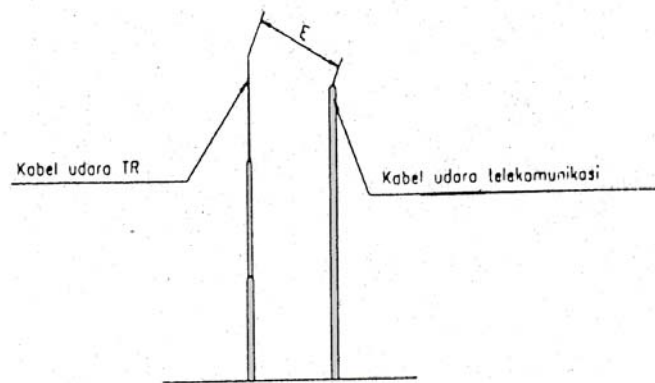


Gambar 4-13. Kabel udara yang melalui kabel udara telekomunikasi

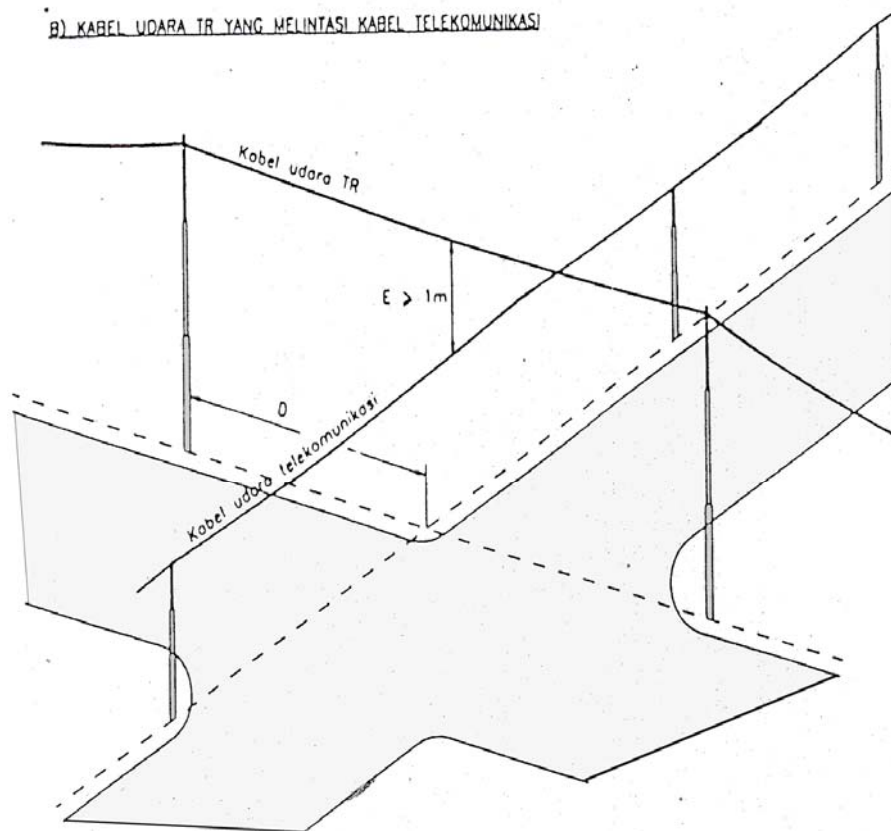


Gambar 4-14. Jarak dengan kabel telekomunikasi

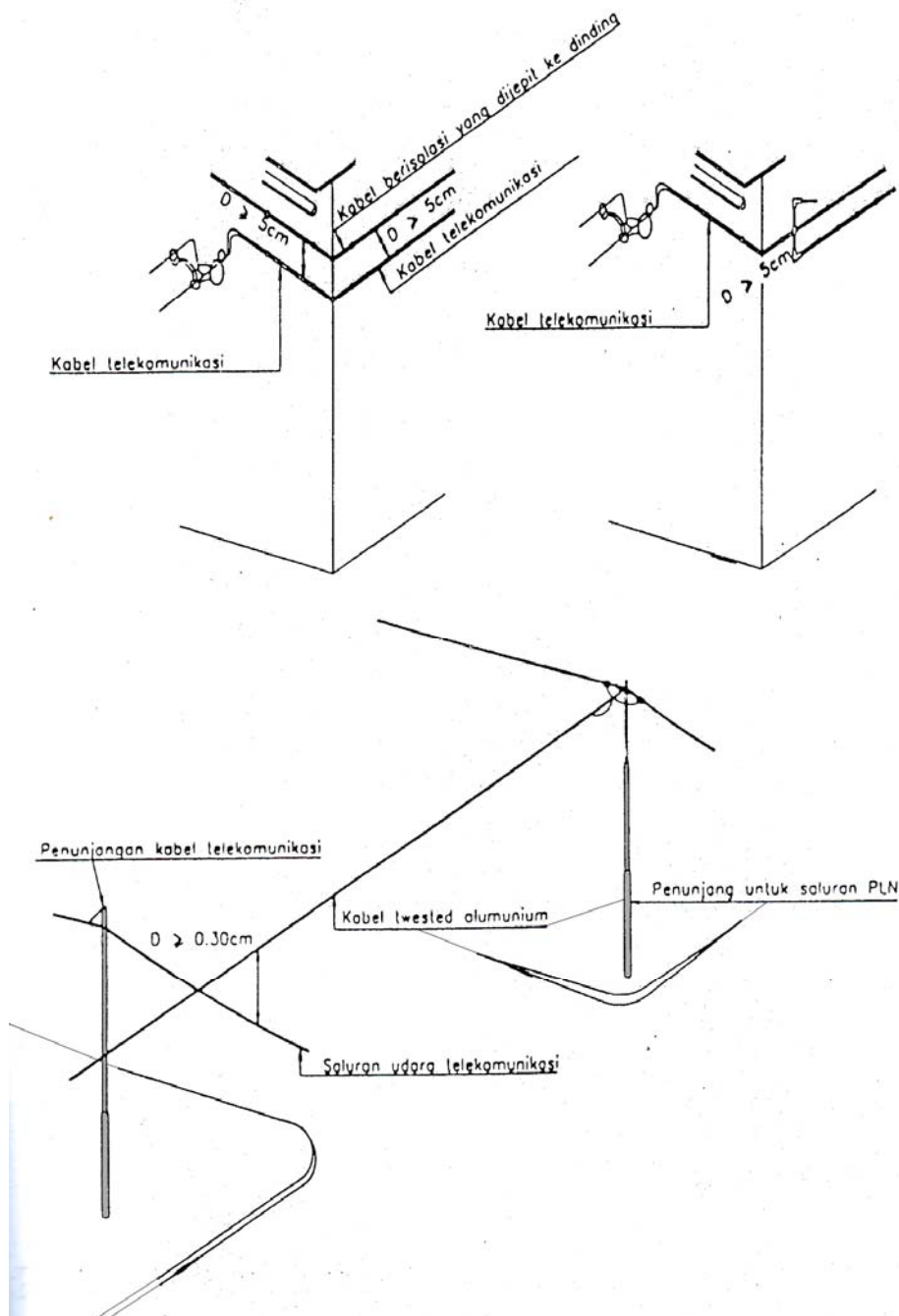
A) KASUS UMUM = $E > 1 \text{ m}$



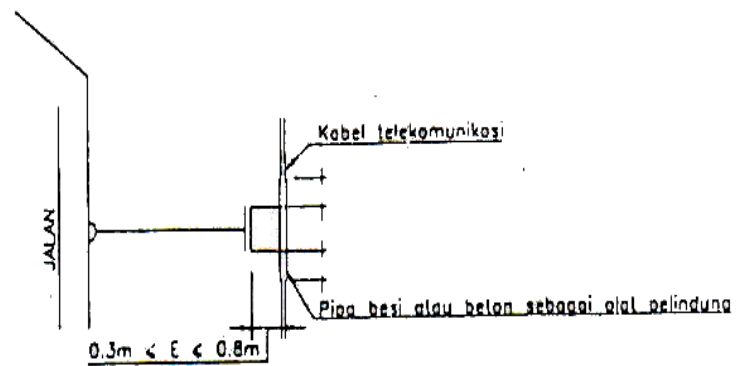
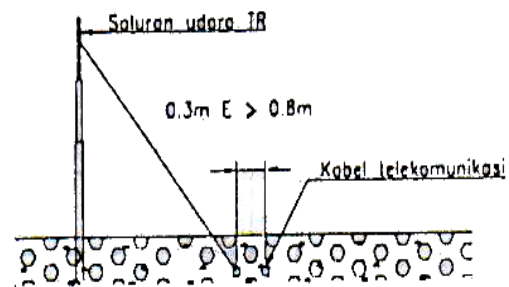
B) KABEL UDARA TR YANG MELINTASI KABEL TELEKOMUNIKASI



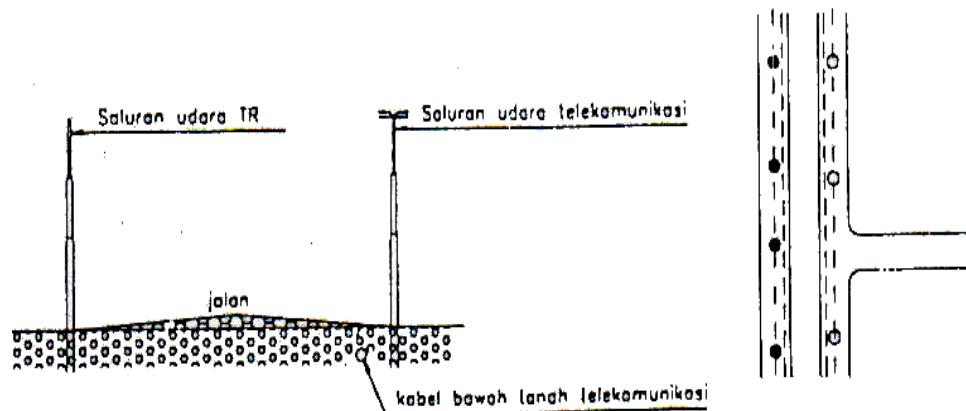
Gambar 4-13. Kabel udara yang melalui kabel udara telekomunikasi



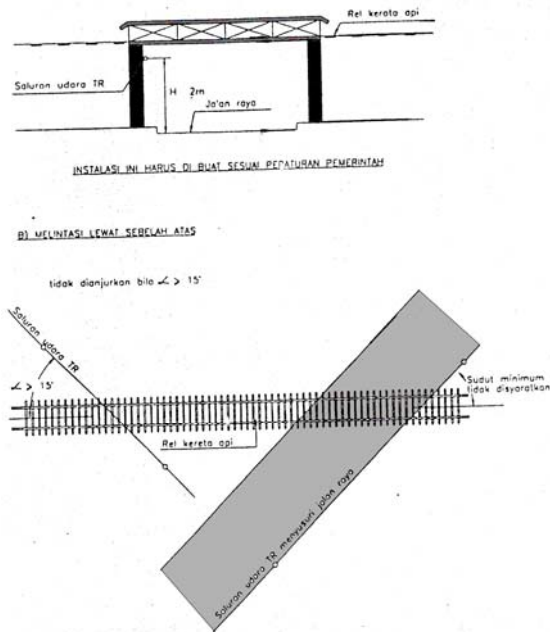
Gambar 4-14. Jarak dengan kabel telekomunikasi



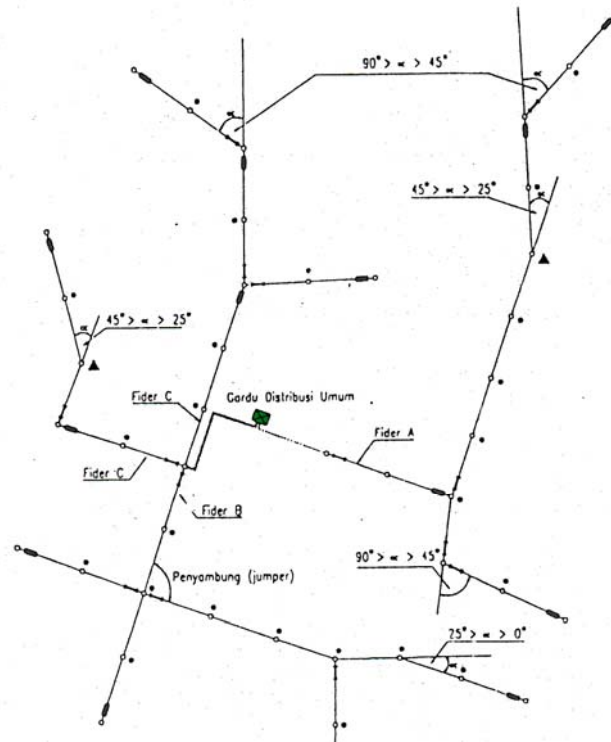
jika $0.3m < E < 0.8m$ peralatan diperlukan
 jika $E > 0.8m$ peralatan tidak diperlukan



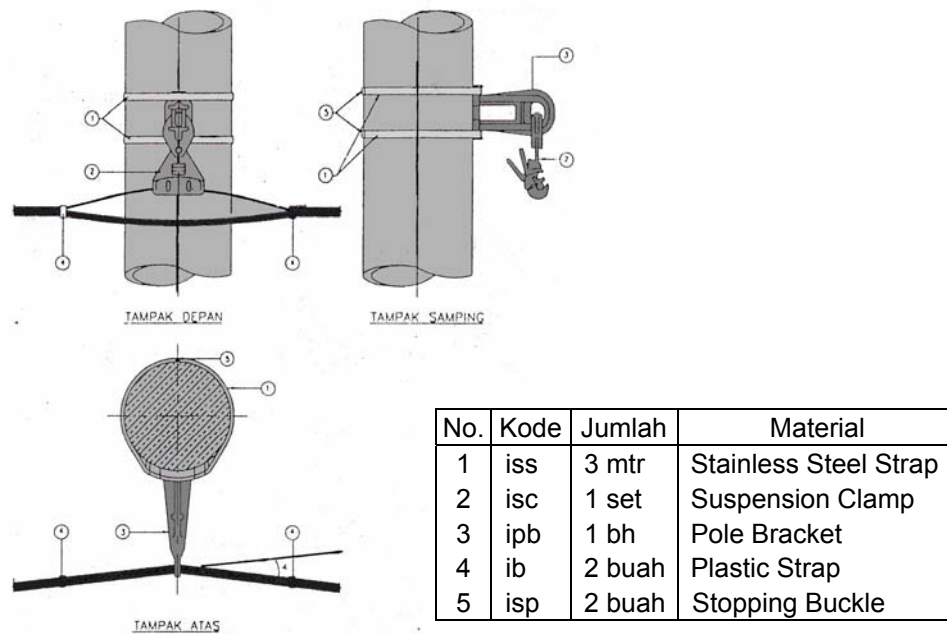
Gambar 4-15. Pemasangan saluran udara di dekat kabel telekomunikasi



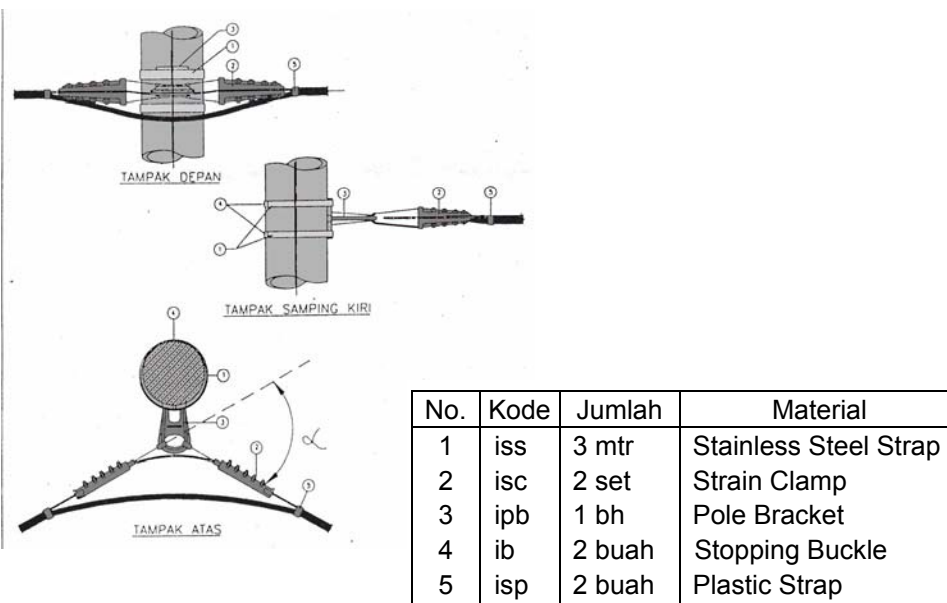
Gambar 4-16. Kabel udara yang melintasi Rel kereta api.



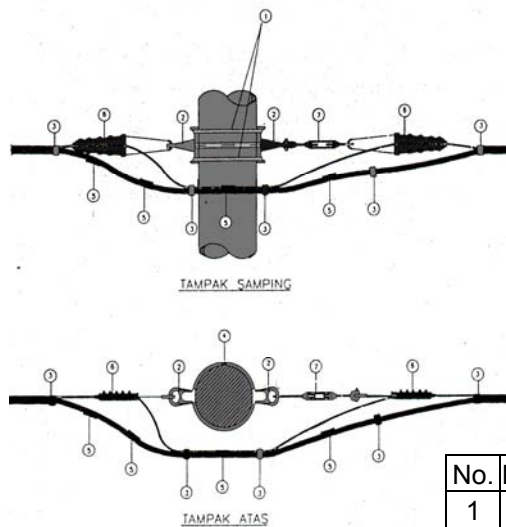
Gambar 4-17. Contoh skema jaringan tegangan rendah



Gambar 4-18. Pemasangan TC pada jaringan 0°-45° pada tiang beton bulat (sudut kecil)



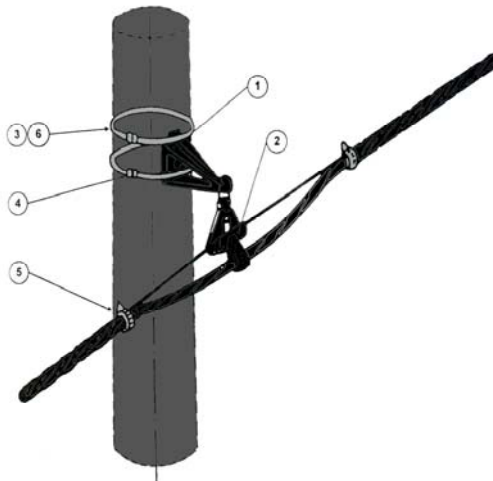
Gambar 4-19. Pemasangan TC pada jaringan 45°-120° pada tiang beton bulat (sudut besar)



Gambar 4-20.
Penyambungan TC pada
tiang penegang

No.	Kode	Jumlah	Material
1	iss	3 mtr	Stainless Steel
2	isc	2 set	Strap
3	ipb	5 bh	Pole Bracket
4	ib	2 buah	Plastic Strap

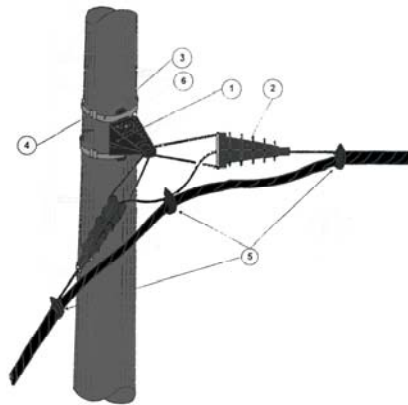
Gambar 4-21 sampai dengan Gambar 4-34 , adalah konstruksi tiang penegang saluran udara tegangan rendah (LVTC) sesuai dengan keperluan dimana tiang akan dipasang. Pada masing-masing gambar disertakan daftar perlengkapan/material yang diperlukan sesuai dengan peruntukannya.



Gambar 4-21 Konstruksi
tiang penyangga(TR1)

Keterangan Gambar 4-21:

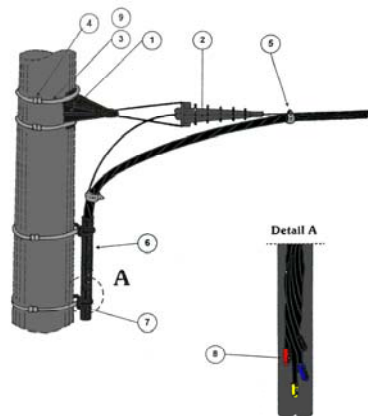
1. Suspension Clamp Bracket
2. Suspension Clamp
3. Stainless Steel Strip 0,75 Meter
4. Stopping Buckle
5. Plastic Strap
6. Protektip Plastic Strap 0,5 Meter



Gambar 4-22 Konstruksi tiang penegang/sudut(TR2)

Keterangan Gambar 4-22:

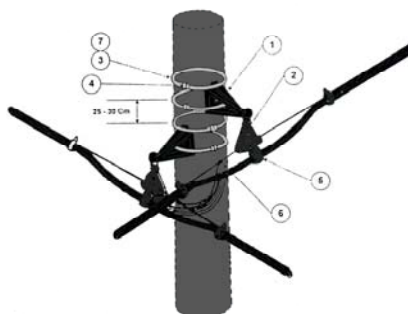
1. Tension Bracket
2. Strain Clamp
3. Stainless Steel Strip 0,75 Meter
4. Stopping Buckle
5. Plastic Strap
6. Protektip Plastic Strap 0,5 Meter



Gambar 4-23 Konstruksi tiang awal/akhir(TR3)

Keterangan Gambar 4-23:

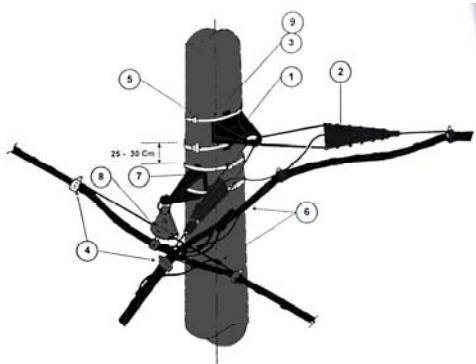
1. Tension Bracket
2. Strain Clamp
3. Stainless Steel Strip 0,75 Meter
4. Stopping Buckle
5. Plastic Strap
6. PVC 2" – 50 Cm
7. Link
8. Dead end tubes
9. Protektip Plastic Strap 0,5 Meter



Gambar 4-24 Konstruksi tiang penyangga silang(TR4)

Keterangan Gambar 4-24:

1. Suspension Clamp Bracket
2. Suspension Clamp
3. Stainless Steel Strip 0,75 Meter
4. Stopping Buckle
5. Plastic Strap
6. Bundled Conductor, Connector 70-25/70-25
7. Protektip Plastic Strap 0,5 Meter



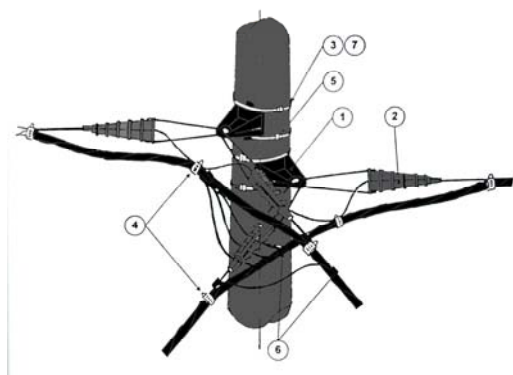
Gambar 4-25 Konstruksi tiang penyangga & sudut silang (TR4A)

Keterangan Gambar 4-25:

1. Tension Bracket
2. Strain Clamp
3. Stainless Steel Strip 0,75 Meter
4. Plastic Strap
5. Stopping Buckle
6. Bundled Conductor, Connector 70-25/70-25
7. Suspension Clamp Bracket
8. Suspension Clamp
9. Protektip Plastic Strap 0,5 Meter



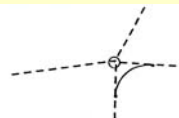
Kode pada Gambar Distribusi



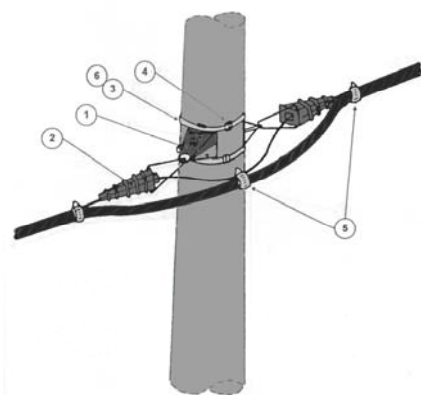
Gambar 4-26 Konstruksi tiang penyangga & sudut silang (TR4B)

Keterangan Gambar 4-26:

1. Tension Bracket
2. Strain Clamp
3. Stainless Steel Strip 0,75 Meter
4. Plastic Strap
5. Stopping Buckle
6. Bundled Conductor, Connector 70-25/70-25
7. Protektip Plastic Strap 0,5 Meter



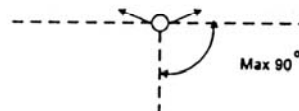
Kode pada Gambar Distribusi



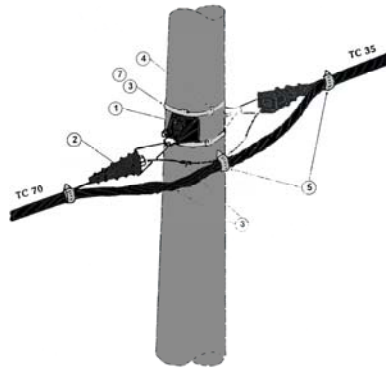
Gambar 4-27. Konstruksi tiang penegang (TR5)

Keterangan Gambar 4-27:

1. Tension Bracket
2. Strain Clamp
3. Stainless Steel Strip 0,75 Meter
4. Stopping Buckle
5. Plastic Strap
6. Protektip Plastic Strap 0,50 Meter



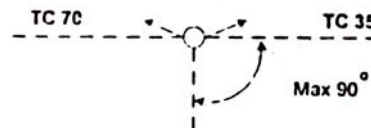
Kode pada Gambar Distribusi



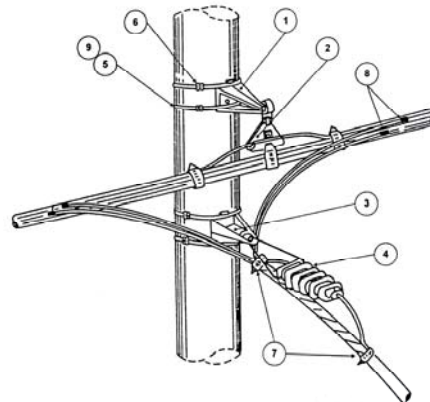
Gambar 4-28. Konstruksi tiang penegang dengan hantaran beda penampang (TR5A)

Keterangan Gambar 4-28:

1. Tension Bracket
2. Strain Clamp
3. Stainless Steel Strip 0,75 Meter
4. Stopping Buckle
5. Plastic Strap
6. Bundled Conductor, Connector 70-25/70-25
7. Protektip Plastic Strap 0,50 Meter



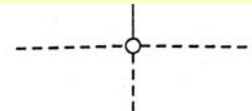
Kode pada Gambar Distribusi



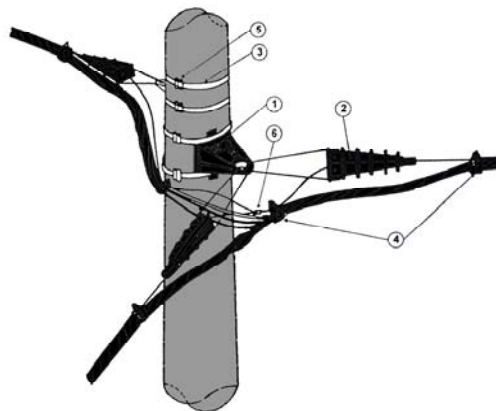
Gambar 4-29. Konstruksi tiang percabangan (TR6)

Keterangan Gambar 4-29:

1. Suspension Clamp Bracket
2. Suspension Clamp
3. Tension Bracket
4. Strain Clamp
5. Stainless Steel Strip 0,75 Meter
6. Stopping Buckle
7. Plastic Strap
8. Bundled Conductor, Connector 70-25/70-25
9. Protektip Plastic Strap 0,5 Meter



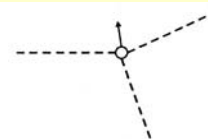
Kode pada Gambar Distribusi



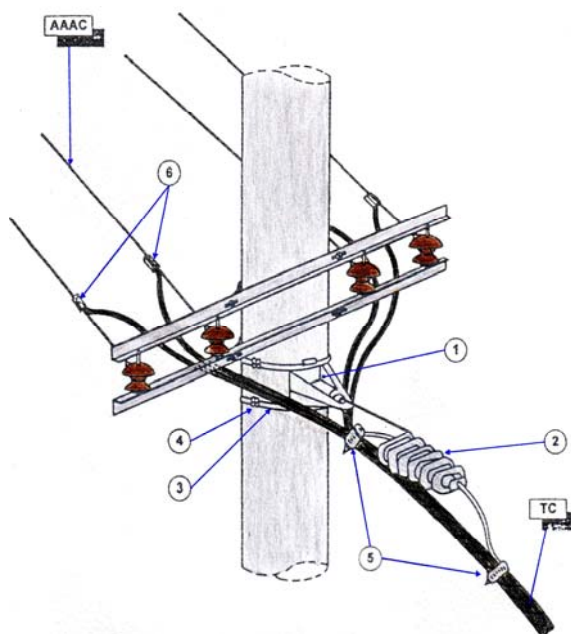
Gambar 4-30. Konstruksi tiang percabangan (TR6A)

Keterangan Gambar 4-30:

1. Tension Bracket
2. Strain Clamp
3. Stainless Steel Strip 0,75 Meter
4. Plastic Strap
5. Stopping Buckle
6. Bundled Conductor, Connector 70-25/70-25

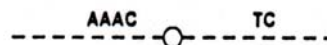


Kode pada Gambar Distribusi



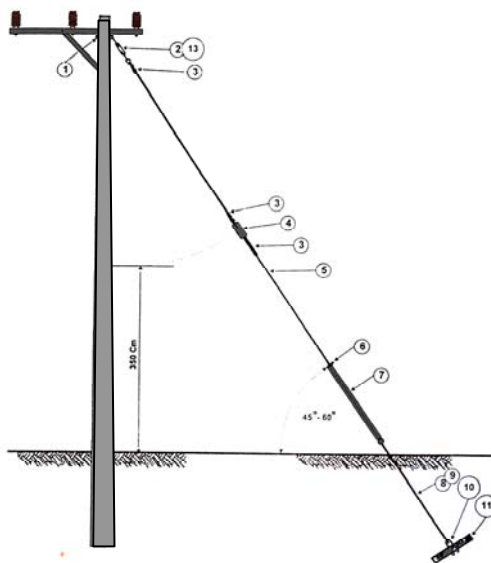
Keterangan Gambar 4-31:

1. Tension Bracket
2. Strain Clamp
3. Stainless Steel Strip 0,75 Meter
4. Stopping Buckle
5. Plastic Strap
6. Line tap Connector 70-25/70-25



Kode pada Gambar Distribusi

Gambar 4-31 Konstruksi
Penyambungan konduktor TC
dan AAAC (TR7)

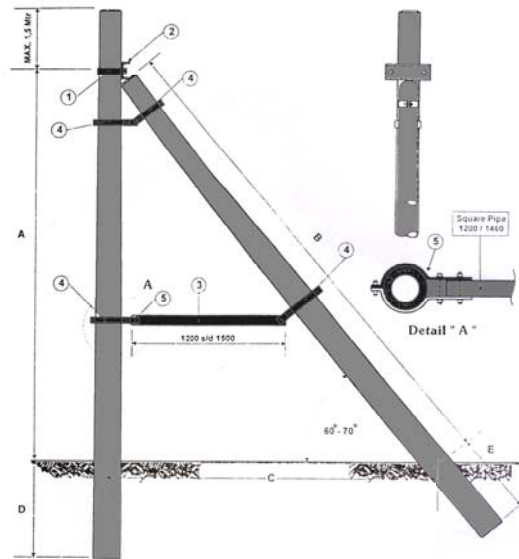


Keterangan Gambar 4-32:

1. Guy Wire Band + Bolt & Nut M16 x 50
2. Turn Buckle
3. Preformet Grip 22/35/55/70 Sqmm
4. Guy Insulator
5. Galv. Steel Stranded Wire 22/35/55/70
6. Wire Clip
7. Pipa pelindung 3/4" - 2mtr
8. Guy Rod 2,5 Mtr
9. Guy Rod 1,8 Mtr
10. U Bolt & Nut M 16
11. Anchor Block 500 x 500 mm
12. Expanding Anchor
13. Span Schroef 5/8"

Gambar 4-32
Konstruksi Guy Wire (GW)

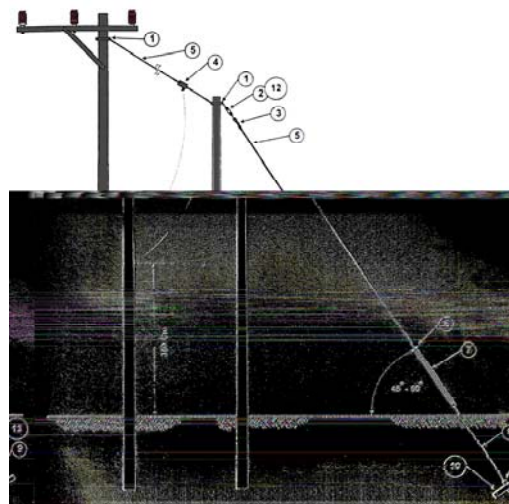
Type Tiang	Galv. Steel Stranded Wire (X)
11 Mtr	13 Mtr
9 Mtr	11 Mtr
7 Mtr	9 Mtr



TIANG UTAMA	HANTARAN AAAC 3X(SQM)			
	35	70	150	240
11-350	9-200	9-200	9-200	11.200
11-200	9-200	9-200	11.200	
9-200	7-100	9-100		

No.	Nama Material
1.	Strut Arm Band + Bolt & Nut M 16x50
2.	Strut Arm
3.	Pipa Galvaniz ϕ 2" – 1,5 Mtr
4.	Single GW Band + Bolt & Nut M 16x75
5.	Bolt & Nut M 16 x 75

No.	Type Tiang		Satuan dalam meter				
	Utama	Strut Pole	A	B	C	D	E
1	11	11	8,4	10	5,42	1,83	1
2	11	9	7,7	8,4	3,3	1,83	0,6
3	9	9	6,75	8	4,2	1,5	1
4	7	7	5,3	6,5	3,7	1,16	0,5

Gambar 4-33 Konstruksi *Strut Pole***Keterangan:**

Type tiang	Galv. Steel Stranded Wire (X)
TM-9 Mtr	30 Mtr
TR-9/7 Mtr	28 Mtr

Keterangan Gambar 4-18:

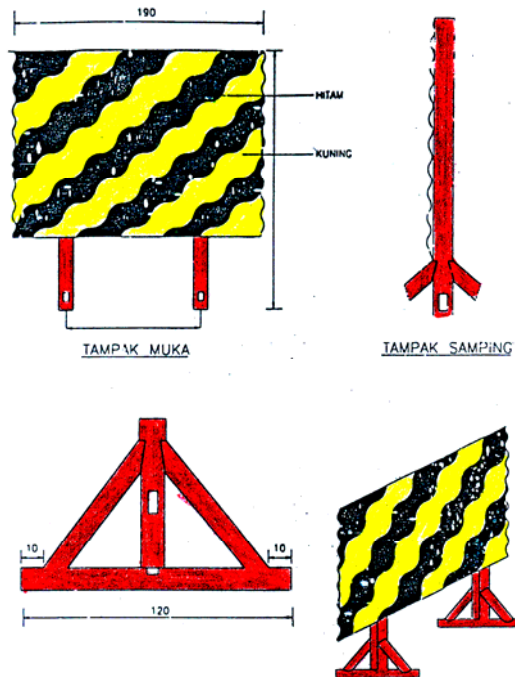
1. Guy Wire Band + Bolt & Nut M16 x 50
2. Turn Buckle
3. Preformet Grip 22/35/55/70 Sqmm
4. Guy Insulator
5. Galv. Steel Stranded Wire 22/35/55/70
6. Wire Clip
7. Pipa pelindung $\frac{3}{4}$ " – 2mtr
8. Guy Rod 2,5 Mtr
9. U Bolt & Nut M 16
10. Anchor Block 500 x 500 mm
11. Expanding Anchor
12. Span Schroef $\frac{5}{8}$ "
13. Guy Rod 1,8 Mtr

No. 11 Dipasang sebagai pengganti No. 8, 9, 10, 13

Gambar 4-34 Konstruksi Horizontal *Guy Wire (GW)*

4-2-2 Memasang Saluran Kabel Udara Tegangan Rendah

4-2-2-1 Persiapan Pelaksanaan Penggelaran Kabel Tanah

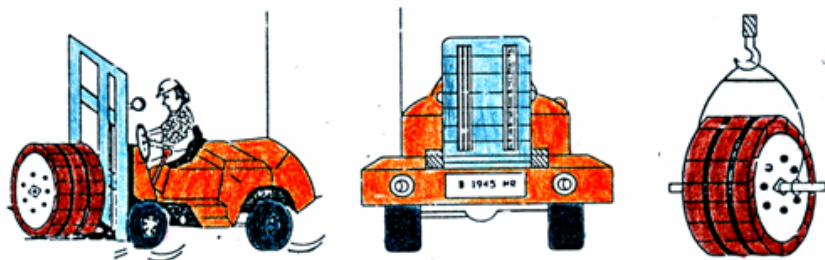


Gambar 4-35 Alat pelindung dari seng

- 1). Persiapan gambar rencana pelaksanaan pada peta 1 : 5000 atau 1 : 200
- 2). Survei dalam pembersihan jalur kabel.
- 3). Penggalan titik kontrol jalur kabel pada tiap 50 meter (injeksi test galian) untuk meneliti kemungkinan adanya utilitas lain.
- 4). Check dokumentasi asbuilt drawing utilitas-utilitas lain.
- 5). Persiapan material penunjang (Pasir urug, Batu patok/tanda, Batu peringatan, Pipa beton/PVC/sejenis).
- 6). Pekerjaan pendahuluan telah dilaksanakan {Lintasan/Crossing-Boring,

Jembatan kabel, Pembersihan rencana jalur kabel, Rambu-rambu K3, Alat-alat kerja (rol kabel, dan lain-lain)).

- 7). Pelaksanaan penggelaran/penarikan kabel dengan 1 supervisor, 1 mandor, 1 kuli tiap 5 meter.
- 8). Berikut ini adalah gambar-gambar alat angkut untuk menunjang pemasangan kabel tanah.



Gambar 4-36 Kendaraan pengangkut kabel dan haspel (gulungan kabel)

4-2-2-2 Perkakas kerja dan penggunaannya.

1) Pemakaian perkakas kerja dengan tepat.

Apabila kita dapat menggunakan perkakas kerja dengan tepat, maka di dalam melaksanakan pekerjaan tersebut akan memperoleh manfaat sebagai berikut; 1) Efisiensi kerja meningkat, 2) Jumlah pemakaian/pengerahan tenaga kerja yang berkurang, 3) waktu pelaksanaan menjadi lebih pendek / pekerjaan cepat terselesaikan, 4) Kualitas pekerjaan lebih baik, 5) Pembiayaan menurun, 6) Meningkatkan daya saing.

2) Efisiensi akibat penggunaan perkakas sederhana.

Perlu diketahui bahwa untuk melaksanakan pekerjaan besar dengan hanya memakai alat yang sederhana sudah tak efisien lagi. **Contoh:** a) Untuk melaksanakan koneksi kabel pada suatu gardu kontrol dimana jumlah kabel mencapai ratusan jalur, maka pengupasan kabel dengan pisau akan memerlukan waktu sangat lama, karena itu harus memakai tang pengupas kabel. b) Untuk pemasangan label yang tertanam di dalam rumah dengan volume pekerjaan yang sangat besar, maka penggalian saluran kabel dengan memakai alat konvensional seperti cangkul, sekop atau linggis saja, hasilnya sangat tidak efisien. Untuk menanggulangi hal ini maka penggalian harus memakai alat pengeruk yang berkapasitas besar (misalnya menggunakan Back Hoe). c) Pemasangan transformator tenaga dengan daya puluhan Mega Watt membutuhkan bantuan mobil derek dan mobil trailer dengan daya angkat puluhan ton.

Perlu diketahui bahwa dalam melaksanakan proyek/pekerjaan di Indonesia, banyak alat kerja yang cepat rusak, hal ini disebabkan karena pemakai, kurang tahu cara pemakaian atau pemakainya yang serampangan, serta tata cara pemeliharaan yang kurang diperhatikan. **Contoh:** a) Membuat lubang besar pada plat besi dengan memakai bor listrik dengan mata bor yang kecil dengan menggoyang-goyangkan mata bornya, hal ini akan merusak mesin bor listrik tersebut. B) Mengukur arus besar suatu beban listrik dengan memakai Ampere Meter yang mempunyai kapasitas arus kecil akan merusak alat ini.

3) Kemampuan menggunakan perkakas kerja.

Mengingat harga peralatan relatif mahal, bahkan kadang-kadang harus dipesan dari luar negeri dan memerlukan waktu yang cukup lama, apabila alat mengalami kerusakan dan tidak bisa dipakai, akan mengganggu jalannya pekerjaan. Oleh karenanya kemampuan orang yang menggunakan alat tersebut harus memadai benar-benar terlatih.

Untuk pemakaian alat kerja khusus, dimana diperlukan ketelitian dan rumit, misal : mencari lokasi gangguan kabel tanah dengan

menggunakan Jembatan Wheatstone, maka calon pemakai harus dilatih terlebih dahulu mengenai cara pemakaian alat tersebut.

Hal penting yang harus diperhatikan, alat kerja di lapangan harus dikelola dengan baik, terutama pada proyek-proyek besar, dimana alat kerja harus dikelola oleh pengelola material (Material Controller) dan pengatur alat kerja (Tool Kipp) mulai dari pemesanan, penerimaan barang, pemakaian keluar masuk gudang dan pemeliharaan alat kerja tersebut.

Untuk menanggulangi hal tersebut diatas, tenaga kerja bidang teknik listrik harus mampu memakai alat dengan baik, demikian juga dalam memeliharanya.

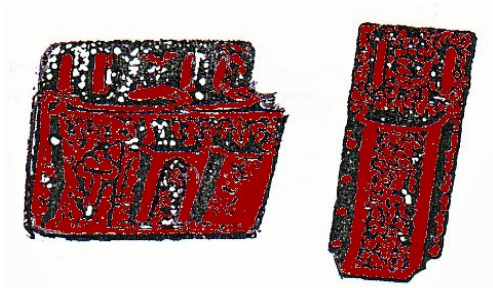
4) Pengelompokan dan penggunaan perkakas kerja.

Perkakas kerja dapat dikelompokkan menjadi 4(empat), yaitu Perkakas, Alat Ukur dan Tes, Alat Pengaman, dan Alat Bantu.

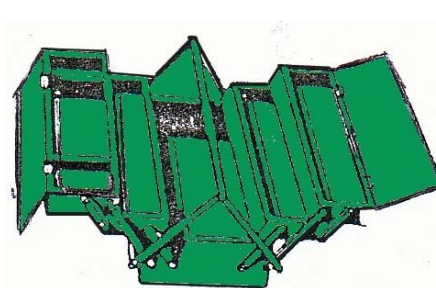
Untuk mempermudah pengelompokan/pemilahan alat kerja suatu proyek, berikut ini diberikan nama dan gambar peralatan untuk berbagai pekerjaan. Suatu proyek besar memerlukan alat kerja khusus yang tidak terdapat di lokasi. Oleh karena itu pengadaan alat tersebut harus dijadwalkan dengan tepat waktu.

Tekniksi listrik yang memasang instalasi listrik dalam bangunan, dituntut keterampilan dalam berbagai bidang pekerjaan di bangunan tersebut. Hal ini meliputi teknik menandai, memotong, memahat dan menggergaji.

- 5) Berikut ini adalah gambar-gambar alat perkakas yang harus disiapkan oleh pelaksana sebelum melaksanakan pekerjaan penanaman kabel tanah. Alat kerja yang tercantum disini cukup lengkap, tetapi untuk pemakaian di proyek disesuaikan dengan kebutuhan.



Gambar 4-37
Kantung Perkakas Tukang Listrik
(Electrician tool pouch)



Gambar 4-38
Kotak Perkakas (Tool box)



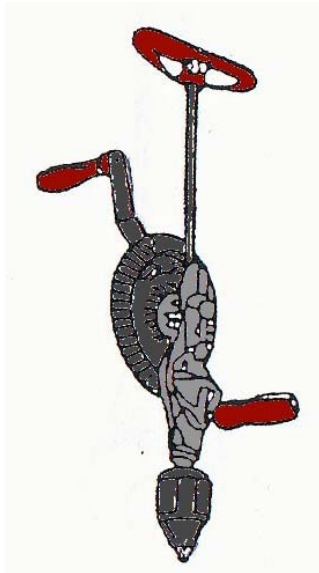
Gambar 4-39
Belincong (Pick)



Gambar 4-42
Bor Nagel
(Auger (Ginlet))



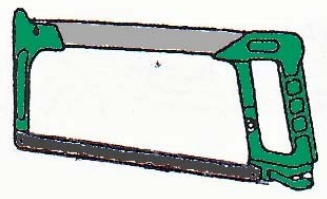
Gambar 4-40
Bor Listrik (*Electric drill*)



Gambar 4-43
Bor Tangan (*Hand drill*)



Gambar 4-41
Cangkul (*Shovel*)



Gambar 4-44
Gergaji kayu (*stang*)



Gambar 4-45
Gergaji kayu



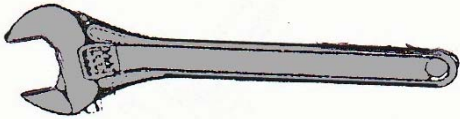
Gambar 4-46
Kakatua



Gambar 4-47
Linggis (Digging Bar)



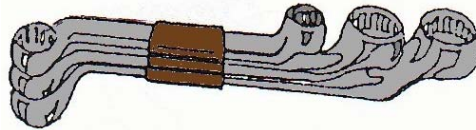
Gambar 4-49
Kikir (File)



Gambar 4-48 Kunci Inggris
(Adjustable Wrech)



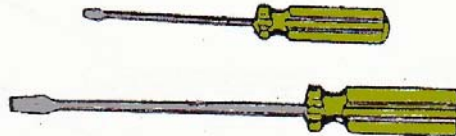
Gambar 4-50
Kunci Pas (Spanner)



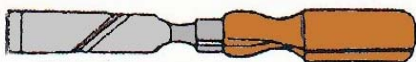
Gambar 4-51
Kunci Ring (Offset Wrech)



Gambar 4-52
Pahat Beton
(Concrete Chisel)



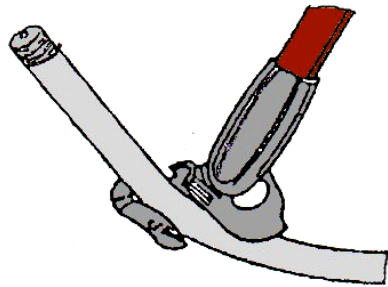
Gambar 4-53
Obeng (Screw Driver)



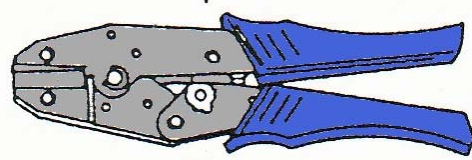
Gambar 4-54
Pahat Kayu
(Wood Chisel)



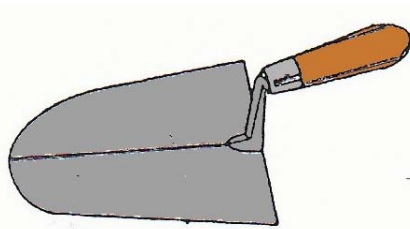
Gambar 4-55
Palu (Hammer)



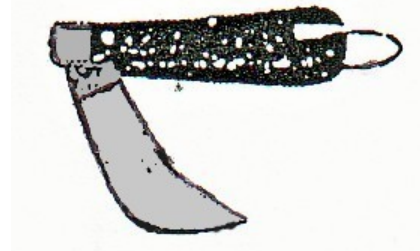
Gambar 4-57
Alat Pembengkok Pipa
(Pipe Bender)



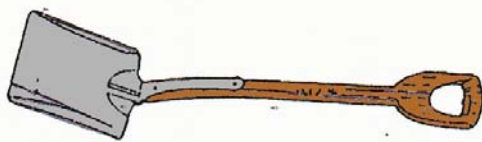
Gambar 4-56
Penjepit Sepatu Kabel Hidrolik
(Hydraulic Crimping Tool)



Gambar 4-58
Sendok Aduk (Trowel)



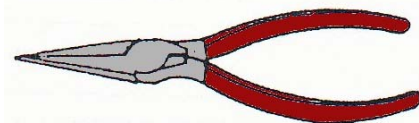
Gambar 4-59
Pisau Kupas Kabel
(Line's men knife)



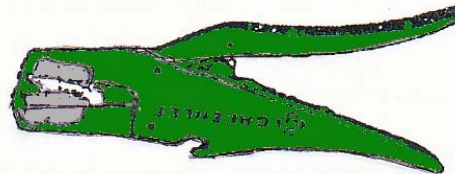
Gambar 4-60
Skop (Spade)



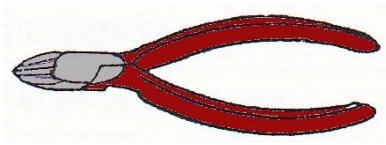
Gambar 4-61
Tang Kombinasi
(Master Plier)



Gambar 4-62
Tang Lancip
(Radio long Nose Plier)



Gambar 4-63
Tang Pengupas Kabel
(Wire Striper)

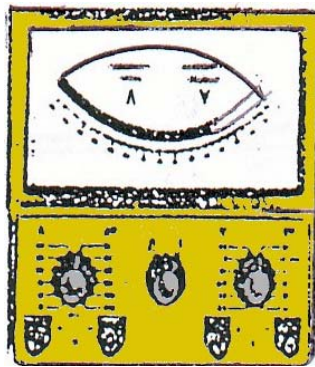


Gambar 4-64
Tang Potong
(*Diagonal cutting plier*)

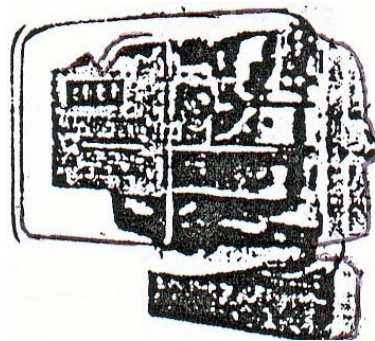


Gambar 4-65
Tirpit
(Penarik kabel)

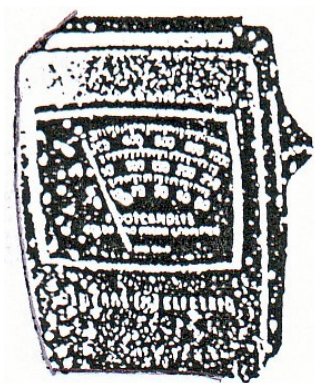
6) Berikut ini adalah gambar-gambar alat ukur dan tes pemasangan instalasi listrik. Alat ukur yang tercantum disini cukup lengkap, tetapi untuk pemakaian di proyek disesuaikan dengan kebutuhan.



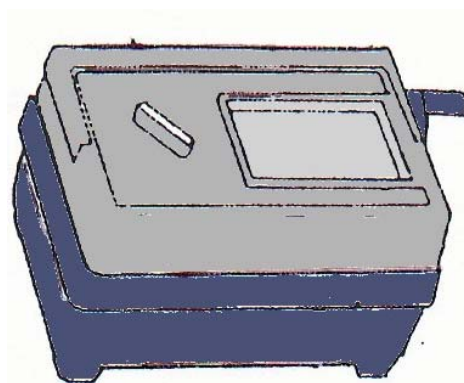
Gambar 4-66
Ampere Meter



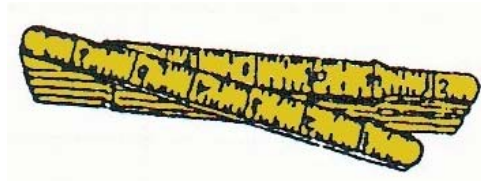
Gambar 4-67
Kwh Meter



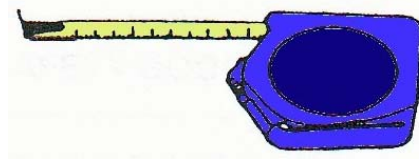
Gambar 4-68
Lux Meter
(Illumino Meter)



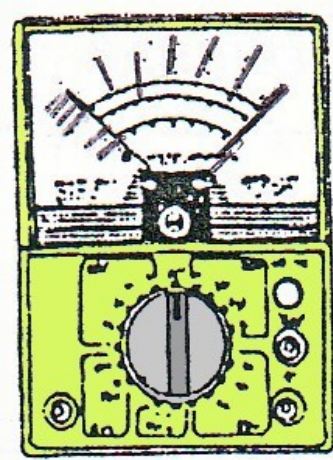
Gambar 4-69
Megger
(Insulation Tester)



Gambar 4-70
Meteran Kayu/lipat
(Folding wood measurer)



Gambar 4-71
Meteran Pendek
(Convec Rule)



Gambar 4-72
Multimeter
(Multy meter)



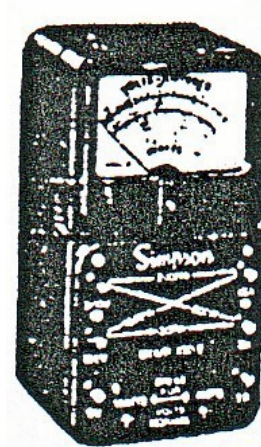
Gambar 4-73
Termometer
(Thermometer)



Gambar 4-74
Tespen
(Electric tester)

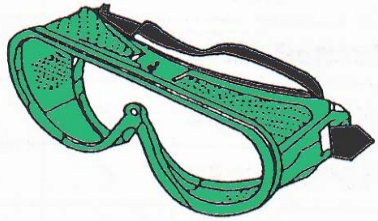


Gambar 4-75
Water Pas
(Level)

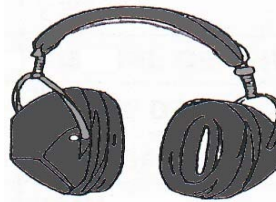


Gambar 4-76
Volt meter
(Volt meter)

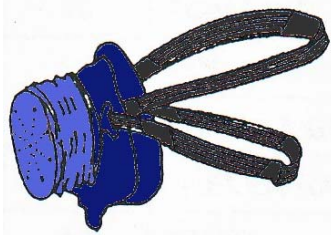
- 7) Berikut ini adalah gambar alat-alat kerja untuk pemasangan instalasi listrik. Ukur dan tes pemasangan instalasi listrik.



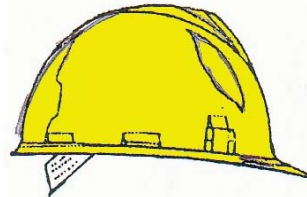
Gambar 4-77
Kacamata Pengaman
(Safety goole)



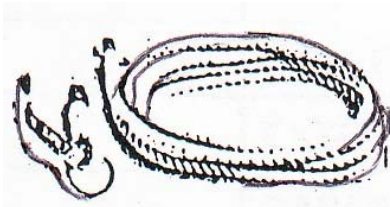
Gambar -78
Pelindung Kedengaran
(Hearing protector)



Gambar 4-79
Pelindung Pernafasan
(Dust/Mist Protector)



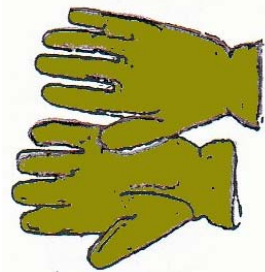
Gambar 4-80
Topi Pengaman
(Safety Helmet/Cap)



Gambar 4-81
Sabuk Pengaman (Safety Belt)

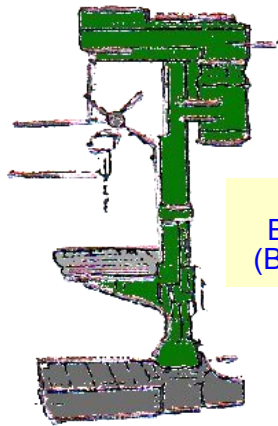


Gambar 4-83
Sepatu Pengaman
(Safety Shoe)

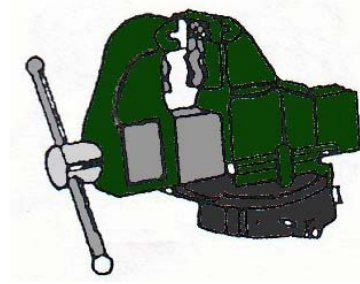


Gambar 4-82
Sarung Tangan 20 kV
(20 kV Glove)

8) Berikut ini adalah gambar alat-alat bantu pemasangan instalasi listrik.



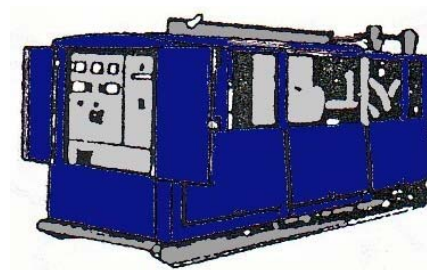
Gambar 4-84
Bor Listrik Duduk
(Bend Electric Drill)



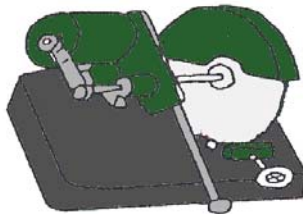
Gambar 4-85
Catok (Vise)



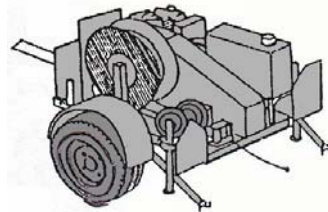
Gambar 4-86
Dongkrak Haspel Kabel
(Cable Drum Jack)



Gambar 4-87
Disel Genset (Diesel Generator)



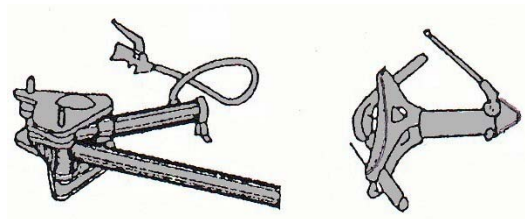
Gambar 4-88
Gerinda Potong Cepat
(High Speed Cutter)



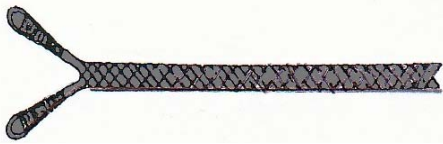
Gambar 4-89
Mesin Penarik Kabel (Winche)



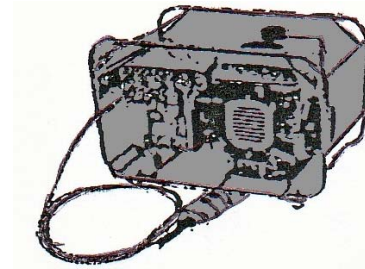
Gambar 4-90
Molen Beton (Concrete Mixer)



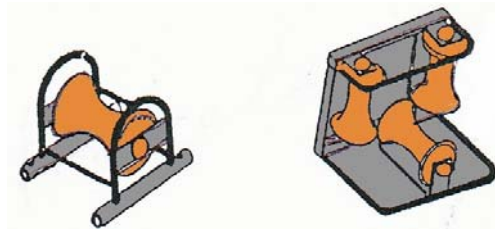
Gambar 4-91
Pembengkok Pipa Hidrolis
(Hydraulic Pipe Bender)



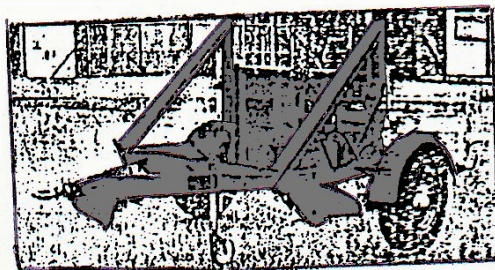
Gambar 4-92
Pemegang Kabel
(Cable Grip)



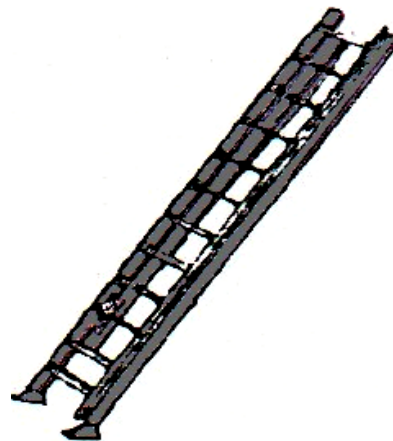
Gambar 4-93
Pompa Air (Water Pump)



Gambar 4-94
Rol Kabel (Cable Roller)



Gambar 4-96
Treler Haspel Kabel
(Cable Drum Trailler)



Gambar 4-95
Tangga Geser
(Extension Ladder)

4-3 Memasang Instalasi Pembumian

4-3-1 Definisi-Definisi Sistem Pembumian

Sesuai dengan PUIL 2000 (Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000) terdapat beberapa definisi yang perlu diperhatikan, yaitu :

- **Bumi (Earth)** adalah massa konduktif bumi yang potensial listriknya di setiap titik manapun menurut konvensi, sama dengan nol.
- **Elektrode Bumi (Earth Electrode)** adalah bagian konduktif atau kelompok bagian konduktif yang membuat kontak langsung dan memberikan hubungan listrik dengan bumi.
- **Gangguan Bumi (Earth Fault)** merupakan :
 - 1). Kegagalan isolasi antara penghantar dan bumi atau kerangka.

Gangguan yang disebabkan oleh penghantar yang terhubung ke bumi atau karena resistansi isolasi ke bumi menjadi lebih kecil dari pada nilai tertentu.

- **Isolasi (Insulation)** adalah :
 - 1). (Sebagai bahan) merupakan segala jenis bahan yang dipakai untuk menyekat sesuatu.
 - 2). (Pada kabel) merupakan bahan yang dipakai untuk menyekat penghantar dari penghantar lain dan dari selubungnya, jika ada,
- **Elektrode Batang** adalah elektrode dari pipa logam, baja profil atau batang logam lainnya yang dipancangkan ke bumi.
- **Pembumian (Earthing)** adalah penghubung suatu titik sirkit listrik atau suatu penghantar yang bukan bagian dari sirkit listrik dengan bumi menurut cara tertentu.
- **Penghantar pembumian (Earthing Conductor)** adalah :
 - 1). Penghantar berimpedansi rendah yang dihubungkan ke bumi.
 - 2). Penghantar proteksi yang menghubungkan terminal pembumian utama atau batang ke elektrode bumi.
- **Rel pembumian** adalah batang penghantar tempat menghubungkan beberapa penghantar pembumian.

4-3-2 Jenis Tanah

Jenis tanah menurut PUIL 2000 dibagi atas :

- 1). Tanah rawa,
- 2). Tanah liat dan tanah ladang,
- 3). Pasir basah,
- 4). Krikil basah,
- 5). Pasir dan kerikil kering,
- 6). Tanah berbatu.

4-3-3 Tahanan Jenis Tanah

Masing-masing jenis tanah mempunyai nilai tahanan jenis tanah yang berbeda-beda dan bergantung dari jenis tanahnya, dapat dilihat dalam tabel dibawah ini, merupakan nilai tipikal.

Tabel 4-4. Tahanan Jenis Tanah

1	2	3	4	5	6	7
Jenis tanah	Tanah rawa	Tanah liat dan Tanah ladang	Pasir basah	Kerikil basah	Pasir dan Kerikil kering	Tanah berbatu
Resistansi jenis ($\Omega - m$)	30	100	200	500	1000	3000

4-3-4 Tahanan pembumian

Tahanan pembumian dari elektrode bumi, tergantung pada jenis tanah dan keadaan tanah serta ukuran dan susunan elektrode.

Dari Tabel Tahanan Pembumian pada tahanan jenis ($\rho - 1$) = 100 ohm-meter dibawah ini, menunjukkan nilai rata-rata tahanan elektrode bumi, untuk panjang tertentu.

Tabel 4-5. Nilai rata-rata Tahanan Elektrode Bumi

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jenis elektrode	Pita atau penghantar pilin				Batang atau pipa				Pelat vertikal dengan sisi atas ± 1 m dibawah Permukaan tanah	
	10	25	50	100	1	2	3	5	0,5 x 1	1 x 1
Resistans pembumian (Ω)	20	10	5	3	70	40	30	20	35	25

Untuk tahanan jenis pembumian yang lain (ρ), maka besar tahanan pembumiannya merupakan perkalian nilai dalam tabel dengan :

$$\rho / \rho - 1 \text{ atau } \rho / 100$$

4-3-5 Perencanaan pemasangan peralatan

4-3-5-1 Tujuan Pembumian Peralatan

Pembumian peralatan adalah pembumian bagian dari peralatan yang pada kerja normal, tidak dilalui arus.

Tujuan pembumian peralatan adalah :

- Untuk membatasi tegangan antara bagian-bagian peralatan yang tidak dilalui arus dan antara bagian-bagian ini dengan bumi sampai pada suatu harga yang aman (tidak membahayakan) untuk semua kondisi operasi normal.
- Untuk memperoleh impedansi yang kecil/rendah dari jalan balik arus hubung singkat ke tanah.

Kecelakaan pada personil, timbul pada saat hubung singkat ke tanah terjadi. Jadi bila arus hubung singkat ke tanah itu dipaksakan mengalir melalui impedansi tanah yang tinggi, akan menimbulkan perbedaan potensial yang besar dan berbahaya. Juga impedansi yang besar pada sambungan-sambungan pada rangkaian pembumian dapat menimbulkan busur listrik dan pemanasan yang besarnya cukup menyalakan material yang mudah terbakar.

4-3-5-2 Pemasangan dan Susunan Elektrode Bumi

Untuk memilih macam elektrode bumi yang akan dipakai, harus diperhatikan terlebih dahulu kondisi setempat, sifat tanah dan tahanan pembumian yang diijinkan. Permukaan elektrode bumi harus berhubungan baik dengan tanah sekitarnya. Batu dan kerikil yang langsung mengenai elektrode bumi, akan memperbesar tahanan pembumian. Elektrode batang, dimasukkan tegak lurus ke dalam tanah

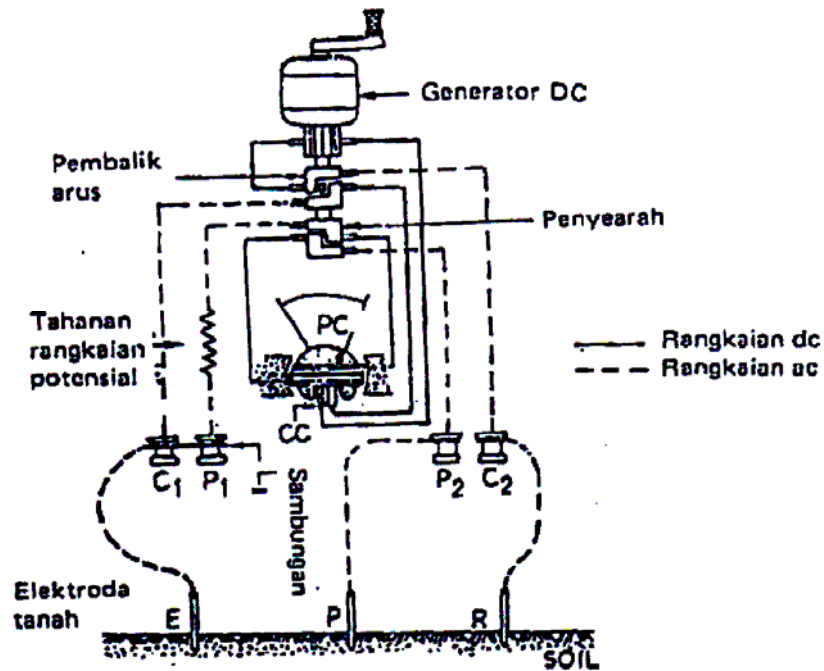
dan panjang disesuaikan dengan tahanan pembumian yang diperlukan. Tahanan pembumian sebagian besar tergantung pada panjangnya dan sedikit bergantung pada ukuran penampang. Jika beberapa elektrode diperlukan untuk memperoleh tahanan pembumian yang rendah, maka jarak antara elektrode tersebut minimum harus dua kali panjangnya. Jika elektrode tersebut tidak bekerja efektif pada seluruh panjangnya, maka jarak minimum antara elektrode, harus dua kali panjang efektifnya. Penghantar bumi harus dipasang sambungan yang dapat dilepas untuk keperluan pengujian tahanan pembumian, pada tempat yang mudah dicapai dan sedapat mungkin memanfaatkan sambungan yang karena susunan instalasinya memang harus ada. Sambungan penghantar bumi elektrode bumi, harus kuat secara mekanis dan menjamin hubungan listrik dengan baik, misalnya dengan menggunakan las, klem atau baut kunci yang tidak mudah lepas. Klem pada elektrode pipa, harus menggunakan baut dengan diameter minimal 10 mm.

4-3-5-3 Alat Ukur dan Pemeliharaan Tahanan Pembumian

a) Alat Ukur Tahanan Pembumian

Untuk mengukur nilai tahanan pembumian dengan cara :

- 1). Memakai model empat terminal (Metode Wenner) dengan generator putar tangan (DC).



Gambar 4-97. Alat Ukur Model Wenner

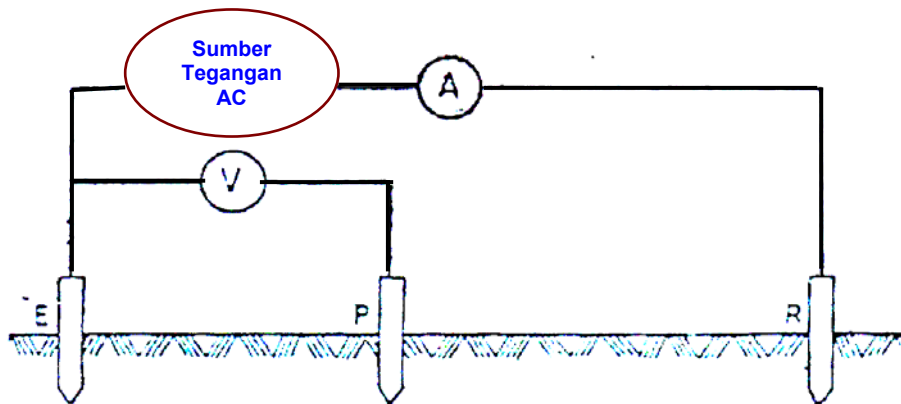
- 2). Pengukuran tahanan pembumian dengan menyambungkan terminal C1 ke E yang akan diukur, terminal P2 ke P dan terminal C2 ke R. Jarak E – P – R di buat berjarak sama pada satu garis lurus. Meter akan memberikan pembacaan langsung dalam tahanan dan tahanan pembumian dihitung dengan rumus :

$$\rho \text{ (Rho)} = 2 \cdot \Pi \cdot a \cdot R \text{ (ohm-m)}$$

dimana :

$\rho \text{ (Rho)}$	=	resistivitas tanah (ohm-m)
a	=	jarak antara electrode (meter)
R	=	tahanan (ohm)
$\Pi \text{ (Phi)}$	=	3,14

- 3). Memakai Earth Tester (analog) berdasarkan harga potensial.



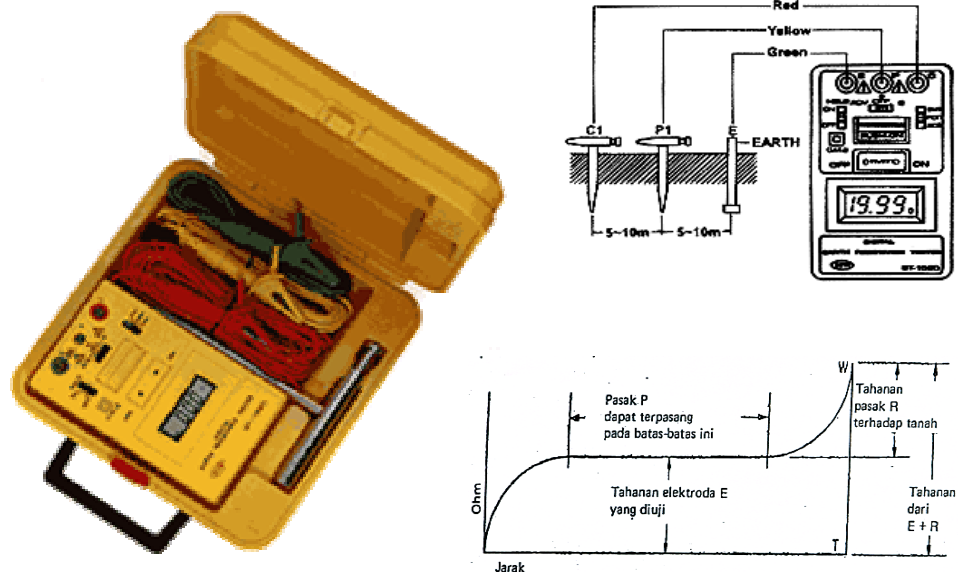
Gambar 4-98. Mengukur Tahanan Tanah dengan Earth Tester Analog

E (elektrode tanah) yang akan diukur dan elektrode bantu P serta elektrode bantu R diletakkan pada satu garis lurus dengan elektrode E. Volt meter akan menunjuk pada potensial E – P. Menurut hukum Ohm, beda potensial akan berbanding langsung dengan tahanan pembumian.

Terlihat bahwa tahanan membesar dengan kedudukan P semakin jauh dari E, dan kenaikan tersebut dengan cepat berkurang dan bahkan pada jarak tertentu dari E, kenaikan dapat diabaikan karena sangat kecil.

Persyaratan yang harus diperhatikan adalah :

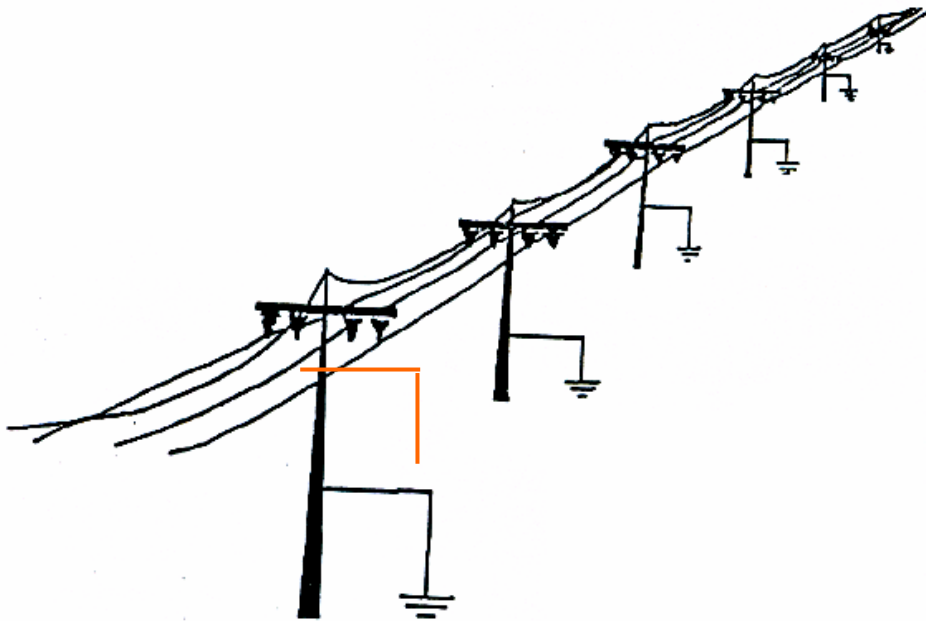
- Elektrode R harus cukup jauh dari elektrode E, sehingga daerah tahanan tidak saling menutup (over lap).
- Elektrode P harus ditempatkan di luar dua daerah tahanan, dalam hal ini ditempatkan pada daerah datar dari kurva.
- Elektrode P harus terletak diantara elektrode-elektrode R dan E, pada garis penghubungnya.



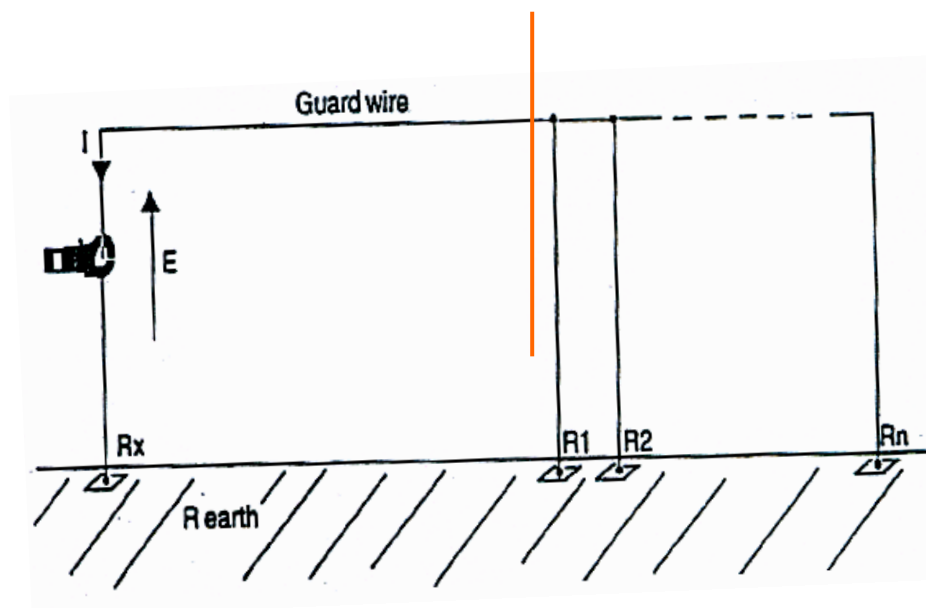
Gambar 4-99. Pengukuran dengan *Earth Resistance Tester* dan Persyaratan pengukuran tahanan tanah



Gambar 4-100. Pengukuran dengan Tang Ground Tester Digital



Gambar 4-101. Pemasangan Multiple Grounding



Gambar 4-102. Penempatan Elektrode Pengukuran

4-3-5-4 Pemeliharaan Tahanan Pembedian

Pemeliharaan pembedian (pentanahan) dilaksanakan minimal sekali dalam setahun diadakan pengukuran nilai pembedian pada musim kemarau. Diambilnya pengukuran pada musim kemarau, karena pada kondisi tersebut nilai tahanan pembedian akan menunjukkan nilai sebenarnya. Jika nilai tahanan pembedian, pada pengukuran di musim kemarau sudah kecil, maka dimusim penghujan akan semakin kecil.

Untuk mengetahui nilai tahanan total pembedian, dipakai rumus :

$$1/R_p = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \dots + 1/R_n \text{ (Ohm)}$$

PT. PLN (PERSERO)	SOP MEMELIHARA INSTALASI GARDU TIANG	Kode Unit : DIS.HAR.024(2).A Halaman 1/5
PETUGAS : 1. Pengawas 1 orang 2. Pelaksana 3 orang		
WAKTU PELAKSANAAN : 2 JAM		
KOORDINASI : 1. Koordinator Perencanaan Pemeliharaan 2. Koordinator Operasi 3. Koordinator Pemeliharaan 4. Koordinator Perbekalan 5. Asman Distribusi 6. Pelanggan		
PERALATAN KERJA : 1. Toolkit Set. 2. Tang Press. 3. Kain Lap, Kuas. 4. Alat Gounding. 5. Fuse Puller		
PERALATAN UKUR : 1. Tang Ampere Meter. 2. Volt Ampere Meter. 3. Megger. 4. Earth Tester. 5. Fase Sequence Detector/Drivel.		
MATERIAL/ALAT BANTU : 1. NT/NH Fuse sesuai ukuran 2. Fuse Holder 3. Vaseline/Grease 4. Sepatu Kabel 5. Cat Pilo Warna : Merah, Kuning, Biru, dan Hitam		
PERALATAN K-3 : 1. Helm Pengaman. 2. Sepatu Karet. 3. Sarung Tangan Kulit. 4. Pakaian Kerja. 5. P-3 K		

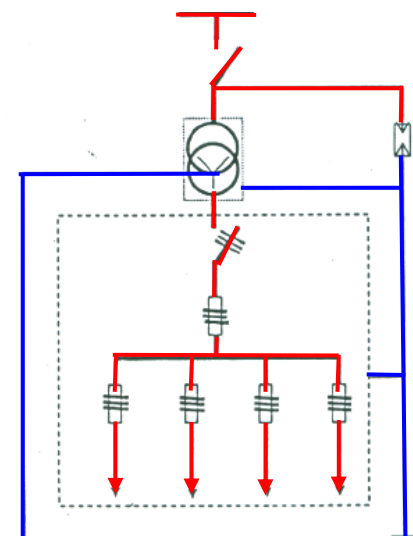
PROSEDUR KERJA :

1. Pelaksanaan pemeliharaan atas dasar PK dari atasan yang berwenang.
2. Lakukan pemeriksaan ke lokasi, untuk dasar persiapan pekerjaan.
3. Siapkan alat kerja, alat K-3 dan material kerja yang diperlukan.
4. Konfirmasikan tanggal dan jam pemadaman.
5. Laksanakan pekerjaan sesuai dengan jadual yang sudah disepakati.
6. Selesai melaksanakan pekerjaan, segera menormalkan tegangan.
7. Buat laporan tertulis kepada atasan yang menugaskan.

LANGKAH KERJA :

1. Petugas pelaksana menerima PK dari Asman Distribusi untuk melakukan pemeliharaan Instalasi Gardu Tiang.
2. Menyiapkan Alat Kerja, Alat Ukur, Alat K-3, Material Kerja dan Alat Bantu sesuai dengan kebutuhan.
3. Setelah Petugas sampai di lokasi, gunakan Alat K-3 dan selanjutnya lapor ke Posko petugas akan melakukan pemeliharaan.
4. Melakukan pengukuran arus beban, tegangan fasa dengan fasa dan tegangan fasa dengan nol di Rel dan mencatat dalam formulir BA.
5. Melepas beban jurusan, Fuse Utama, Saklar Utama dan CO sesuai prosedur K-3.
6. Grounding semua kabel jurusan dengan menggunakan Grounding Cable TR.
7. Memeriksa dan menyesuaikan fuse link dengan trafo terpasang dan berikan Vaseline pada kontak dekselnya.
8. Melepas terminasi kabel grounding titik netral pada bushing sekunder transformator, mengukur dan mencatat nilai tahanan isolasi trafo (Primer terhadap Body, Sekunder terhadap Body, Primer terhadap Sekunder) dalam formulir berita acara (BA).
9. Memasang kembali terminasi kabel grounding titik netral pada bushing sekunder transformator dan memeriksa kekencangan mur/baut pada Bushing transformator, bila ada sepatu kabel yang rusak diperbaiki atau diganti baru.
10. Membersihkan Rel, dudukan Fuse Holder, Pisau Saklar Utama (Main Switch), Sepatu Kabel dari kotoran/korosi. Dan bersihkan ruangan dalam Panel Hubung Bagi.
11. Mengukur dan mencatat nilai tahanan isolasi antar Rel, Rel terhadap Body dan Tahanan Pentanahan dalam formulir Berita Acara (BA).
12. Memeriksa kekencangan mur/baut pada Saklar Utama, Sepatu Kabel, Rel, Fuse Holder, Kondisi Isolator Binnen dan Sistim Penumbumian.
13. Bila ada komponen PHB-TR yang rusak maka diperbaiki atau diganti baru.
14. Memberi Vaseline pada Pisau Saklar Utama dan Terminal Fuse Holder.
15. Melakukan pemeriksaan hasil pekerjaan secara visual, dan mengamankan seluruh Peralatan Kerja.
16. Melepaskan Grounding Kabel pada seluruh kabel jurusan.
17. Melaporkan pada Posko bahwa pekerjaan pemeliharaan telah selesai, meminta ijin memasukkan CO sesuai prosedur K-3.
18. Mengukur besar tegangan fasa-fasa, tegangan fasa-nol di Rel dan putaran fasa sesuai prosedur K-3.
19. Melakukan dan menyesuaikan rating fuse utama dan fuse jurusan.

20. Masukkan Saklar Utama, Fuse Utama dan Fuse jurusan secara bertahap sesuai prosedur K-3.
21. Melakukan pengukuran beban dan mencatat dalam formulir BA.
22. Menutup dan mengunci pintu PHB-TR.
23. Melepaskan Alat K-3 yang sudah tidak dipergunakan lagi, membersihkan dan menyimpan kembali pada tempat yang sudah disediakan.
24. Melapor ke Posko, bahwa pekerjaan memelihara instalasi Gardu Tiang telah selesai dan Petugas akan meninggalkan lokasi pekerjaan.
25. Membuat Laporan Berita Acara pelaksanaan pekerjaan.
26. Melaporkan penyelesaian pekerjaan dan penyerahan Formulir BA kepada Asman Distribusi.



Gambar 4-103. Diagram Satu Garis PHB-TR

PT. PLN (PERSERO)
DISTRIBUSI

SOP
MEMELIHARA INSTALASI
GARDU TIANG

Kode Unit :
DIS.HAR.024(2).A
Halaman 1/5

1. DATA LOKASI GARDU TRAFU

- 1.1. Nomor Gardu :
- 1.2. Lokasi :
- 1.3. Daya Trafo : kVA
Terpasang
- 1.4. Jumlah Jurusan : Jurusan
- 1.5. Konstruksi Gardu : Satu Tiang/Dua Tiang/Gardu Bangunan

2. **URAIAN PEKERJAAN :**2.1. **Pengukuran Tegangan dan Arus**

No	Uraian	Tegangan (Volt)				
		R - N	S - N	T - N	R - T	S - T
1	Sebelum Har					
2	Sesudah Har					

2.2. **Pengukuran Arus Beban Sebelum Pemeliharaan**

No.	Beban	Arus (Ampere)			
		R	S	T	N
1	Total				
2	Jurusan A				
3	Jurusan B				
4	Jurusan C				
5	Jurusan D				

2.3. **Pengukuran Arus Beban Sesudah Pemeliharaan**

No.	Beban	Arus (Ampere)			
		R	S	T	N
1	Total				
2	Jurusan A				
3	Jurusan B				
4	Jurusan C				
5	Jurusan D				

**PT. PLN (PERSERO)
DISTRIBUSI**

**SOP
MEMELIHARA
INSTALASI
GARDU TIANG**

**Kode Unit :
DIS.HAR.024(2).A
Halaman 1/5**

2.4. **Pemeriksaan dan Penyesuaian Fuse Link**

1. Nilai Fuse Link : Ampere
Terpasang/Sebelum Perbaikan
2. Nilai Fuse Link : Ampere
Sesudah Perbaikan

2.5. Pengukuran Tahanan Isolasi Trafo

NO	URAIAN	Hasil Pengukuran			CATATAN
		R	S	T	
1	Primer				
2	Sekunder				
3	Primer - Sekunder				

2.6. Pengukuran Tahanan Pembumian

1. Nilai Tahanan : Ohm
Pembumian
Sebelum
Perbaikan
2. Nilai Tahanan : Ohm
Pembumian
Sesudah
Perbaikan
3. Nilai Tahanan : Ohm
Setelah
Penambahan/
Metode
Lainnya

2.7. Pemeriksaan Urutan Fasa

1. Sebelum Pemeliharaan : Sesuai / Tidak Sesuai
2. Sesudah Pemeliharaan : Sesuai / Tidak Sesuai

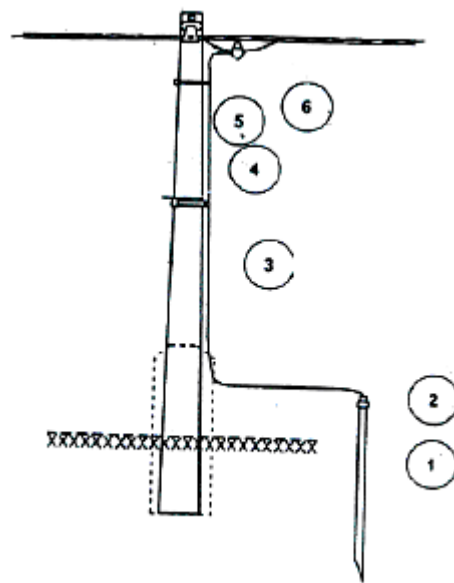
Manager UPJ/UJ Surabaya,.....
PETUGAS,

(.....)

(.....)

PT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI	SOP MEMELIHARA INSTALASI GARDU TIANG	Kode Unit : DIS.HAR.024(2).A Halaman 1/5
PETUGAS : 1. Pengawas 1 orang 2. Pelaksana 2 orang		
KOORDINASI : 1. Koordinator Perencanaan Pemeliharaan 2. Koordinator Pemeliharaan JTR 3. Koordinator Perbekalan 4. Asman Pemeliharaan 5. Pelanggan		
PERALATAN KERJA : 1. Toolkit Set. 2. Tang Press. 3. Palu 3 Kg. 4. Cangkul, Tali. 5. Gergaji Besi 6. Pengencang Stainless Steel		PERALATAN UKUR : 1. Earth Tester
PERALATAN K-3 : 1. Helm Pengaman. 2. Sepatu Karet. 3. Sarung Tangan Kulit. 4. Pakaian Kerja. 5. Sabuk Pengamana 6. P-3 K		MATERIAL/ALAT BANTU : 1. Ground Rod 2. BC 50 mm ² 3. Klem Pentanahan 4. Pipa Galvanis 5. Stainless Steel Strap dan Stopping Buckles 6. CCO (Connector Al/Cu)
PROSEDUR KERJA : 1. Pelaksanaan pemeliharaan atas dasar PK dari atasan yang berwenang. 2. Lakukan pemeriksaan ke lokasi, untuk dasar persiapan pekerjaan. 3. Siapkan alat kerja, alat K-3 dan material kerja yang diperlukan. 4. Konfirmasikan tanggal dan jam pelaksanaan pemeliharaan. 5. Laksanakan pekerjaan sesuai dengan jadwal yang sudah disepakati. 6. Selesai melaksanakan pekerjaan, segera melaporkan kepada Posko. 7. Buat laporan tertulis kepada atasan yang menugaskan.		
LANGKAH KERJA : 1. Petugas pelaksana menerima PK dari Asman Distribusi untuk melakukan pemeliharaan Sistim Pembumian (arde) Jaringan Tegangan Rendah. 2. Siapkan Alat Kerja, Alat Ukur, Alat K-3, Material Kerja dan Alat Bantu sesuai dengan kebutuhan.		

3. Setelah Petugas sampai di lokasi, gunakan Alat K-3 pasang rambu peringatan untuk publik dan selanjutnya lapor ke Posko bahwa petugas akan melakukan pemeliharaan sistim pembedahan (arde) JTR.
4. Periksa sambungan-sambungan dan kawat arde sistim pentanahan secara visual.
5. Apabila terdapat kelainan misalnya putus atau hilang maka gantilah dengan penghantar yang baru dengan cara menghubungkan kawat arde dengan netral JTR sementara ujung yang lain biarkan tidak terhubung dengan Ground Rod.
6. Lakukan pengukuran Tahanan Pentanahan/Ground Rod sesuai dengan instruction manual dan catat nilai tahananannya di Formulir BA.
7. Bila hasil pengukuran nilai tahanan > 5 Ohm lakukan dengan menambah atau memperdalam Ground Rod. Atau dengan metode lain.
8. Lakukan pengukuran ulang dan catat nilai tahanan pentanahan di formulir Berita Acara (BA).
9. Lakukan penyambungan kawat arde ke Ground Rod dengan menggunakan klem arde.
10. Periksa hasil pekerjaan dan yakinkan bahwa jaringan personil dan peralatan dalam keadaan aman.
11. Lapor ke Posko bahwa pekerjaan pemeliharaan telah selesai.
12. Bereskan peralatan kerja & K-3 dan rambu peringatan untuk publik serta bersihkan areal pekerjaan.
13. Buat Laporan dan Berita Acara pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan sistem pentanahan.
14. Laporan penyelesaian pekerjaan dan Berita Acara diserahkan kepada Asman Distribusi.



Keterangan :

1. Ground Rod.
2. Klem Pembedahan
3. Konduktor Pembedahan.
4. Stainless Steel Strap.
5. Piercing Klem.
6. Kawat Netral JTR.

Gambar 4-104. Gambar Konstruksi Sistem Pembedahan

xzPT. PLN (PERSERO) DISTRIBUSI	SOP MEMELIHARA INSTALASI GARDU TIANG	Kode Unit : DIS.HAR.024(2).A Halaman 1/5
1. DATA LOKASI GARDU TRAFO 1.1. Nomor Gardu : 1.2. Nomor Tiang : 1.3. Lokasi : 2. NILAI TAHANAN PEMBUMIAN (ARDE) 2.1. Nilai Tahanan : Ohm Pembumian Sebelum Perbaikan 2.2. Nilai Tahanan : Ohm Pembumian Sesudah Perbaikan 2.3. Nilai Tahanan : Ohm Pembumian Setelah Penambahan/Metode Lainnya 3. CATATAN 3.1. 3.2.		
ASMAN DISTRIBUSI (.....) Surabaya, PETUGAS, (.....)		

4-4 Memasang Saluran Kabel Tanah Tegangan Rendah

4-4-1 Pengecekan Pekerjaan Penarikan Kabel

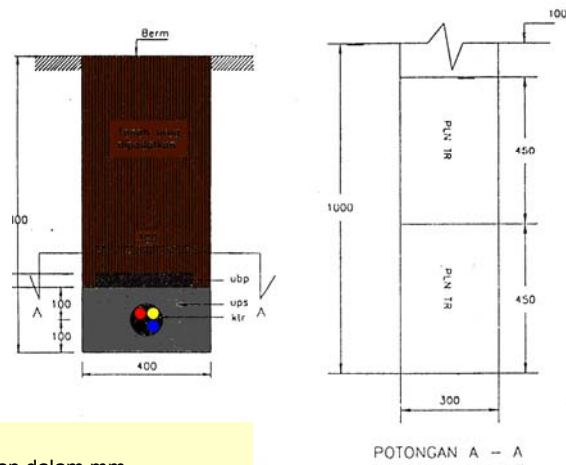
Sebelum melaksanakan pekerjaan penarikan kabel, maka perlu diadakan pengecekan secara menyeluruh apakah semua hal yang terkait dengan pekerjaan penarikan kabel sudah dipersiapkan dengan baik. Untuk pengecekan pekerjaan penarikan kabel dapat diikuti acuan berikut:

No. Kontrak Daerah No. Tag.....
Gbr. Referensi.....Uraian.....

No.	Item yang di cek	Instalasi OK, Tanda tangan & Tgl.
1.	Cocokan Haspel kabel sesuai dengan peruntukan dan rencana pemotongan	
2.	Cocokan tegangan kabel, temperatur kabel minimum.	
3.	Cek daftar penarikan kabel untuk arah putaran dan metode penarikan dalam konduit untuk kabel tegangan rendah.	
4.	Cek arah panah pada haspel kabel untuk keperluan penarikan kabel.	
5.	Periksa kabel apakah ada kerusakan pada bagian luar.	
6.	Bagian logam dari kabel yang masih tergulung di dalam haspel kabel di megger sebelum dipasang.	
7.	Dilakukan cek kontinuitas dan isolasi pada kabel instrumen sebelum kabel dikeluarkan dari haspel (m, 250 Volt).	
8.	Dilakukan pengukuran dengan megger terhadap kabel daya dan kontrol yang telah digelar dan dicatat pada <i>Field test Record</i> .	
9.	Dilakukan cek kontinuitas dan isolasi untuk kabel instrumen setelah digelar dan dicatat pada <i>Field test Record</i> .	
10.	Dilakukan <i>High Potential Cable Test</i> (jika diperlukan) dan dicatat dalam <i>Field test Record</i> .	
11.	Konduktor diidentifikasi apakah sesuai dengan spesifikasi dan gambar.	
12.	Kabel diberi <i>end seal</i> setelah dipotong.	
Catatan: Air dan kotoran yang ada di dalam konduit dibersihkan sebelum dilakukan penarikan kabel kedalamnya.		
Keterangan:		

4-4-2 Penempatan Kabel pada Galian tanah

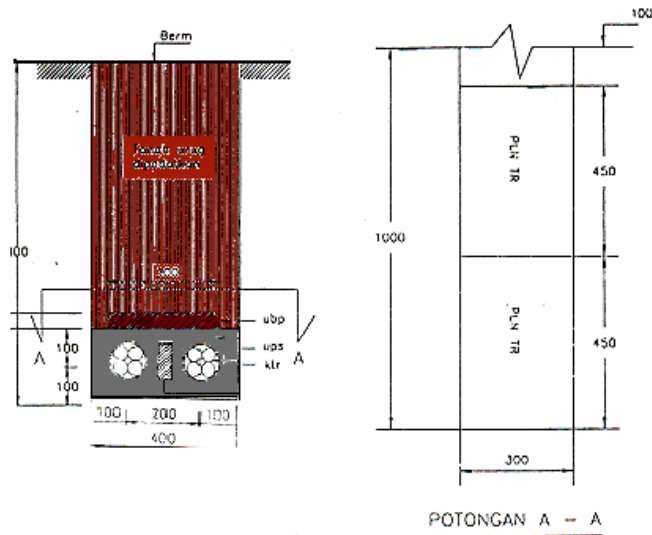
Gambar 4-105 sampai dengan 4-134 menunjukkan ukuran lebar dan kedalaman galian dan persyaratan lain berkaitan dengan pekerjaan penanaman kabel tanah.



Catatan:

- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

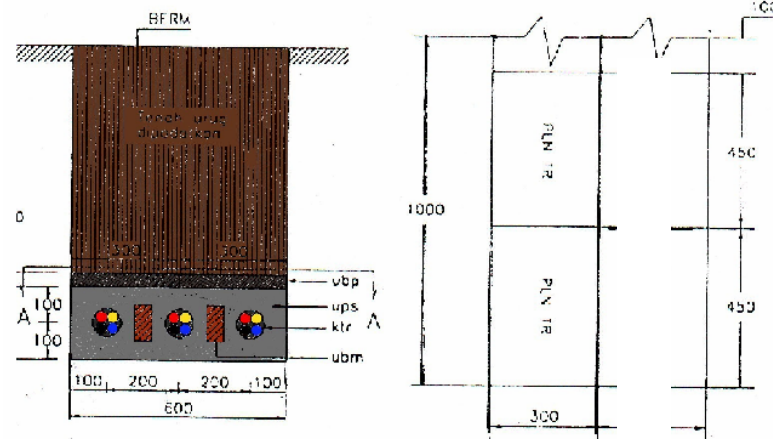
Gambar 4-105. Perletakan 1 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah berm



Catatan:

- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

Gambar 4-106. Perletakan 2 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah berm

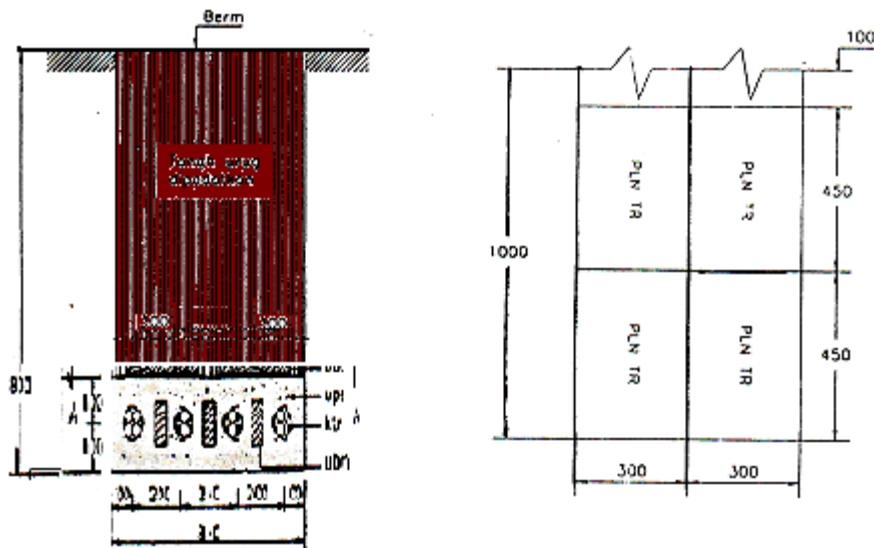


Catatan:

- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

Gambar 4-107. Perletakan 3 kabel tanah TR tiap 1 meter di

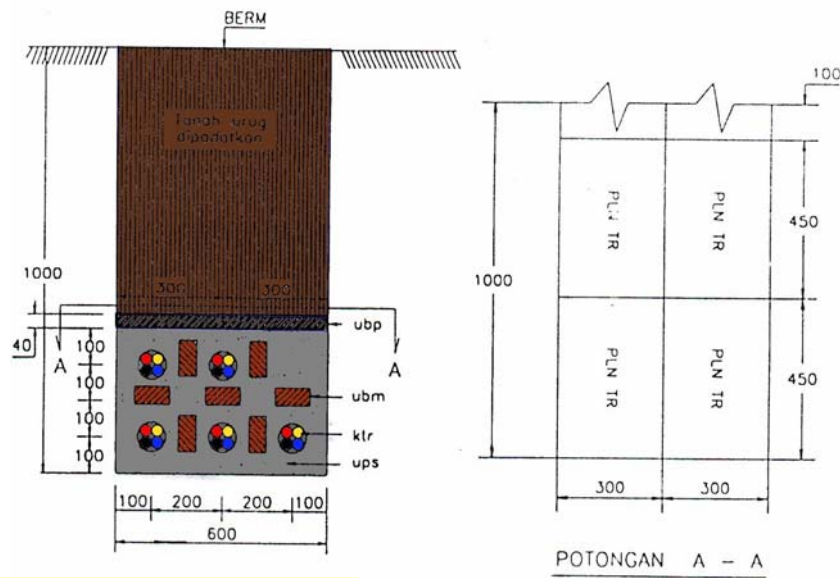
bawah berm



Catatan:

- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

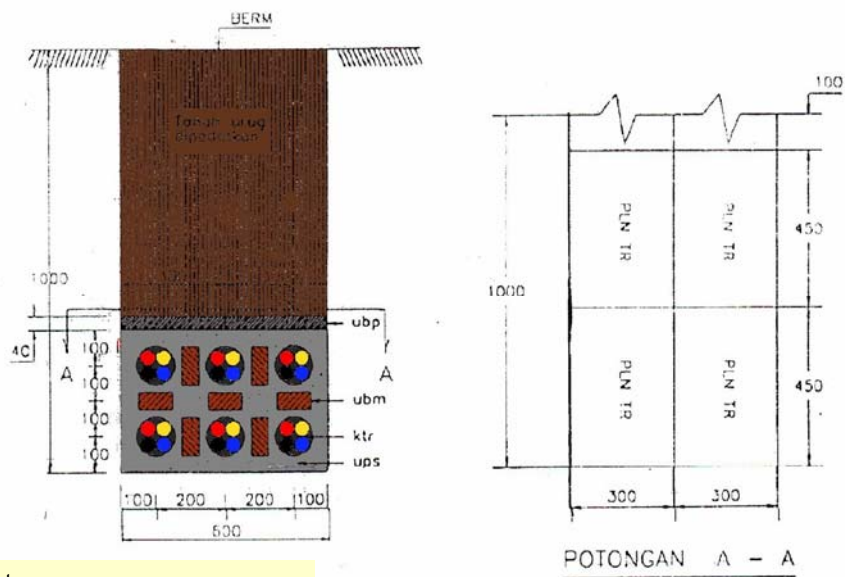
Gambar 4-108. Perletakan 4 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah berm



Catatan:

- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

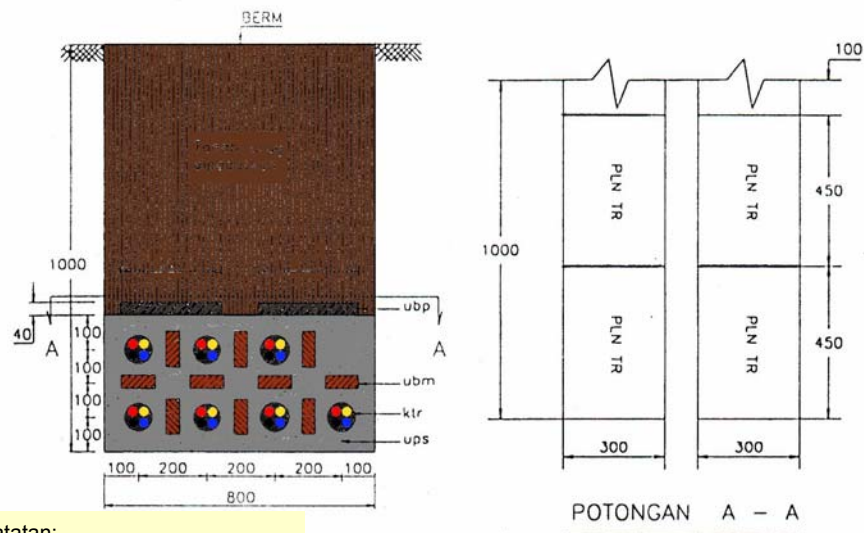
Gambar 4-109. Perletakan 5 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah berm



Catatan:

- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

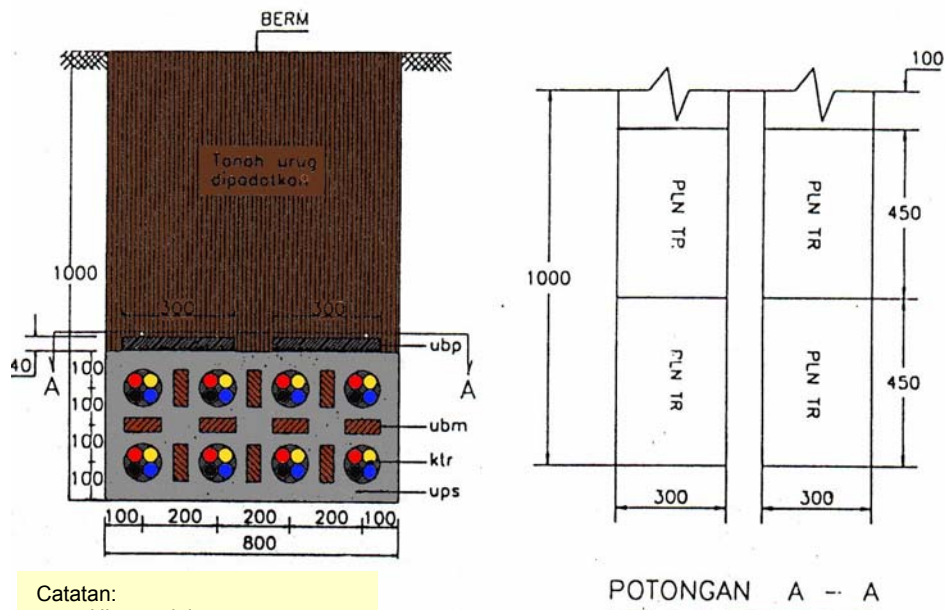
Gambar 4-110. Perletakan 6 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah berm



Catatan:

- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

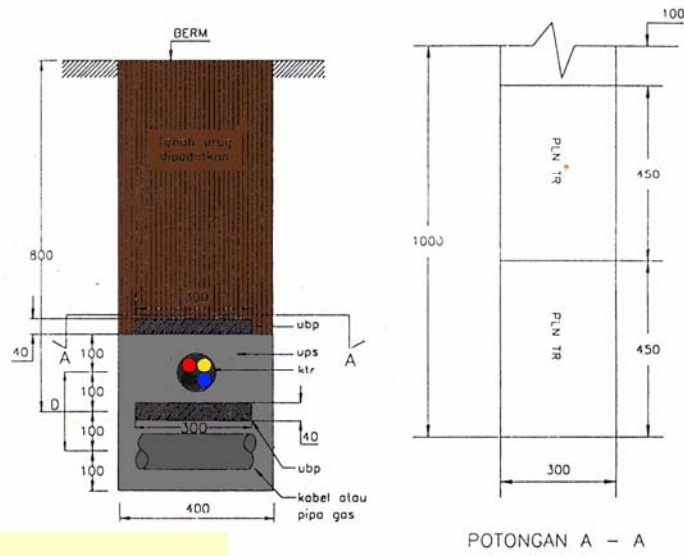
Gambar 4-111. Perletakan 7 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah berm



Catatan:

- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

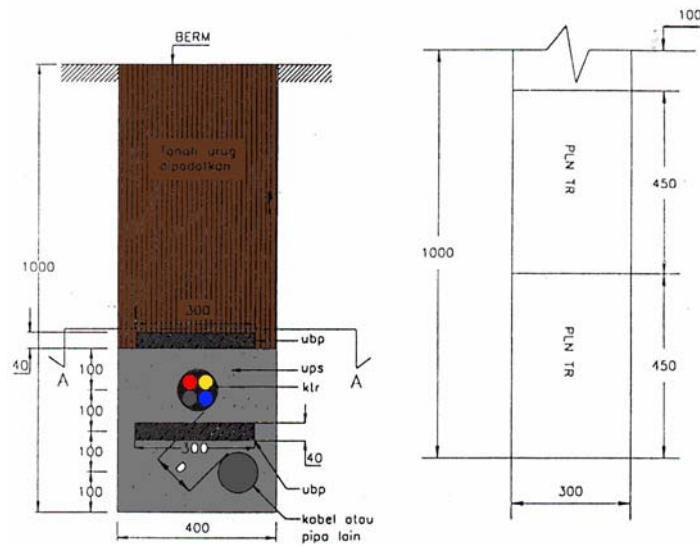
Gambar 4-112. Perletakan 8 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah berm



Catatan:

- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 cm tanah urug dipadatkan dengan stamper
- $D > 20$ cm
- $D > 50$ cm untuk pipa gas

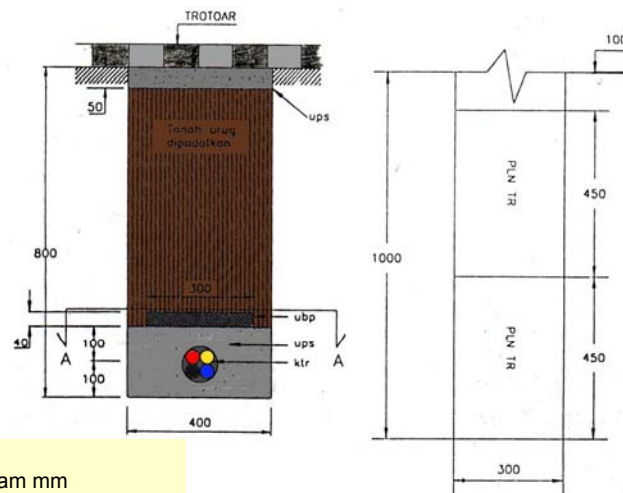
Gambar 4-113. Perletakan 1 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah berm posisi penyebrangan



Catatan:

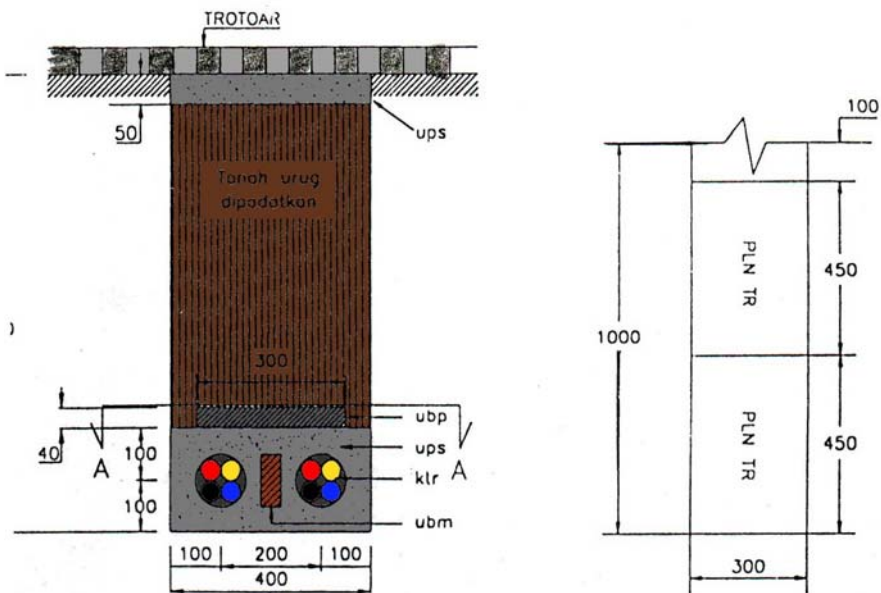
- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 cm tanah urug dipadatkan dengan stamper
- $D > 20$ cm
- $D > 50$ cm untuk pipa gas

Gambar 4-114. Perletakan 1 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah berm posisi paralel



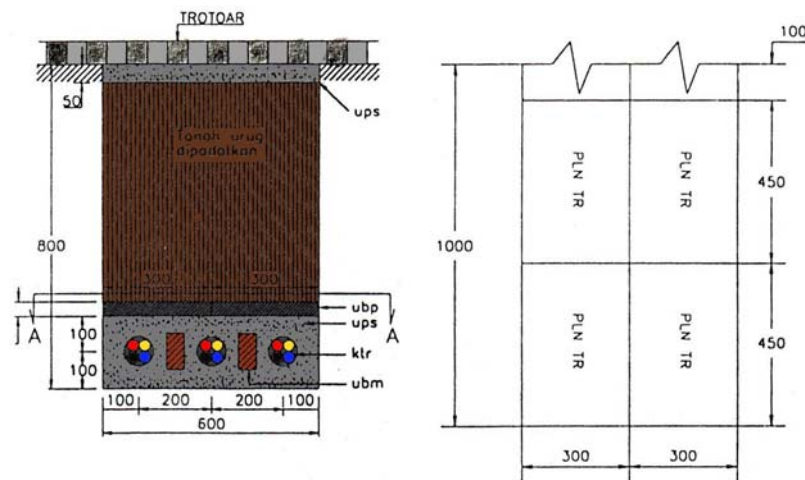
Catatan:
 - Ukuran dalam mm
 - Setiap 30 Cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

Gambar 4-115. Perletakan 1 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah trotoar



Catatan:
 - Ukuran dalam mm
 - Setiap 30 Cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

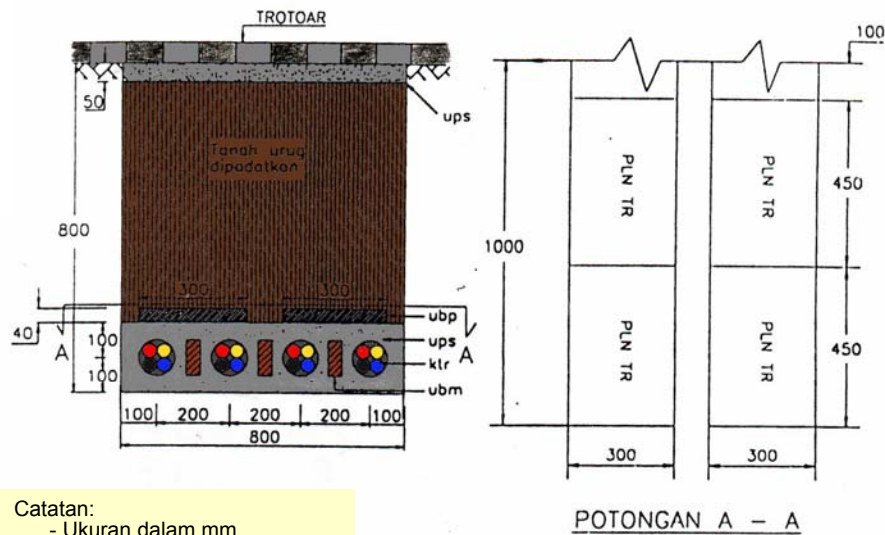
Gambar 4-116. Perletakan 2 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah trotoar



Catatan:

- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 Cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

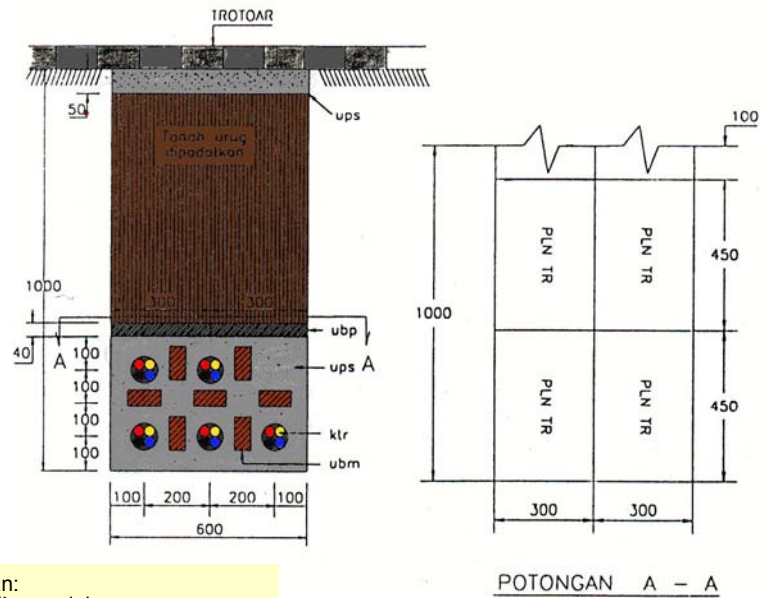
Gambar 4-117. Perletakan 3 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah trotoar



Catatan:

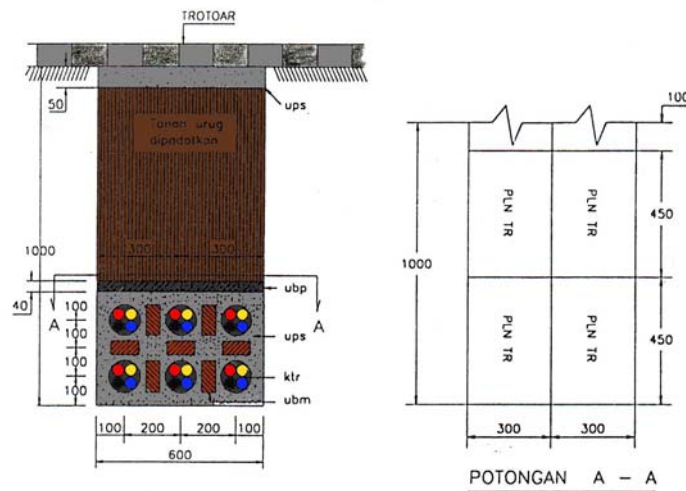
- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 Cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

Gambar 4-118. Perletakan 4 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah trotoar



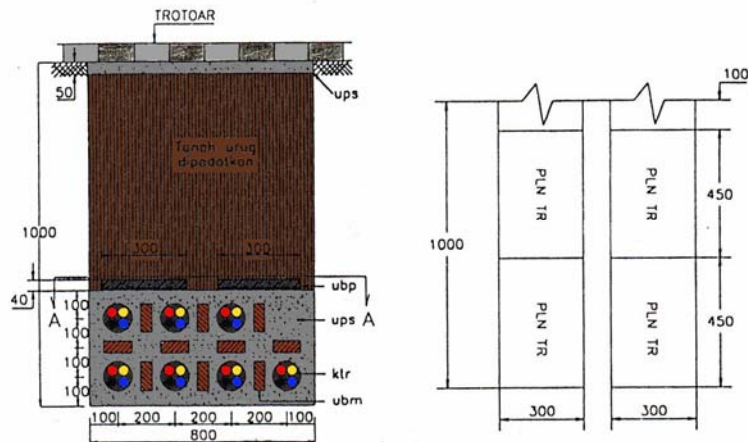
Catatan:
 - Ukuran dalam mm
 - Setiap 30 Cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

Gambar 4-119. Perletakan 5 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah trotoar



Catatan:
 - Ukuran dalam mm
 - Setiap 30 Cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

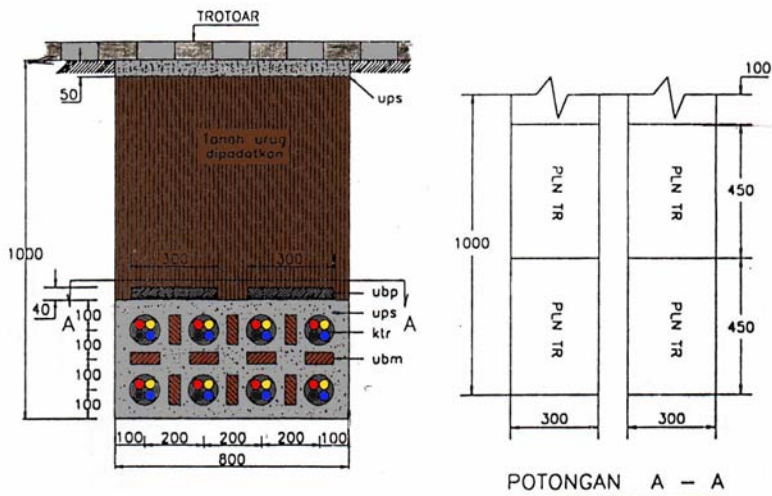
Gambar 4-120. Perletakan 6 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah trotoar



Catatan:

- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 Cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

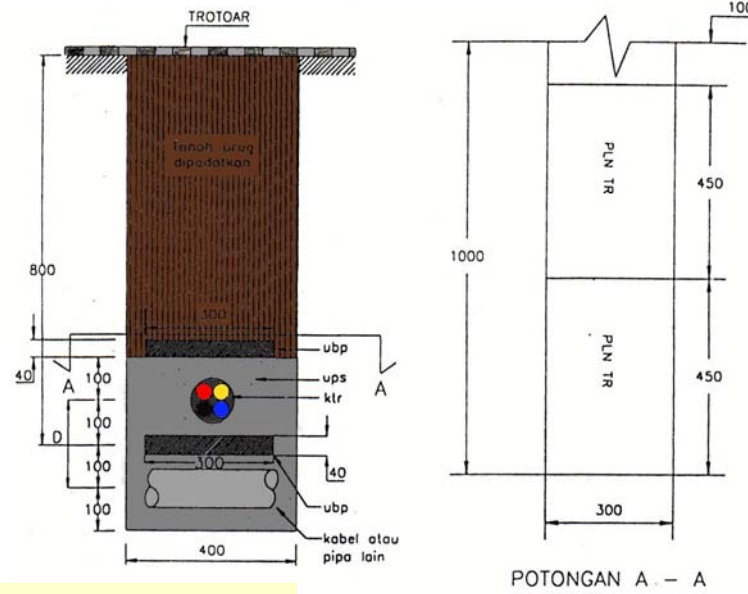
Gambar 4-121. Perletakan 7 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah trotoar



Catatan:

- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 Cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

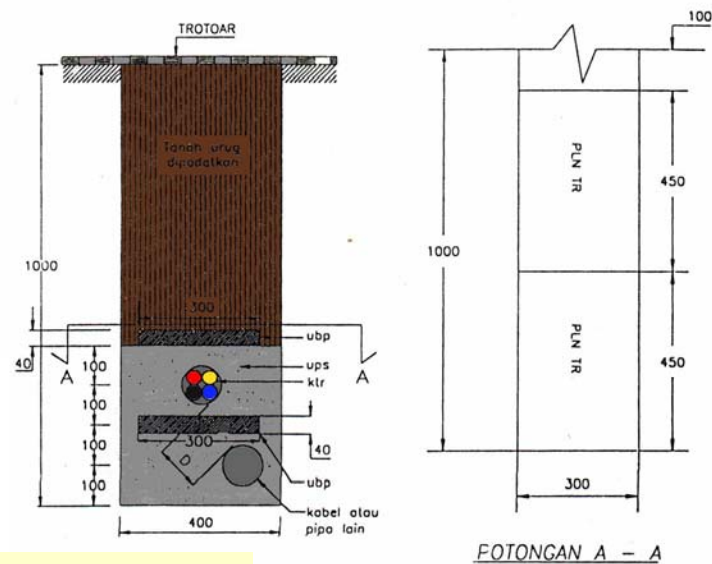
Gambar 4-122. Perletakan 8 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah trotoar



Catatan:

- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 Cm tanah urug dipadatkan dengan stamper
- $D > 20$ cm
- $D > 50$ cm untuk pipa gas

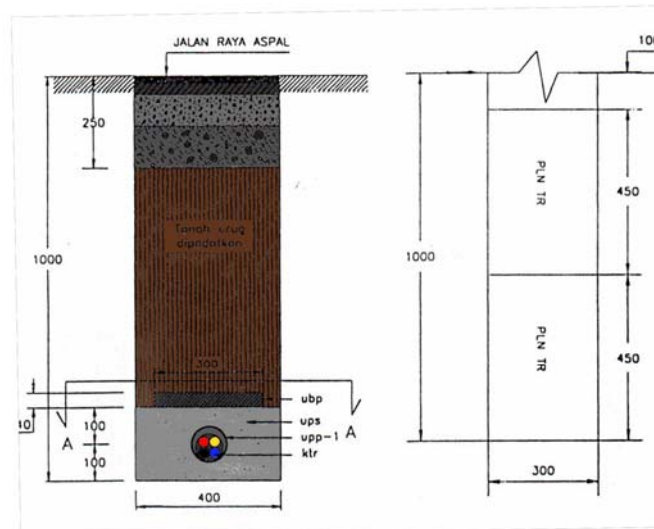
Gambar 4-123. Perletakan 1 ka tanah TR tiap 1 meter di bawah trotoar posisi penyebrangan



Catatan:

- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 Cm tanah urug dipadatkan dengan stamper
- $D > 20$ cm
- $D > 50$ cm untuk pipa gas

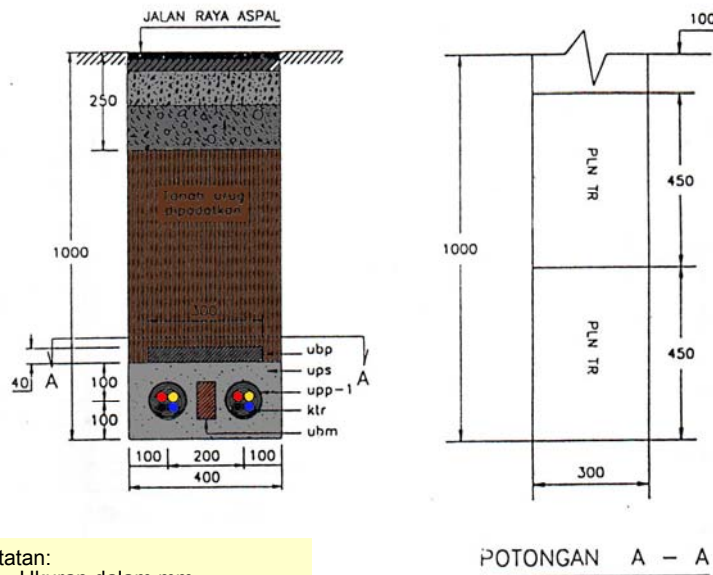
Gambar 4-124. Perletakan 1 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah trotoar posisi paralel



Catatan:

- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 Cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

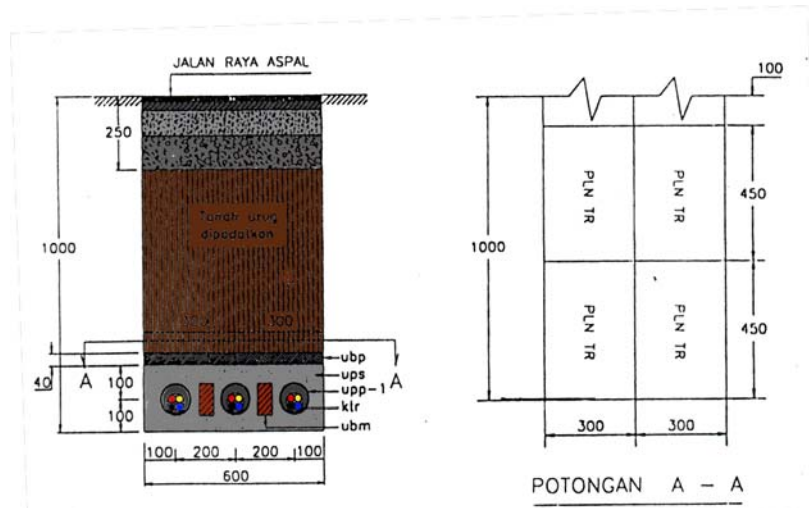
Gambar 4-125. Perletakan 1 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali)



Catatan:

- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 Cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

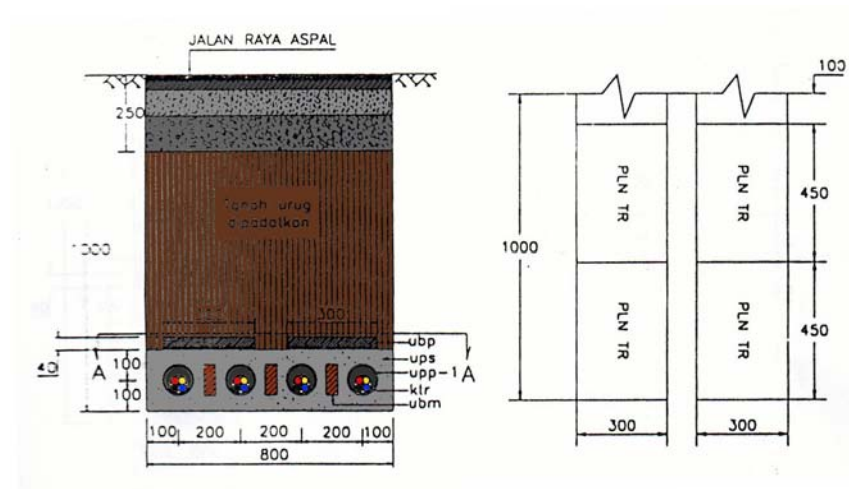
Gambar 4-126. Perletakan 2 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali)



Catatan:

- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 Cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

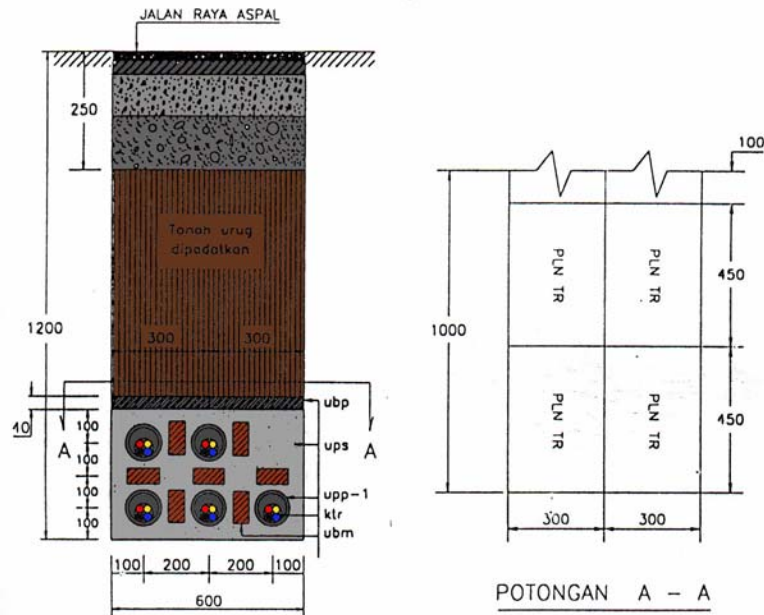
Gambar 4-127. Perletakan 3 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali)



Catatan:

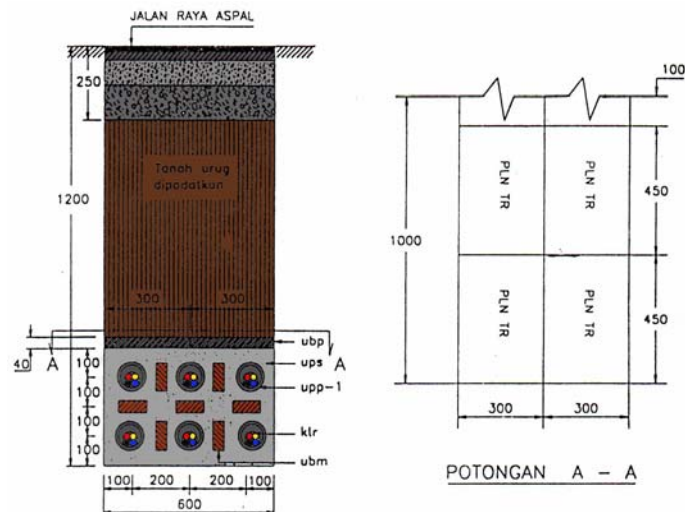
- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 Cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

Gambar 4-128. Perletakan 4 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali)



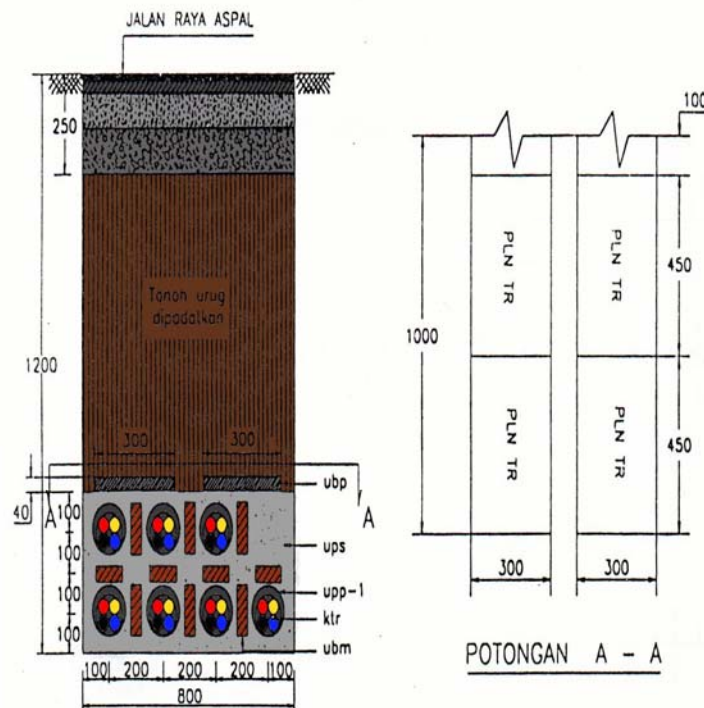
Catatan:
 - Ukuran dalam mm
 - Setiap 30 Cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

Gambar 4-129. Perletakan 5 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali)



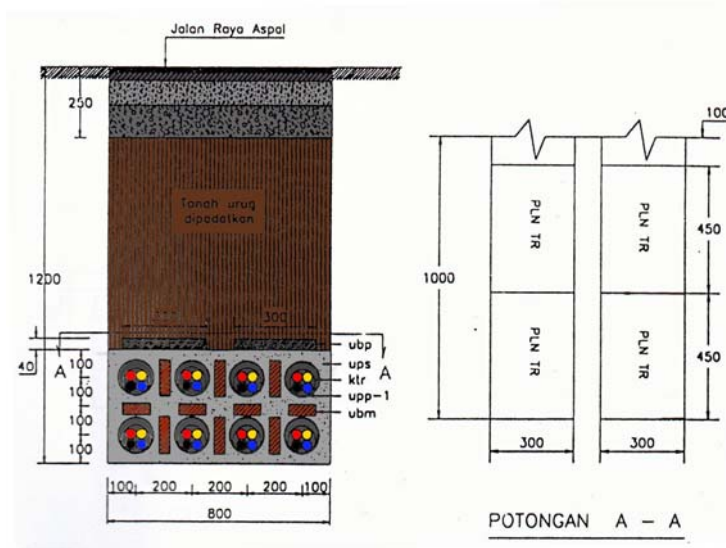
Catatan:
 - Ukuran dalam mm
 - Setiap 30 Cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

Gambar 4-130. Perletakan 6 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali)



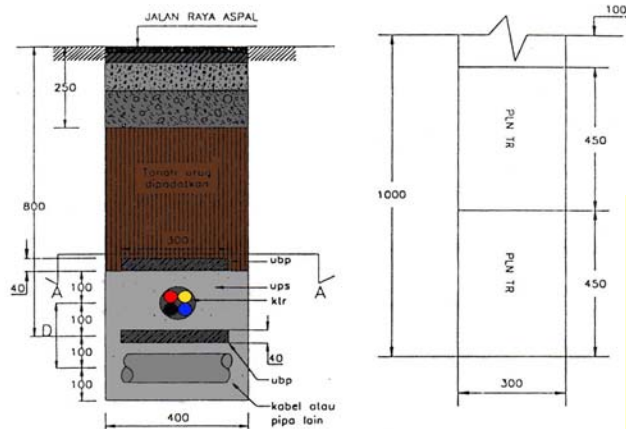
Catatan:
 - Ukuran dalam mm
 - Setiap 30 Cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

Gambar 4-131. Perletakan 7 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali)



Catatan:
 - Ukuran dalam mm
 - Setiap 30 Cm tanah urug dipadatkan dengan stamper

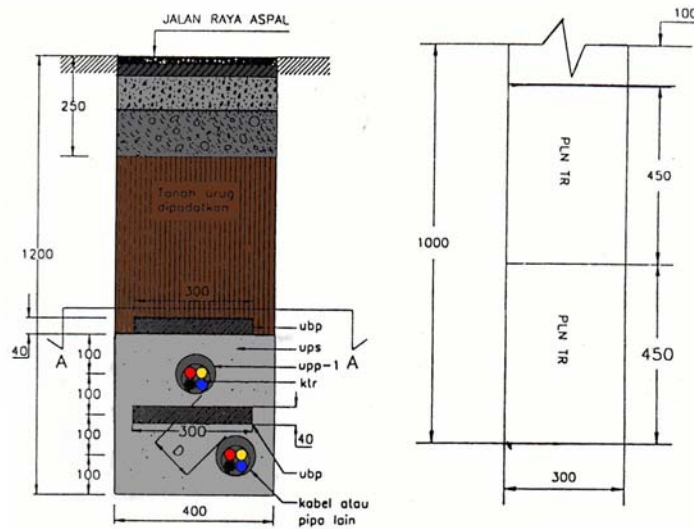
Gambar 4-132. Perletakan 8 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali)



Catatan:

- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 Cm tanah urug Dipadatkan dengan stamper
- Kabel dimasukkan kedalam pipa PNV $\varnothing$ 6" jenis AW tebal 6 mm
- Untuk kabel tanpa armorrod, dimasukkan ke pipa besi di galvanis 7 micron $\varnothing$ 6".
- D > 20 cm
- D > 50 cm untuk pipa gas

Gambar 4-133. Perletakan 1 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali) posisi penyebrangan



Catatan:

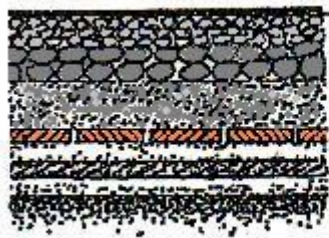
- Ukuran dalam mm
- Setiap 30 Cm tanah urug Dipadatkan dengan stamper
- Kabel dimasukkan kedalam pipa PNV $\varnothing$ 6" jenis AW tebal 6 mm
- Untuk kabel tanpa armorrod, dimasukkan ke pipa besi di galvanis 7 micron $\varnothing$ 6".
- D > 20 cm
- D > 50 cm untuk pipa gas

Gambar 4-134. Perletakan 1 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali) posisi paralel

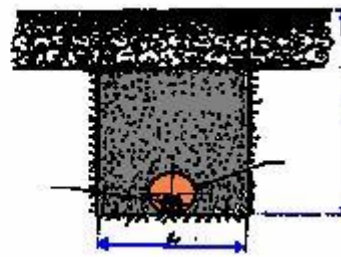
Jika kabel tanah dilindungi dengan pipa beton digunakan acuan sebagai berikut:

Tabel 4-6. Ukuran galian tanah untuk beberapa pipa beton

No.	Tabung beton ϕ 20 Cm	L	D
1.	1 Tabung	100	1000
2.	2 Tabung	100	1000
3.	3 Tabung	900	1000
4.	4 Tabung	1.200	1000
5.	5 Tabung	1.500	1000
6.	6 Tabung	1.800	1000



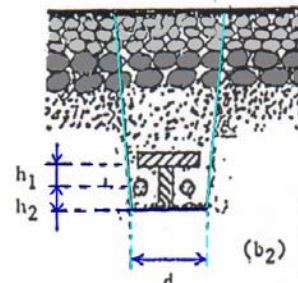
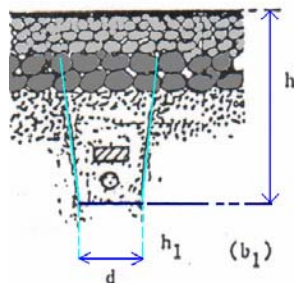
Gambar 4-135.
Susunan struktur
penanaman kabel tanah



Gambar 4-136
Pemasangan kabel tanah
dengan pipa pelindung



Gambar 4-137.
Cara meletakkan kabel
tanah di dalam tanah galian

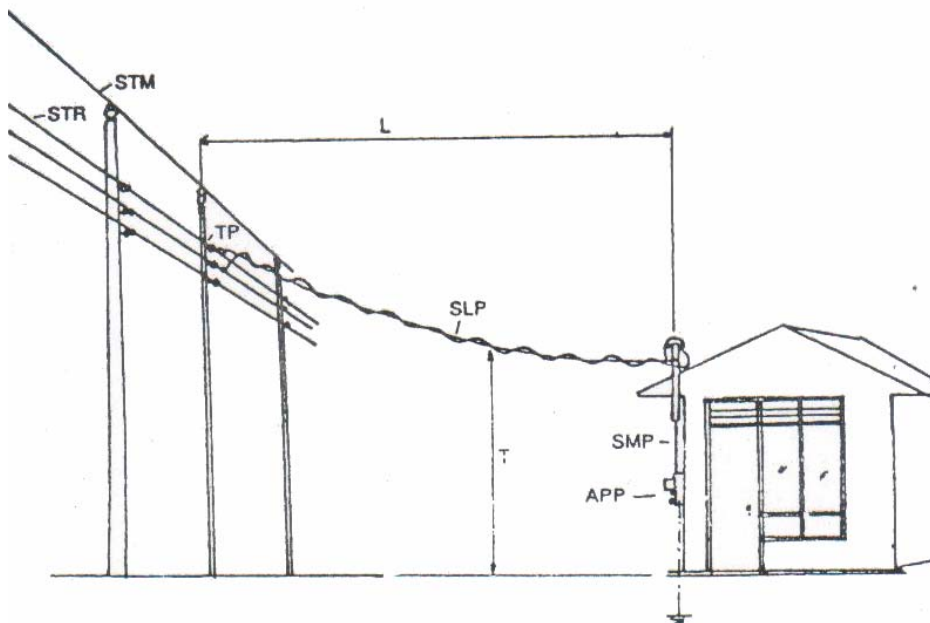


Gambar 4-138.
Ukuran dan penempatan untuk satu kabel dan dua kabel

4-5 Sambungan Pelayanan

4-5-1 Ketentuan Umum Sambungan Pelayanan

Ketentuan umum yang perlu diperhatikan dalam sambungan pelayanan pelanggan, antara lain adalah jarak aman saluran kabel, jumlah pelanggan pada setiap sambungan luar pelanggan (SLP). Batasan-batasan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5-139.



Gambar 4-139. Ketentuan umum sambungan pelanggan

Keterangan :

JTR = STR s/d APP (STR + SLP + SMP + APP)

SP = SLP s/d APP (SLP + SMP + APP)

SR = SLP s/d SMP (SLP + SMP)

L = 30 m u/ Kabel isolasi dipilin (LVTC)

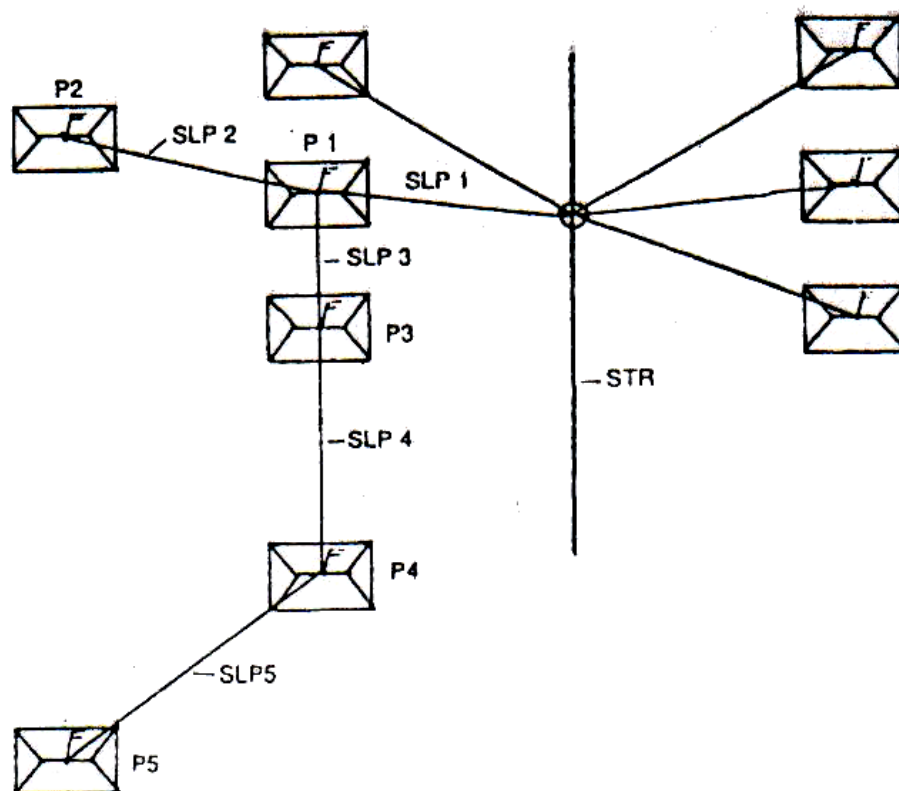
45 m u/ Kabel jenis Dx/Qx

T = 6 m Melintasi Simpang Jalan Umum

5,5 m Melintasi Rel Kereta Api

5 m Melintasi Jalan Umum

4 m Tidak melintasi Jalan Umum

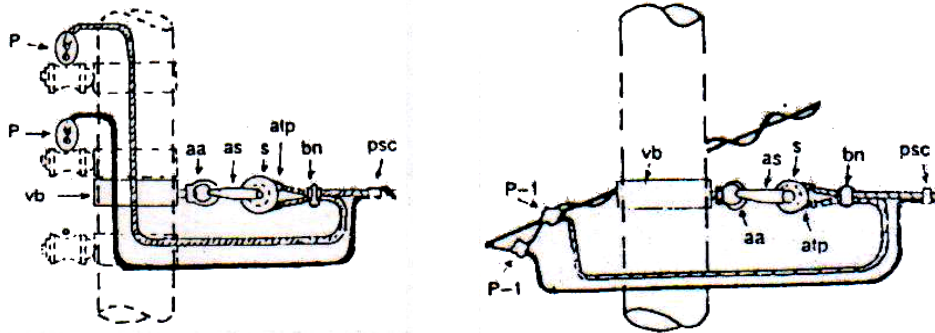


Gambar 4-140 Ketentuan umum sambungan luar pelanggan

Ketentuan-ketentuan Sambungan Pelayanan.

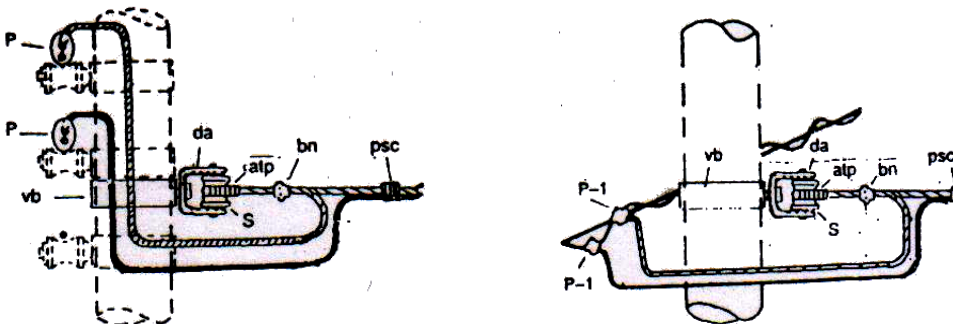
1. Dari satu tiang boleh dipasang maksimum 5 SLP.
2. Dari SLP 1 boleh disambung berturut-turut (seri) maksimum 5 pelanggan dan tetap memperhatikan beban dan susut tegangan.
3. Jarak sambungan dari tiang ke rumah atau dari rumah ke rumah maksimum 30 meter u/ SLP jenis twisted dan maksimum 45 meter u/ SLP jenis DX/QX.
4. Jarak sambungan dari tiang ke rumah terakhir maksimum 150 meter dan tetap memperhatikan susut tegangan yang diijinkan.
5. Susut tegangan sepanjang SR yang diijinkan maksimum 2% bila SLP disambung pada STR, maksimum 10% bila SLP disambung pada Gardu Trafo/Peti TR.
6. Pada satu tiang atap boleh dipasang maksimum 3 SLP.

4-5-2 Konstruksi Sambungan Luar Pelayanan (SLP)



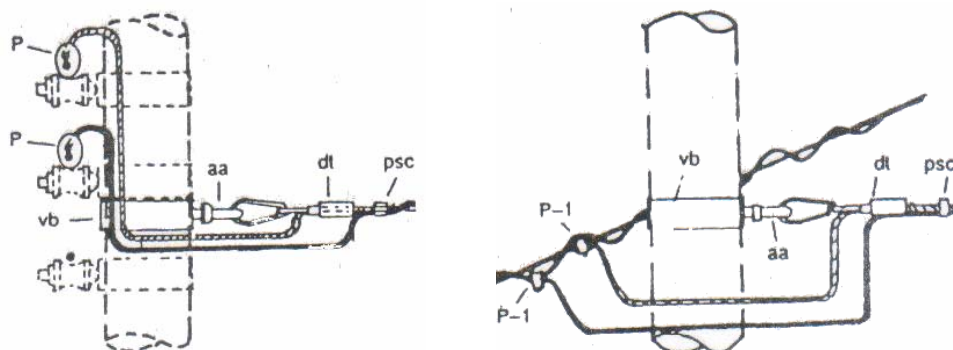
Kode	Material	JUMLAH			
		SKA 11-C	SKC 11-C	SKA 11-C-T	SKC 11-C-T
Vb	Pole band double rack	1	1	1	1
aa	Eye nut 5/8"	1	1	1	1
as	Service swinging clevis	1	1	1	1
s	Spool insulator ansi 53-1	1	1	1	1
bn	Clamp loop dead end	1	1	1	1
atp	Armor tape	0,5	0,5	0,5	0,5
psc	Plastic strap for clamping	1	1	1	1
p	Bare connector bimetal	2	4	-	-
p-1	Protective cap tap connector	-	-	2	4

Gambar 4-141 Konstruksi SLP 1 phase jenis DX/ 3 phase jenis QX pada STR tanpa isolasi dan berisolasi



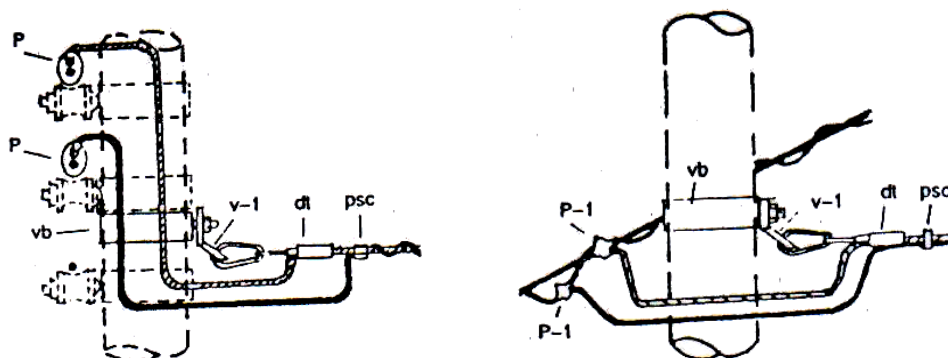
Kode	Material	JUMLAH			
		SKA 14-C	SKC 14-C	SKA 14-C-T	SKC 14-C-T
Vb	Pole band double rack	1	1	1	1
da	Bracket secondary	1	1	1	1
s	Spool insulator ansi 53-1	1	1	1	1
bn	Clamp loop dead end	1	1	1	1
atp	Armor tape	0,5	0,5	0,5	0,5
psc	Plastic strap for clamping	1	1	1	1
p	Bare connector bimetal	2	4	-	-
p-1	Protective cap tap connector	-	-	2	4

Gambar 4-142. Konstruksi SLP 1 phase jenis DX/ 3 phase jenis QX pada STR tanpa isolasi dan STR berisolasi



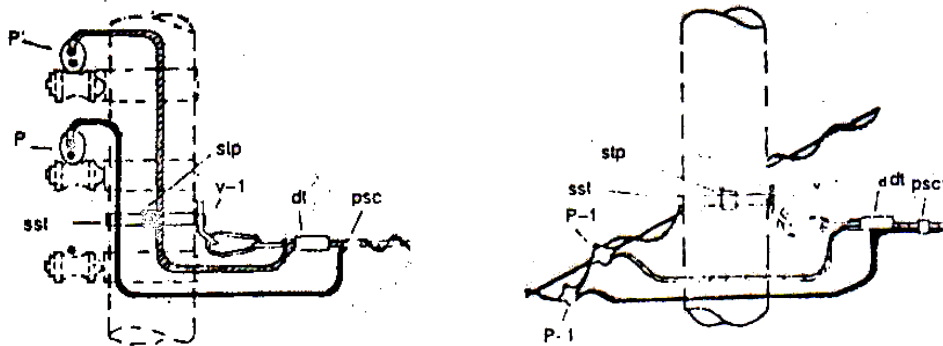
Kode	Material	JUMLAH			
		SKA-C	SKC-C	SKA-C-T	SKC-C-T
Vb	Pole band double rack	1	1	1	1
aa	Eye nut 5/8"	1	1	1	1
dt	Service alum. dead end clamping	1	1	1	1
psc	Plastic strap for clamping	1	1	1	1
p	Bare connector bimetal	2	4	-	-
p-1	Protective cap tap connector	-	-	2	4

Gambar 4-143 Konstruksi SLP 1 fasa jenis DX/ 3 fasa jenis QX pada STR tanpa isolasi dan STR berisolasi



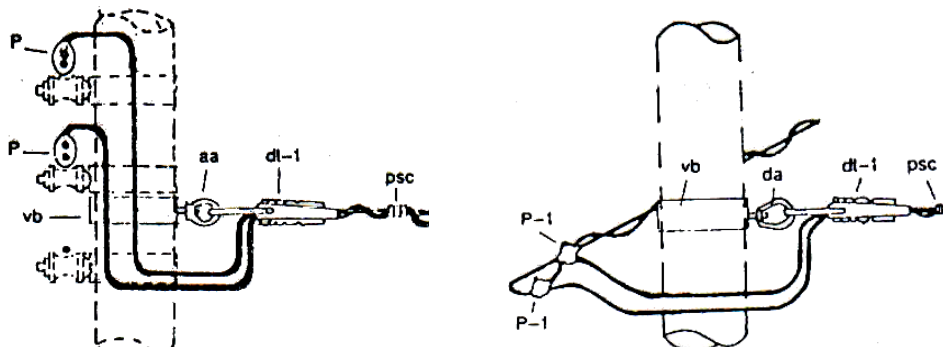
Kode	Material	JUMLAH			
		SKA-C1	SKC-C1	SKA-C1-T	SKC-C1-T
Vb	Pole band double rack	1	1	1	1
v-1	Pole attachment fitting	1	1	1	1
dt	Service alum. dead end clamping	1	1	1	1
psc	Plastic strap for clamping	1	1	1	1
p	Bare connector bimetal	2	4	-	-
p-1	Protective cap tap connector	-	-	2	4

Gambar 4-144 Konstruksi SLP 1 fasa jenis DX/ 3 fasa jenis QX pada STR tanpa isolasi dan berisolasi



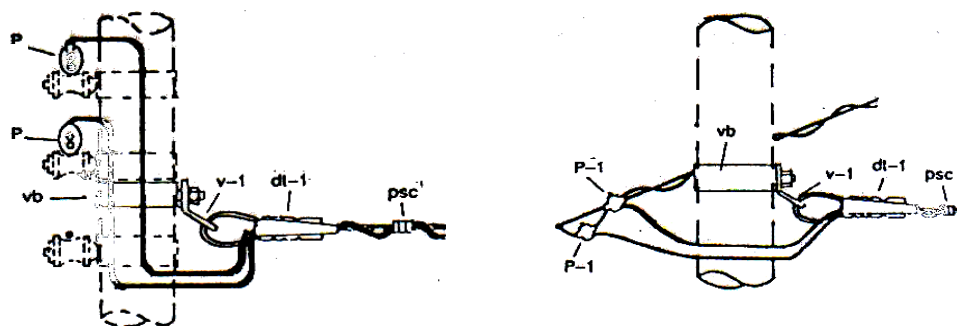
Kode	Material	J U M L A H			
		SKA-C2	SKC-C2	SKA-C2-T	SKC-C2-T
v-1	Pole attachment fitting	1	1	1	1
dt	Service alum. dead end clamping	1	1	1	1
psc	Plastic strap for clamping	1	1	1	1
p	Bare connector bimetal	2	4	-	-
p-1	Protective cap tap connector	-	-	2	4
sst	Stainless steel strap	1,75	1,75	1,75	1,75
stp	Stoping bucle for sst	1	1	1	1

Gambar 4-145 Konstruksi SLP 1 phase jenis DX/ 3 phase jenis QX pada STR tanpa isolasi dan berisolasi



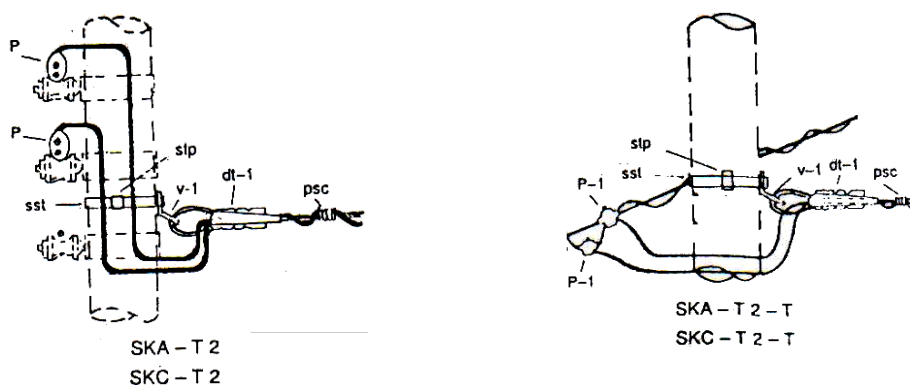
Kode	Material	J U M L A H			
		SKA-T	SKC-T	SKA-T-T	SKC-T-T
Vb	Pole band double rack	1	1	1	1
aa	Eye nut 5/8"	1	1	1	1
dt-1	Service alum. dead end clamping	1	1	1	1
psc	Plastic strap for clamping	1	1	1	1
p	Bare connector bimetal	2	4	-	-
p-1	Protective cap tap connector	-	-	2	4

Gambar 4-146 Konstruksi SLP 1 phase / 3 phase jenis Twisted pada STR tanpa isolasi dan STR berisolasi



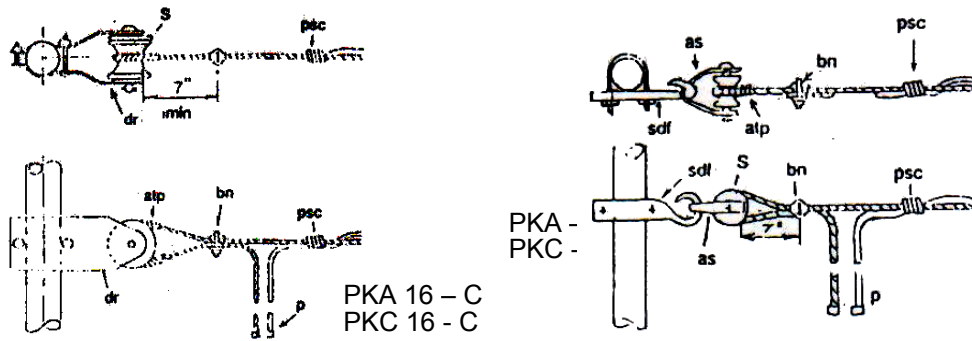
Kode	Material	JUMLAH			
		SKA-T1	SKC-T1	SKA-T1-T	SKC-T1-T
Vb	Pole band double rack	1	1	1	1
V-1	Pole attachment fitting	1	1	1	1
dt-1	Service alum. dead end clamping	1	1	1	1
psc	Plastic strap for clamping	1	1	1	1
p	Bare connector bimetal	2	4	-	-
p-1	Protective cap tap connector	-	-	2	4

Gambar 4-147 Konstruksi SLP 1 phasa / 3 phasa jenis Twisted pada STR tanpa isolasi dan STR berisolasi



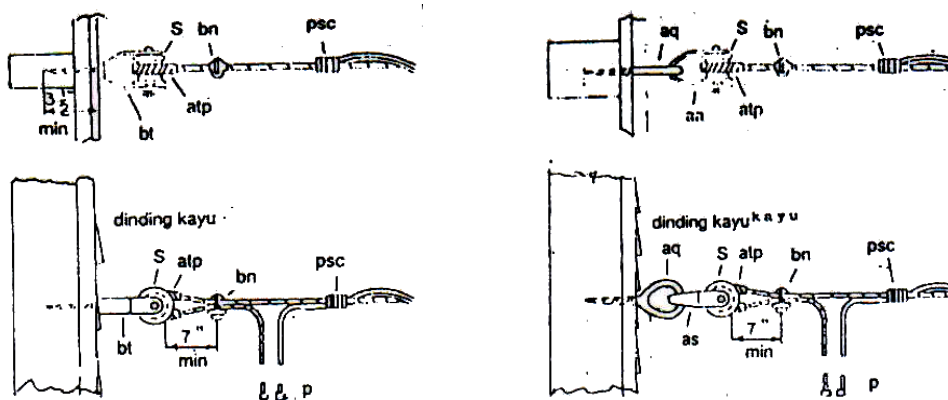
Kode	Material	JUMLAH			
		SKA-T2	SKC-T2	SKA-T2-T	SKC-T2-T
V-1	Pole attachment fitting	1	1	1	1
dt-1	Service alum. dead end clamping	1	1	1	1
psc	Plastic strap for clamping	1	1	1	1
p	Bare connector bimetal	2	4	-	-
p-1	Protective cap tap connector	-	-	2	4
sst	Stainless steel strap	1,75	1,75	1,75	1,75
stp	Stoping bucle for sst	1	1	1	1

Gambar 4-148 Konstruksi SLP 1 phasa / 3 phasa jenis Twisted pada STR tanpa isolasi dan STR berisolasi



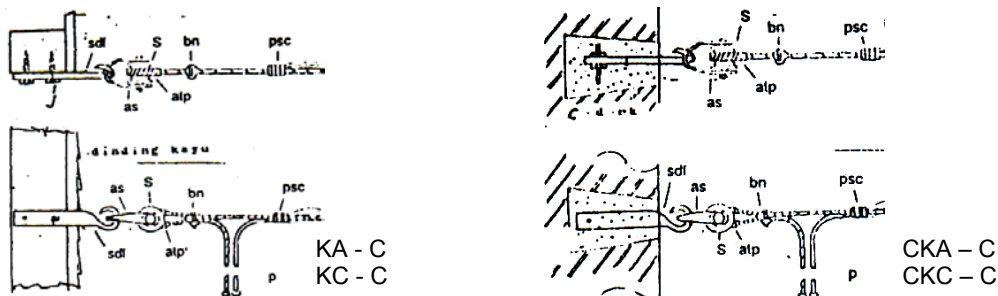
Kode	Material	JUMLAH			
		SKA-T2	SKC-T2	SKA-T2 -T	SKC-T2 -T
dr	Clevis service conduit	1	1	-	-
Sdf	Service dead end fitting	-	-	1	1
as	Service swamping clevis	-	-	1	1
s	Spool insulator ansi 53-1	1	1	1	1
bn	Clamp loop dead end	1	1	1	1
atp	Armor tape	0,5	0,5	0,5	0,5
psc	Plastic strap for clamping	1	1	1	1
p	Bare connector bimetal	2	4	2	4

Gambar 4-149 Konstruksi SLP 1 phasa jenis DX/ 3 phasa jenis QX pada tiang atap



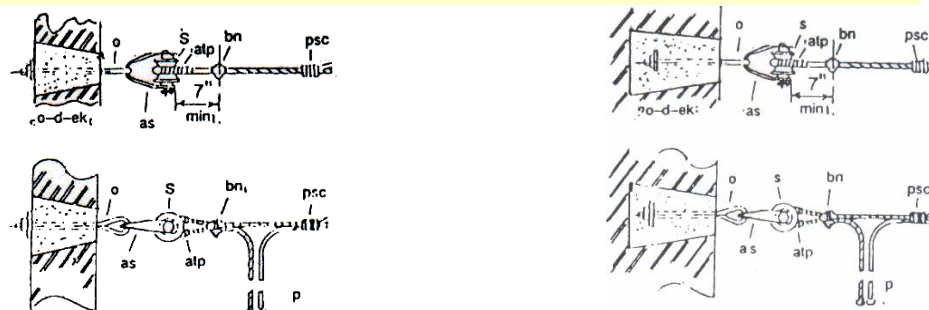
Kode	Material	JUMLAH			
		KA10-C	KC10-C	KA10-C1	KC10 -C1
bt	Wire holder clevis screw	1	1	-	-
aq	Eye Screw 1/2 x 4"	-	-	1	1
as	Service swamping clevis	-	-	1	1
s	Spool insulator ansi 53-1	1	1	1	1
bn	Clamp loop dead end	1	1	1	1
atp	Armor tape	0,5	0,5	0,5	0,5
psc	Plastic strap for clamping	1	1	1	1
p	Bare connector bimetal	2	4	2	4

Gambar 4-150 Konstruksi SLP 1 phasa jenis DX/ 3 phasa jenis QX pada titik tumpu dinding/tiang kayu



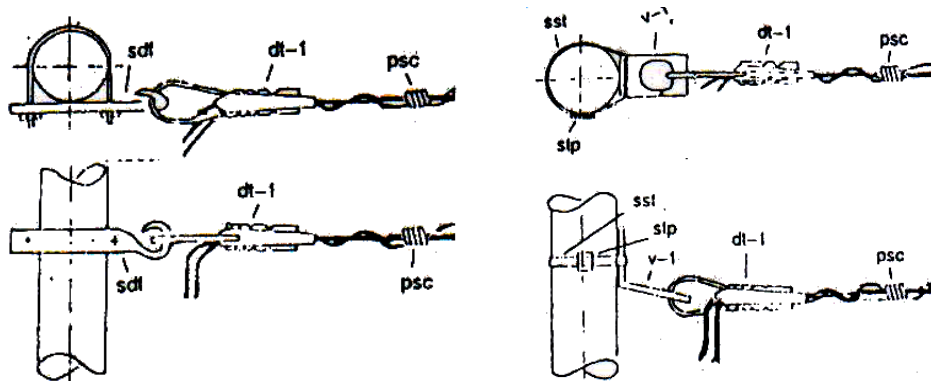
Kode	Material	J U M L A H			
		KA-C	KC-C	CKA-C	CKC-C
Sdt	Service dead end fitting	1	1	1	1
j	Lag screw 3/8" x 2 1/2"	2	2	-	-
as	Service swinging clevis	1	1	1	1
c	Bolt machine 5/8" x 6"	-	-	1	1
ek	Locknut 5/8"	-	-	2	2
s	Spool insulator ansi 53-1	1	1	1	1
bn	Clamp loop dead end	1	1	1	1
atp	Armor tape	0,5	0,5	0,5	0,5
psc	Plastic strap for clamping	1	1	1	1
p	Bare connector bimetal	2	4	2	4
-	Pasir kali + batu kerikil	-	-	0,02	0,02
cpt	Cement portland	-	-	1	1

Gambar 4-151 Konstruksi SLP 1 phase jenis DX/ 3 phase jenis QX pada titik tumpu dinding/tiang beton



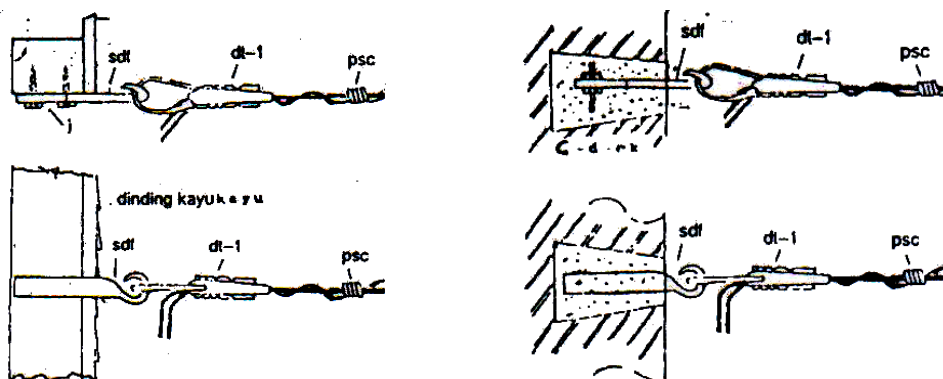
Kode	Material	J U M L A H			
		CKA-C1	CKC-C1	CKA-C2	CKC-C2
as	Service swinging clevis	1	1	1	1
o	Bolt machine 5/8" x 6"	1	1	1	1
d	Washer square 2 1/4"	1	1	1	1
ek	Locknut 5/8"	1	1	1	1
s	Spool insulator ansi 53-1	1	1	1	1
bn	Clamp loop dead end	1	1	1	1
atp	Armor tape	0,5	0,5	0,5	0,5
psc	Plastic strap for clamping	1	1	1	1
p	Bare connector bimetal	2	4	2	4
-	Pasir kali + batu kerikil	0,02	0,02	0,02	0,02
cpt	Cement portland	1	1	1	1

Gambar 4-152 Konstruksi SLP 1 phase jenis DX/ 3 phase jenis QX pada titik tumpu dinding/tiang kayu dan beton



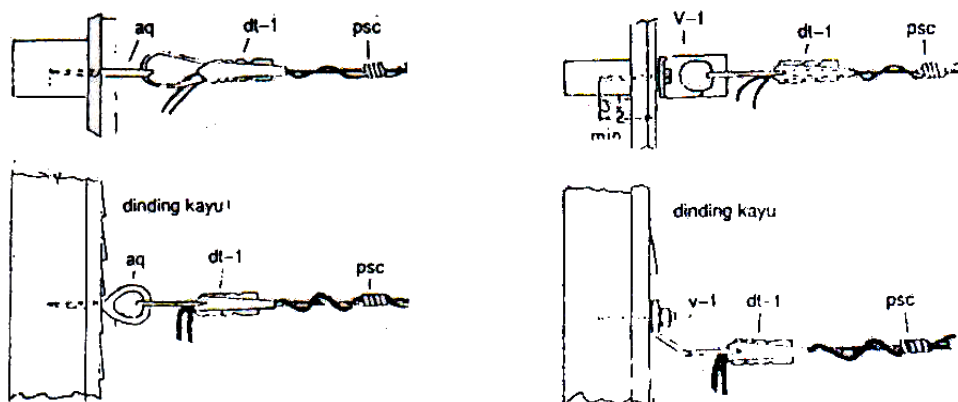
Kode	Material	JUMLAH			
		CKA-C1	CKC-C1	CKA-C2	CKC-C2
sst	Stainless steel strap	-	-	0,35	0,35
stp	Stoping bucle for sst	-	-	1	1
Sdt	Service dead end fitting	1	1	-	-
v-1	Pole attachment fitting	-	-	1	1
dt-1	Service alum. dead end clamping	1	1	1	1
psc	Plastic strap for clamping	1	1	1	1

Gambar 4-153 Konstruksi SLP 1 fasa, 3 fasa
Jenis twisted pada tiang atap



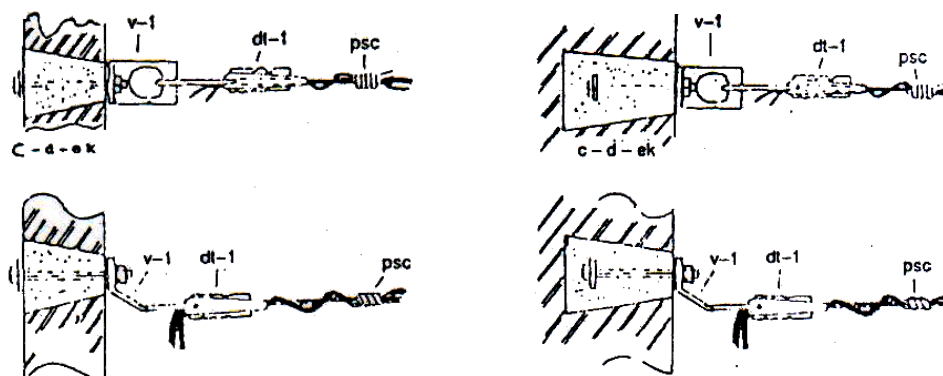
Kode	Material	JUMLAH			
		KA-T	KC-T	CKA-T	CKC-T
Sdt	Service dead end fitting	1	1	1	1
j	Lag screw 3/8" x 2 1/2 "	2	2	-	-
c	Bolt machine 5/8" x 6"	-	-	1	1
ek	Locknut 5/8"	-	-	2	2
dt-1	Service insul. dead end clamp.	1	1	1	1
psc	Plastic strap for clamping	1	1	1	1
-	Pasir kali + batu kerikil	-	-	0,02	0,02
cpt	Cement portland	-	-	1	1

Gambar 4-154 Konstruksi SLP 1 fasa, 3 fasa jenis twisted
pada titik tumpu dinding/tiang kayu dan beton



Kode	Material	JUMLAH			
		KA-T1	KC-T1	CKA-T2	CKC-T2
aq	Eye screw 1/2" x 4"	1	1	-	-
j	Lag screw 1/2" x 4"	-	-	1	1
v-1	Pole attachment fitting	-	-	1	1
dt-1	Service insul. dead end clamp.	1	1	1	1
psc	Plastic strap for clamping	1	1	1	1

Gambar 4-155 Konstruksi SLP 1 phasa, 3 phasa jenis twisted pada titik tumpu dinding/tiang kayu



Kode	Material	JUMLAH			
		CKA-T1	CKC-T1	CKA-T2	CKC-T2
C	Bolt machine 5/8" x Panjang disesuaikan	1	1	1	1
d	Washer square 2 1/4"	1	1	1	1
ek	Locknut 5/8"	1	1	1	1
v-1	Pole attachment fitting	1	1	1	1
dt-1	Service insul. dead end clamp.	1	1	1	1
psc	Plastic strap for clamping	1	1	1	1
-	Pasir kali + batu kerikil	0,02	0,02	0,02	0,02
cpt	Cement portland	1	1	1	1

Gambar 4-156 Konstruksi SLP 1 phasa, 3 phasa jenis twisted pada titik tumpu dinding/tiang kayu

4-5-3 Penggunaan Pipa Instalasi.

Jika menggunakan pipa instalasi dengan bahan logam harus dilaksanakan hal-hal sebagai berikut:

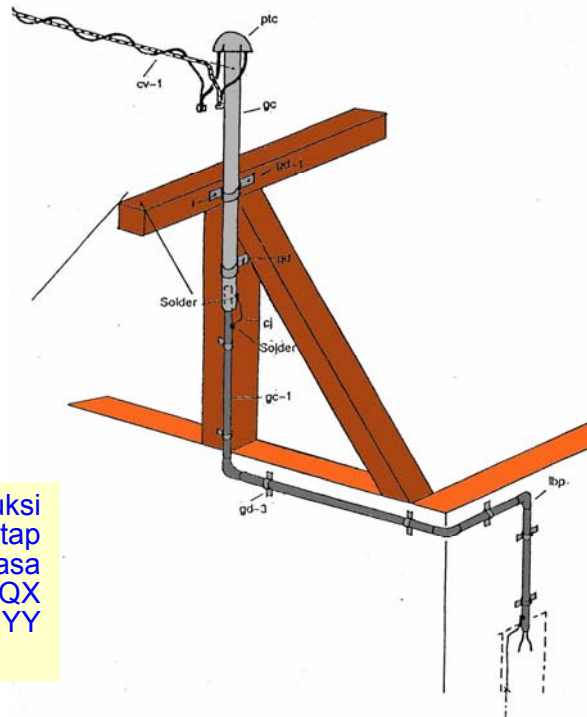
- Sambungan-sambungan harus kontak langsung dan bebas isolasi.
- Ujung pipa bagian atas dihubung pada pangkal tiang atap dengan kawat tembaga minimum 6 mm² dan dilas/disolder.
- Ujung pipa bagian bawah dihubungkan ke kawat pentanahan pada peti tegangan rendah.

Tabel 4-7. Daftar material konstruksi SMP dengan tiang atap dan titik tumpu untuk SR 1 phasa/3 phasa dengan SLP jenis DX/QX dan SMP jenis NYM/NYY.

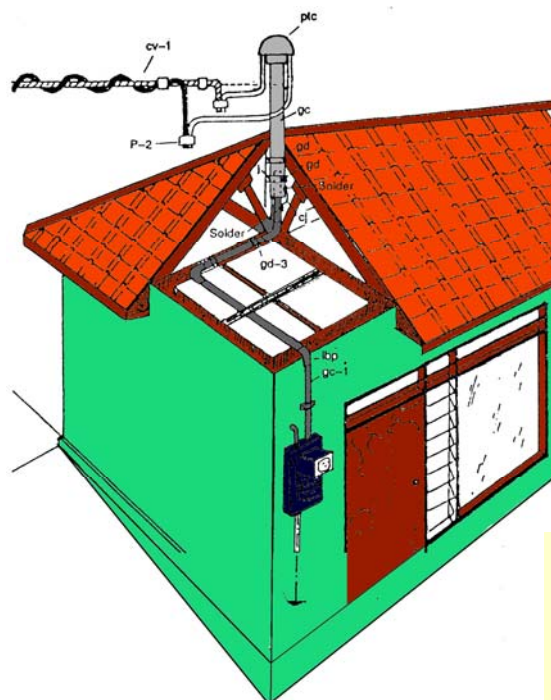
Kode	Material	J U M L A H			
		PMA8-C PMA8-C1	PMC8-C PMC8-C1	MA8-C CMA8-C	MC8-C CMC8-C
gc	Service must 1 1/2 " x 1 1/2" M	1	1	-	-
ptc	Protective cap for gc 1 1/2"	1	1	-	-
gd	Fixing collar 1 1/2"	1	1	-	-
gd-1	Fixing ring 1 1/2"	1	1	-	-
j	Lag screw 3/8" x 2"	3	3	-	-
gc-1	Union/PVC pipe, conduit	9*)	9*)	10*)	10*)
lbp	Union/PVC L bouw pipe	3*)	3*)	5*)	5*)
shp	Union/PVC shock pipe	1*)	1*)	1*)	1*)
gd-2	Staples conduit pipe and nail	16*)	16*)	20*)	20*)
cv	Service cable intrance NYM 2c	10*)	-	10*)	-
cv	Service cable intrance NYM 4c	-	10*)	-	10*)
cv-1	Service cable external DX type	45*)	-	45*)	-
cv-1	Service cable external QX type	-	45*)	-	45*)
slp	Sheet lead pipe, 1 1/2" hole	1	1	-	-
gd-3	Strap for sheet lead 1 1/2"	1	1	-	-

4-5-4 Konstruksi Sambungan Masuk Pelanggan (SMP)

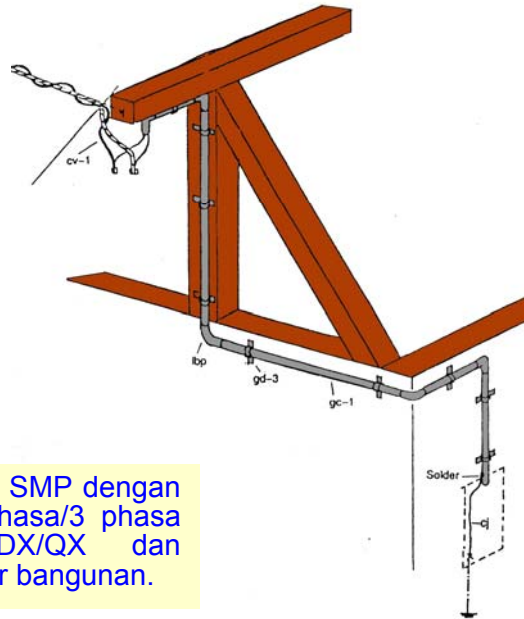
Gambar berikut menunjukkan beberapa jenis Sambungan Masuk Pelanggan (SMP) melalui kerangka tiang atap dan atau tidak melalui tiang atap.



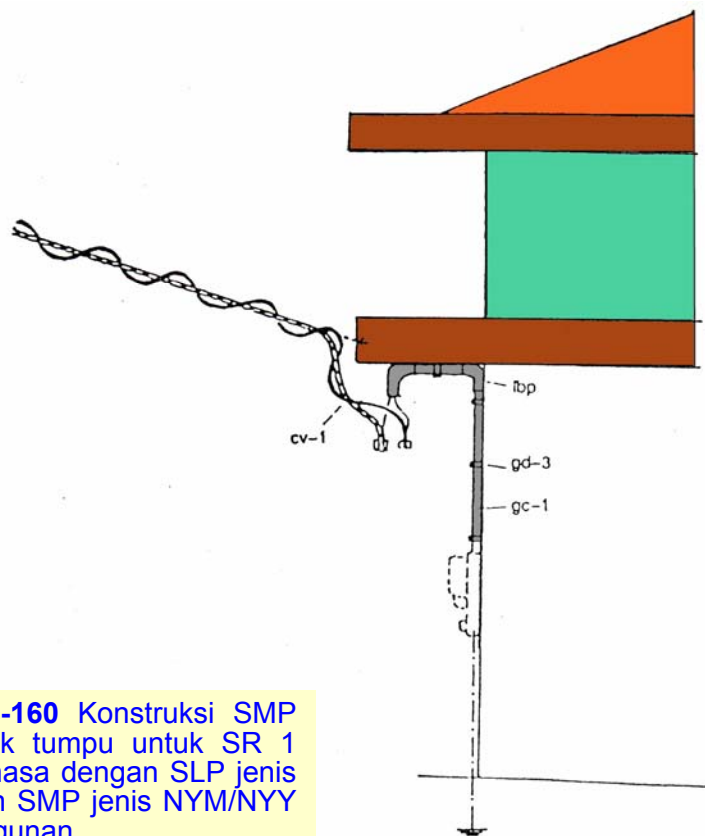
Gambar 4-157 Konstruksi SMP dengan tiang atap untuk SR 1 phasa/3 phasa dengan SLP jenis DX/QX dan SMP jenis NYM/NYY di luar bangunan.



Gambar 4-158 Konstruksi SMP dengan tiang atap untuk SR 1 phasa/3 phasa dengan SLP jenis DX/QX dan SMP jenis NYM/NYY di luar plapon



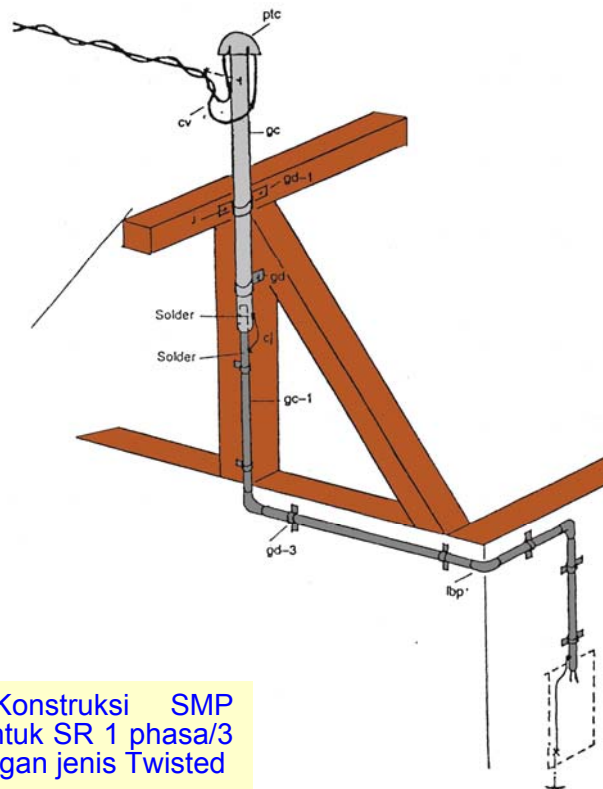
Gambar 4-159 Konstruksi SMP dengan titik tumpu untuk SR 1 phasa/3 phasa dengan SLP jenis DX/QX dan SMP jenis NYM/NYY di luar bangunan.



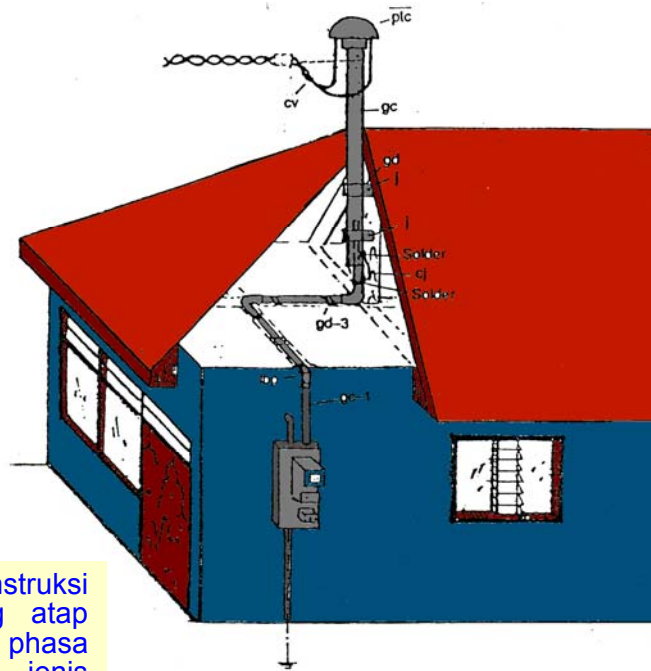
Gambar 4-160 Konstruksi SMP dengan titik tumpu untuk SR 1 phasa/3 phasa dengan SLP jenis DX/QX dan SMP jenis NYM/NYY di luar bangunan.

Tabel 4-8 Daftar material konstruksi SMP dengan tiang atap/titik tumpu untuk SR 1 phasa/3 phasa tanpa sambungan jenis Twisted

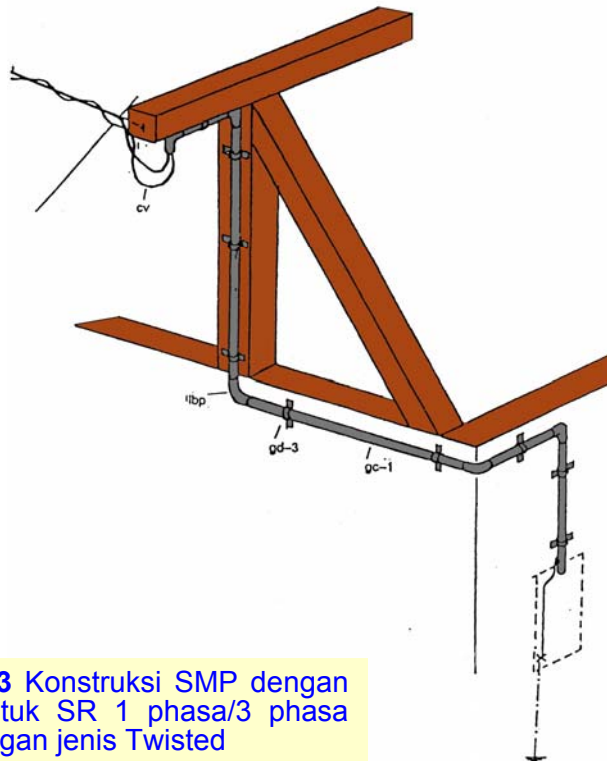
Kode	Material	J U M L A H			
		PMA8-T PMA8-T1	PMC8-T PMC8-T1	MA8-T CMA8-T	MC8-T CMC8-T
gc	Service must 11/2 " x 1 1/2" M	1	1	-	-
ptc	Protective cap for gc 11/2"	1	1	-	-
gd	Fixing collar 11/2"	1	1	-	-
gd-1	Fixing ring 11/2"	1	1	-	-
j	Lag screw 3/8" x 2"	3	3	-	-
gc-1	Union/PVC pipe, conduit	9*)	9*)	10*)	10*)
lbp	Union/PVC L bouw pipe	3*)	3*)	5*)	5*)
shp	Union/PVC shock pipe	1*)	1*)	1*)	1*)
gd-2	Staples conduit pipe and nail	16*)	16*)	20*)	20*)
cv	Intrance and external service cable, include LVTC type 2 core	40*)	40*)	-	-
cv	Intrance and external service cable, include LVTC type 4 core	-	-	40)*)	40*)
slp	Sheet lead pipe, 1 1/2" hole	1	1	-	-
gd-3	Strap for sheet lead 11/2"	1	1	-	-



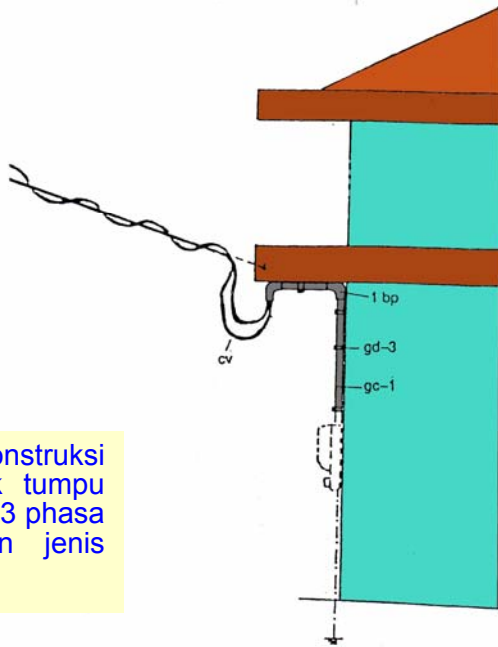
Gambar 4-161 Konstruksi SMP dengan tiang atap untuk SR 1 phasa/3 phasa tanpa sambungan jenis Twisted



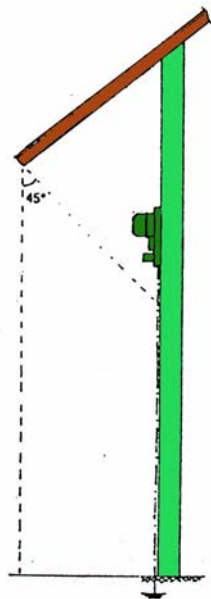
Gambar 4-162 Konstruksi SMP dengan tiang atap untuk SR 1 phasa/3 phasa tanpa sambungan jenis Twisted



Gambar 4-163 Konstruksi SMP dengan tiang atap untuk SR 1 phasa/3 phasa tanpa sambungan jenis Twisted

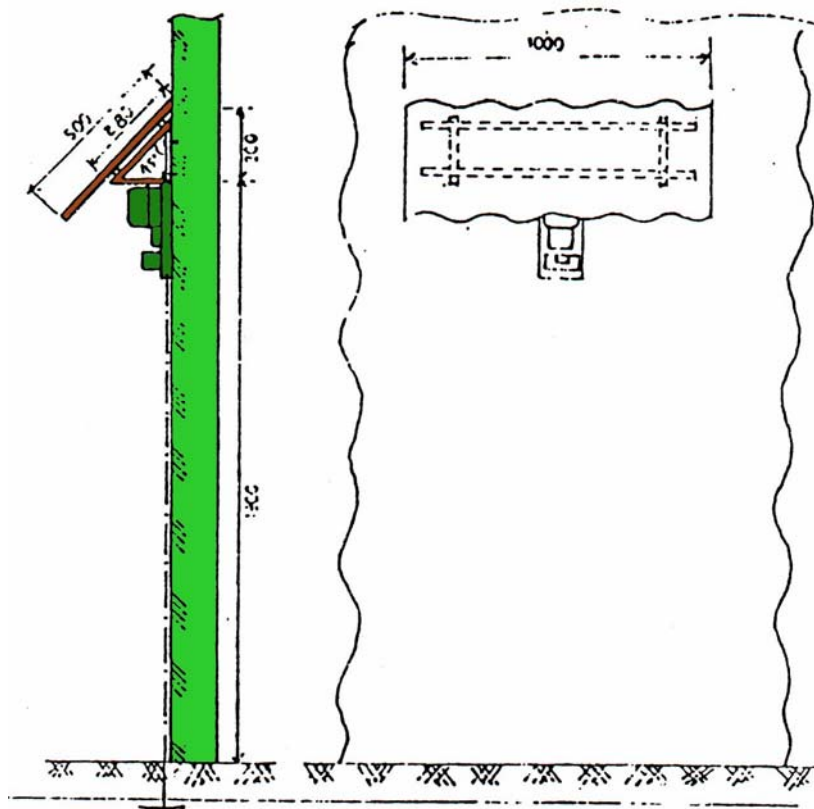


Gambar 4-164 Konstruksi SMP dengan titik tumpu untuk SR 1 fasa/3 fasa tanpa sambungan jenis Twisted.



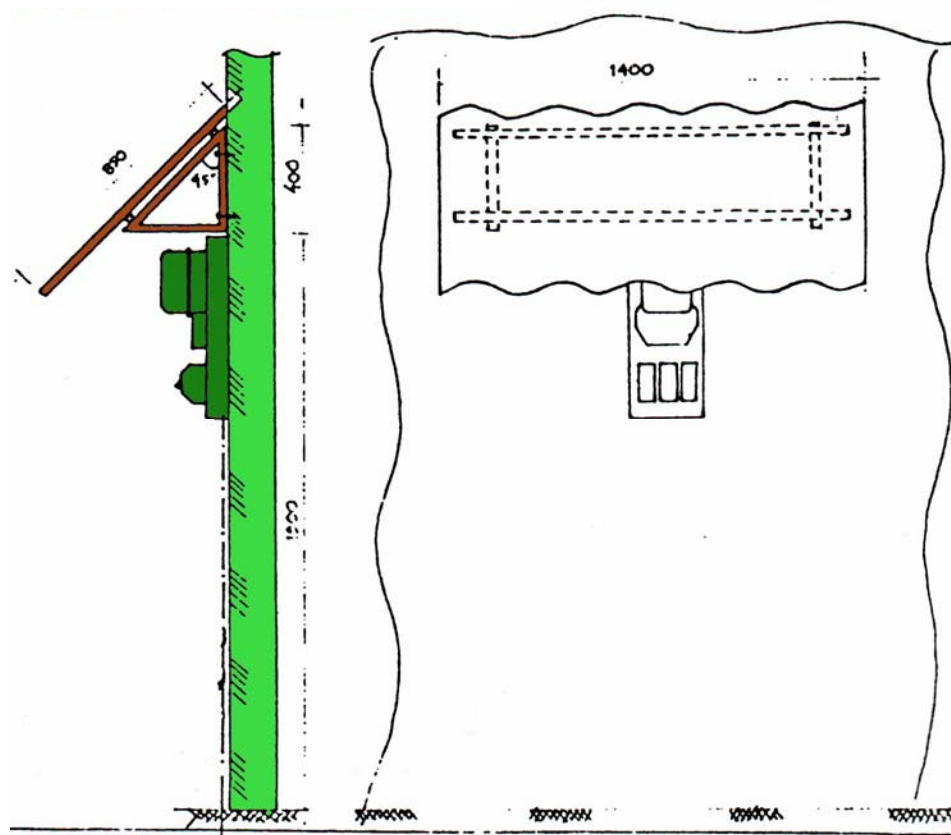
KODE	MATERIAL	JUMLAH	
		1 FASA	3 FASA
go	APP 3 fasa dengan OK type III		1
go	APP 3 fasa dengan OK type I	1	

Gambar 4-165 Pemasangan APP pelanggan TR 1 fasa/3 fasa dengan OK type I/III pada dinding yang telah ada pelindungnya



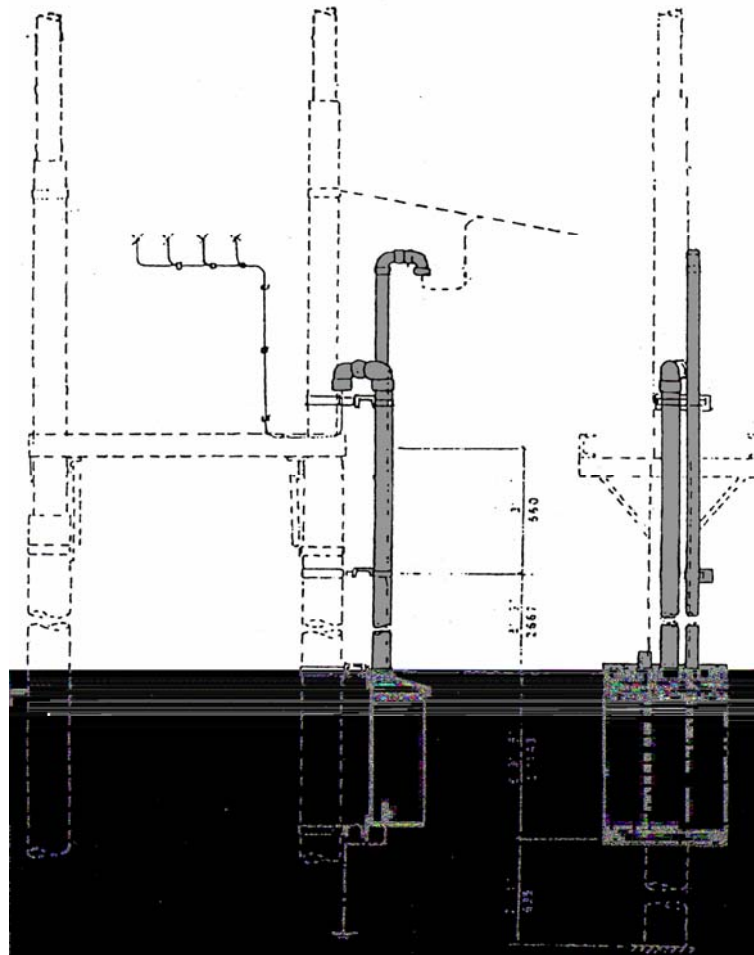
KODE	MATERIAL	JUMLAH
go	APP 1 fasa dengan OK type I	1
-	Asbes gelombang 1000 x 550	1
-	Segitiga penyangga 200 x 200 x 280 dengan besi L 50 x 50 x 5	2
-	Kayu 40 x 60 x 900	2
-	Fisher 3/8"	4
-	Paku sekrup 3/8" x 2"	4
-	Mur – baut 3/8" x 3 1/2 "	4
-	Paku payung	6
-	Pasir (kubik)	0,01
-	Semen (kg)	2

Gambar 4-166 Pemasangan APP pelanggan TR 1 fasa dengan OK type I dengan pelindung tambahan.



KODE	MATERIAL	JUMLAH
go	APP 3 fasa dengan OK type III	1
-	Asbes gelombang 1400 x 900	1
-	Segitiga penyangga 400 x 400 x 560 dengan besi	
-	L 50 x 50 x 5	2
-	Kayu 40 x 60 x 900	2
-	Fisher 3/8"	4
-	Paku sekrup 3/8" x 2"	4
-	Mur – baut 3/8" x 3 1/2 "	4
-	Paku payung	6
-	Pasir (kubik)	0,01
-	Semen (kg)	3

Gambar 4-167 Pemasangan APP pelanggan TR 3 fasa dengan OK type III dengan pelindung tambahan.



KODE	MATERIAL	JUMLAH
go	APP 3 fasa dengan OK type VI khusus pasangan luar	1
gc	Gas pipe disesuaikan	1
-	Knie disesuaikan	4
-	Besi kanal C np 6	2
-	Besi kanal C np 6 250 mm	2
vo	Pole band	4
-	Mur – baut 3/8" x 1 1/2 "	4
-	Mur – baut 1/2" x 1 1/2 "	8
v	Beugel disesuaikan	4
dl 1	Pipe spacer 3/4" x 3/8"	1
dl 1	Pipe spacer 3/4" x 7/8"	1
-	Seal tap (rol)	2

Gambar 4-168 Pemasangan APP pelanggan TR 3 fasa pada Gardu Trafo Tiang.

4-6 Gangguan pada Saluran Udara Tegangan Rendah

4-6-1 Gangguan Hilang Pembangkit

Dalam beroperasi, pembangkit tenaga listrik tidak bisa dipisahkan dari sub sistem tenaga listrik yang lain yaitu penyaluran (transmisi), distribusi dan pelepasan, karena pembangkit tenaga listrik merupakan salah satu sub sistem dari sistem tenaga listrik.

Suatu sistem tenaga listrik yang sangat luas cakupan areanya, menyebabkan timbulnya gangguan tidak bisa dihindari. Salah satu sub sistem yang kemungkinan mengalami gangguan, adalah pembangkit tenaga listrik. Bentuk gangguan tersebut adalah hilangnya daya atau pasokan daya pada pembangkit atau biasa disebut hilangnya pembangkit.

Secara garis besar, gangguan hilangnya pembangkit diakibatkan oleh dua hal, yaitu yang bersifat internal dan gangguan yang bersifat eksternal.

- 1) Gangguan internal yaitu yang diakibatkan oleh pembangkit itu sendiri, misalnya: kerusakan/gangguan pada penggerak mula (prime over) dan kerusakan/gangguan pada generator, atau komponen lain yang ada di pembangkitan.
- 2) Gangguan eksternal, yaitu gangguan yang berasal dan diakibatkan dari luar pembangkitan, misalnya: gangguan hubung singkat pada jaringan. Hal ini akan menyebabkan sistem proteksi (relai atau circuit breaker) bekerja dan memisahkan suatu pembangkitan dari sistem yang lainnya. Apabila tingkat kemampuan pembebanan pembangkitan yang hilang atau terlepas dari sistem tersebut melampaui spinning reserve sistem, maka terjadi penurunan frekuensi terus menerus. Hal ini harus segera diatasi, karena akan menyebabkan trip pada unit pembangkitan yang lain, sehingga berakibat lebih fatal, yaitu sistem akan mengalami padam total (collapse).

4-6-2 Gangguan Beban Lebih

Dalam suatu sistem tenaga listrik, yang dimaksud gangguan beban lebih adalah pelayanan kepada pelanggan listrik yang melebihi kemampuan sistem tenaga listrik yang ada, misal: trafo distribusi dengan kapasitas daya terpasang 100 KVA, akan tetapi melayani pelanggan lebih besar dari kapasitasnya. Hal ini menyebabkan trafo bekerja pada kondisi abnormal.

Beban lebih akan menyebabkan arus yang mengalir pada jaringan listrik menjadi besar, selanjutnya menimbulkan panas yang berlebihan, yang akhirnya akan menyebabkan umur hidup (life time) peralatan dan material pada jaringan listrik menjadi pendek atau mempercepat proses penuaan dan kerusakan.

4-6-3 Gangguan Hubung Singkat

Gangguan hubung singkat pada jaringan listrik, dapat terjadi antara phasa dengan phasa (2 phasa atau 3 phasa) dan gangguan antara phasa ke tanah. Timbulnya gangguan bisa bersifat temporer (non persistent) dan gangguan yang bersifat permanent (persistent).

Gangguan yang bersifat temporer, timbulnya gangguan bersifat sementara, sehingga tidak memerlukan tindakan. Gangguan tersebut akan hilang dengan sendirinya dan jaringan listrik akan bekerja normal kembali. Jenis gangguan ini ialah : timbulnya flashover antar penghantar dan tanah (tiang, traverse atau kawat tanah) karena sambaran petir, flashover dengan pohon-pohon, dan lain sebagainya.

Gangguan yang bersifat permanen (persistent), yaitu gangguan yang bersifat tetap. Agar jaringan dapat berfungsi kembali, maka perlu dilaksanakan perbaikan dengan cara menghilangkan gangguan tersebut. Gangguan ini akan menyebabkan terjadinya pemadaman tetap pada jaringan listrik dan pada titik gangguan akan terjadi kerusakan yang permanen. Contoh: menurunnya kemampuan isolasi padat atau minyak trafo. Di sini akan menyebabkan kerusakan permanen pada trafo, sehingga untuk dapat beroperasi kembali harus dilakukan perbaikan.

Beberapa, penyebab yang mengakibatkan terjadinya, gangguan hubung singkat, antara lain:

- 1) Terjadinya angin kencang, sehingga menimbulkan gesekan pohon dengan jaringan listrik.
- 2) Kesadaran masyarakat yang kurang, misalnya bermain layang-layang dengan menggunakan benang yang bisa dilalui aliran listrik. Ini sangat berbahaya jika benang tersebut mengenai jaringan listrik.
- 3) Kualitas peralatan atau material yang kurang baik, misalnya: pada JTR yang memakai Twisted Cable dengan mutu yang kurang baik, sehingga isolasinya mempunyai tegangan tembus yang rendah, mudah mengelupas dan tidak tahan panas. Hal ini juga akan menyebabkan hubung singkat antar phasa.
- 4) Pemasangan jaringan yang kurang baik misalnya: pemasangan konektor pada JTR yang memakai TC, apabila pemasangannya kurang baik akan menyebabkan timbulnya bunga api dan akan menyebabkan kerusakan phasa yang lainnya. Akibatnya akan terjadi hubung singkat.
- 5) Terjadinya hujan, adanya sambaran petir, karena terkena galian (kabel tanah), umur jaringan (kabel tanah) sudah tua yang mengakibatkan pengelupasan isolasi dan menyebabkan hubung singkat dan sebagainya.

4-6-4 Gangguan Tegangan Lebih

Yang dimaksud gangguan tegangan lebih ialah, besarnya tegangan yang ada pada jaringan listrik melebihi tegangan nominal, yang diakibatkan oleh beberapa hal sebagai berikut:

- 1) Adanya penurunan beban atau hilangnya beban pada jaringan, yang disebabkan oleh switching karena gangguan atau disebabkan karena manuver.
- 2) Terjadinya gangguan pada pengatur tegangan otomatis/automatic voltage regulator (AVR) pada generator atau pada *on load tap chenger transformer*.
- 3) Putaran yang sangat cepat (over speed) pada generator yang diakibatkan karena kehilangan beban.
- 4) Terjadinya sambaran petir atau surja petir (lightning surge), yang mengakibatkan hubung singkat dan tegangan lebih.
- 5) Terjadinya surja hubung (switch surge), yaitu berupa hubung singkat akibat bekerjanya circuit breaker, sehingga menimbulkan tegangan transient yang tinggi. Hal ini sering terjadi pada sistem jaringan tegangan ekstra tinggi.

Gangguan tegangan lebih akan merusak isolasi, dan akibatnya akan merusak peralatan karena *insulation break down* (hubung singkat) atau setidaknya akan mempercepat proses penuaan peralatan dan memperpendek umur peralatan.

Sebenarnya kondisi abnormal ini kurang tepat jika disebut sebagai gangguan. Akan tetapi kondisi abnormal ini jika berlangsung terus menerus akan menyebabkan peralatan cepat rusak, umur peralatan pendek dan membahayakan sistem.

Sebenarnya timbulnya gangguan beban lebih ini, khususnya terhadap pasok daya ke pelanggan, bisa dieliminir oleh pihak PLN dengan cara: pembebanan pada tiap-tiap trafo harus diinventarisir dan dimonitor dengan seksama, sehingga pembebanannya tidak melebihi kapasitas trafo.

Beberapa penyebab yang mengakibatkan timbulnya gangguan beban lebih ialah:

- 1) Semakin meningkatnya permintaan energi listrik dari pelanggan, sehingga memaksa trafo dan saluran dengan beban maksimum, bahkan mungkin lebih besar dari kemampuannya. Hal ini disebabkan:
 - a. Jumlah volume jaringan listrik yang terbatas dan kurang bisa mengimbangi jumlah pelanggan.
 - b. Kurangnya pengertian dan ketidaktahuan masyarakat pelanggan listrik terhadap masalah kelistrikan. Contoh: pada suatu daerah tertentu terdapat sambungan listrik ke pelanggan dengan kondisi beban trafo dan jaringan yang telah maksimum. Ada calon pelanggan

lain yang berdekatan dengan pelanggan PLN tersebut, ngotot untuk bisa disambungkan aliran listrik ke rumahnya. Akhirnya dengan sangat terpaksa PLN melayani, sehingga beban trafo dan jaringan di daerah tersebut menjadi lebih (over load).

- c. Terjadinya loses daya pada jaringan dan trafo, yang diakibatkan oleh berbagai hal, sehingga trafo beserta jaringannya tidak bisa bekerja pada beban penuh.
- 2) Adanya manuver atau perubahan aliran beban di jaringan, setelah timbulnya gangguan.
- 3) Adanya pemakaian energi listrik yang di luar kontrol dan catatan PLN atau tanpa sepengetahuan PLN, sehingga PLN sulit mendeteksi beban trafo dan jaringan yang ada. Hal ini akan menyebabkan timbulnya gangguan beban lebih.

4-6-5 Gangguan Instabilitas

Yang dimaksud gangguan instabilitas adalah gangguan ketidakstabilan pada sistem (jaringan) listrik. Gangguan ini diakibatkan adanya hubung singkat dan kehilangan pembangkit, yang selanjutnya akan menimbulkan ayunan daya (power swing).

Efek yang lebih besar akibat adanya ayunan daya ini adalah, mengganggu sistem interkoneksi jaringan dan menyebabkan unit-unit pembangkit lepas sinkron (*out of synchronism*), sehingga relai pengaman salah kerja dan menyebabkan timbulnya gangguan yang lebih luas.

Untuk mengantisipasi agar gangguan instabilitas tidak terjadi, ada beberapa cara yaitu: konstruksi jaringan harus baik, sistem proteksi harus andal, pengoperasian dan pemeliharaan harus baik dan benar, dan sebagainya.

4-6-6 Gangguan karena konstruksi jaringan yang kurang baik

Yang dimaksud sistem jaringan di sini adalah, mulai dari pembangkitan, penyaluran, distribusi sampai dengan instalasi listrik pelanggan. Sedangkan yang dimaksud gangguan konstruksi jaringan adalah, gangguan yang terjadi akibat kondisi jaringan yang tidak memenuhi ketentuan dan standard teknik.

Di sini ingin ditekankan bahwa sistem jaringan sangat menentukan tingkat keberhasilan dan keandalan sistem tenaga listrik. Beberapa hal yang mengakibatkan gangguan sistem jaringan, adalah:

- 1) Perencanaan yang kurang baik misalnya: tidak mempertimbangkan keseimbangan antara *supply and demand* (daya yang tersedia dan kebutuhan beban pelanggan), design konstruksi yang kurang tepat, dan lain sebagainya.

- 2) Peralatan dan material yang dipasang mempunyai standard teknik yang rendah (under quality).
- 3) Pemasangan yang kurang baik, yang diakibatkan kesadaran pelaksana pekerjaan yang rendah dan pengawasan dari pihak Owner yang kurang ketat.
- 4) Pengoperasian dan pemeliharaan yang kurang baik, kegagalan kerja sistem proteksi (peralatan pengaman) dan penuaan pada, peralatan/material jaringan.

Hal tersebut di atas akan menyebabkan timbulnya berbagai gangguan pada jaringan listrik. Hal ini bisa diatasi sedini mungkin, yaitu sejak tahap perencanaan, pelaksanaan pekerjaan, pengawasan pelaksanaan pekerjaan, komisioning, pengoperasian dan pemeliharaan jaringan listrik, harus mengikuti kaidah, ketentuan dan standard teknik yang telah ditentukan.

4-7 Mengatasi Gangguan pada Sistem Tenaga Listrik

4-7-1 Konstruksi Jaringan Listrik yang Baik

Terjadinya gangguan pada sistem tenaga listrik, tidak mungkin dihilangkan dan tidak dapat dihindari sama sekali. Upaya yang bisa kita tempuh adalah mengurangi terjadinya gangguan tersebut.

Mengurangi terjadinya gangguan pada sistem tenaga listrik merupakan upaya yang bersifat represif dan antisipasif, yaitu memasang dan mewujudkan adanya konstruksi jaringan listrik yang baik, dengan cara sebagai berikut:

- 1) Pada saat perencanaan sistem tenaga listrik, harus ditentukan design yang baik dan penentuan spesifikasi peralatan dan material harus memenuhi ketentuan teknik, sehingga pada saat beroperasi tahan terhadap kondisi kerja normal maupun dalam keadaan terjadi gangguan. Tahan terhadap pengaruh elektris, termis maupun mekanis atau tidak terjadi *overstress elektris* dan mekanis, serta tidak terjadi overheated.
- 2) Material yang akan dipasang harus dapat diandalkan, mempunyai kualitas yang baik, mempunyai persyaratan dan standard teknik, yang dibuktikan dengan type test, sertifikat LMK, SPLN, IEC dan lain sebagainya. Atau berdasarkan pengalaman, peralatan/material tersebut telah terbukti keandalannya.
- 3) Pemasangan peralatan dan material harus dilaksanakan sebaik-baiknya, sesuai dengan design, spesifikasi dan ketentuan dalam RKS dan kontrak.
- 4) Pada saat pelaksanaan pekerjaan, harus ada pengawasan dari pihak PLN, sehingga kemungkinan terjadinya kesalahan dan ketidaksesuaian dengan RKS dan kontrak, dapat dihindari.

- 5) Memasang kawat pentanahan (khususnya pada SUTET/SUTT), dengan tahanan pentanahan yang rendah. Untuk keperluan pemeriksaan dan pemeliharaan, konduktor pentanahannya harus bisa dilepas dari kaki tiangnya.
- 6) Setelah selesai dibangun dan sebelum dioperasikan, jaringan listrik tersebut harus di test atau dilaksanakan komisioning, terlebih dahulu, sehingga bisa diyakinkan bahwa jaringan tersebut akan dapat beroperasi dengan baik, andal dan aman.
- 7) Pengopcrasian yang baik, dengan memperhatikan dan melaksanakan:
 - a. Melaksanakan pemeliharaan rutin dan berkala sesuai kebutuhan.
 - b. Mengadakan pemeriksaan dan perbaikan.
 - c. Melaksanakan penebangan/pemaprasan ranting dan dahan pohon yang ada di sekitar jaringan SUTET, SUTT, SUTM dan SUTR, yang kemungkinan akan menyebabkan gangguan. Harus diperhitungkan, bahwa pada saat terjadi hembusan angin, dahan-dahan pohon tersebut harus tetap mempunyai jarak yang aman dengan kawat phasa jaringan.
- 8) Pada jaringan SUTR dan SLJTM, digunakan kawat penghantar (konduktor) yang berisolasi, misalnya: AAAC OC, AAC OC dan Twisted Cable.
- 9) Mengidentifikasi dan menginventarisir penyebab gangguan serta, melakukan penyelidikan, sebagai umpan balik dan masukan di dalam menentukan sistem proteksi yang lebih baik.

4-7-2 Pemasangan Sistem Proteksi yang Andal

Pemasangan peralatan pengaman (sistem proteksi) pada jaringan listrik, bertujuan untuk mengurangi akibat terjadinya gangguan. Hal ini harus dilakukan, karena timbulnya gangguan pada jaringan listrik tidak mungkin dicegah sama sekali.

- 1) Fungsi peralatan pengaman (proteksi).
Sistem proteksi merupakan kesatuan (gabungan) dari alat-alat (sub sistem) proteksi, berfungsi untuk:
 - a. Mendeteksi adanya gangguan (kondisi abnormal) pada sistem tenaga listrik yang diamankannya, sehingga tidak menimbulkan kerusakan.
 - b. Melepaskan atau memisahkan (mengisolasi) bagian sistem yang terganggu sehingga, tidak meluas ke bagian sistem yang tidak terganggu dan bagian sistem lainnya dapat terus beroperasi.

2) Pertimbangan pemasangan sistem proteksi.

Dalam menentukan dan menetapkan pemasangan sistem proteksi pada jaringan listrik, ada beberapa hal yang dijadikan sebagai pertimbangan, yaitu:

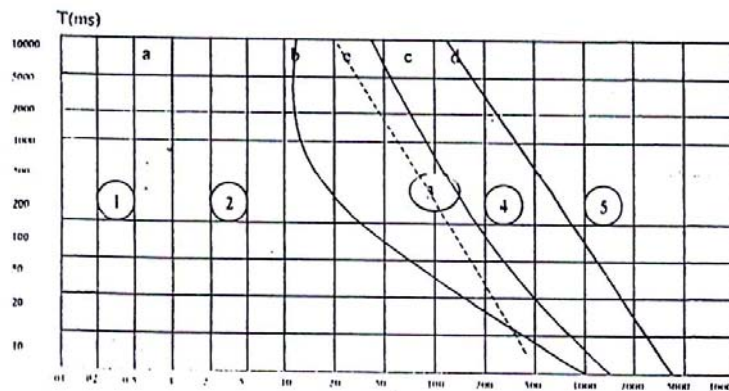
- a. Fungsi peralatan proteksi, yaitu: pemasangan peralatan proteksi pada masing-masing sub sistem jaringan listrik harus tepat, sesuai dengan fungsinya.
- b. Area pengamanan, yaitu: pemasangan peralatan pengaman (relay pengaman) pada tiap-tiap sub area (section), dimaksudkan apabila terjadi gangguan pada section tertentu, maka relay dapat mendeteksi gangguan dengan bantuan PMT, melepaskan section yang terganggu dari bagian jaringan (sistem) yang lainnya. Antara section yang satu dengan section lainnya dalam satu sistem tenaga listrik, bisa dihubungkan dan diputuskan oleh PMT.
- c. Sistem pengaman ganda, yaitu: pemasangan peralatan pengaman ganda. (utama dan cadangan) dengan maksud apabila pengaman utama gagal bekerja, masih ada pengaman lain yang bisa mengamankan sistem dari gangguan. Pengaman cadangan akan bekerja setelah pengaman utama gagal bekerja, sehingga pengaman cadangan bekerja dengan waktu tunda (time delay) untuk memberi kesempatan pengaman utama terlebih dahulu.
- d. Kriteria peralatan pengaman yang meliputi:
 - Peralatan pengaman harus mempunyai kepekaan (sensitivity) yang tinggi, sehingga cukup peka dalam mendeteksi gangguan di daerah pengamanannya, meskipun gangguan yang timbul hanya memberikan rangsangan yang minim.
 - Peralatan pengaman harus mempunyai keandalan (reliability yang tinggi, dengan tingkat kepastian bekerja (dependability) yang bisa diandalkan, dapat mendeteksi dan melepaskan sub sistem yang mengalami gangguan serta tidak boleh gagal bekerja (mempunyai dependability tinggi). Realibility peralatan pengaman juga harus mempunyai tingkat keamanan (security) yang tinggi atau tidak boleh salah kerja. Contoh salah kerja ialah : peralatan pengaman mengalami trip, padahal tidak ada gangguan pada jaringan atau gangguan terjadi pada sub are (sub sistem) di luar pengamanan peralatan pengaman tersebut. Hal ini akan merugikan, karena menimbulkan pemadaman aliran listrik, yang sebenarnya tidak boleh terjadi.
 - Peralatan pengaman harus mempunyai selektivitas (selectivity) yang tinggi, yaitu : harus bisa mengamankan pada sub area (sub sistem) yang di kawasan pengaman utamanya. Relay harus bisa bekerja sesuai kebutuhan, misalnya harus bekerja cepat atau

bekerja dengan waktu tunda (tyme delay) atau bahkan tidak harus bekerja, sehingga relay harus bersifat selektif

- Peralatan pengaman harus mempunyai kecepatan (speed) yang tinggi, yaitu dapat memisahkan sub sistem yang terganggu secepat mungkin, sehingga kerusakan akibat gangguan dapat diperkecil.

4-8 Pengaman terhadap Tegangan Sentuh

Jika suatu obyek bertegangan tersentuh oleh tubuh manusia, maka pada umumnya arus listrik mengalir ke dalam tubuh manusia tersebut. Tetapi sebenarnya yang berbahaya bagi tubuh bukanlah tegangan itu sendiri, melainkan arus listrik yang mengalir ke dalam tubuh manusia, sedangkan tegangan barulah berbahaya apabila akibat sentuhan dengan tegangan itu menyebabkan mengalirnya arus listrik yang cukup besar di dalam tubuh. Jika tidak menyebabkan mengalirnya arus maka tegangan itu tidak berbahaya. Oleh karena itu, sering kita lihat burung-burung bertengger dengan enakny pada SUTT 70 kV.



Gambar 4-169 Pembagian daerah pengaruh arus bolak-balik (pada 50-60 Hz) terhadap orang dewasa

Banyak riset yang telah dilakukan terkait dengan akibat arus listrik mengalir ke dalam tubuh. Berdasarkan penelitian yang dilaporkan oleh *IEC Report Publication 479* mengemukakan hal-hal sebagai berikut (seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4-169.)

- Daerah (1) Daerah di mana arus tidak menimbulkan reaksi apa-apa
- Daerah (2) Daerah di mana arus mungkin sudah terasa, tetapi biasanya tidak menimbulkan akibat pathophysiology
- Daerah (3) Daerah di mana biasanya tidak mengakibatkan bahaya fibrilasi (denyut jantung tak teratur atau berhenti)
- Daerah (4) Daerah di mana fibrilasi bisa terjadi dengan kemungkinan sampai 50%

Daerah (5) Daerah di mana fibrilasi bisa terjadi dengan kemungkinan lebih dari 50%.

Jika tegangan tersentuh ke suatu tubuh, dengan kaki menginjak ke tanah, maka akan mengalir arus listrik di dalam tubuh yang besarnya tergantung dari tahanan tubuh dan tahanan kontak pada kedua titik sentuhan. Meskipun yang berbahaya bagi tubuh adalah arus sebagai dasar untuk menetapkan persyaratan instalasi listrik adalah lebih praktis jika dinyatakan sebagai tegangan sentuh sebagai fungsi dari waktu. Dalam Standar IEC Publication 364 4-41, 1977 (Amandemen 1) dinyatakan bahwa tegangan sentuh sebagai fungsi dari waktu yang diijinkan (Tabel 4-9).

Tabel 4-9 Tegangan sentuh yang aman sebagai fungsi dari waktu

Lama Sentuhan Maksimum (detik)	Besar tegangan sentuh	
	Arus bolak-balik (V)	Arus Searah (V)
	< 50	< 120
5	50	120
1	75	140
0,5	90	160
0,2	110	175
0,1	150	200
0,05	220	250
0,03	280	310

Bila tubuh tersengat aliran listrik, besar arus yang melewati tubuh bergantung pada tegangan listrik yang mengenainya dan lintasan yang dilalui arus listrik. Besar tahanan tubuh manusia sangat dipengaruhi oleh keadaan kelembaban tubuh dan lintasan tubuh yang dilalui arus dan besar tegangan yang disentuh. Gambar 4-169 memperlihatkan besar tahanan tubuh sebagai fungsi dari tegangan sentuh. Garis e dalam Gambar 4-169 menunjukkan arus yang merupakan hasil bagi tegangan sentuh dengan besar tahanan tubuh yang berkaitan. Ternyata garis e selalu mengambil jarak dengan garis c di sebelah kirinya, hal ini berarti bahwa jika persyaratan seperti dalam Tabel 4-7 itu dipenuhi, maka bahaya fibrilasi dihindari.

Tabel 4-10 Tahanan tubuh sebagai fungsi dari tegangan sentuh

Tegangan Sentuh (V)	Tahanan tubuh (Ohm)
25	2500
50	2000
250	1000
Harga asimtot	650

*) Kurva ini menyatakan tahanan tubuh antara satu tangan dan satu kaki, atau antara tangan kiri dan tangan kanan.

4-8-1 Cara Pengamanan terhadap Tegangan Sentuh

Sentuhan dengan tegangan dapat terjadi secara langsung dan tidak langsung. Pengamanan terhadap sentuhan langsung adalah pengamanan

terhadap sentuhan pada bagian yang aktif dari suatu peralatan atau instalasi yang dalam keadaan normalnya bertegangan. Sedangkan pengamanan terhadap sentuhan tidak langsung adalah pengamanan terhadap sentuhan pada “badan” peralatan atau instalasi yang menjadi bertegangan pada waktu ada gangguan atau hubungan singkat ke “badan” itu. Yang dimaksud badan adalah bagian konduktif yang tidak merupakan bagian sirkit. Pengamanan terhadap tak langsung disebut pula pengamanan terhadap tegangan sentuh pada waktu ada gangguan.

Secara ringkas cara-cara pengamanan terhadap tegangan sentuh dapat diuraikan sebagai berikut:

Pengamanan terhadap tegangan sentuh baik yang langsung maupun yang tidak langsung, mencakup:

Tegangan rendah pengaman (PUIL pasal 323) yaitu di bawah 50 V, misalnya 42 V, 24 V, 12 V dan sebagainya, sehingga bila terjadi sentuhan baik yang langsung ataupun tak langsung tidak berbahaya. Tegangan rendah pengamanan dapat diperoleh dengan cara-cara berikut:

- a) Dengan trafo pengaman, yaitu yang mempunyai belitan sekunder yang terpisah dari primernya yang didisain khusus sehingga tidak memungkinkan terjadinya hubungan singkat antara belitan primer dan sekunder.
- b) Motor-generator set
- c) Battery accu dan cell kering

Pengaman terhadap sentuhan langsung mencakup:

- a) Pengamanan dengan isolasi pada bagian-bagian yang aktif (PUIL, pasal 310), misalnya kabel, porselin, karet berisolasi dan sebagainya.
- b) Pengamanan dengan selungkup atau sekat f (PUIL, pasal 310 B dan C), misalnya kotak saklar, perlengkapan hubung bagi (PHB).
- c) Pengamanan dengan penghalang (PUIL, pasal 213), misalnya sekedar dipagari agar orang tidak bisa mendekat, atau meletakkannya dibelakang kisi-kisi.
- d) Pengamanan dengan penempatan di luar jangkauan tangan, misalnya bagian yang bertegangan ditempatkan 2,5 m di atas lantai.
- e) Pengamanan tambahan dengan Saklar Pengaman Arus ke Tanah (SPAT, earth leakage circuit breaker). Ini hanyalah merupakan pengamanan tambahan (extra) di samping pengamanan-pengamanan lainnya, dimaksudkan untuk mengamankan terhadap sentuhan langsung yang mungkin masih terjadi. Saklar ini bekerja berdasarkan pada adanya arus bocor ke tanah yang disebut juga arus sisa (*residual current*) yang timbul akibat sentuhan langsung karena arus bocor ke tanah sebagai akibat sentuhan langsung ini sangat kecil, maka saklar inipun harus sangat sensitif, yaitu

arusbocor sebesar 30 mA sudah mampu menyebabkan trip-nya saklar.

Pengamanan terhadap sentuhan tak langsung, mencakup:

- a) Pengamanan dengan pemutusan secara otomatis dari suplai, yang memerlukan pengaman dan alat-alat pengaman seperti misalnya sekering dan saklar pengaman.
- b) Pengamanan dengan isolasi pengaman (lihat PUIL, pasal 322A.1.a), yaitu dengan cara memberi isolasi tambahan di samping isolasi utamanya (berisolasi ganda), sehingga apabila terjadi kerusakan pada isolasi utamanya, badan peralatan yang mungkin tersentuh tangan itu dengan bahan isolasi, memasang selungkup dari bahan isolasi, atau dapat juga badan peralatan sendiri dari bukan bahan konduktif.
- c) Pengamanan dengan alas isolasi (lihat PUIL, pasal 322A), yaitu memberikan isolasi pada tempat kaki berpijak atau pada lantai dan benda-benda konduktif lainnya yang berhubungan dengan tanah yang terjangkau tangan sedemikian sehingga tercegahlah orang terkena tegangan sentuh yang berbahaya bila terjadi kegagalan isolasi.
- d) Pengamanan dengan hubungan alas kaki yang konduktif dengan badan atau bagian peralatan yang terpegang dengan tangan sedemikian sehingga tidak ada beda potensial antara alas kaki dan badan/bagian peralatan yang terpegang tangan bila terjadi kegagalan isolasi.
- e) Pengamanan dengan pemisah pengaman (electrical separation) (lihat PUIL pasal 329), yaitu dengan memakai generator motor set atau trafo pemisah. Trafo pemisah adalah trafo yang belitan sekundernya terpisah dari belitan primernya dan rangkaian sekundernya, di mana peralatan itu tersambung, tidak diketanahkan sehingga bila terjadi kegagalan isolasi peralatan tercegahlah timbulnya tegangan sentuh yang berbahaya.

4-8-2 Pentanahan Tegangan Rendah

Fungsi Pentanahan tegangan rendah untuk menghindari bahaya tegangan sentuh bila terjadi gangguan atau kegagalan isolasi pada peralatan atau instalasi. Pentanahan netral pada jaringan tegangan rendah adalah yang efektif, di mana menurut persyaratan pentanahan netral harus mempunyai tahanan pentanahan kurang dari 5 Ohm. Ketentuan ini sesuai dengan standar konstruksi PUIL, SPLN 3:1978 bahwa semua jaringan tegangan rendah dan instalasi harus menggunakan sistem Pentanahan Netral Pengaman (PNP), yaitu system pentanahan dengan cara menghubungkan badan peralatan atau instalasi dengan hantaran netral yang ditanahkan (disebut hantaran nol) sedemikian rupa, sehingga jika

terjadi kegagalan isolasi, tercegahlah bertahannya tegangan sentuh yang terlalu tinggi karena pemutusan arus lebih oleh alat pengaman arus lebih.

4-8-2-1 Pentanahan sistem dan peralatan

Tegangan sentuh yang timbul pada beban peralatan atau instalasi akibat kegagalan isolasi sangat tergantung pada pentanahan. Bekerjanya alat-alat pengaman juga ditentukan oleh system pentanahan dan pentanahan sistem ini. Pentanahan system dalam distribusi tegangan rendah dilakukan pada titik bintang sumber (transformator distribusi atau generator) dan dalam jaringan distribusi serta badan/peralatan instalasi.

Secara garis besar ada 3 macam system pentanahan netral dan badan/peralatan instalasi, yaitu:

1) Sistem IT

Titik netral terisolasi atau tidak diketanahkan (huruf pertama menyatakan isolasi), sedangkan badan peralatan diketanahkan. Dalam PUIL 1987, sistem IT ini dikenal dengan nama sistem penghantar pengaman atau HP. Titik netral trafo atau sumber tidak diketanahkan atau diketanahkan melalui tahanan yang tinggi (lebih dari 1000 Ohm). Sedangkan bagian konduktif terbuka peralatan, termasuk juga instalasi dan bangunan saling dihubungkan dan diketanahkan.

Karena netralnya tidak diketanahkan, maka arus gangguan ke tanah yang jadi sangat kecil, yaitu hanya terdiri dari arus kapasitansi dan arus bocor instalasi serta arus detektor tegangan (bila digunakan). Persyaratan pentanahan ringan yaitu hanya maksimum 50 Ohm dengan tegangan satuannya hanya kecil. Karena arus gangguan kecil, pengaman arus lebih tidak akan bekerja karena kecilnya tegangan sentuh, sistem dimungkinkan operasi dalam keadaan gangguan satu fasa ke tanah atau badan peralatan. Pada waktu terjadi gangguan satu fasa ke tanah, tegangan antara fasa yang baik dengan tanah akan naik. Untuk mengetahui adanya kenaikan tegangan ini, dapat dipasang detektor (alat ukur tegangan) pada setiap fasa dengan tanah. Bila gangguan tidak dapat diperbaiki, akan terjadi kegagalan isolasi kedua di tempat lain pada fasa yang lain, maka akan terjadi gangguan hubung singkat yang besar dan alat pengaman akan bekerja.

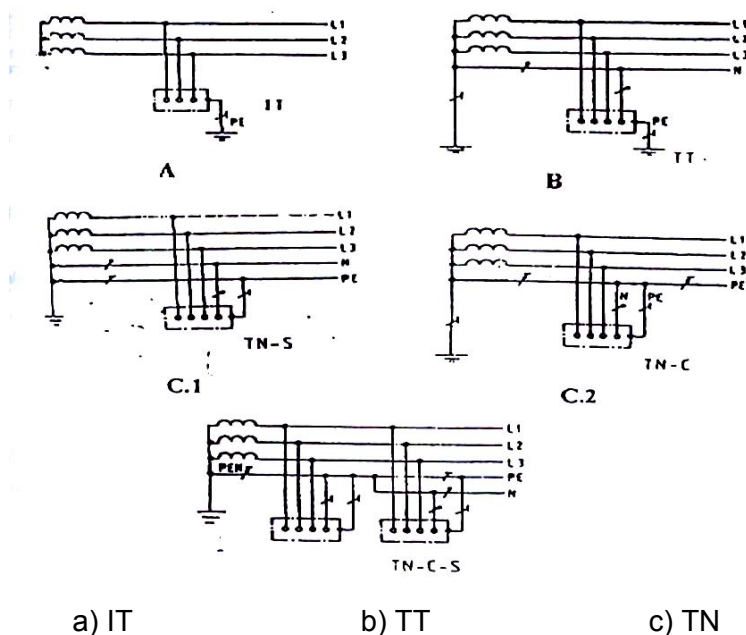
Sistem HP ini hanya dipakai dalam instalasi terbatas, misalnya dalam pabrik dengan pembangkit tersendiri atau trafo sendiri dengan kumparan terpisah, atau sumber listrik darurat portabel untuk melayani beban yang dapat dipindah-pindah.

2) Sistem TT

Huruf pertama menyatakan pentanahan sistemnya (titik netral trafo atau generator), sedangkan huruf kedua menyatakan bagaimana hubungan peralatan atau instalasi dengan penghantar atau pengaman. Sistem TT berarti: (i) titik netral trafo (sistem) diketanahkan dan (ii) badan peralatan/instalasi dihubungkan ke tanah.

3) Sistem TN

Titik netral sistem di ketanahkan (huruf pertama T), badan peralatan atau instalasi dihubungkan dengan penghantar atau pengaman (huruf kedua N). Menurut PUIL, penghantar netral yang berfungsi juga sebagai penghantar pengaman disebut penghantar NOL (IEC menyebutnya sebagai *PEN conductor*).



Gambar 4-170 Sistem Pentanahan TR

4-8-2-2 Sistem Pentanahan Netral Pengaman (PNP)

Bagian konduktor terbuka (BKT) peralatan atau perlengkapan dihubungkan dengan penghantar netral yang ditanahkan (penghantar nol) sedemikian rupa, sehingga bila terjadi kegagalan isolasi tercegahlah bertahannya tegangan sentuh yang terlalu tinggi karena bekerjanya pengaman arus lebih.

Sistem PNP terdiri dari 3 jenis, yaitu:

1. Sistem PNP dengan penghantar netral yang sekaligus berfungsi sebagai pengaman untuk seluruh sistem (untuk penghantar tembaga yang lebih besar dari 10 mm^2) (Gambar 4-170 C1)
2. Sistem PNP dengan penghantar netral dan penghantar pengaman sendiri-sendiri di seluruh sistem (untuk penghantar tembaga yang lebih kecil dari 10 mm^2) (Gambar 4-170 C2)
3. Sistem PNP dengan penghantar netral yang sekaligus berfungsi sebagai pengaman untuk sebagian sistem, sedangkan bagian

sistem yang lainnya, penghantar netral dan pengaman terpisah sendiri-sendiri. (Gambar 4-170 C1).

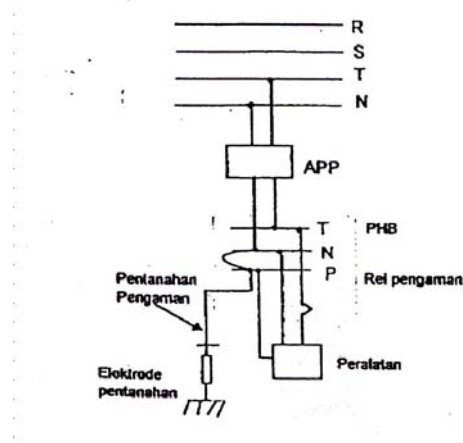
Persyaratan umum PNP

Dalam PUIL 1987 pasal 313 B1, disebutkan bahwa luas penampang penghantar antara sumber atau trafo dan peralatan listrik, harus sedemikian rupa sehingga apabila terjadi hubung singkat antara fasa dengan penghantar nol atau badan peralatan, besar arus gangguan minimal sama dengan besar arus pemutus alat pengaman yang terdekat, yaitu $I_A = k \cdot I_N$, di mana k adalah faktor yang nilainya tergantung pada karakteristik alat pengamannya.

Penghantar nol setidaknya-tidaknya harus diketanahkan pada titik sumber, di setiap percabangan saluran, ujung saluran dan di setiap pelanggan. Tahanan pentanahan total penghantar nol (R_{NE}) harus tidak melebihi 5 Ohm, dengan alasan berikut bila terjadi gangguan ke tanah yang biasanya melalui tahanan gangguan R_G , maka penghantar netral akan mengalami kenaikan tegangan sesuai persamaan berikut (tahanan penghantar diabaikan):

$$V_{NE} = \frac{R_{NE}}{R_{NE} + R_G} \times 220 \text{ volt}$$

Pada umumnya harga tahanan gangguan yang kurang dari 17 Ohm jarang terjadi. Batas tegangan sentuh yang aman menurut PUIL atau IEC adalah 50 volt.



Gambar 4-171 Sistem Pentanahan PNP

4-8-2-3 Sistem PNP untuk JTR dan Instalasi Pelanggan

Pada jaringan tegangan rendah, penghantar netral berfungsi sebagai penghantar pengaman dan diketanahkan di sepanjang saluran. Titik bintang trafo distribusi diketanahkan. Pada instalasi pelanggan, mulai dari PHB utama penghantar pengamannya terpisah tersendiri dari penghantar pengamannya, bila penampangnya kurang dari 10 mm². Setiap pelanggan diharuskan memasang sebuah elektroda pentanahan melalui penghantar pentanahan yang tersambung ke rel atau terminal netral pengaman dalam PHB.

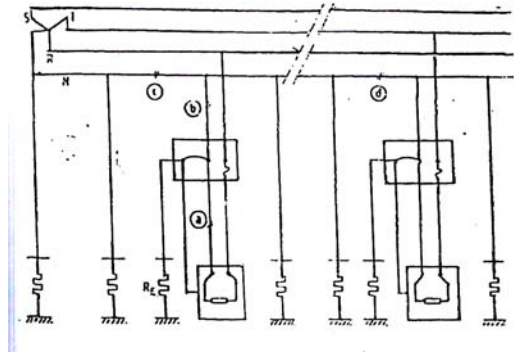
Tujuan pentanahan ganda pada penghantar netral sepanjang JTR dan pentanahan di setiap pelanggan adalah untuk:

- a) Mencegah terjadinya tegangan yang terlalu tinggi pada penghantar netral, termasuk badan peralatan pelanggan bila terjadi gangguan satu fasa ke tanah ataupun hubungan singkat fasa netral, ataupun kegagalan isolasi peralatan.
- b) Mencegah terjadinya kenaikan tegangan yang terlalu tinggi akibat terputusnya penghantar netral. Pada pelanggan yang netralnya terpisah dari sumber atau gardu distribusi.
- c) Mencegah kenaikan tegangan kawat netral, termasuk badan peralatan, dalam hal ini ada arus netral akibat beban yang tidak seimbang.
- d) Mencegah kenaikan tegangan yang terlalu tinggi pada kawat netralnya, bila JTR yang ada di bawah JTM menyentuh JTM.

Dengan tersambungannya penghantar pengaman ke netral maka bila terjadi kegagalan isolasi pada peralatan, arus gangguan akan lebih terjamin cukup besarnya sehingga alat pengaman selalu bekerja/putus dengan cepat, sebab penghantar netral merupakan jalan kembali yang baik, tidak hanya tergantung pada elektroda pentanahan pada sistem PP. Tegangan sentuh yang terjadipun relatif lebih rendah dibandingkan dengan sistem PP.

4-8-2-4 Bahaya Putusnya Penghantar Netral pada Sistem PNP

Bila penghantar netral terputus, arus beban masih mungkin mengalir melalui tanah, akibatnya akan terjadi kenaikan tegangan pada penghantar netral. Karena pengaman peralatan pelanggan terhubung ke netral, maka kenaikan tegangan netral tersebut akan dirasakan di badan peralatan pelanggan. Hal ini dapat membahayakan pelanggan. Bila pentanahan netral yang seharusnya dilakukan di titik-titik tertentu (di netral trafo distribusi, di tiang awal dan tiang akhir) tidak dilakukan, maka pada saat terjadi penghantar netral putus akan terjadi kenaikan tegangan pada fasa-fasa yang berbeban rendah dan penurunan tegangan pada fasa yang berbeban tinggi di jaringan yang penghantar netralnya tidak terhubung pada sumber.



Gambar 4-172 Kasus Putusnya Penghantar Netral pada Sistem PNP

4-8-3 Pengaman Terhadap Arus Lebih TR

Pada umumnya gangguan pada jaringan distribusi disebabkan arus lebih karena adanya hubungan singkat dan adanya perubahan atau perkembangan beban. Hubungan singkat yang dapat terjadi dalam distribusi tegangan rendah adalah :

- Hubungan singkat 3 fasa
- Hubungan singkat fasa-fasa
- Hubungan singkat satu fasa ke tanah

Dengan mengakibatkan reaktansi pada jaringan karena harga yang kecil dibandingkan tanahan jaringan, dan harga tanahan urutan nol, positif dan negatif sama besar, besar arus hubung singkat secara sederhana dapat ditentukan sebagai berikut :

Hubungan singkat 3 fasa

$$I_{hs} \ 3f = \frac{1.1 \ U}{R}$$

Hubungan singkat fasa-fasa

$$I_{hs} \ 3f \ f = \frac{1.1 \ \sqrt{3} \ U}{2 \ R}$$

Hubungan singkat fasa ke tanah

$$I_{hs} \ f \ g = \frac{1.1 \ U}{R + R_E + R_G}$$

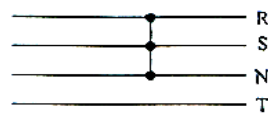
Hubungan singkat fasa netral

$$I_{hs} f N = \frac{1.1 U}{R + R_X}$$

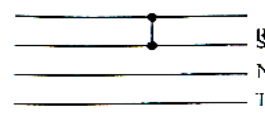
- U = Tegangan fasa netral (220 V)
 R = Tahanan Jaringan
 R_G = Tahanan Gangguan
 R_X = Tahanan pengantar netral
 R_E = Tahanan pentanahan titik netral

Pada saluran tegangan rendah dengan penghantar telanjang gangguan ketanah lebih sering terjadi dan dapat berupa :

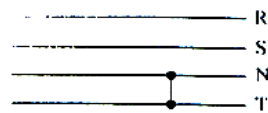
- Kawat fasa putus dan menyentuh tanah
- Hubung singkat dengan penghantar netral
- Hubung singkat dengan crossarm/tiang
 - Yang penghantar netral dihubungkan ke tiang
 - Yang menghantar netral tidak dihubungkan ke tiang



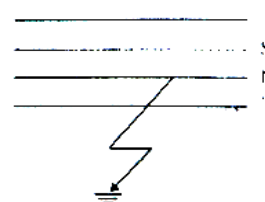
Hubungan singkat 3 fasa



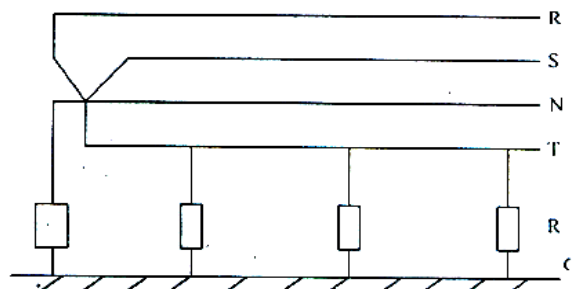
Hubungan singkat fasa-fasa



Hubungan singkat fasa - netral



Hubungan singkat fasa - tanah



Gambar 4-173 Macam-macam hubungan singkat

- d) Sentuhan kawat fasa dengan pohon/benda
- e) Sentuhan SUTM dengan SUTR

Gangguan butir a dan b umumnya gangguan melalui tahanan yang cukup tinggi dan bahkan bisa mencapai ratusan ohm, tergantung kepada keadaan tanah ataupun ranting pohon, tanah atau ranting yang basah mempunyai tahanan yang lebih rendah dari pada tanah/ranting kering. Jadi arus gangguan dalam hal ini kecil dan adakalanya tidak cukup besar untuk mengoperasikan pelebur yang terpasang. Dalam hal hubungan singkat fasa netral, tahanan gangguan hampir mendekati nol sehingga arus gangguan akan besar sekali dan akan mengoperasikan pelebur.

Dalam hal hubungan singkat dengan crossarm yang penghantar netralnya dihubungkan ke tiang besi maka keadaannya hampir sama dengan hubungan singkat ke netral yaitu arusnya besar. Bila digunakan tiang harus ada penghantar pentanahan yang menghubungkan crossarm dengan elektroda pentanahan. Jika tiang besi tidak digunakan untuk mentanahkan kawat netral dan tidak tersambung ke netral, maka tahanan pentanahan akan tinggi (tiang besi ditanam 1/6 dari panjang tiang atau 1,5 – 2 m), bisa mencapai 50 ohm tergantung keadaan tanahnya arus gangguan relative kecil dan adakalanya tidak cukup besar untuk menyebabkan beroperasinya pelebur di gardu. Bila tegangan sentuh yang timbul tidak berada dalam batas yang diizinkan, maka hal ini akan merupakan hal yang berbahaya bagi seseorang yang menyentuh tiang tersebut.

Dalam hal sentuhan SUTM dengan SUTR diharuskan memakai sistim PNP dimana tahanan pentanahan secara menyeluruh rendah, maka gangguan ini akan memberikan arus yang besar tergantung pada pentanahan netral SUTM nya.

Pada penghantar berisolasi gangguan biasanya berawal dari gagalnya isolasi penghantar akibat panas yang berlebihan (beban lebih penghubung sadapan yang kurang kencang dsb) yang kemudian menular kepenghantar lain sehingga menimbulkan gangguan hubung singkat fasa-fasa netral dan bahkan hubungan singkat tiga fasa.

Akibat yang ditimbulkan oleh arus singkat adalah :

1. Akibat thermis berupa hangus/lumernya isolasinya penghantar atau penghantar itu sendiri naiknya temperature minyak transformator.
2. Akibat pengasuh gaya elektro meknetis yang berupa bengkoknya penghantar/rel berayunnya menggelumbungnya tangki transformator.

4-8-4 Pengaman Arus Lebih TR

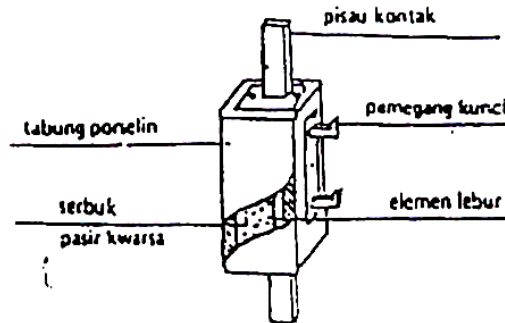
Pengaman arus lebih di sisi tegangan ada beberapa macam :

1. No. Fus Breaker NFB

No. Fuse Breaker adalah breaker/pemutus dengan sensor arus apabila arus yang melewati peralatan tersebut melebihi kapasitas maka sistim magnetik dan bimetalic pada peralatan tersebut akan bekerja dan memerintahkan breaker melepas beban.

2. Pengaman lebur (sekring)

Pengaman lebur adalah suatu alat pemutus yang dengan meleburnya bagian dari komponennya yang telah dirancang dan disesuaikan ukurannya untuk itu membuka rangkaian dimana sekering tersebut dipasang dan memutuskan arus bila arus tersebut melebihi suatu nilai tertentu dalam jangka waktu yang cukup (SPLN 64 : 1985 : 1). Fungsi sekering dalam suatu rangkaian listrik adalah untuk menjaga atau mengamankan rangkaian berikut peralatannya yang tersambung dari kerusakan dalam batas nilai pengenalnya setiap saat (PUIL 64:1985:24).



Gambar 4-174 Pengaman Lebur Tabung Tertutup

4-8-5 Menentukan Kapasitas Pengaman Lebur

Untuk menentukan arus pengenal pelebur yang akan digunakan patokan-patokan berikut :

- Tegangan pengenal pelebur harus dipilih sesuai dengan tegangan jaringan yang akan diamankan.
- Arus pengenal pelebur harus lebih besar dari arus beban penghantar. Untuk beban distribusi yang sebagian besar merupakan penerangan arus pengenal diambil sebesar 1,1 – 1,2 arus beban maksimum.
- Arus beban maksimum sebaiknya diambil sebesar $0,8 \times KHA$ penghantar.
- Arus pengenal pelebur harus lebih kecil dari arus hubung singkat (yang terbaik adalah terhadap hubung singkat fasa – netral sedangkan hubung singkat fasa-fasa dan hubung singkat 3 fasa mutlak harus dapat diamankan) dititik terjatuh.
- Untuk memberikan pengaman pada transformator distribusi harga ini tidak boleh melebihi angka di dalam tabel 5-11.

Contoh soal : Suatu gardu distribusi dengan kapasitas trafo 100 kVA 3 fasa mempunyai jaringan TR 2 jurusan dengan

menggunakan kabel TIC A1 4 x 70 mm². Panjang jaringan penjurusan 800 m.

Hitung : Besar arus pengenal lebur.

Jawab :

KHA TIC 70 mm² dari tabel diperoleh 185 A (pada 40^o C)

Arus beban maksimum yang dianjurkan adalah 80 % x 185 A = 150 A

Arus pengenal lebar 1,2 x 150 A = 180 A

Kapasitas pelebur yang ada yang terdekat dengan 180 A adalah 160 A.

Dari tabel 5-10 untuk trafo 100 KVA 3 fasa, arus pelebur sekunder minimum 160 A.

Dan maksimum 200 A jadi harga ini masih memenuhi.

Sekarang akan dihitung kecepatan untuk memutuskan arus hubung singkat dititik ujung. Tahanan pengantar sampai dititik ujung = 0,8 x 0,54 Ohm = 0,432 Ohm.

Arus gangguan fasa – netral.

$$I_1 \phi = \frac{1.1 U}{R}$$

$$I_1 \phi = \frac{1.1 \cdot 220}{0,43 + 0,432} = 280 A$$

Pada hubungan singkat fasa netral arus hubungan singkat akan diputus dalam waktu 40 detik (lihat gambar 4-175)

Arus gangguan fasa-fasa dititik ujung adalah :

$$I_{ff} = \frac{1.1 \cdot \sqrt{3} \cdot 220}{0,432 + 0,432} = 484 \text{ Ampere}$$

Bila digunakan pelebur 160 A, dari gambar 3B arus 484 A ini akan dapat diputus dalam waktu 3,5 detik.

Arus gangguan 3 fasa dititik ujung adalah :

$$I_{3f} = \frac{1.1 \cdot 220}{0,432} = 560 \text{ Ampere}$$

Dengan pelebur 160 A, arus ini akan diputus dalam 1,8 detik.

Tabel 4-11 Kuat Hantar Arus Pangeman Lebur

Penampang Nominal (mm ²)	KHA (A)	Tahanan (Ohm/km)	Reaktansi 50 Hz (ohm/km)
1	2	3	4
3 x 25 + 50	105	1,52	0,10
3 x 35 + 50	135	1,10	0,10
3 x 50 + 50	145	0,81	0,10
3 x 70 + 50	185	0,54	0,10

Konstanta tahanan, reaksi dan KHA kabel pilin udara jenis NF A2X
Pada suhu keliling maksimum 40° C.

Tabel 4-12. KHA Penghantar Tembaga A2C dan A3C

Penampang (mm ²)	KHA (A)		
	Tembaga	A2C	A3C
1	2	3	4
25	160	145	135
35	200	180	170
50	250	225	210
70	310	270	255
95	380	340	320
120	440	390	365
150	510	455	425
185	585	520	490
240	700	625	585

Tabel 4-13. Rekomendasi pemilihan arus pengenal pelebur 24 kV jenis letupan (Publikasi IEC 282-2 (1970). NEMA disisi primer berikut pelebur jenis pembatas arus (publikasi IEC 269-2 (1973)(230/400V) disisi sekunder yang merupakan pasangan yang diserahkan sebagai pengaman trafo distribusi.

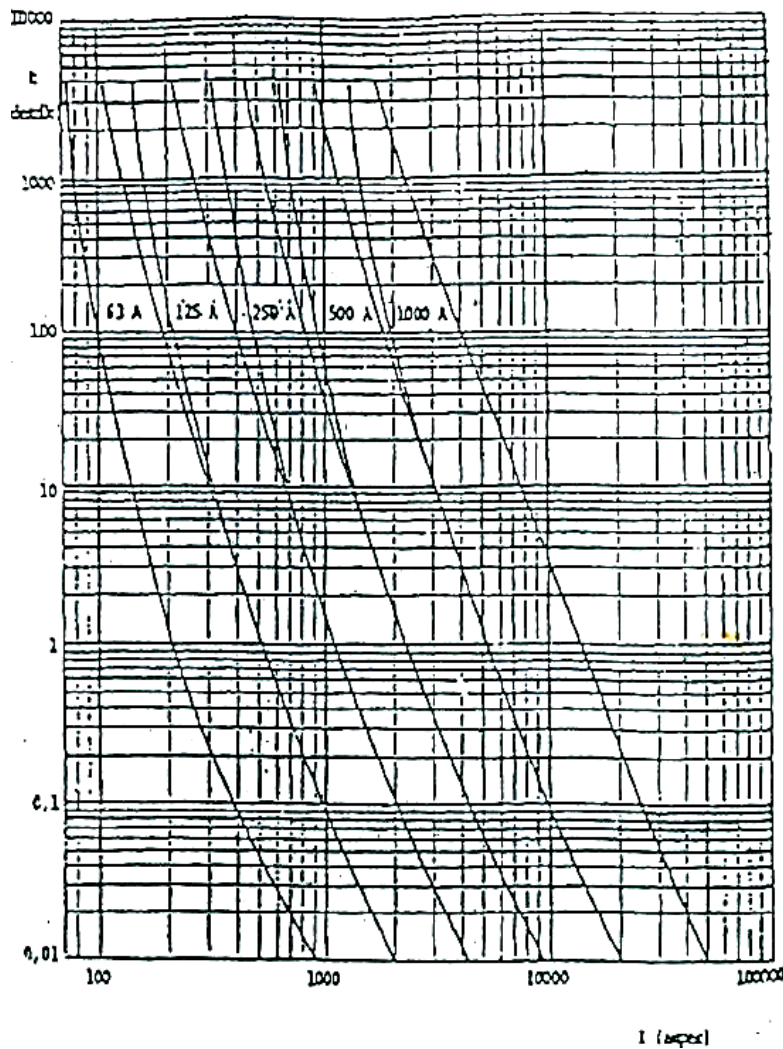
Trafo Distribusi		Pelebur Primer 24 kV Arus Pengenal (A)				Peleburan Sekunder (230/400 V)	
Daya Pengenal (kVA)	Arus Pengenal (A)	Tipe T (A)		Arus Pengenal (A)		Arus Pengenal (A)	
		Min	Maks	Min	Maks	Min	Maks
Fasa Tunggal $\frac{20kV}{\sqrt{3}}$							
16	1,3856	-	-	6,3	6,3	80	100
25	2,1651	6,3	6,3	6,3	6,3	125	125
50	4,3301	10	10	10	16	250	250
Fasa Tunggal 20 kV							
50	1,4434	-	-	6,3	6,3	80	100
100	2,8867	6,3	8	6,3	10	160	200
160	4,6188	10	12,5	10	12,5	250	250
200	5,7735	10	12,5	16	20	315	315
250	7,2169	16	16	16	25	400	400

315	9,0933	20	25	20	31	500	500
400	11,5470	25	25	25	40	630	630*)
500	14,4330	25	31,5	31,5	40	800	800
630	18,1860	40	40	40	63	1000	1000
800	23,0940	50	63	50	80	1250*)	1250*)
1000	28,8670	63	63	63	100	1600*)	1600*)

Catatan : Pemilihan nilai maksimum pelebur sekunder perlu dikombinasikan dengan nilai maksimum pelebur primer.

*) Diperoleh dengan pelebur primer

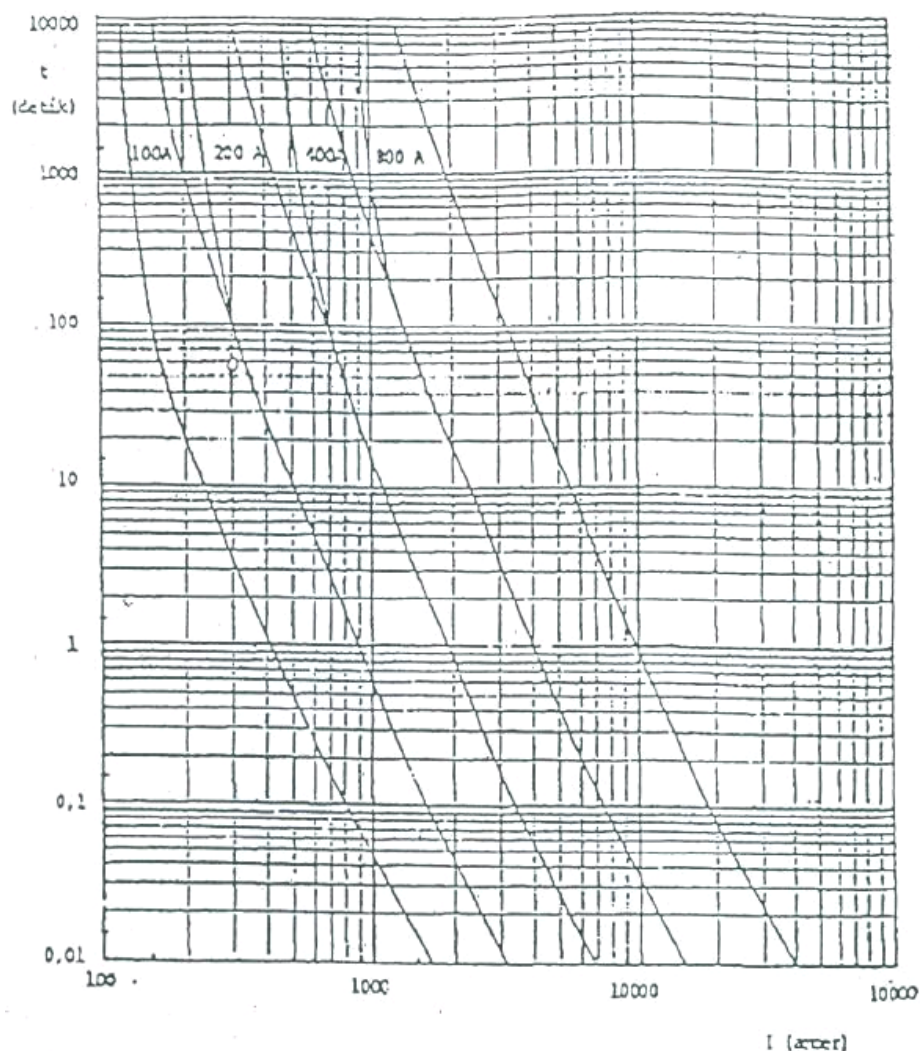
**) Contoh koordinasi terlihat



Gambar 4-175. Kurva leleh minimum dan kurva pemutusan maksimum dan pelebur tegangan rendah

4-8-6 Koordinasi Pengaman Lebur

Sistem pengaman lebur tidak bisa bekerja sendiri, perlu adanya koordinasi antara pelebur sisi primer dan sekunder pada trafo distribusi. Bila pada sisi primer trafo dipakai pelebur untuk pembatas arus, pelebur disisi primer bertugas menjaga batas ketahanan trafo terhadap gangguan hubung singkat pada belitan trafo tetapi tidak sampai melebur karena inrush current. Sedangkan pelebur sisi sekunder bertugas mengamankan trafo dari arus lebih karena gangguan pada JTR untuk lebih jelasnya lihat tabel 5-10.



Gambar 4-176. Kurva leleh minimum dan kurva pemutusan maksimum dan pelebur tegangan rendah (230/400V) Berdasarkan rekomendasi IEC 269 – 2

TABEL BAB V

JARINGAN DISTRIBUSI

TEGANGAN MENENGAH

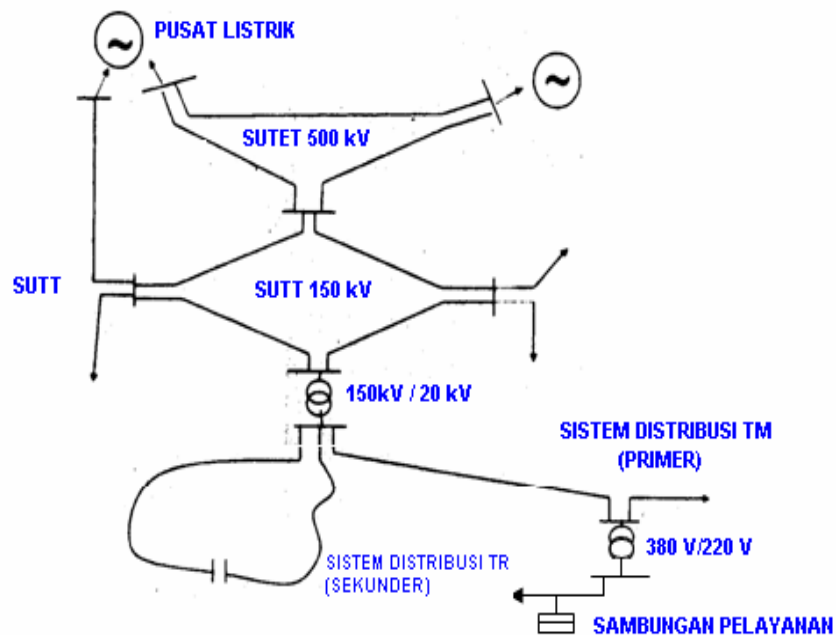
5-1 Konsep Dasar dan Sistem

5-1-1 Ruang Lingkup

Sistem tegangan menengah s/d 35 kV, sistem konstruksi saluran udara, dan saluran kabel tanah.

Dasar pertimbangan;

Ditinjau dari segi persyaratan teknis masih memenuhi syarat untuk digunakan dan dari segi ekonomis termasuk murah harganya dan jika ditinjau dari estetika (keindahan) maka kabel tanah hanya dipasang untuk keperluan keamanan dan keindahan pada daerah khusus karena biayanya masih relatif mahal. Dari segi pelayanan maka pemasangan kabel tanah akan menunjang kontinuitas pelayanan, karena tidak mudah terkena gangguan alam.



Gambar 5-1 Pola sistem tenaga Listrik

5-1-2 Karakteristik Perlengkapan

Pada umumnya material-material utama perlengkapan distandarisir, disesuaikan dengan karakteristik perlengkapan untuk mempermudah stock manajemen, mengurangi variasi penyediaan perlengkapan, Fasilitas gudang, dan menyederhanakan variasi tugas petugas, operasi & pemeliharaan.

Karakteristik teknis, contoh : PT: PLN (Persero) Distribusi DKI Jakarta & Tangerang, Material TM terdiri dari:

- *Rated insulation voltage* , 24 kV
- *V Test power frequency* 24 kV, 50 c/s
- Ketahanan Impulse (BTL- SID) 125 kV
- Arus nominalA
- Test ketahanan hubung pendek 12,5 kA , 1 detik
- *Short circuit making capacity* 31.5 kA

5-1-3 Perlengkapan Hubung Bagi TR Gardu Distribusi

- *Test power frekuensi* tegangan fasa-fasa 2-3 Kv, 1 menit
- Test ketahanan impulse 20 KV
- *Test power frekuensi* tegangan fasa-tanah 10 KV, 1 menit
- Arus nominal BusbarA
- Keseragaman acceptance test.
(*Ageing test, impulse test, mechanical strength test, maintenance requirements, power frequency test*, dan lainlain).
- *Short times with stand current* dalam waktu 0,5 detik

5-1-4 Karakteristik Jaringan Distribusi Saluran Kabel Tanah

- Pada gardu induk, pemutus tenaga dengan relai proteksi (*non directional*).
- Jaringan penghantar; Multicore belted cable, Single belted cable, Ukuran 95 mm², 150 mm², 240 mm², Tingkat kontinuitas pelayanan tinggi, Sistem 3 fasa dengan gardu distribusi kapasitas besar.
- Struktur jaringan: Radial open ring, pada jarak yang sangat pendek dapat dipertimbangkan sistem radial.
- Jangkauan pelayanan; maksimum 8 km panjang rute lintasan.
- Rugi tegangan; Diatur pada batas normal operasi dengan:
 - *Tap changer* pada transformator tenaga di gardu induk (*on-load*).
 - *Tap changer off load* t 5 % pada gardu distribusi.
- Gardu distribusi
- Gardu beton dengan dilengkapi:
 - *Load breakswitch* pada kabel keluar
 - *Isolating switch* pada kabel masuk
(Kadang-kadang dipakai juga *load breakswitch* pada kabel masuk)
- Pengaman transformator dengan HRC fused.

- Pembatas beban dengan relai pembatas dan trafo tegangan pada pelanggan tegangan menengah.
- Gardu kiosk/metal (lad).
 - Perlengkapan sama dengan gardu beton.
 - Kapasitas 1 transformator maksimum 630 kVA.
- Tingkat kontinuitas pelayanan.
 - Orde menit untuk pemulihan gangguan.
 - Orde detik (*short break*) pada gardu dengan memakai, *network protector (automatic change over)*.
- Pengaman Jaringan.
 - Relai overcurrent fasa-fasa dan ground fault relay pada gardu induk.
 - *HRC fused* pada gardu distribusi untuk pengaman trafo.
 - Setting relai 0,47 detik pada gardu induk.
- Pentanahan Sistem.
 - Memakai tahanan rendah 12 ohm pada transformator gardu induk.
 - Membatasi arus gangguan tanah sampai dengan 1000 A selama 1 detik:
- Kontruksi Jaringan
 - Ditanam sedalam minimal 0,8 meter.
 - Untuk single core cable tiap 2 km, ditransposisi.
- Transformator
 - Kapasitas transformator ukuran besar 250 kVA, 315 kVA, 400 kVA, 630 kVA, 1 MVA dengan 1 atau 2 trafo per gardu.

5-1-5 Karakteristik Jaringan Distribusi Saluran Udara

- Pada gardu induk: pengaman circuit breaker dengan automatic redoser (pemutus balik).
- Jaringan Penghantar
 - A 3 C, A 2C, ACSR
 - Single core cable
 - Twisted cable
 - Ukuran 35 mm², 50 mm², 70 mm², 150 mm², 187,5 mm², 240 mm².
- Secara umum penggunaan pada daerah dengan kepadatan beban rendah:
 - Pedesaan
 - Kota kecil
 - Daerah penyangga
 - Konstruksi "Antara"
- Sifat Pelayanan
 - Jangkauan luas
 - Tingkat keandalan penyaluran relatif rendah

- Murah dan mudah dibangun.
- Tingkat perawatan tinggi.
- Pemeliharaan lebih sulit
- Sistem 3 fasa dan atau 1 fasa.
- Struktur Jaringan :
 - Umumnya beberapa tempat membentuk radial terbuka (open ring) sesama fider utama.
- Pengaman Jaringan
 - Circuit breaker pada gardu induk dengan relai overcurrent phasa-phasa dan groundfault non directional, dan directional untuk sistem PLN Distribusi Jawa Timur.
 - Automatic redoser pada titik-titik tertentu.
 - Sectionalizer pada jaringan cabang
 - Cut-out fuse pada jaringan dengan cabangan ranting.
 - Pole switch pada tiap 4 km.
 - Arrester tipe 5.0 untuk tiang tengah dan tipe 10 KA untuk Tang ujung serta pada gardu distribusi dan pertemuan dengan kabel tanah.
- Gardu Distribusi
 - Beton
 - Portal
 - Cantol (3 fasa, 2 fasa, 1 fasa)
- Tiang penyangga.
 - Tinggi 11 m, 12 m, 13 m, 15m.
 - Kekuatan tiang : 200 daN, 350 daN, 500 daN, 800 daN, 1200 daN.
 - Jenis tiang
 - Beton, besi
 - Kerangka
 - Sela tanduk pada isolator gantung di tiang akhir dan isolator TM transformator.
- Sistem Pentanahan
 - Pentanahan pada BKT Tang dengan nilai tahanan tanah maksimum 10 ohm.
 - Pentanahan sistem bersama dengan penghantar netral jaringan Tegangan rendah.
 - Pentanahan sistem pada transformator gardu induk dengan tahanan 40 ohm, 500 ohm dan atau solid grounded/ pentanahan langsung pada sistem jaringan netral bersama.
- **Kapasitas-kapasitas Transformator**
 - Pada gardu beton, kapasitas besar.
 - Pada gardu portal/cantol, kapasitas 25 kVA, 50 kVA , 160 kVA, 250 kVA, 315 kVA, 400 kVA, sistem 3 fasa atau 25 kVA, 50 kVA satu fasa pada sistem jaringan netral bersama.
 - Cut-out fused dan arrester untuk proteksi transformator distribusi.
 - Gardu distribusi beton, portal, cantol.

5-1-6 Kontinuitas Pelayanan

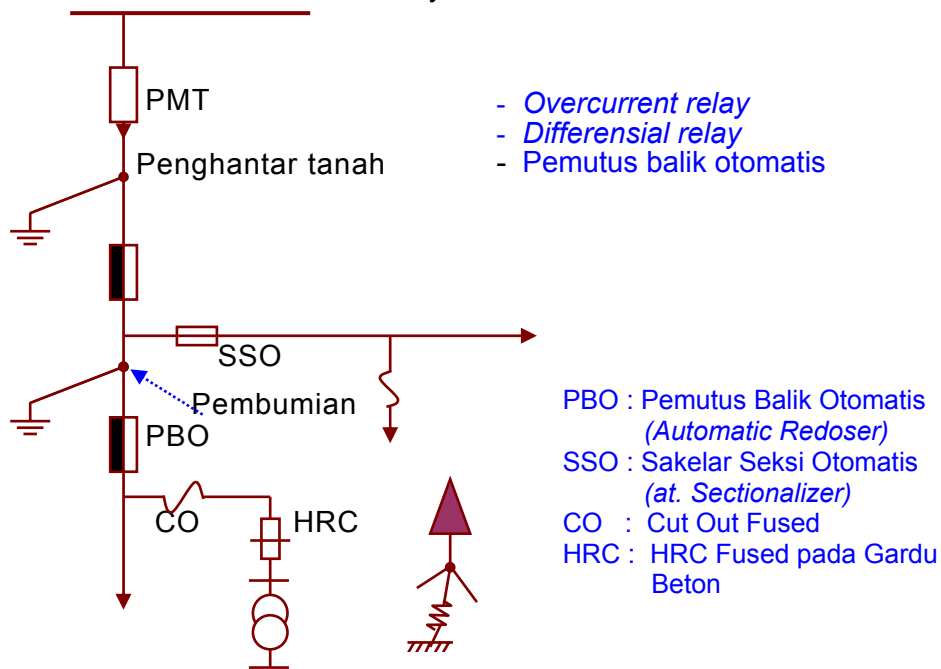
- Tingkat pelayanan yang akan diberikan menentukan aspek teknis/ekonomis sistem yang diperlukan dan harga jual (tarif listrik)
- Tingkat pelayanan biasanya ditentukan oleh parameter:
 - SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*), adalah rata-rata indeks lama waktu padam
Contoh : Lama padam 2 jam selama 1 tahun
 - SAIFI (*System Average Interruption Frekuensi Index*), adalah indeks jumlah kali padam dalam 1 kurun waktu.
Misalnya : 12, kali gangguan selama 1 tahun.
- Contoh pada PT. PLN (Persero), menentukan 5 tingkat pelayanan.
 - Padam orde beberapa jam.
Contoh : SUTM tanpa sistem proteksi memadai (desadesa).
 - Padam orde maksimum 30 menit
Misalnya pada daerah perkotaan.
 - Padam orde beberapa menit
Misalnya sistem dengan sistem *scada remote controlled (DCC-UPD)*.
 - Padam orde beberapa detik.
Misalnya dengan Automatic Switch.
 - Tanpa padam, *spot load* sistem yang dipasang dari 2 penyulang.

5-1-7 Langkah-langkah Meningkatkan Kontinuitas Pelayanan

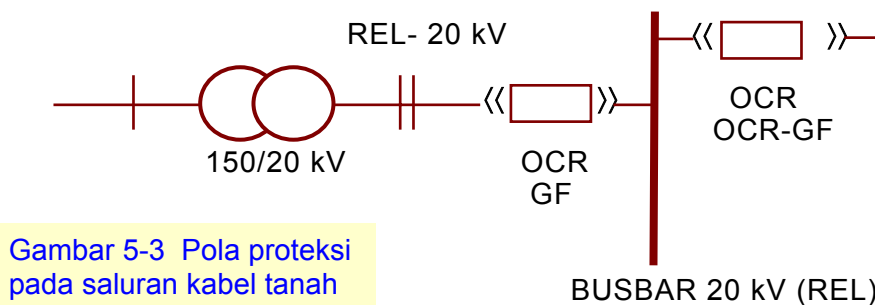
- Sistem proteksi jaringan (relai pentanahan, redoser).
- Sistem perlengkapan jaringan (*pole switch, load break*)
- Prosedur manuver (*SOP*)
- Sistem *scada*-unit pengatur distribusi (*DCC-UPD*).
- Manajemen pemeliharaan (*SOP HAR*, peralatan, dan lain-lain).
- Manajemen perencanaan sistem dan perencanaan "penyambungan baru.
- Manajemen operasi (mobil unit, dinas gangguan).
- Manajemen komunikasi (radio area, unit operasi).
- Manajemen perbekalan (material harian)
- SDM yang kompeten dan profesional (KSA, iklat).
- PDKB
- Pemakaian saluran udara berisolasi, *tree guard*, pada daerah daerah rawan pohon.
- Pemakaian kawat tanah sebagai pelindung sambaran langsung petir.
- *Interloop* antar penyulang.

5-1-8 Aspek Proteksi pada JTM

- Tujuan :
 - Pengaman manusia/ lingkungan.
 - Pengamanan alat peralatan (kerusakan minimal)
 - Pelayanan, selektifitas pemadaman.
- Macam-macam gangguan
 - Persistent/menetap
 - Umumnya pada SKTM
 - Non persistent/temporer, Umumnya pada SUTM
- Jenis relay dan penempatannya
 - Pola proteksi pada saluran kabel tanah
 - Pada sisi 20 kV gardu induk transformator 150 kV/20 kV.
 - Overcurrent relay - OCR
 - OCR - Groundfault relay



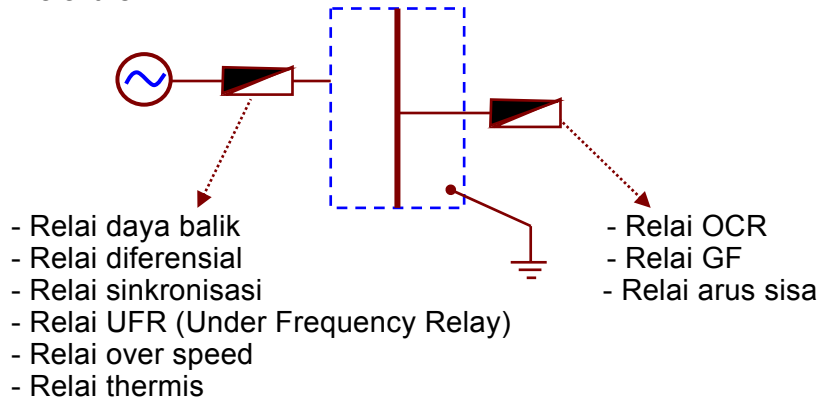
Gambar 5-2 Pola proteksi pada saluran udara tegangan menengah



Gambar 5-3 Pola proteksi pada saluran kabel tanah

5-1-9 Aspek Proteksi pada Pembangkit

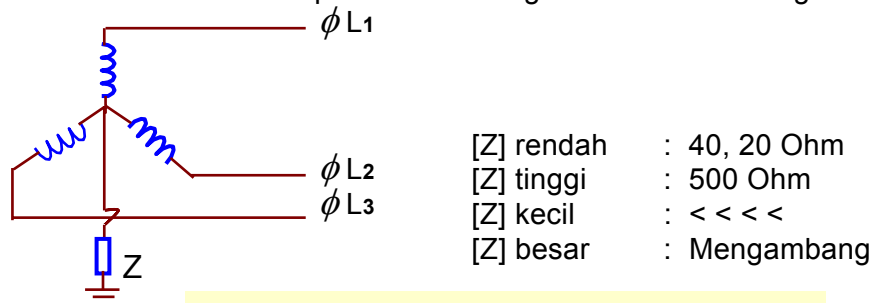
- Tegangan keluar pembangkit diatas 1 MW umumnya dengan pengenal 1 s/d 11 kV.
- Jadi persyaratan A.L. PHB utama juga dilengkapi dengan relai-relai elektris.



Gambar 5-4 Pola proteksi pada pembangkit

5-1-10 Aspek Pembumian pada JTM

Pembumian JTM dilakukan pada titik bintang transformator tenaga.



Gambar 5-5 Aspek Pembumian pada JTM

5-1-11 Aspek-aspek Pembumian titik netral transformator tenaga di Garduk Induk pada

- Kerusakan akibat hubung pendek jaringan.
- Keselamatan lingkungan.
- (manusia, makhluk hidup) akibat hubung pendek dengan JTR.I
- Selektifitas penyulang yang mengalami gangguan.
- Pengaruh terhadap sistem telekomunikasi
 - Faktor 1,2,4 menghendaki arus gangguan rendah.
 - Faktor 3 menghendaki arus gangguan besar.

5-1-12 Pola jaringan TM berdasarkan aspek pembumian

Pola jaringan melalui pembumian tahanan rendah.

- a). $R = 12 \text{ ohm}$, sistem 3 fasa, 3 kawat untuk saluran udara.

- $R = 40 \text{ ohm}$, sistem 3 fasa, 3 kawat untuk saluran kabel tanah.
Contoh : Jakarta, Jabar, Luar Jawa.
- b). Pola Jaringan melalui pembumian tahanan tinggi $R = 500 \text{ ohm}$.
Contoh di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur.
- c). Pola jaringan melalui pembumian langsung.
 $R = 0$ / kecil sekali
Contoh : sistem 3 fasa, 4 kawat multi grounded system di Jawa Tengah.
- d). Pola jaringan tanpa pembumian tidak ada pembumian netral pada sisi TM. Umumnya di luar Jawa

5-1-13 Karakteristik jaringan dengan pembumian tahanan rendah

Contoh di PT. PLN (Persero) Jakarta Raya

Sistem jaringan 3 fasa 3 kawat.

Jaringan radial atau radial open - loop.

Sistem proteksi dengan:

- Overcurrent relay untuk gangguan phasa-phasis.
- Groundfault relay, gangguan hubung tanah.
- HRC fused dan cut-out fused untuk pengaman transformator
- Arrester untuk pengaman petir •
- Relay murah
- Pengaruh tegangan langkah kecil
- Pemakaian peralatan proteksi lebih mudah.
- Pengaruh gangguan magnetik pada saluran telepon relatif kecil.

Sistem 20 KV : .

$[z] = 20 \text{ ohm} \rightarrow I \text{ Gangguan} : 1000 \text{ A}$

$[z] = 40 \text{ ohm} \rightarrow I \text{ Gangguan} : 300 \text{ A}$

5-1-14 Karakteristik jaringan dengan pembumian tahanan tinggi

Contoh di PT. PLN (Persero) Jawa Timur

Sistem 3 fasa, 3 kawat.

Jaringan radial atau radial open - loop.

Sistem proteksi :

- *Overcurrent differential relay* dengan automatic recloser pada circuit breaker gardu induk.
- *Automatic recloser pads* seksi-seksi jaringan dengan sensor tegangan
- *Automatic sectionalizer* pada pencabangan jaringan
- *Cut - out fused* untuk pengaman transformator Arrester untuk pengaman petir
- Relay mahal $\rightarrow$ memakai relai arah (directional relay)
- Selektifitas dan koordinasi dengan pengaman lain memakai sensor tegangan.

- Gangguan terhadap saluran telekomunikasi kecil.
- $[Z] = 500 \text{ ohm}$.
- $I \text{ gangguan} \approx 24 \text{ A}$

5-1-15 Karakteristik jaringan dengan pembumian langsung

Contoh di PT. PLN (Persero) Jawa Tengah

- Sistem jaringan 3 fasa, 4 kawat (*Multi grounded system*).
SUTM dengan kawat netral sisi TM dijadikan satu dengan kawat netral sisi TR, yang ditanahkan setiap 500 meter.
- Jaringan umumnya radial.
Gardu distribusi type portal dengan transformator 3 fasa dan type cantol dengan transformator 1 fasa.
- Sistem proteksi
 - *Overcurrent relay* dengan *automatic recloser*, berkoordinasi dengan *sectionalizer* pada seksi-seksi tertentu saluran utama dan pencabangan.
 - *Cut - out fused* 1 fasa pada saluran pencabangan 1 fasa.
 - *Cut - out fused* untuk pengaman trafo.
 - Arrester untuk pengaman petir.
 - Relai murah, arus gangguan besar
 - Cocok untuk jangkauan jaringan luas.
 - Koordinasi dengan pengaman sisi hilir mudah
 - Perlu kawat tanah pada sisi TM.

5-1-16 Karakteristik jaringan tanpa pentanahan

- Umumnya listrik desa dengan trafo distribusi sebagai step up dari sisi TR ke sisi TM.
- Hanya ada pengaman *cut-out* dan *arrester* pada transformator distribusi. Kadang-kadang dilengkapi relai tegangan tidak seimbang pada penyulang TM keluar.
- Apabila terjadi gangguan tanah UFR mesin PLTD jatuh.

5-1-17 Titik pembumian pada sistem TM

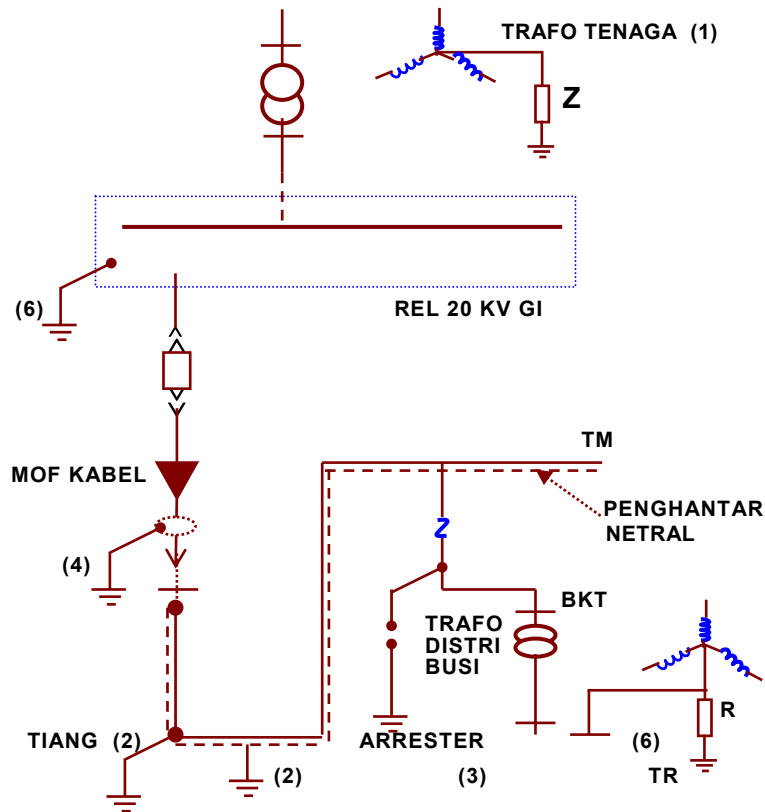
- Pada titik netral transformator tenaga.
- Pada jaringan saluran udara TM tiap 3 tiang.
- Pada arrester.
- Pada terminasi kabel masuk sel gardu induk
- Pada titik netral transformator distribusi.
- Semua BKT dibumikan.

Nilai R :

Maksimum 10 ohm pada tiang

Maksimum 0,2 ohm pada titik netral transformator distribusi.

5-1-18 Titik-titik pembumian pada jaringan TM



Gambar 5-6 Titik-titik pembumian pada jaringan TM

5-1-19 Ketentuan-ketentuan Tentang Persyaratan Instalasi Tegangan Menengah PUIL 2000

- PUIL 2000 mencakup persyaratan-persyaratan instalasi listrik sampai dengan tegangan 35 kilo Volt dalam bangunan dan di luar bangunan, mencakup:

Perancangan, Pemasangan, Pemeriksaan, Pengujian,
Pelayanan, Pemeliharaan, Pengawasan.

- Bahasan-bahasan pada persyaratan instalasi jaringan distribusi tegangan menengah berikut ini adalah bahasan-bahasan mengenai persyaratan instalasi baik pada jaringan ataupun gardu listrik.
- Standard-standard konstruksi yang ada dan dipakai khususnya terbitan PT. PLN (Persero) digunakan sebagai contoh aplikasi.

5-1-20 Susut Tegangan pada Sistem 3 fasa 3 kawat 20 kV

- Susut tegangan pada jaringan distribusi TM dibatasi dengan batas-batas sadapan pada transformator distribusi.
Contoh : Sadapan transformator distribusi $\pm 5\%$ pada tegangan pelayanan/tegangan nominal.
- Namun apabila akan dihitung besarnya susut tegangan pada jaringan jika memikul beban dapat dilakukan dengan berbagai metode.
- Metode perhitungan dapat dilakukan antara lain dengan:
 - Metode impedansi jaringan
Perhitungan secara klasik impedansi jaringan dan arus beban.
 - Metode momen listrik.
Perhitungan berdasarkan tabel-tabel momen listrik yang telah disusun.
 - Metode grafis
Perhitungan berdasarkan kurva-kurva susut tegangan, panjang jaringan, penampang hantaran dan jenis hantaran.
 - Perhitungan berdasarkan tabulasi susut tegangan per km jaringan.
- Uraian-uraian berikut diambil contoh untuk metode moment listrik, mengingat metode ini paling mudah diterapkan.

Tabel 5-1 adalah nilai momen listrik untuk $\cos \phi = 0,8$

Tabel 5-1. Momen listrik kabel dan hantaran udara TM (20kV) pada beban diujung penghantar dengan susut tegangan 5%

SISTEM	JENIS PENGHANTAR	LUAS PENAMPANG (MM ²)	DAYA MAX (MVA)	MOMEN LISTRIK (MVA.KM)	kHA (A)
KABEL TANAH	TEMBAGA	50	5,8	46,7	168
	TEMBAGA	95	8,7	83,3	250
	TEMBAGA	150	11,4	116,1	328
	ALUMINIUM	95	7	54,4	200
	ALUMINIUM	150	9,2	78,9	266
	ALUMINIUM	240	12,6	117,2	365
PENGHANTAR UDARA	TEMBAGA	25	5	2,5	145
	TEMBAGA	35	6,1	33	177
	TEMBAGA	50	8	40,6	230
	TEMBAGA	70	9,4	50	270
	ACSR	187,5	13,9	60,9	400
	ACSR	270	17,7	72,9	510
	ALUMINIUM	110		48	310
	ALMELEC	35	5	19,4	145
	ALMELEC	70	7,8	33,3	225
	ALMELEC	150	12,6	55,5	365
	ALMELEC	228	16,6	69,4	480

Catatan : kHA pada $t = 35^{\circ}\text{C}$

5-1-21 Metode momen listrik Sistem 3 fasa 3 kawat 20 kV

Parameter suatu momen listrik adalah besarnya faktor daya ($= \cos \phi$) jaringan, berdasarkan persamaan klasik:

$$\Delta V = \sqrt{3} \cdot I (R \cos \phi + j\omega L \sin \phi)$$

Overheating cable $t = 35^\circ\text{C}$, 1 kabel pada 1 jalur konstruksi

Contoh:

- a. Suatu beban diujung 10 MVA dengan rugi tegangan 5 % .

$$L = \frac{60,9}{10} = 6,09 \text{ km}$$

- b. Kabel tanah tembaga 3 x 95 mm² beban 4 MVA pada L = 10 km.

$$\Delta \mu = \frac{4 \times 10}{83,3} \times 5\% = \frac{2,4}{100} = 2,4\%$$

- c. Berapa besar beban jika saluran tembaga L = 25 km, $\Delta \mu = 7\%$

$$P = \frac{33}{25} \times \frac{7}{5} = 1,848 \text{ MVA.}$$

5-2 Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah

Kabel tanah Tegangan Menengah yang dipakai adalah kabel tanah dengan pelindung mekanis bagian luar (pita baja), dengan berpelindung medan magnet dan elektris. Kabel dapat berbentuk multicore belted cable atau single core full isolated cable. Dipakai kabel Aluminium berurat dipilin dengan bahan isolasi XLPE. Pada umumnya kabel tegangan menengah ini terdiri atas 3 x 1 core atau 1 x 1 core dengan ukuran penampang 300 mm², 240 mm², 185 mm², 150 mm², 70 mm², dan 25 mm². Pemilihan pemakaian tergantung beban/kepadatan beban yang dilayani.

Kabel tanah diletakkan pada minimum:

- 0,8 meter di bawah permukaan tanah pada jalan yang dilewati kendaraan.
- 0,6 meter di bawah permukaan tanah pada jalan yang tidak dilewati kendaraan.
- Lebar galian sekurang-kurangnya 0,4 meter

Catatan:

Ketentuan ini sangat bergantung pada peraturan daerah setempat. Contoh di Jakarta kabel digelar pada minimum 1,1 meter di bawah permukaan tanah.

Kabel harus dilapisi pasir halus setebal minimum 5 cm dari permukaan kulit kabel dan bagian atas diberi pelindung mekanis untuk maksud keamanan terbuat dari beton, batu atau bata (lihat gambar penampang galian kabel tanah menurut standard konstruksi PT. PLN (Persero) Distribusi Jakarta Tangerang). Kabel tegangan lebih tinggi berada di bawah yang bertegangan rendah.

5-2-1 Konstruksi persilangan kabel telekomunikasi dan kabel listrik non PLN.

- Kabel listrik harus di bawah kabel telekomunikasi kabel harus dilindungi dengan pelindung (pipa beton belah, plat beton, pipa yang tahan api). Kedua sisi persilangan pelindung di tambah 0,5 meter.
- Jika jarak antara kabel tanah dengan kabel telekomunikasi kurang dari 0,5 meter pelindung harus di dua kalikan (tambahan pelat beton).
- Bila kabel telekom sejajar dengan kabel TM panjang selama sejajar harus dimasukkan dalam pipa beton belah, pelat beton atau sejenis.
- Jarak kabel tanah dengan instalasi telekom minimal 0,3 meter dan harus diberi pelindung (termasuk tiang telekom). (lihat standard konstruksi PT. PLN (Persero)).

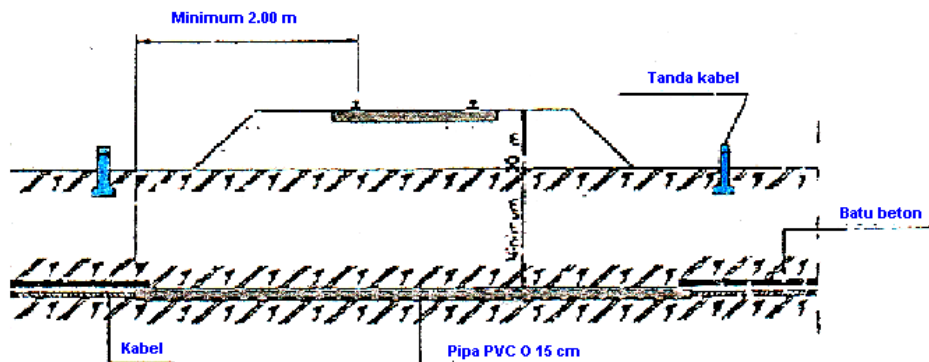
5-2-2 Persilangan kabel tanah TM dengan rel kereta api,

- Rel ka bel harus berjarak minimal 2 meter dari rel kereta api.
- Jika terjadi persilangan, kabel harus dimasukkan dalam pipa gas dengan diameter minimal 4 inchier (10 cm) dan diiebihkan 0,5 meter dari masing-masing garis vertikal kid kanan rel kereta dengan kedalaman 2 meter dibawah rel kereta api.
- Hal yang sama jika melintas dipekarangan atau bangunan PT. KAI.

Catatan:

1. Harus dilaksanakan pengaturan agar kabel dapat diambil kembali dengan tidak usah menggali lagi bagian bawah jalan kereta api
2. Pekerjaan yang dilaksanakan di atas tanah milik PJKA agar dilakukan oleh kontraktor yang disetujui PJKA
3. Sama halnya dengan perlintasan pada jalan raya, pada penyebrangan jalan kereta api juga harus ditambahkan 2 pipa cadangan.

LINTASAN PENYEBRANGAN PADA JALAN KERETA API



Gambar 5-7 Aturan Penanaman Kabel

5-2-3 Persilangan dengan jalan raya atau jalan lingkungan.

- Kabel harus dimasukkan kedalam pipa beton atau PVC atau selubung baja, yang dilebihkan masing-masing 0,5 meter sisi kiri
- Dibawah penerangan, melintasi jalan lingkungan kabel harus dilindungi dengan pelindung pipa beton separuh, PVC atau sejenis.

5-2-4 Persilangan dengan saluran air dan bangunan air.

- Kabel harus ditanam minimal 1 meter di bawah saluran air. Jika dibawah laut harus ditanam sedapat mungkin 2 meter di bawah dasar laut.
- Jarak minimal kabel tanah dengan bangunan air adalah 0,3 meter dan harus dimasukkan kedalam pipa beton/logam dengan diameter minimal 10 cm dan dilebihkan 0,5 meter pada kedua sisi perlintasan.
- Pada kedua tepi saluran air dimana kabel tanah ditanam harus diberi tanda yang cukup untuk dilihat pengemudi kapal.
- Jika harus menyeberangi saluran air jembatan kabel khusus harus tersedia.

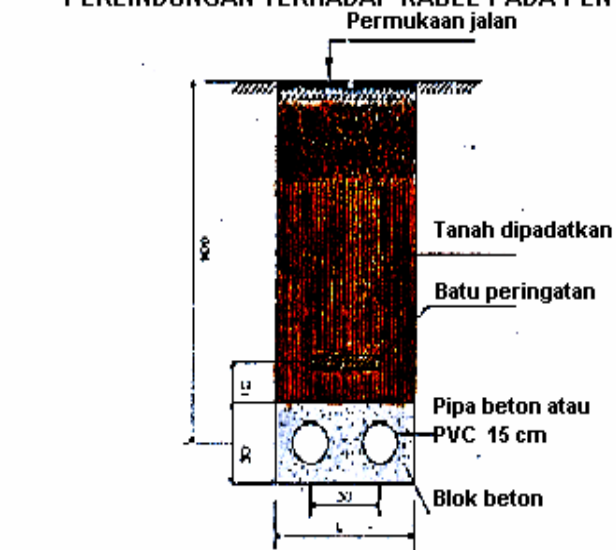
5-2-5 Pendekatan kabel dengan konstruksi instalasi diatas tanah.

- Jarak kabel minimal 0,3 meter dari kaki keluar konstruksi dan harus dilindungi dengan pipe baja atau bahan yang kuat, tahan lama, tahan api. Jika jaraknya kurang dari 0,8 meter dan diberi tambahan 0,5 meter dari sisi kiri kanan lintasan.
- Kabel keluar dari tanah (opstik kabel) pada tiang harus dilindungi pipa galvanis minimal panjang 2,5 meter di atas tanah.

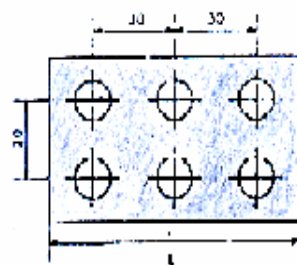
5-2-6 Prosedur Peletakan Kabel Tanah

- Kabel diletakkan minimal berjarak 2 x diameter kabel atau 20 cm dari kulit luar kabel.
- Perletakan kabel yang lebih dari 2 kabel baik vertikal atau horizontal mengikuti ketentuan-ketentuan yang berlaku. Kondisi ini menurut KHA kabel faktor perkalian ini disebut faktor perletakan, untuk jelasnya lihat 7.3-34 s/d 7.3-35 PUIL 2000. (berlaku untuk perletakan di udara atau di tanam).
- Pada tiap jarak 5 meter jalur kabel harus diberi patok tanda kabel.
- Pada tiap sambungan kabel harus diberi patok tanda sambungan kabel.

PERLINDUNGAN TERHADAP KABEL PADA PENYEBRANGAN JALAN

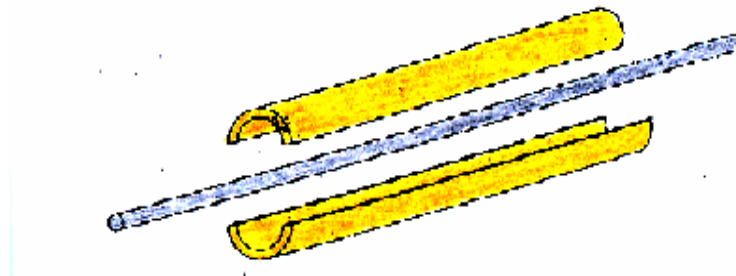


BLOK BETON

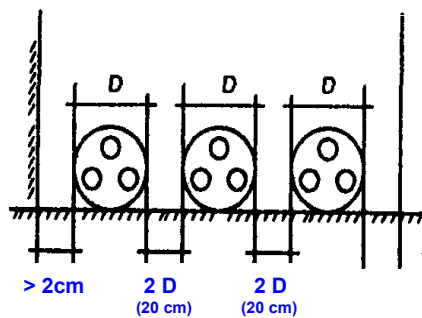


Jumlah kabel	L cm
2	60
3	90
4	120
5	150
6	180

PERLINDUNGAN KABEL DENGAN SEPASANG SELONGSONG BELAH



Gambar 5-8. Pekerjaan sebelum penanaman kabel

Contoh:

I_n = Arus minimal kabel = 260 A.

F_p = Faktor perletakan untuk 3
kabel mendatar = 0,88

I_n' = Arus nominal yang dikoreksi
 $0,88 \times 260 \text{ A} = 240 \text{ A}$.

Gambar 5-9. Peletakan Kabel Tanah

5-2-7 Ketentuan-ketentuan yang tidak terdapat dalam PUIL

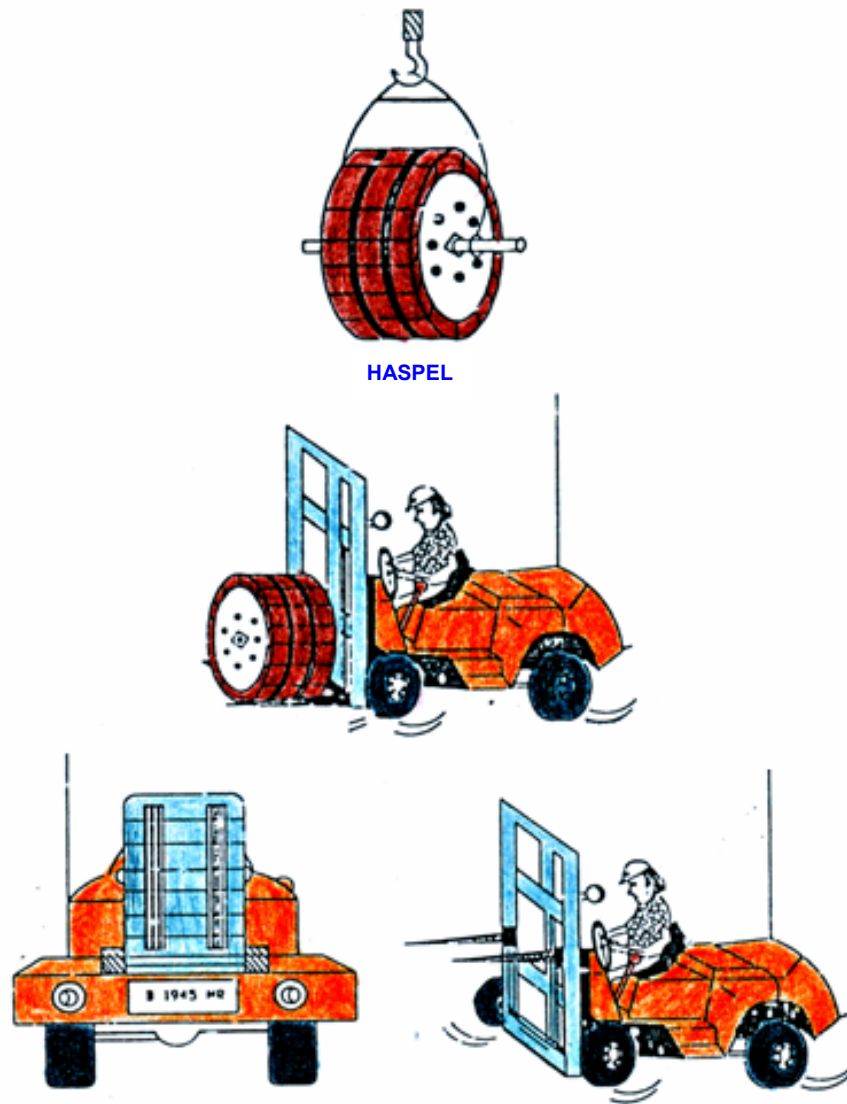
- Lintasan di atas rel kereta api.
 $D \geq 1,5$ meter di atas fasilitas kereta api
(misalnya tiang rel-kereta listrik)
- Jarak tiang terhadap rel kereta api.
 $D \geq$ panjang tiang.
- Lintasan dengan SUTT.
 $D \geq 3$ meter (70 kV)
 $D \geq 4$ meter (150 kV)
- Jarak terhadap tower transmisi
 $D \geq$ tinggi tiang atau
 $D \geq 1,5$ tinggi tiang
- Lintasan di atas jalan raya utama
 $D \geq 6$ meter pada temperatur 60°C tanpa angin
- Sudut lintasan maksimum dengan jalan raya utama atau sungai sebesar 30°C
- Lintasan di atas saluran/sungai, minimum 6 meter saat air pasang ditambah 1,5 meter diatas tiang layar.
(untuk sungai besar tidak dianjurkan saluran TM melintasi sungai).

5-2-8 Persiapan Pelaksanaan Penggelaran Kabel Tanah

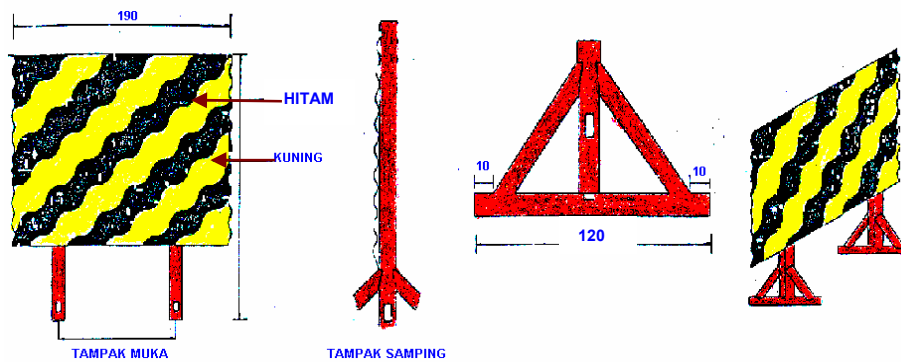
- Persiapan gambar rencana pelaksanaan pada peta 1 : 5000 atau 1 : 200
- Survai dalam pembersihan jalur kabel.
- Penggalan titik kontrol jalur kabel pada tiap 50 meter (injeksi test galian) untuk meneliti kemungkinan adanya utilitas lain.
- Check dokumentasi asbuilt drawing utilitas-utilitas lain.
- Persiapan material penunjang (Pasir urug, Batu patok/tanda, Batu peringatan, Pipa beton/PVC/ sejenis).
- Pekerjaan pendahuluan telah dilaksanakan {Lintasan/Crossing-Boring,

- Jembatan kabel, Pembersihan rencana jalur kabel, Rambu-rambu K3, Alat-alat kerja (rol kabel, dan lain-lain)}.
- Pelaksanaan penggelaran/penarikan kabel dengan 1 supervisor, 1 mandor, 1 kuli tiap 5 meter.

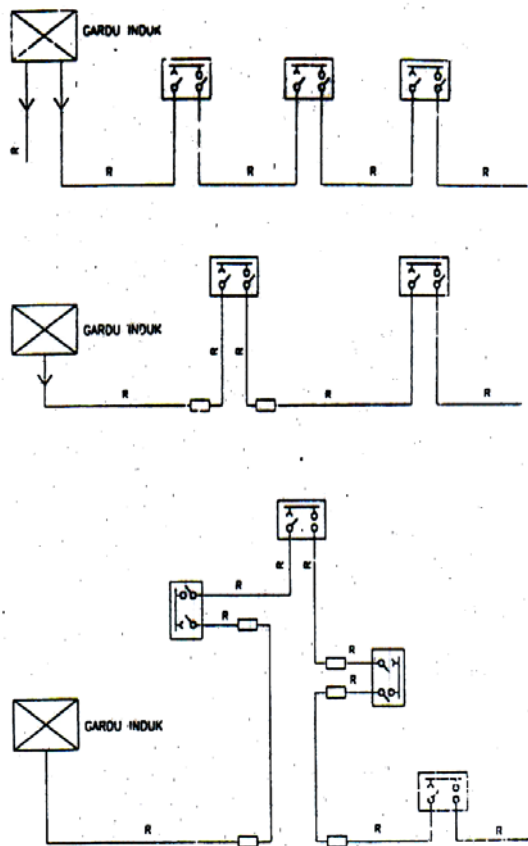
Berikut ini adalah gambar perlengkapan persiapan penanaman kabel tanah dan alat angkut untuk menunjang pemasangan kabel tanah dan selanjutnya gambar-gambar pekerjaan sebelum penanaman kabel tanah.



Gambar 5-10 Pengangkutan kabel tanah tegangan menengah dengan forklif



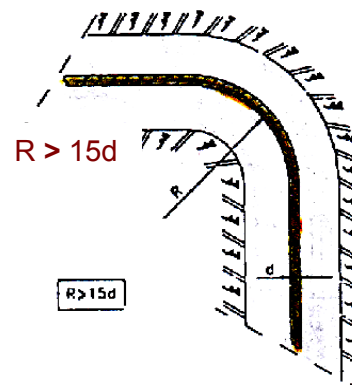
Gambar 5-11 Alat pelindung dari seng



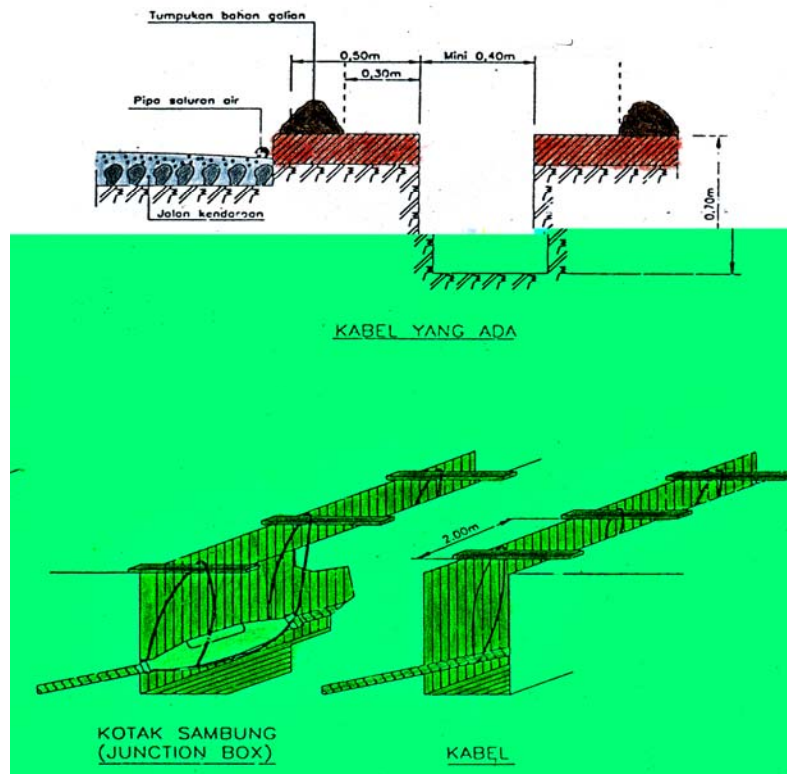
Gambar 5-12 Saluran Kabel Tanah

5-2-9 Menentukan jalan lintasan kabel

- Kabel-kabel listrik lebih baik ditempatkan pada tanah umum (negara) dibawah trotoir (jalan setapak).
- Membelokkan arah kabel dilaksanakan dengan cara membuat lengkungan sekurang- kurangnya dengan radius lekuan (bending radius) 15 kali diameter keseluruhan daripada kabel yang bersangkutan.



Gambar 5-13. Penentuan lintasan Kabel Tanah

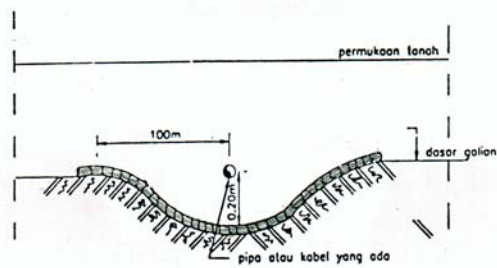


Gambar 5-14.
Lebar Galian dan Penanganan Kotak Sambungan



Gambar 5-15 Dasar lubang galian

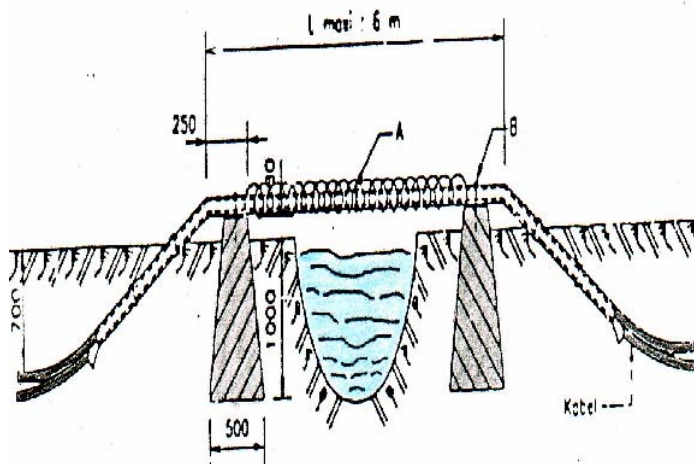
MENYEBERANGI PIPA ATAU KABEL



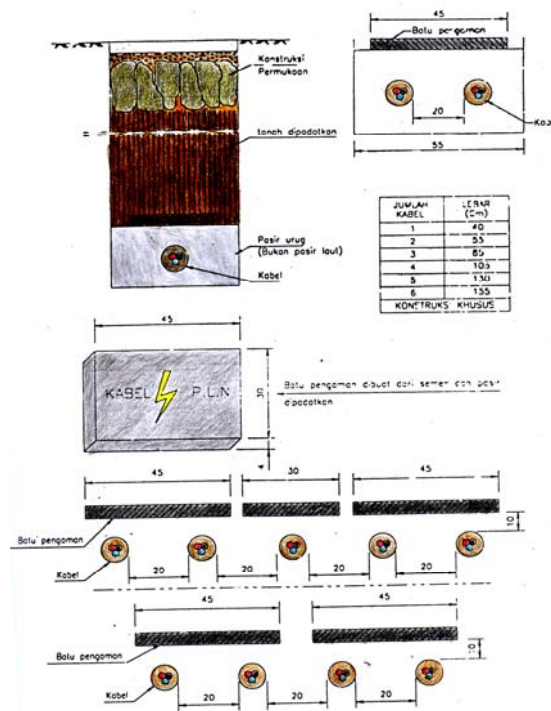
JALAN MASUK KE RUMAH



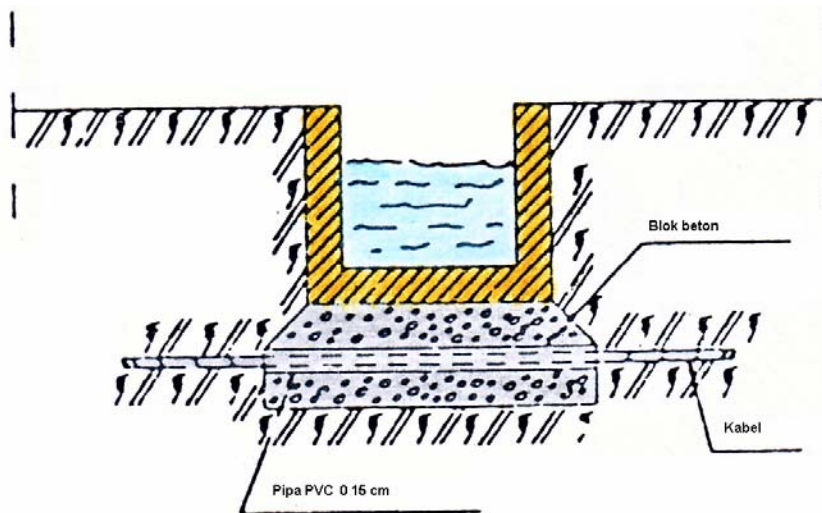
Gambar 5-16 Aturan Penanaman Kabel



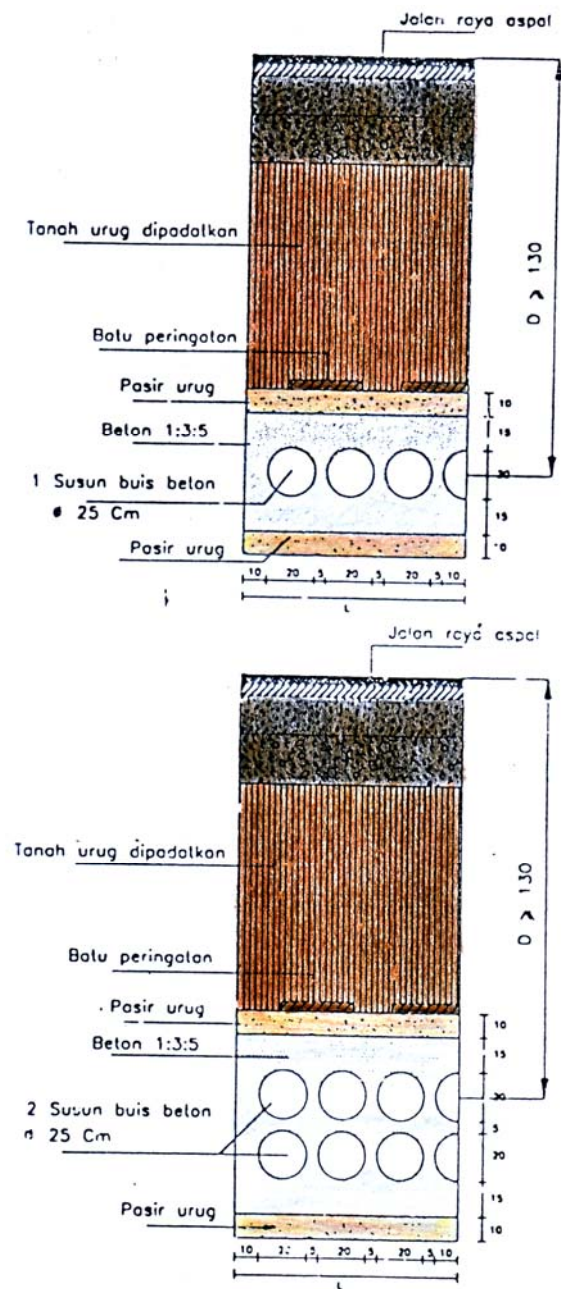
Gambar 6-17. Jembatan Kabel



Gambar 5-18 Konstruksi khusus penanaman kabel

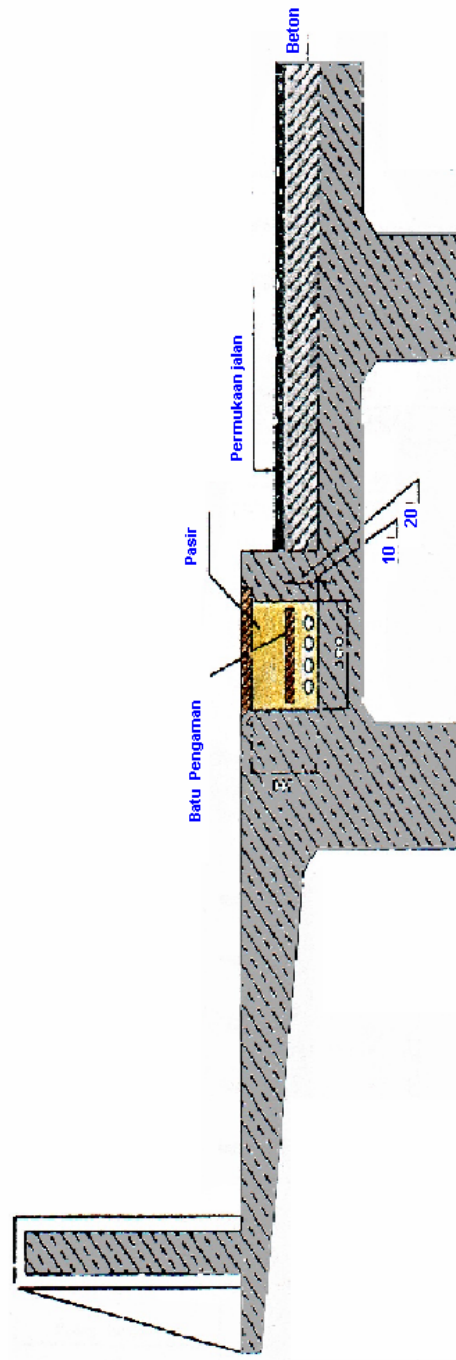


Gambar 5-19 Lintasan penyebrangan kabel tanah pada gorong-gorong/parit



Gambar 5-20 Pekerjaan penanaman kabel

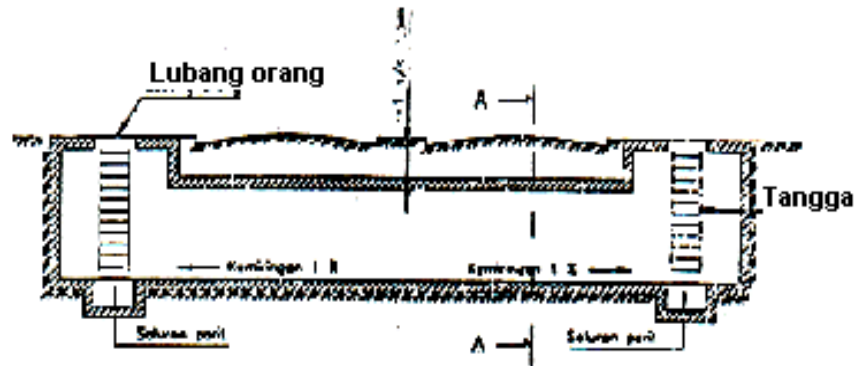
PEMASANGAN KABEL PADA JEMBATAN BETON



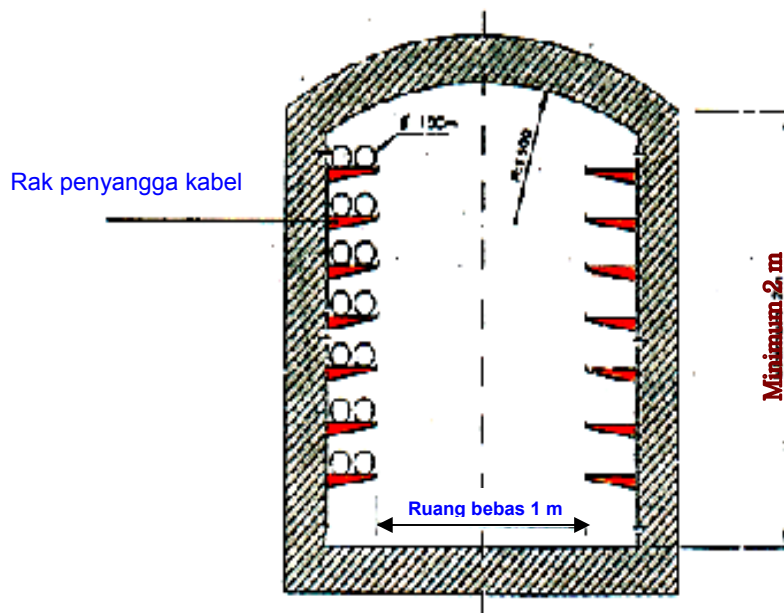
Gambar 5-23 Pemasangan Kabel pada Jembatan Beton

POSISI/KEDUDUKAN KABEL

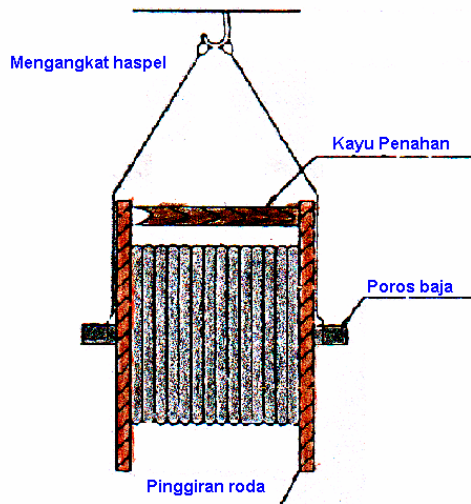
POTONGAN MEMANJANG



Potongan A - A



Gambar 5-24 Posisi/kedudukan kabel di dasar rak kabel

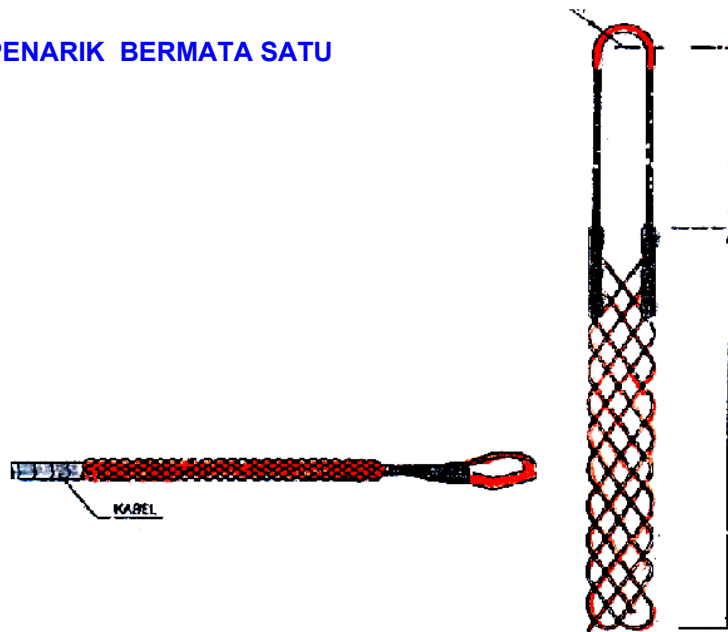


Penanganan dan Pengangkutan Haspel

- Haspel harus digerakkan dengan tangan secara hati-hati.
- Haspel harus di gusur atau digelindingkan
- Haspel tidak boleh diikat dengan rantai, kabel atau tambang seputarnya karena akan menekan bagian luar kabel.
- Haspel sama kali tidak boleh dilemparkan ke tanah dari atas truk atau trailer.

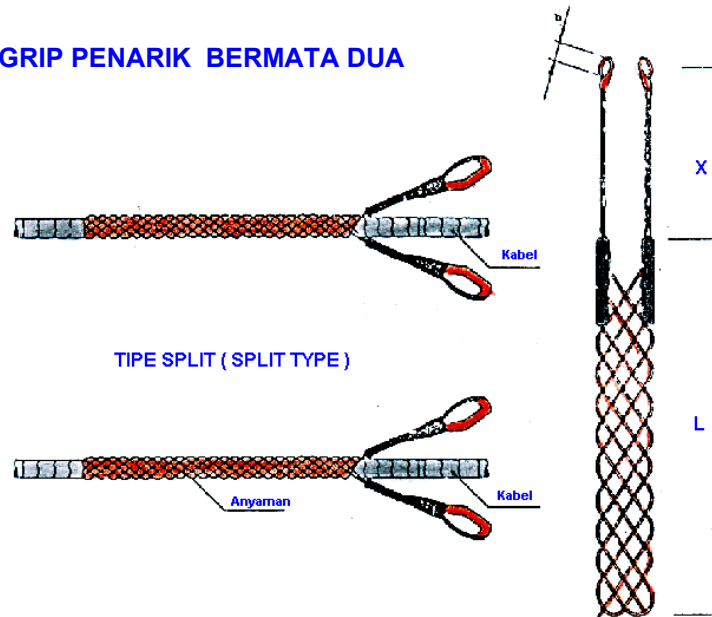
Gambar 5-25 Penanganan dan Pengangkutan dengan Haspel

- GRIP PENARIK BERMATA SATU



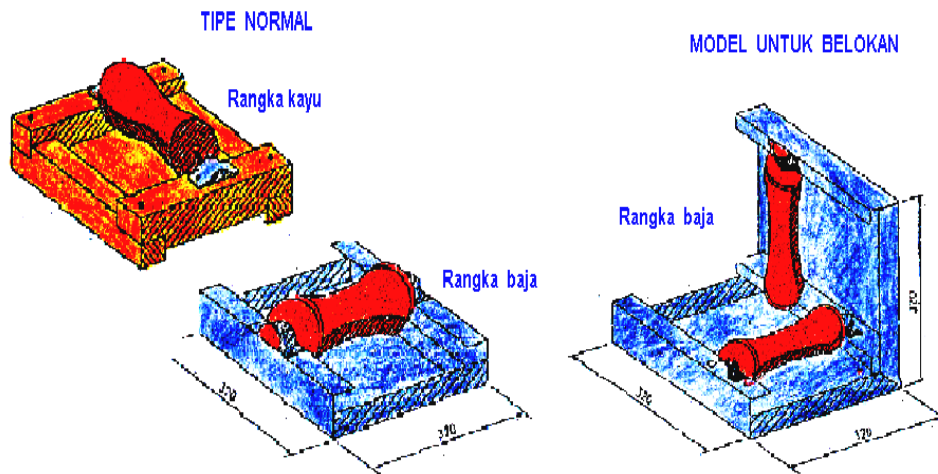
Gambar 5-26 Alat Penarik Kabel

- GRIP PENARIK BERMATA DUA

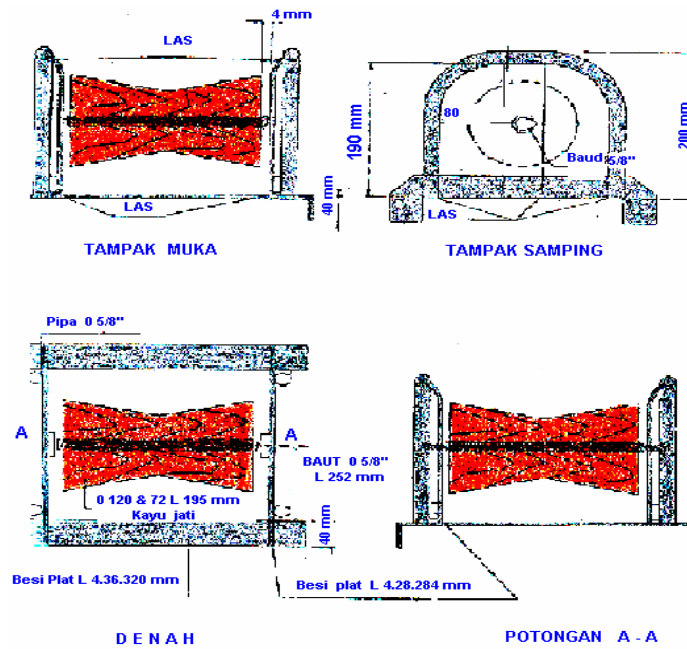


Gambar 5-27 Alat Penarik kabel (Grip)

Roller untuk Kabel

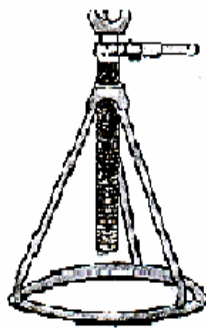


Gambar 5-28 Roller untuk Kabel



Gambar 5-29 Roll Penggelar Kabel

DONGKRAK HASPEL

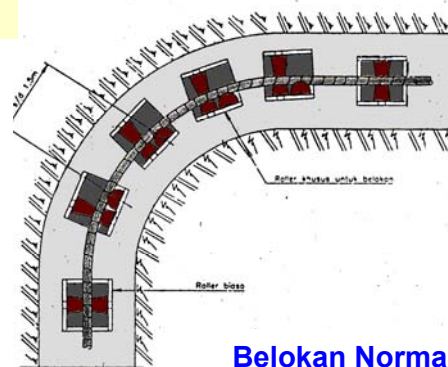


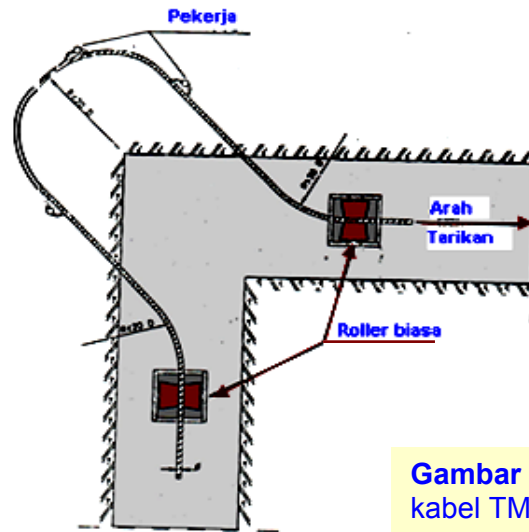
TANGKAI PIPA (CONDUIT RODS)



Gambar 5-30 Dongkrak Kabel

Gambar 5-31 Penarikan kabel TM dengan Roll dibelokan normal

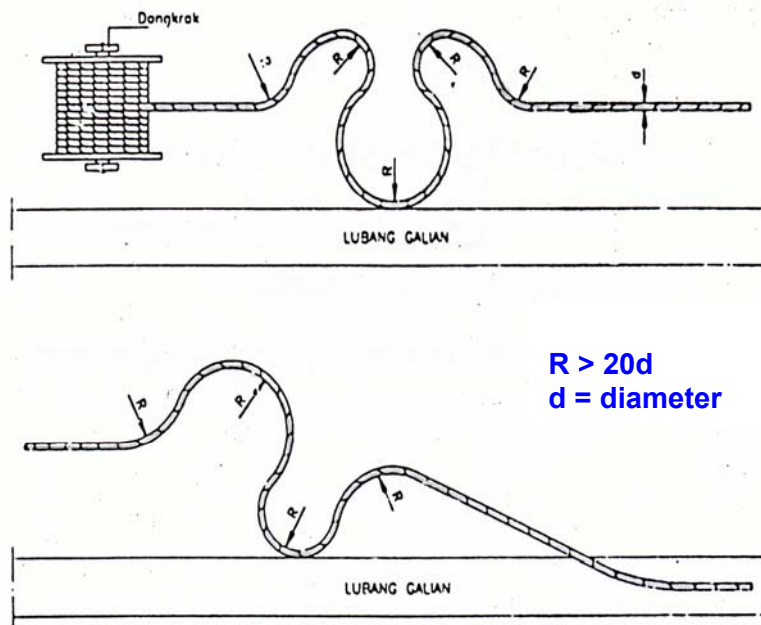




Gambar 5-32 Penarikan kabel TM Belokan Tajam

Melepas Gulungan Kabel

- Apabila perlu, boleh tidak seperti biasanya, kabel di lepas dari haspel nya, diletakkan di atas tanah di luar bagian (cara melepas gulungan).
- Pekerjaan yang rumit ini harus dilaksanakan hanya oleh para pekerja yang ahli di bawah pengawasan mandor/pengawas.
- Harus di tempuh segala upaya untuk mencegah jangan sampai kabel melintir ketika di tarik ke dalam (galian).



Gambar 5-33 Penggelaran Kabel

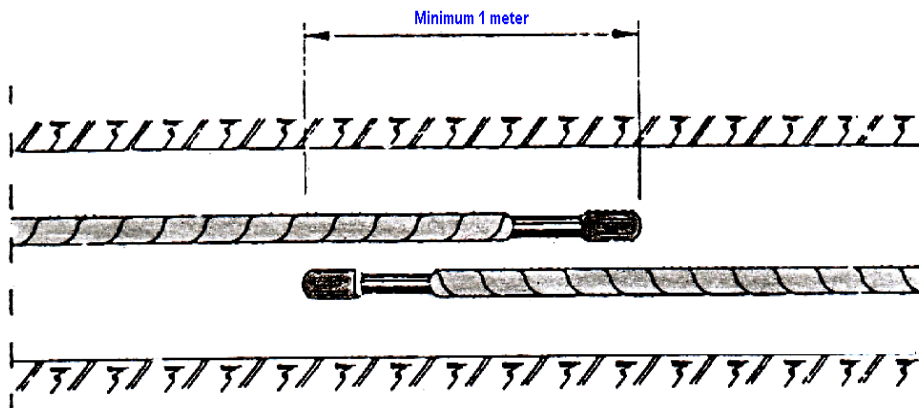
5-3 Penyambungan kabel tanah

5-3-1 Ujung kabel sebelum penyambungan

- Apabila dua kabel akan di sambung, maka kedua ujung yang akan disambung itu harus dilebihkan satu dari yang lainnya sepanjang 1 meter.
- Sebagai ketentuan umum, kabel pada setiap sisi kotak sambungan tidak dilebihkan panjangnya.

5-3-2 Tutup/Dop Ujung Kabel

- Kabel di dalam lubang galian, baik sesudah maupun sebelum diurug, harus dipasangkan tutup/dop ujungnya sebagaimana mestinya atau diperiksa apakah betul sudah baik pemasangannya.
- Dalam hubungan ini perlu diperhatikan, agar di antara ujung kabel dengan tutup/dop ujung kabel harus ada bagian kabel yang dikupas bersih.

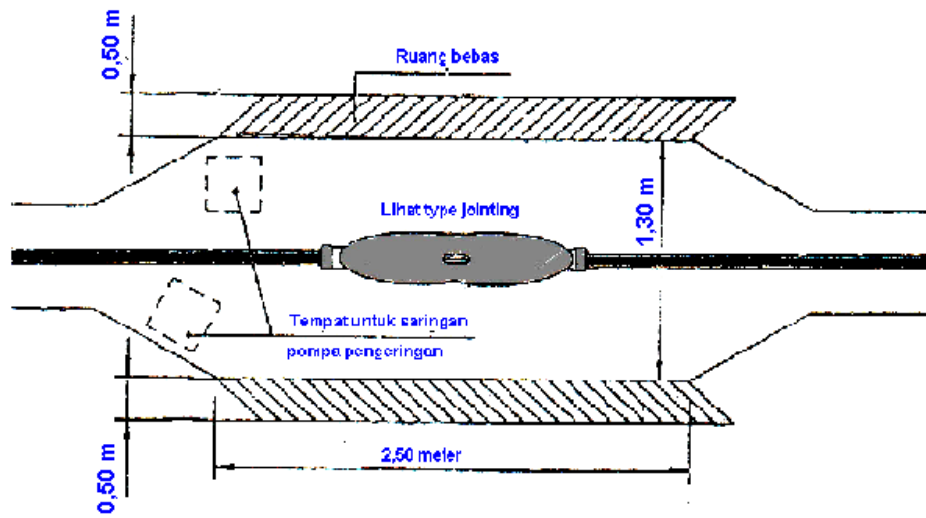


Gambar 5-34 Persiapan Penyambungan Kabel



Gambar 5-35 Tutup / Dop Ujung Kabel

- Ruang bebas yang harus disediakan untuk kotak sambung (Juntion box)



Gambar 5-36 Aturan galian penyambungan

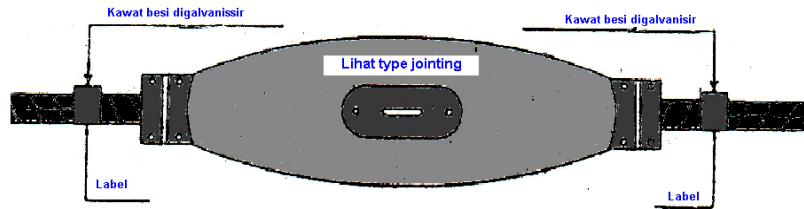
5-3-3 Memberi label nama pada kabel bawah tanah

- Agar pemberian tanda kabel bawah tanah lebih mudah, maka akan diberi label-label tanah dengan jarak antara yang sama (setiap 6 meter). Label-label ini akan dicetak seperti contoh ini.
- Permukaan label timah yang ada tulisannya itu akan diletakkan diatas kabel : label itu akan diikat dengan kawat yang digalvanisir.



Gambar 5-37 Penamaan Timah Label

5-3-4 Pemberian tanda pada kotak sambungan (junction box)



Gambar 5-38 Pemasangan Label pada Kotak Sambung

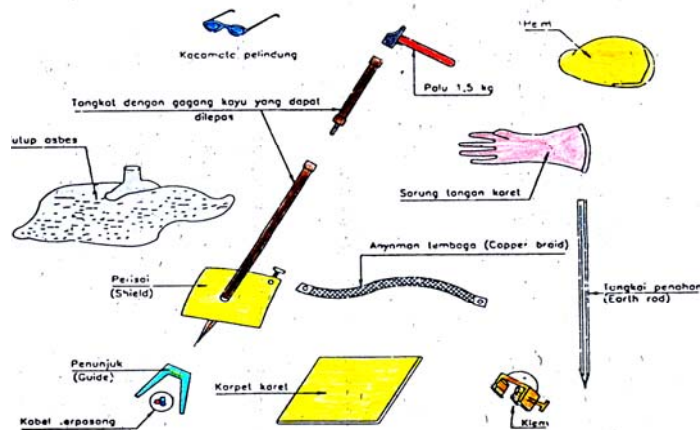
Catatan: Label-label harus ditempatkan sedekat mungkin dengan kotak sambung

Mengubah mengatur kembali jaringan tenaga listrik yang sudah terpasang/beroperasi:

Sebelum membuat sesuatu perubahan terhadap sistem jaringan yang sudah terpasang harus diambil langkah-langkah sebagai berikut:

- putuskan saluran listrik pada kabel dan hubungkan kedua ujung kabel ke dalam tanah;
- bila galian sudah terbuka, lepaskan kedua kabel dan periksalah apakah nama, jumlah, seksi, tegangan, tahun penanaman sesuai dengan apa tertera pada gambar;
- pastikan bahwa kabel yang akan dipotong telah benar dengan menggunakan alat deteksi kabel (radio detection)
- pengawas pekerjaan dari PLN harus memeriksa apakah pada bagian kabel yang akan dipotong itu sudah tidak bertegangan.

5-3-5 Peralatan untuk memeriksa tegangan listrik



Gambar 5-39 Alat Pembumian Kabel yang akan dipotong

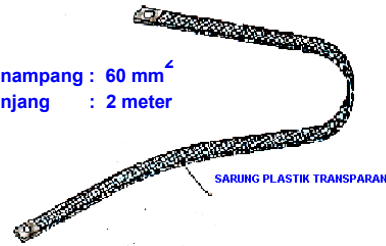
Tutup asbes (Asbestos cover)
 Tebal : 4 mm
 Ukuran : 90 x 90 Cm
 Prosentase asbes sekurang-kurangnya 90%



Gambar 5-40 Tutup Asbes

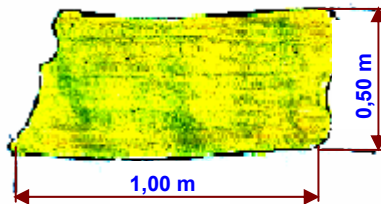
Anyaman penghubung
 (connecting brand)

Penampang : 60 mm
 Panjang : 2 meter

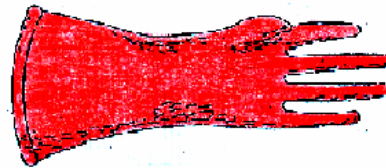


Gambar 5-41 Anyaman penghubung

Karpet Isolasi



Sarung tangan berisolasi



Tegangan uji 30 atau 20 kV

Gambar 5-42 Alat Kerja Pembumian

Catatan: 1. Sarung tangan harus dibawa dalam tas khusus
 2. Periksa keadaan sarung tangan sebelum dipakai

5-4 Saluran Udara Tegangan Menengah

5-4-1 Prosedur Penggelaran Kabel Tegangan Menengah.

- a. Kabel inti tunggal tegangan menengah harus dilakukan transposisi pada tiap jarak 4 meter

- b. Transportasi kabel dilakukan secara gelondongan/haspel. Penggelaran harus memakai besi penyangga agar haspel mudah diputar.
- c. Jika kabel sangat pendek di bawah 30 meter transportasi dapat dilakukan tanpa haspel namun kabel diangkut dalam gelondongan menyerupai angka 8.
- d. Untuk mencegah deformasi penampang kabel, tidak diperbolehkan tergilas kendaraan umum.
- e. Peralatan kerja yang diperlukan; Dongkrak/penyangga kabel, rol datar dipasang tiap jarak 5 meter, rol belok, rol tikungan, penarik ujung kabel, peralatan penggulung.
- f. Sebelum digelar, dilakukan penyuntikan guna mendapatkan kemungkinan adanya fasilitas-fasilitas lain di dalam tanah.
- g. Penggelaran dilakukan per haspel.
- h. Setelah penggelaran lubang galian harus di timbun kembali.
- i. Kabel di beri identitas yang terbuat dari logam timah/dyno dengan mencantumkan; nama pelaksana/jointer, tanggal penyambungan, nama kabel, merk sambungan, kode sambungan.

5-4-2 Mengidentifikasi masalah penggelaran SKTM

- a. Hal-hal yang harus diperhatikan di dalam penggelaran kabel tanah adalah pengawasan pada saat menggelar kabel, baik kabel itu sudah dalam kemasan haspel atau dalam bentuk gulungan membentuk angka 8. Hal ini menyangkut keamanan dan keselamatan pada saat pembebanan kabel.
- b. Jika terdapat kabel ciri/cacat pada selubung atau isolasinya (terutama isolasi) yang disebabkan oleh kesalahan pada saat penggelaran, akan mempengaruhi KHA kabel. Walaupun pada setiap kabel sudah mempunyai batas toleransi (faktor koreksi), terutama pada kabel yang dibebani terus-menerus.

5-4-3 Membuat laporan

- a. Setiap akhir pekerjaan wajib membuat peta pelaksanaan (asbuilt drawing) pada peta 1: 200 dan peta 1:5000 yang mencantumkan; nama penyulang/kabel, titik sambungan, posisi perletakan kabel, tanggal dan nama pelaksana, jenis kabel, posisi transposisi jika memakai single corecable/kabel inti tunggal, posisi lintasan kabel dengan inti lintasan lain, nomor haspel.
- b. Dokumentasi pelaksanaan (photo/gambar pelaksanaan)
- c. Laporan pelaksanaan, nomor perintah kerja.

5-4-4 Kotak Sambung dan Kotak Ujung Saluran Kabel Tegangan Menengah

5-4-4-1 Merencanakan dan mempersiapkan pemasangan kotak sambung dan kotak ujung SKTM

- a. Sambungan kabel tanah setelah penggelaran tiap 1 haspel (± 300 meter) perlu disambung.
- b. Tata cara penyambungan sesuai dengan teknologi yang dianut dan dilakukan oleh pelaksana bersertifikat.
Contoh: metode Raychem, Premoulded, 3m dan lain-lain.
- c. Hal yang sama dengan terminasi kabel.
- d. Sambungan terminasi kabel pada saluran udara penghantar tak berionisasi harus dilindungi dengan Arrester. Arus pengenal Arrester 5 kA, jika sambungan di tengah saluran. Arus pengenal Arrester 10 kA, jika sambungan di ujung saluran.
- e. Pada titik sambungan kabel harus diberi cadangan lintasan dengan cara digelar seperti gambar berikut → 
Demikian pula pada kabel yang naik tiang kesaluran udara.

5-4-4-2 Memasang kotak sambung

Ada 2 macam sambungan berdasarkan tempatnya:

- a. Sambungan yang mengalami tegangan tarik dipakai tention joint / joint sleeve
- b. Sambungan yang tidak mengalami tegangan tarik dipakai non tention joint / Connector atau paralel groove yaitu pada section pole. Paralel groove ini dipakai agar bisa dibuka waktu mencari gangguan, pemakaiannya harus double per phasa karena konduktiviti paralel groove ini hanya 60% dari konduktiviti kawatnya per buah. Section pole / tention pole sendiri dipasang pada setiap ± 10 gawang dan pada tention pole ini paralel groove dipasang.

5-4-4-3 Mengidentifikasi masalah pemasangan kotak sambung dan kotak ujung

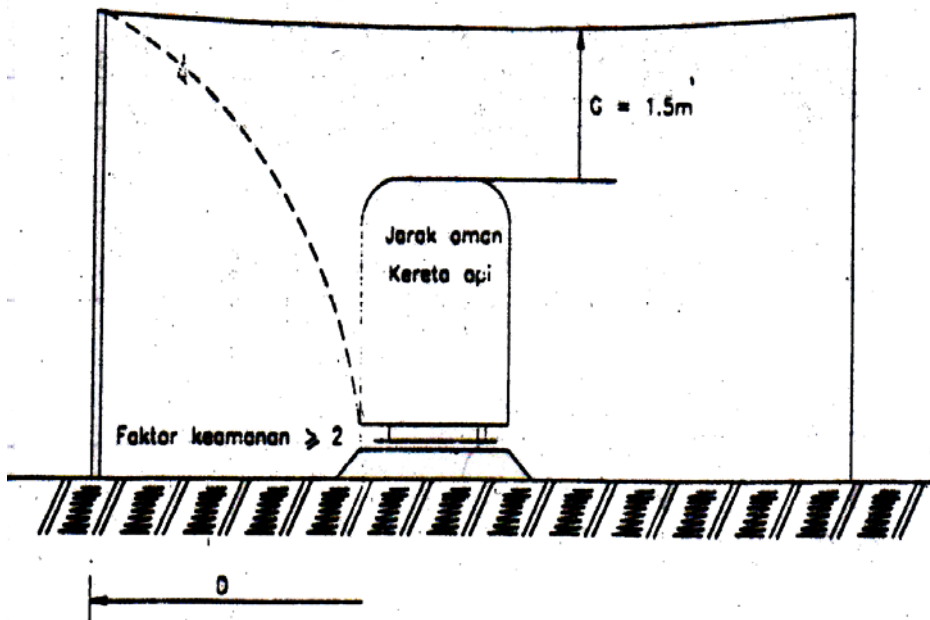
- a. Hal-hal yang harus diperhatikan di dalam pemasangan kotak sambung adalah pengawasan pada saat menyambung kabel, jangan sampai terdapat celah atau cacat lubang (*void*) yang bisa menyebabkan timbulnya udara atau air yang menerobos ke dalam kotak sambungan, sehingga bisa terjadi arus bocor atau flash over.
- b. Permukaan kontak antara kedua kabel yang disambung harus seluas mungkin sehingga tidak akan mempengaruhi/mengurangi KHA kabel. Walaupun pada setiap sambungan kabel sudah mempunyai batas toleransi (faktor koreksi), terutama pada kabel yang dibebani terus-menerus. Namun demikian secara praktis sulit dicapai pada sambungan agar KHA tidak berkurang.

5-5 Konstruksi Saluran Udara Tegangan Menengah

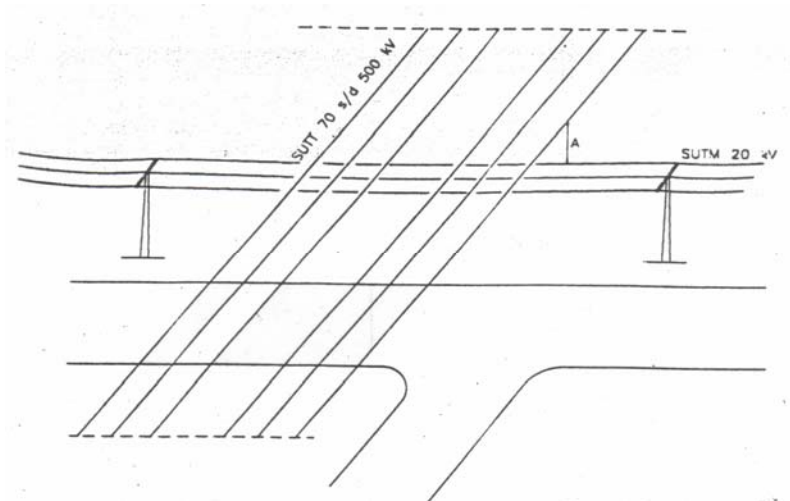
5-5-1 Ketentuan-ketentuan Melaksanakan Konstruksi Saluran Udara Tegangan Menengah (sesuai PUIL 2000)

- Penghantar udara telanjang yang di pasang, direntangkan diatas tiang penyangga dengan isolator penunjang.

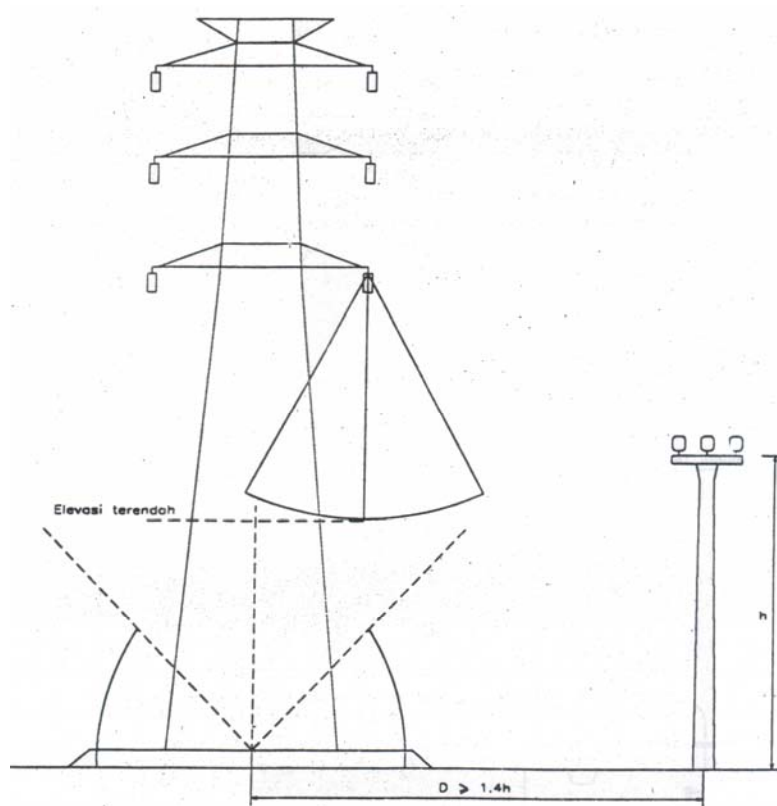
- Persilangan saluran udara dengan saluran telekomunikasi dengan jarak
 - Penghantar telanjang berjarak 1 meter, bersilangan 1 meter.
 - Penghantar berisolasi berjajar 1 meter, bersilangan 1 meter.
- Pemasangan saluran udara TM dengan saluran telekomunikasi harus lebih besar dari jarak 2,5 meter.
- Pemasangan pada satu tiang saluran udara TM dengan saluran udara *TR* (underbuilt) pada setiap 3 tiang harus di pasang penghantar pembumian yang dihubungkan dengan penghantar netral.
Contoh : Lihat standard konstruksi PT. PLN (Persero).
- Jarak aman saluran udara terhadap bagian yang terhubung dengan bumi adalah minimum $5 \text{ cm} + \frac{2}{3} \times \text{kV sistem}$.
Contoh : $5 \text{ cm} + \frac{2}{3} \times 24 \text{ kV} = 5 \text{ cm} + 16 \text{ cm} = 21 \text{ cm}$,
(Pada tabel 4.131 PUIL tercantum 60 cm untuk Tegangan kerja 20 kV).
Namun jarak aman saluran pada lingkungan umum ditentukan juga oleh pemerintah daerah.
- Jarak antara 2 penghantar saluran udara TM (20 kV) minimal 60 cm.
- Jarak minimum lendutan penghantar terhadap tanah adalah 6 meter.
(menurut PUIL-2000, cukup 5 meter).



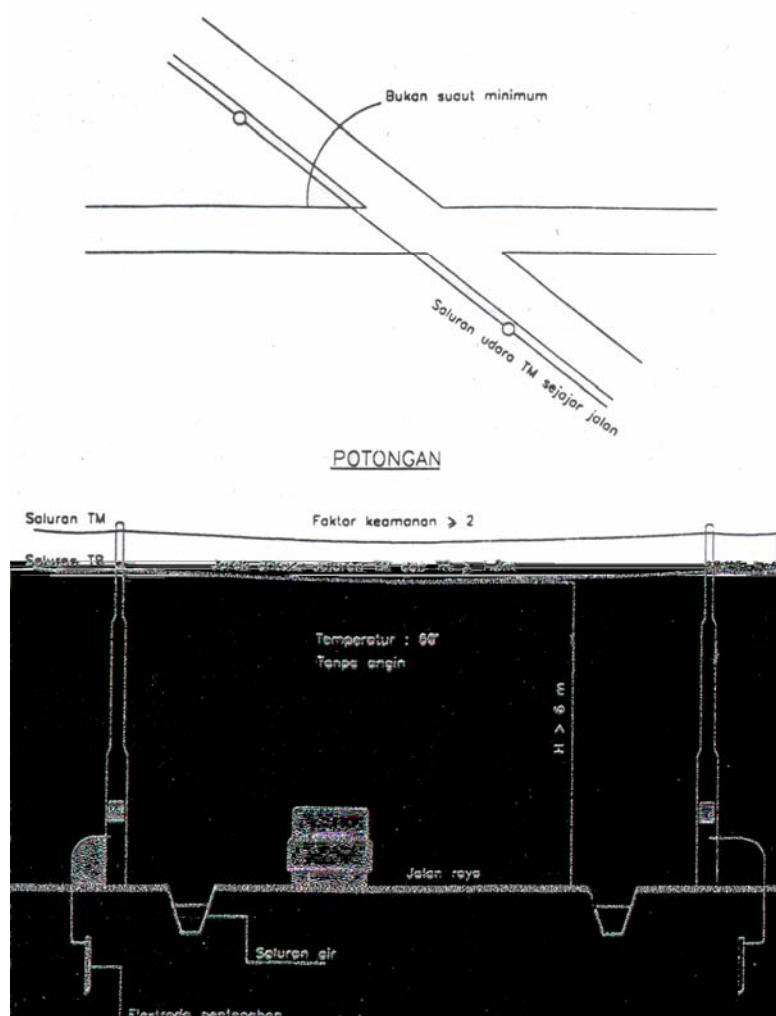
Gambar 5-43 Jarak aman antara kereta api dengan tiang



Gambar 5-44 Jarak aman antara SUTT dan SUTM



Gambar 5-45 Jarak aman antara Menara SUTT dan SUTM



Gambar 5-46 Jarak aman antara SUTR dan SUTM

5-5-2 Hantaran dan Pemasangan Saluran Udara

1. Penghantar udara yang dipakai adalah dari jenis-jenis :
 - a. Hantaran tak berisolasi : A2C, ABC, ACSR.
 - b. Hantaran kabel
 - i. Kabel pilin TM.
 - ii. Kabel inti tunggal (full atau halfinsulated)
 Dengan ukuran : 25 mm², 50 mm², 70mm², 120 mm², 150mm², 187, 5 mm², 240 mm².
2. Tiang yang dipakai adalah dari jenis tiang besi, tower, beton dengan ukuran panjang 11 m, 12 m, 13 m, 15 m dan dengan kekuatan 350 daN, 500 daN, 800 daN.
3. Isolator yang dipakai adalah :
 - Jenis penopang PIN/PIN post/ post isolator untuk tiang tengah

- Jenis isolator penegang, umbrella lipe/model payung-piring atau rod non puncher.
 - Jenis TOEI isolator untuk kawat penegang (guy wire).
4. Arrester yang dipakai adalah
 - Type 5KA untuk pemasangan pada tiang tengah.
 - Type 10 KA untuk pemasangan pada tiang akhir kawat.
 5. Penghantar pentanahan, memakai kawat tembaga tak berisolasi minimal ukuran 35 MM² dengan elektoda batang minimal 3 meter.
 6. Peralatan bantu lain
 - Bending wire/preformed
 - Stainless steelstrap
 - Uclamp, sengkang
 - Link.
 - Mur baut galvanized
 7. Tiang ditanam sedalam 1/6 X tinggi tiang
 8. Pemilihan kekuatan tiang
 - Besarnya kekuatan tiang dipilih berdasarkan:
 - Luas penampang hantaran.
 - Sistem jaringan (1 fasa, 3 asa)
 - Sudut belokan hantaran
 - Fungsi tiang (misalnya tiang seksi)
 - Besarnya kekuatan tiang didasarkan atas temperatur maksimum hantaran, tanpa hembusan angin
- Tabel berikut ini memberikan tuntunan pemilihan besarnya kekuatan tiang.

Tabel 5-2. Pemilihan Kekuatan Tiang Ujung Jaring Distribusi Tegangan Menengah



JARAK	SUDUT	PENGHANTAR	PENGHANTAR	UKURAN TIANG (dAN)						GUY	KETE-
GAWANG	JALUR	A3C	TWISTED JTM	200	350	S00	800	2X800	1200	WIRE	RANGAN
50 M	0° - 15°	35 mm ²	X		X						
	15° -30°	35 mm ²	X			X				-	
	30° - 60°	35 mm ²	X				X				
	>60°	35 mm ²	X					X	X		
	0° - 15°	70 mm ²	X		X						
	15° -30°	70 mm ²	X			X					
	30° - 60°	70 mm ²	X				X				
	>60°	70 mm ²	X					X	X		-
	0° - 15°	150 mm ²	X			X					
	15° -30°	150 mm ²	X				X				
-	30° - 60°	150 mm ²	X					X	X		
	>60°	150 mm ²	X					X	X		
	0° - 15°	240 mm ²	X			X					
	15° -30°	240 mm ²	X				X				
	30° - 60°	240 mm ²	X					X	X		
	>60°	240 mm ²	X					X	X		
	0° - 15°	Double	-			X					
	15° -30°	Circuit	-				X				
	30° - 60°	150 mm ²	-					X	X		
	>60°		-					X	X		

5-5-3 Kekuatan Tiang Seksi

1. Apabila terjadi perubahan luas penghantar pada satu tiang maka besarnya tiang yang dipilih, dihitung dengan cara perubahan kekuatan tiang, diasumsikan berfungsi sebagai tiang awal masing-masing penghantar.

Contoh

Penampang A3C 3 x 150 mm² bertemu dengan A3C 3 x 35 mm²,
Jarak gawang 40 meter. Berapa kekuatan tiang seksi tersebut.

Jawab:

Tiang awal A3C 3 x 150 mm² = 2 x 800 daN

Tiang awal A3C 3 x 35 mm² = 800 daN

Beda kekuatan 800 daN

Dipilih besar kekuatan tiang seksi 800 daN.

Sagging (lendutan) dari Jarak Gawang

2. Lendutan atau sagging menentukan besarnya kekuatan tarik tiang khususnya tiang ujung.
3. Perhitungan sederhana besarnya lendutan / sagging adalah
40 cm untuk jarak gawang 40 meter
60 cm untuk jarak gawang 50 meter
85 cm untuk jarak gawang 60 meter
dengan catatan
Temperatur 20° C
Kekuatan angin 50 km/jam
Angka keamanan 2
4. Untuk kekuatan tiang sebagai fungsi sagging dan jarak gawang dapat dilihat pada tabel lembar berikut.

5-5-4 Konstruksi Pemasangan Isolator

- a. Untuk tiang lurus (line pole), memakai satu isolator Pin atau sejenis.
- b. Untuk tiang sudut 0° -15°, memakai satu isolator Pin atau sejenis
- c. Untuk tiang sudut 15° - 30° memakai dua isolator Pin atau sejenis.
- d. Untuk tiang sudut diatas 30° memakai dua isolator tarik dengan cross arm minimal panjang 2200 cm.
- e. Untuk pemakaian isolator jenis post insulator, dapat dipakai dengan sudut sampai dengan 15°, lebih besar dari 15° memakai 2 isolator tarik (hang isolator).

5-5-5 Konstruksi Elektroda Pembedaan

- a. Elektroda pembedaan ditanam 0,3 meter dari titik tanam tiang atau dari sisi luar fondasi.
- b. Terminal sambungan dengan penghantar pembedaan disambung 0,2 meter dibawah permukaan tanah.
- c. Sambungan dilakukan dengan mur baut anti korosif / anti karat.

5-5-6 Palang Sangga (Crossarm, Travers) dengan Ukuran Tertentu

- a. Contoh : Panjang 240 cm untuk tiang sudut.
Panjang 180 cm untuk tiang tengah lurus.
Material harus terbuat dari metal UNP 8, 15 dan digalvanisir.
Contoh konstruksi PT. PLN (Persero) pada gambar lampiran

5-5-7 Ikatan Isolator pada Hantaran

- a. Hantaran diikat dengan isolator memakai bending wire (A3C) atau preformed.
Panjang minimum bending wire ± 2 meter.
- b. Agar diperhatikan tata cara mengikatnya.

5-5-8 Guy Wire (Trekskur) atau Kawat Penarik

- a. Guy wire dirancang untuk memungkinkan pemakaian tiang akhir dengan kekuatan yang kecil, sejauh ruang batas memungkinkan.
- b. Guy wire terbuat dari kawat baja anti karat jenis "*stranded steel wire*", dengan ukuran minimal 90 mm
- c. Dengan memakai guy wire, besar kuat tarik tiang akhir dapat dipilih seminimal mungkin.

Contoh:

Konstruksi guy wire standar konstruksi PT. PLN (Persero).

5-5-9 Konstruksi Pole Top Switch

- Pole top switch memakai tiang 2 x 500 daN atau 800 daN atau 2 x 800 daN, jika berfungsi sebagai tiang seksi.

5-5-10 Konstruksi Arrester

- Arus pengenalan Arrester pada tiang ujung, memakai arrester 10 kA.
- Arus pengenalan pada tiang tengah, memakai arrester 5 KA
(lihat konstruksi Arrester standar konstruksi PT. PLN (Persero).

5-5-11 Konstruksi Cut Out Fused

- Cut Out Fused mempunyai fungsi ganda menurut sistem jaringan yang dianut baik sebagai pengaman hubung tanah satu fasa atau sebagai pengaman hubung singkat pada gardu.

5-5-12 Konstruksi Kawat Tanah (earth wire)

- Konstruksi kawat tanah dipakai di daerah Jawa Timur, dipasang di atas penghantar fasa

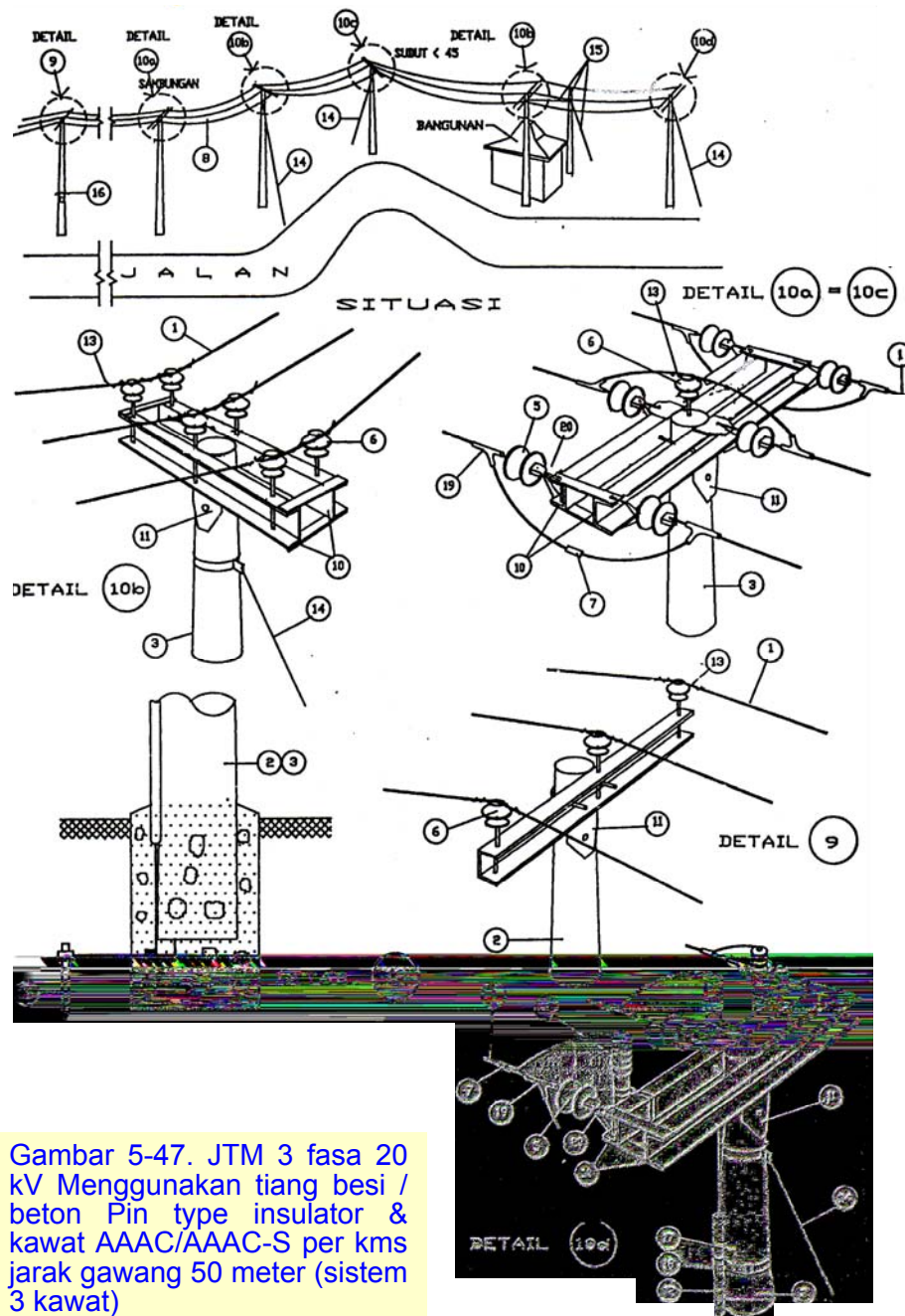
5-5-13 Konstruksi Saluran Udara Tegangan Menengah Sistem Multi Grounded 3 Fasa 4 Kawat

- Konstruksi sistem 3 fasa 4 kawat atau disebut pentanahan netral bersama dipergunakan di daerah Jawa Tengah.
- Saluran Tegangan Menengah mempunyai penghantar netral yang dijadikan satu dengan penghantar netral sisi jaringan tegangan rendah.
- Konstruksi Saluran Udara sedikit berbeda dengan konstruksi 3 fasa 3 kawat (di daerah DKI Jaya, Jabar, Jatim & Luar Jawa).

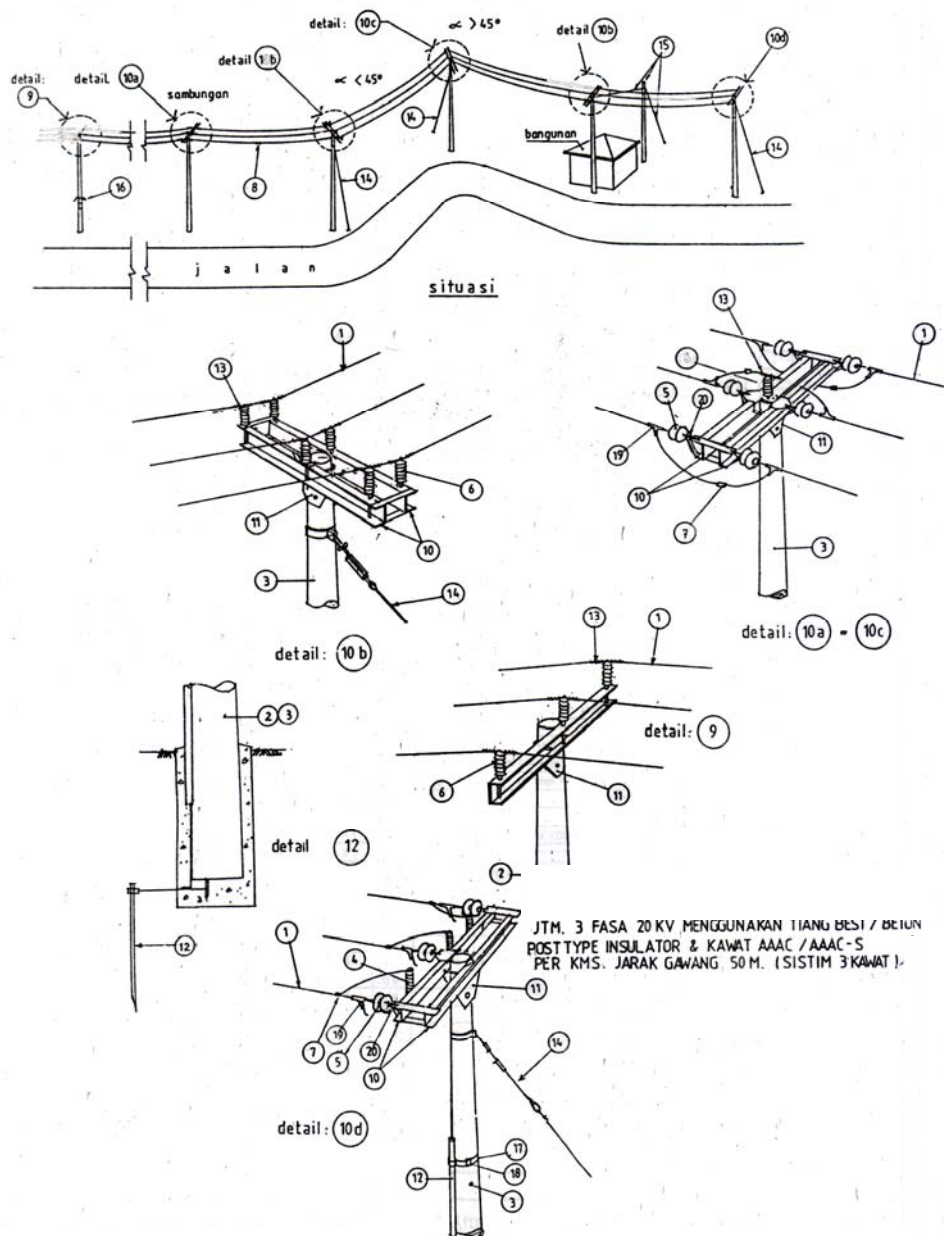
5-5-14 Konstruksi-konstruksi Setempat

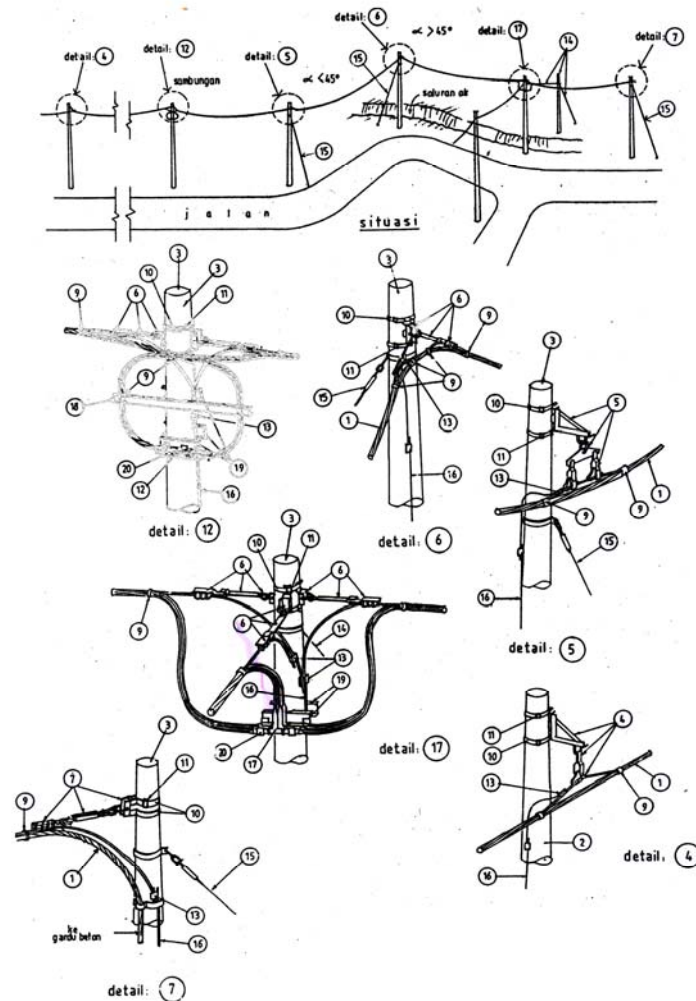
- Pada beberapa daerah (Sumsel, Lampung, dll) pemakaian model □ atau Δ, masih ada.
- Ketentuan pemakaiannya tergantung atas Standard setempat yang dipakai.

5-5-15 Konstruksi Jaringan Tiang SUTM



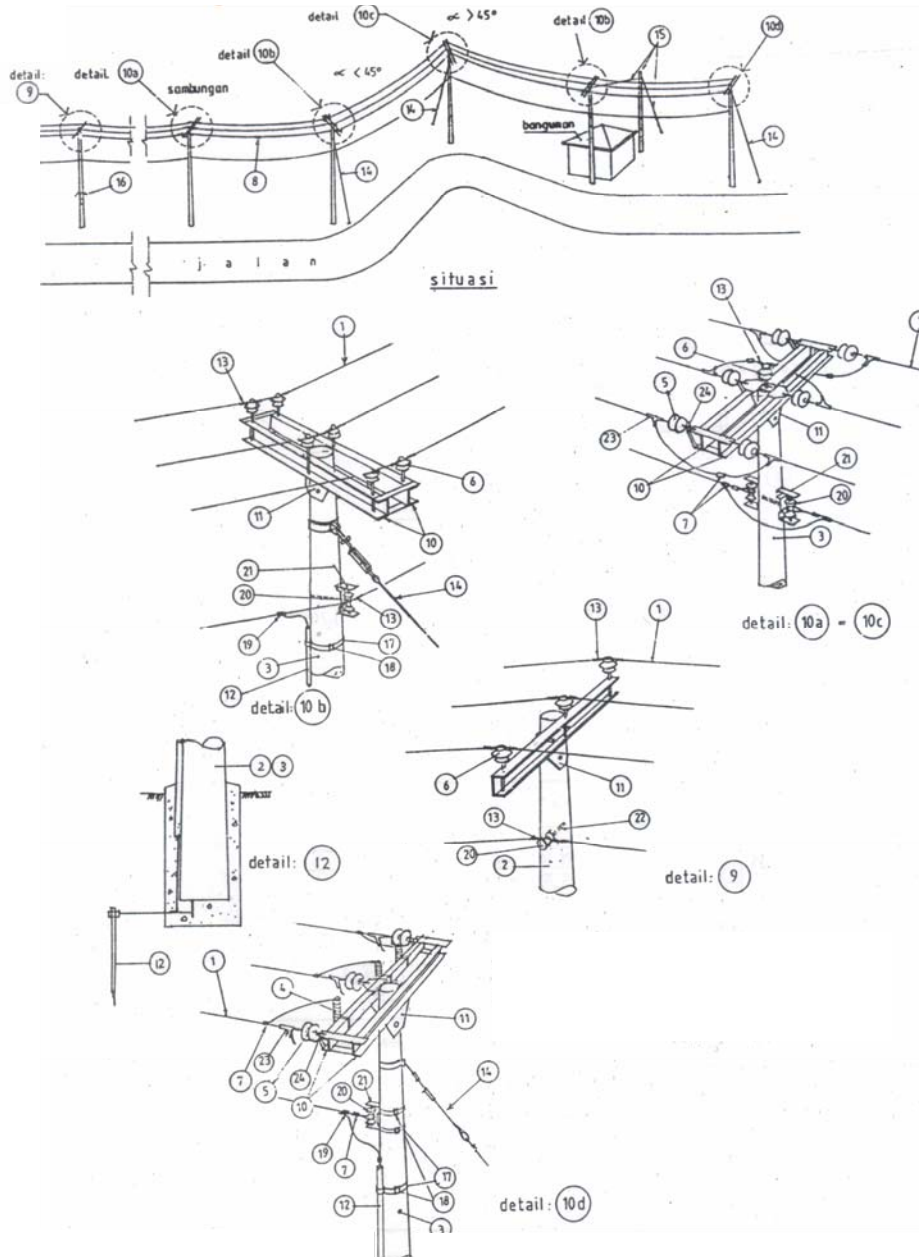
Gambar 5-47. JTM 3 fasa 20 kV Menggunakan tiang besi / beton Pin type insulator & kawat AAAC/AAAC-S per kms jarak gawang 50 meter (sistem 3 kawat)



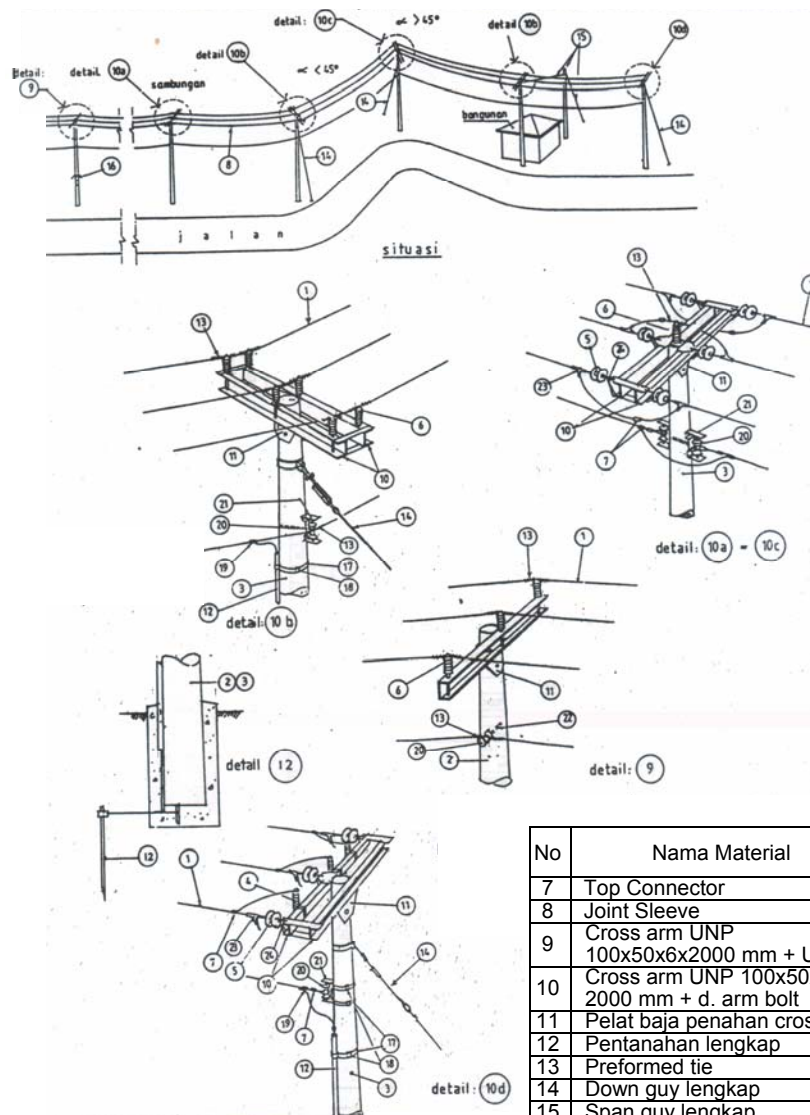


No	Nama Material	Sat.	Ke but	No	Nama Material	Sat.	Ke But.
1	Twisted kabel 20 kV	Km	1,1	11	Stopping buckle	Bh	60
2	Tiang besi/beton 11m 200&350 daN	Bt	16	12	Overhead cable junction set 20 kV	Set	2
3	Tiang besi/beton 11m 500 daN	Bt	5	13	Messenger compression joint	Bh	50
4	Suspension assembly	Set	16	14	Span guy lengkap	Set	1
5	Small angle assembly	Set	1	15	Down guy lengkap	Set	4
6	Large angle assembly	Set	6	16	Pentanahan lengkap	Set	21
7	Adjustable dead end assembly	Set	1	17	T. Box junction set 20 kV	bh	1
8	Protective plastic tape	Mtr	20	18	Cross arm UNP 100x50x6x2000 mm & U bolt	Bh	2
9	Plastic strap 20x300 & 20x1000 & 20x1500	Bh	60, 4, 2	19	Cross arm UNP 100x50x6x350 mm D. Armb	Bh	6
10	Stainless steel strip	mtr	45	20	Plat U (Strap) 200x80x5x & bolt	bh	9

Gambar 5-49. JTM 3 fasa 20 kV Menggunakan tiang besi / beton dengan kabel udara Twisted 20 kV per kms jarak gawang 50 meter (sistem 3 & 4 kawat)



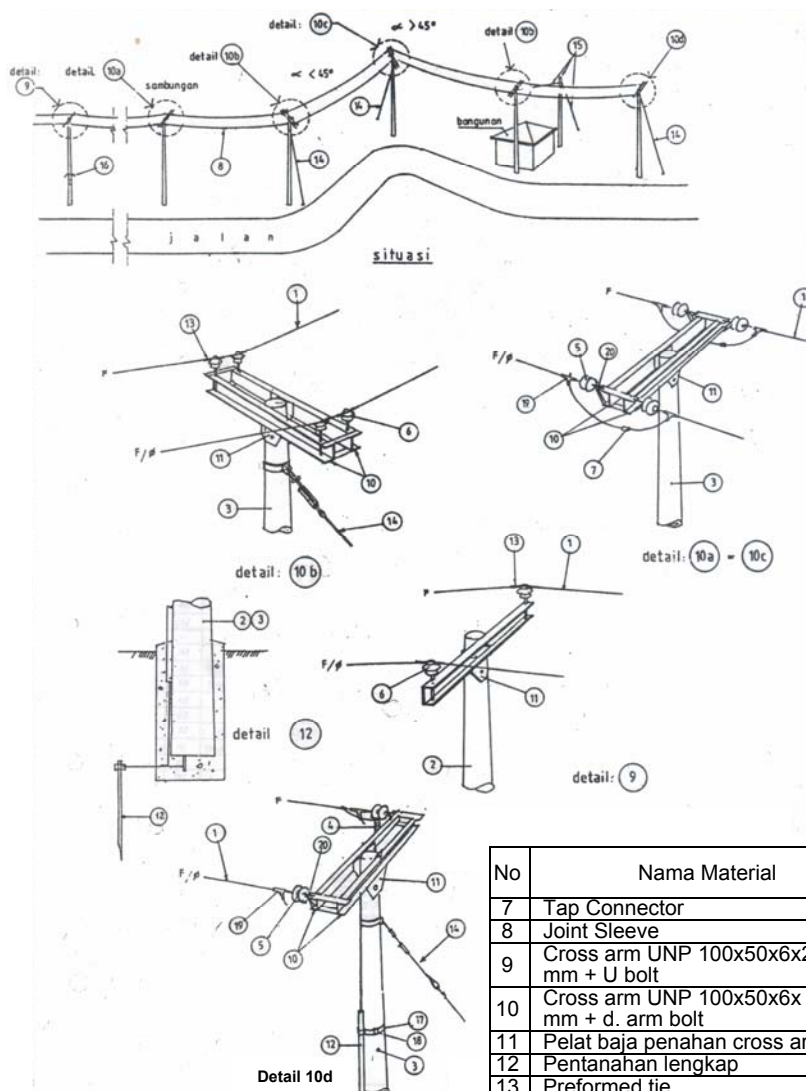
Gambar 5-50. JTM 3 fasa 20 kV Menggunakan tiang besi / beton Pin type insulator & kawat AAAC / AAAC-S per kms jarak gawang 50 meter (sistem 4 kawat)



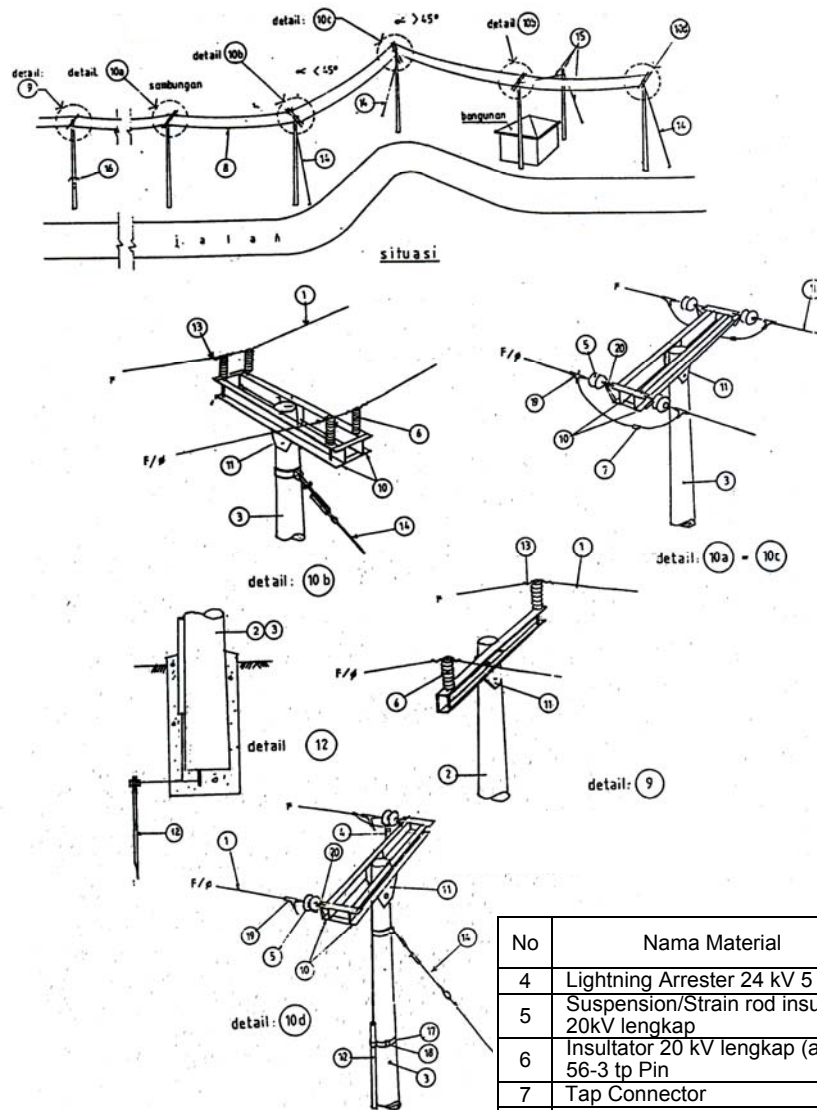
No	Nama Material	Sat	Ke but
1	Kawat AAAC / AAAC-S	km	4,6
2	Tiang beton 11m 350 daN	Bt	18
3	Tiang beton 11m 500 daN	Bt	3
4	Lightning Arrester 24 kV 5 kA	bh	3
5	Suspension/Strain rod insul. 20kV lengkap	bh	18
6	Insulator 20 kV lengkap (ansi 56-3 tp Pin	bh	61

No	Nama Material	Sat	Ke but
7	Top Connector	bh	18
8	Joint Sleeve	bh	6
9	Cross arm UNP 100x50x6x2000 mm + U bolt	Bh	17
10	Cross arm UNP 100x50x6x 2000 mm + d. arm bolt	Bh	6
11	Pelat baja penahan cross arm	bh	23
12	Pentanahan lengkap	set	21
13	Preformed tie	bh	61
14	Down guy lengkap	set	3
15	Span guy lengkap	set	1
16	Penghalang panjat & papan tanda kilat	bh	21
17	Strip Stainless steel	mtr	3
18	Stopping buckle	bh	6
19	Tap connector bimetal Al Cu	bh	8
20	Isolator tarik TR	bh	24
21	Dudukan Isolator tarik TR tipe		
	L & bolt	bh	5
22	Bolt U/ pemegang insulator	bh	18
23	Tention clamp	bh	18
24	U-bolt anchor shackle & Clevis eye	bh	18

Gambar 5-51. JTM 3 fasa 20 kV Menggunakan tiang besi / beton Pos type insulator & kawat AAAC/ AAAC-S per kms jarak gawang 50 meter (sistem 4 kawat)



Gambar 5-52. JTM 1 fasa 20 kV Menggunakan tiang besi/ beton Pin type insulator & kawat AAAC / AAAC-S per kms jarak gawang 50 meter



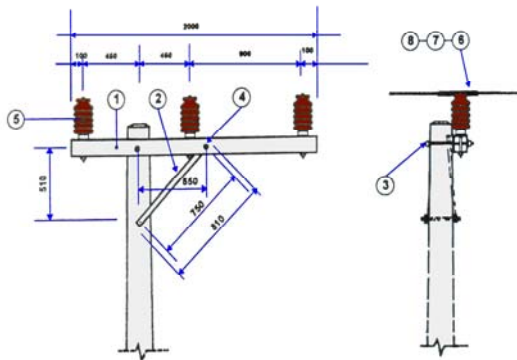
No	Nama Material	Sat	Kebut
1	Kawat AAAC / AAAC-S	km	2,2
2	Tiang beton 11m 200 daN	Bt	18
3	Tiang beton 11m 350 daN	Bt	3

Gambar 5-53. JTM 1 fasa 20 kV Menggunakan tiang besi/beton Post type insulator & kawat AAAC / AAAC-S per kms jarak gawang 50 meter

No	Nama Material	Sat	Ke but
4	Lightning Arrester 24 kV 5 kA	bh	1
5	Suspension/Strain rod insul. 20kV lengkap	bh	12
6	Insulator 20 kV lengkap (ansi 56-3 tp Pin	bh	40
7	Tap Connector	bh	12
8	Joint Sleeve	bh	4
9	Cross arm UNP 100x50x6x2000 mm + U bolt	Bh	17
10	Cross arm UNP 100x50x6x 2000 mm + d. arm bolt	Bh	6
11	Pelat baja penahan cross arm	bh	23
12	Pentanahan lengkap	set	21
13	Preformed tie	bh	40
14	Down guy lengkap	set	3
15	Span guy lengkap	set	1
16	Penghalang panjat & papan tanda kilat	bh	21
17	St rop Stainless steel	mtr	3
18	Stopping buckle	bh	6
19	Tention Clamp	bh	8
20	U bolt, Anchor shockle & Clevis eye	bh	24

5-5-16 Konstruksi Tiang SUTM

Berikut ini adalah beberapa jenis konstruksi tiang SUTM sesuai dengan kebutuhan lokasi di mana tiang tersebut akan dipasang, serta daftar Material Distribusi Kecil (MDK) yang diperlukan.



Gambar 5-54. Konstruksi tiang penyangga (TM-1)



Kode pada Gambar Distribusi

Keterangan gambar 6-54:

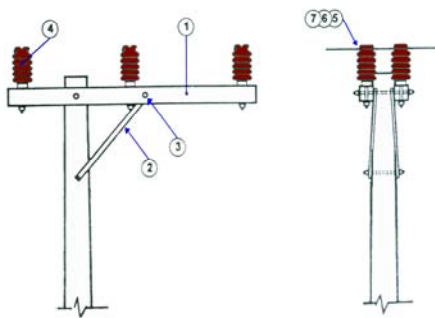
1. Cross Arm 2000 (type tumpu)
2. Arm Tie type 750 pipe $\phi \frac{3}{4}$ "
3. Bolt & Nut M16x400 + Washer
4. Bolt & Nut M16x50/M16x120+ Washer
5. 20 kV Pin Post Insulator + Steel Pin
6. Alluminium Binding Wire 3,2mm
7. Alluminium tape 4,0mm
8. Preformed Top Tie 240/150/70/35

Catatan:

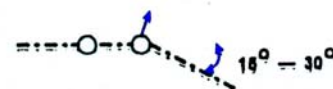
No. 6, 7 digunakan tanpa 8

No. 8 digunakan tanpa 6, 7

Konstruksi tiang penyangga Gambar 5-54, dipakai pada jaringan lurus dan jaringan dengan sudut belok maksimum 15 derajat. Konfigurasi tiang jenis TM-1 paling banyak digunakan dibandingkan konstruksi jenis lain.



Gambar 5-55. Konstruksi tiang penyangga ganda (TM-2)



Kode pada gambar distribusi

Keterangan Gambar 5-55:

1. Cross Arm 2000 (type tumpu)
2. Arm Tie type 750 pipe $\phi \frac{3}{4}$ "
3. Bolt & Nut M16x400 + Washer
4. 20 kV Pin Post Insulator + Steel Pin
5. Alluminium Binding Wire 3,2mm
6. Alluminium tape 4,0mm
7. Preformed Top Tie 240/150/70/35

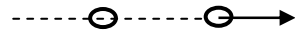
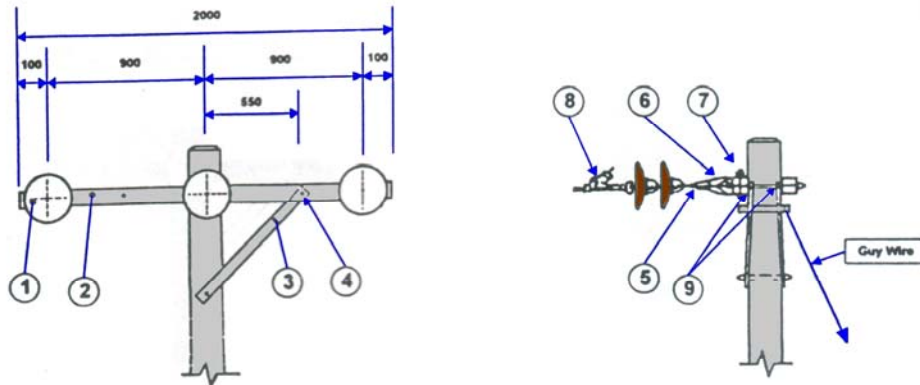
Catatan:

No. 5, 6 digunakan tanpa 7

No. 7 digunakan tanpa 5, 6

Material Distribusi Kecil (MDK) untuk tiang TM-1, seperti tertera pada keterangan gambar 5-54. Konstruksi tiang penyangga ganda (TM-2) untuk jaringan dengan sudut belok 15-30°. Material Distribusi Kecil (MDK) seperti tertera pada keterangan gambar 5-55.

Konstruksi tiang tarik akhir (TM-4), sebagai tiang akhir dari suatu jaringan. Material Distribusi Kecil (MDK) seperti tertera pada keterangan gambar 5-6.

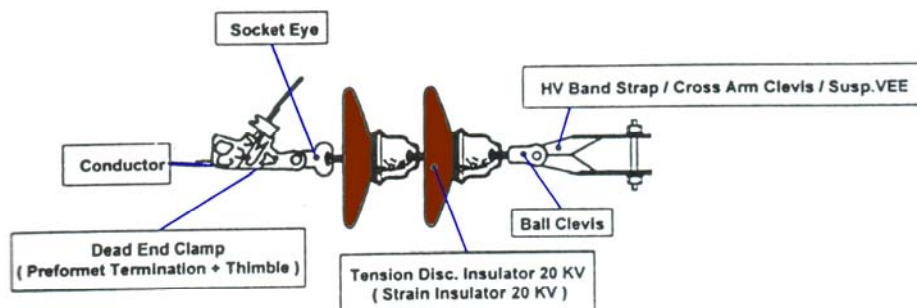


Kode pada Gambar Distribusi

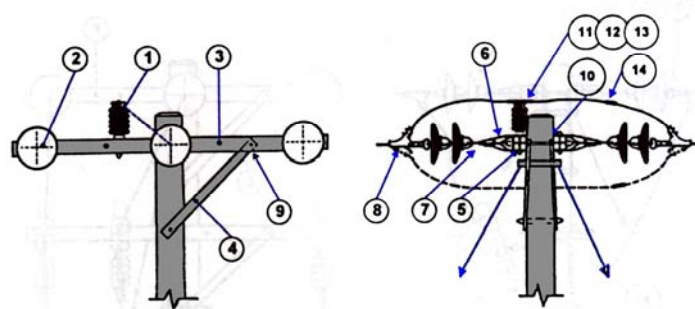
Gambar 5-56. Konstruksi tiang tarik akhir (TM-4)

Keterangan Gambar 5-56:

1. Strain Insulator 20kV
2. Cross Arm 2000 (type tarik)
3. Arm Tie type 750 pipe $\phi 3/4"$
4. Bolt & Nut M16 x 140 + Washer (Double Arm)
5. Ball Devis + Socked Eye
6. HV Band Strap
7. Bolt & Nut M16 x 140 + Washer
8. Dead End Damp (StrainDamp)
9. U Strap



Gambar 5-57. Detail rangkaian isolator tarik/gantung



Kode pada Gambar Distribusi

Gambar 5-58. Konstruksi tiang penegang (TM-5)

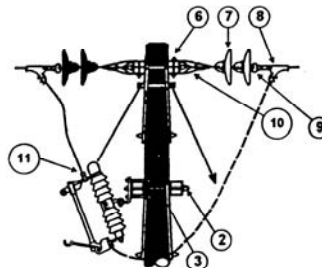
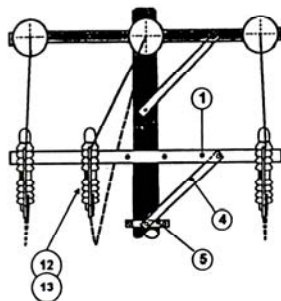
13. Preformed Top Tie 240/150/70/35
14. Line Tap Connector

Keterangan :

No. 11, 12 digunakan tanpa No. 13
No. 13 digunakan tanpa No. 11 & 12

Keterangan Gambar 5-58:

1. 20kV Pin/pin Post Insulator + Steel Pin
2. 20kV Strain Insulator
3. Cross Arm 2000 (type tarik)
4. Arm Tie type 750 pipe $\phi \frac{3}{4}$ "
5. Bolt & Nut M16 x 140 + Washer
6. Susp. VEE/Croos Arm Devis/Band Strap
7. Ball Devis & Socked Eye
8. Dead and Damp/Preformed Term + Thimble
9. Bolt & Nut M16x400 + Washer (double Arm)
10. U Strap
11. Alluminium Binding Wire 3,2 mm
12. Alluminium tape 4,0 mm

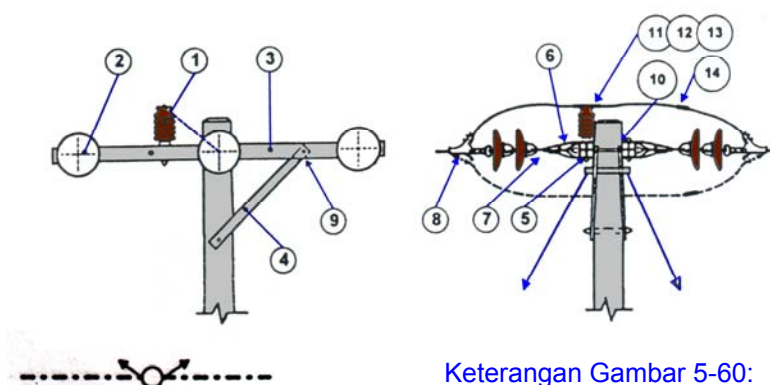


Kode pada Gambar Distribusi

Gambar 5-59. Konstruksi tiang penegang dengan Cut Out Switch pada tiang akhir lama (TM-4XC)

Keterangan Gambar 5-59:

1. Cross Arm 2000 (type tarik)
2. Bolt & Nut M16 x 140 + Washer (Double Arm)
3. Double Arm Band & Nut + Washer
4. Arm Tie type 750 pipe $\phi \frac{3}{4}$ "
5. Arm Tie Band + Bolt & Nut M.16 x 50
6. Bolt & Nut M140 + Washer
7. 20kV Strain Insulator
8. Strain Clamp / Preformet Tem.
9. Ball Clevis & Socked Eye
10. Cross Arm Clevis / HV Band Strap
11. Terminal Lug Cu / Al
12. Cut Out Switch 22 kV-100 A + Bracket
13. Fuse Link 100A



Kode pada Gambar Distribusi

Gambar 5-60.
Konstruksi tiang tarik ganda (TM-5)

- 12. Alluminium tape 4,0 mm
- 13. Preformed Top Tie 240/150/70/35
- 14. Line Tap Connector

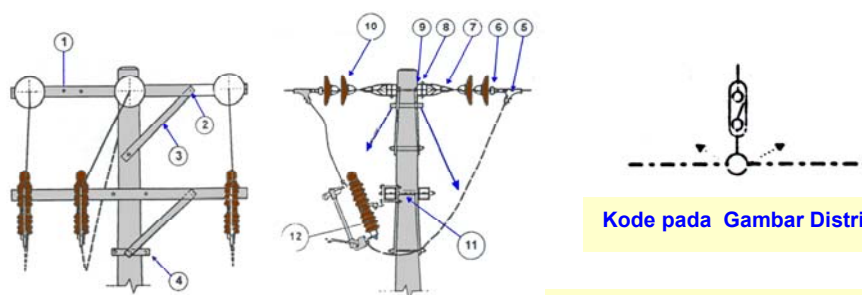
Catatan:

- No. 11 & 12 Digunakan tanpa No.13
- No. 13 Digunakan tanpa No.11, 12

Keterangan Gambar 5-60:

- 1. 20kV Pin/Pin Post Insulator + Steel Pin
- 2. 20kV Strain Insulator
- 3. Cross Arm 2000 (type tarik)
- 4. Arm Tie type 750 (pipe $\phi \frac{3}{4}$ ")
- 5. Bolt & Nut M16 x 140 + Washer
- 6. Susp. VEE/Croos Arm Clevis/Band Strap
- 7. Ball Clevis & Socked Eye
- 8. Dead and Clamp/Preformed Term + Thimble
- 9. Bolt & Nut M16x400 + Washer(Double Arm)
- 10. U Strap
- 11. Alluminium Binding Wire 3,2 mm

Konstruksi tiang tarik ganda (TM-5) dipasang di setiap panjang jaringan lurus 500-700 meter. Material Distribusi Kecil (MDK) untuk SUTM ini seperti tertera pada keterangan gambar 5-10.



Kode pada Gambar Distribusi

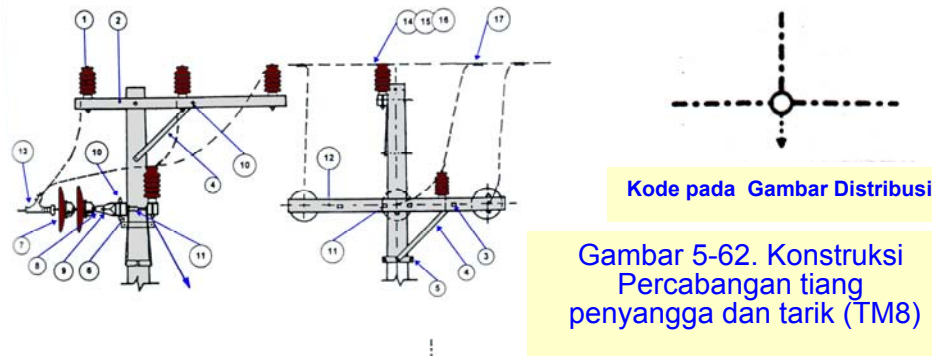
Keterangan Gambar 5-61:

- 1. Cross Arm 2000 NP 10/Square pipe (tarik)
- 2. Double Bolt & Nut M16x400/500+ Washer
- 3. Arm Tie type 750 (pipe $\phi \frac{3}{4}$ ")
- 4. Arm Tie Band & Nut M16x50 + Washer
- 5. Strain Damp/ Preformed Term + Thimble
- 6. Ball Devis & Socked Eye
- 7. Croos Arm Devis/ Susp. VEE/ Band Strap
- 8. Bolt & Nut M16 x 140 + Washer

Gambar 5-61.
Konstruksi penegang dengan Cut Out Switch (TM5C)

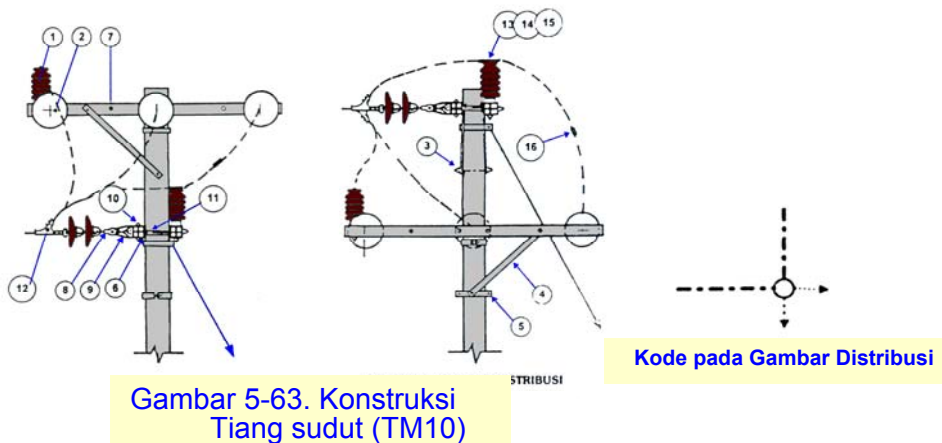
- 9. U Strap
- 10. String / Tension Disc. Insulator 20kV
- 11. Double Arm Band + Bolt & Nut + Washer
- 12. Cut Out Switch 22 kV+Fuse Link 100 A

Konstruksi penegang dengan Cut Out Switch (TM5C), maksudnya pada konduktor penghubung antara dua strain dipasang cut out switch, sehingga dapat digunakan sebagai pemisah rangkaian bila terjadi gangguan atau untuk pemeliharaan.



Keterangan Gambar 5-62:

- | | |
|---|---|
| 1. 20kV Pin/Pin Post Insulator + Steel Pin | 10. Bolt & Nut M140 + Washer |
| 2. Cross Arm type-2000 (tumpu) | 11. Double Arm Band + Bolt & Nut + Washer |
| 3. Bolt & Nut M16x400/500 + Washer (Double Arm) | 12. Cross Arm type 2000 (tarik) |
| 4. Arm Tie type 750 pipe $\phi \frac{3}{4}$ " | 13. Dead and Damp/Preformed Termination |
| 5. Arm Tie Band, Nut, Washer | 14. Alluminium Binding Wire 3,2mm |
| 6. U Strap | 15. Alluminium tape 4,0mm |
| 7. Tension Disc./ String Insulator 20kV | 16. Preformed Top Tie 240/150/70/35 Sqmm |
| 8. Ball Devis & Socked Eye | 17. Line Tap Connector |
| 9. Susp.VEE/Croos Arm Devis/Band Strap | |



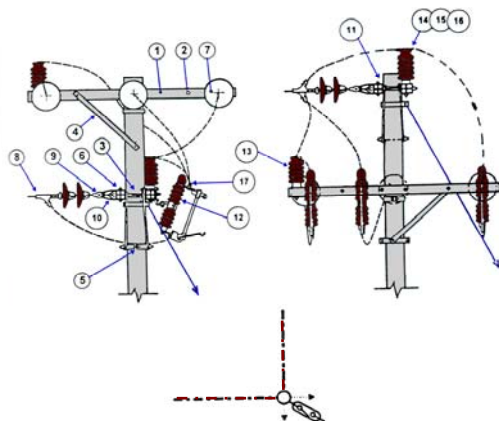
Keterangan Gambar 5-63:

- | | |
|---|---|
| 1. 20kV Pin/Pin Post Insulator + Steel Pin | 11. Double Arm Band + Bolt & Nut + Washer |
| 2. Tension Disc./ String Insulator 20kV | 12. Dead end/Strain Damp/Preformed Term. |
| 3. Bolt & Nut M16x500 + Washer(Double Arm) | 13. Alluminium Binding Wire 3,2mm |
| 4. Arm Tie type 750 pipe $\phi \frac{3}{4}$ " | 14. Alluminium tape 4,0mm |
| 5. Arm Tie Band, Nut M16 + Washer | 15. Preformed Top Tie 240/150/70/35 Sqmm |
| 6. U Strap | 16. Line Tap Connector/HH connector |
| 7. Cross Arm type -2000 (tarik) | |
| 8. Ball Devis & Socked Eye | |
| 9. Band Strap/Croos Arm Devis/Susp. VEE | |
| 10. Bolt & Nut M16 x 140 + Washer | |

Catatan:

No. 13, 14 Digunakan tanpa No.15
No. 15 Digunakan tanpa No.13, 14

Dengan konstruksi percabangan tiang penyangga dan tarik, diperlukan dua buah cross arm, yaitu satu cross arm tumpu untuk penghantar yang lurus, dan dua cross arm tarik untuk penghantar cabang. Untuk konstruksi tiang sudut diperlukan dua set Cross arm tarik dan kelengkapannya, serta dua atau tiga isolator Pin untuk penghantar penghubung.



Kode pada Gambar Distribusi

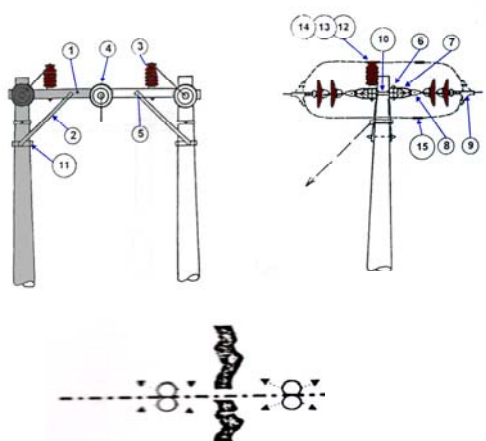
Gambar 5-64. Konstruksi tiang sudut dilengkapi Cut Out Switch (TM10C)

Keterangan Gambar 5-64:

1. Cross Arm 2000 (type tarik)
2. Double Bolt & Nut M16x400/500+ Washer
3. Double Arm Band + Nut & Washer
4. Arm Tie type 750 pipe $\phi \frac{3}{4}$ "
5. Arm Tie Band Bolt + Nut M16 + Washer
6. Bolt & Nut M16 x 140 + Washer
7. 20kV Strain Insulator
8. Strain Damp
9. Ball Devis & Socked Eye
10. Croos Arm Devis
11. U Strap
12. Cut Out Switch 22 kV/100 A + Fuse 8A + Bracket
13. 20kV Pin/Pin Post Insulator + Steel Pin
14. Alluminium Binding Wire 3,2mm
15. Alluminium tape 4,0mm
16. Preformed Top Tie 240/150/70/35 Sqmm
17. Terminal Lug 150-Cu/Al

Catatan:

No. 14, 15 Digunakan tanpa No.16
No. 16 Digunakan tanpa No.14, 15



Kode pada Gambar Distribusi

Gambar 5-65. Konstruksi portal dua tiang (TMTP2)

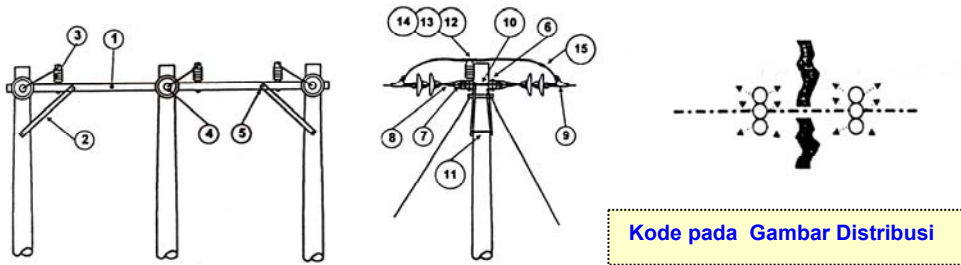
Keterangan Gambar 5-65:

1. Cross Arm 3000 (Square pipe/Np 10) type tarik
2. Arm Tie type 750 pipe $\phi \frac{3}{4}$ "
3. 20kV Pin/Pin Post Insulator + Steel Pin
4. 20kV Tension Disc/Strain Insulator
5. Double Arm Bolt & Nut M16x400+Washer
6. Bolt & Nut M16 x 140 + Washer
7. HV Band Strap/Susp.VEE/Croos Arm Devis
8. Ball Devis & Socked Eye
9. HV Dead end Damp/Preformed Termination
10. Double Arm Band + Nut & Washer
11. Arm Tie Band + Nut M16 & Washer
12. Alluminium Binding Wire 3,2mm
13. Alluminium tape 4,0mm
14. Preformed Top Tie 240/150/70/35 Sqmm
15. Line Tap Connector

Catatan:

No. 12 & 13 Digunakan tanpa No.14
No. 14 Digunakan tanpa No.12, 13

Konstruksi portal dua tiang diperuntukkan pada jaringan yang memerlukan gawang lebih jauh dari jarak maksimum yang diijinkan untuk jaringan normal. Misalnya SUTM yang ditarik diatas sungai, terletak disampingnya jembatan pada sungai yang lebar. Untuk konstruksi ini diperlukan cross arm 3000 type tarik, dan perlengkapan yang lain disesuaikan seperti tertera pada keterangan gambar 5-15.



Gambar 5-66 Konstruksi portal tiga tiang (TMTP3)

Keterangan Gambar 5-66:

1. Cross Arm 6000 (Square pipe/Np 10) type tarik
2. Arm Tie type 900 pipe $\phi \frac{3}{4}$ "
3. 20kV Pin/Pin Post Insulator + Steel Pin
4. 20kV Tension Disc./ Strain Insulator
5. Double Arm Bolt & Nut M16x400 + Washer
6. Bolt & Nut M16x140 + Washer
7. HV Band Strap/Susp.VEE/Croos Arm Devis

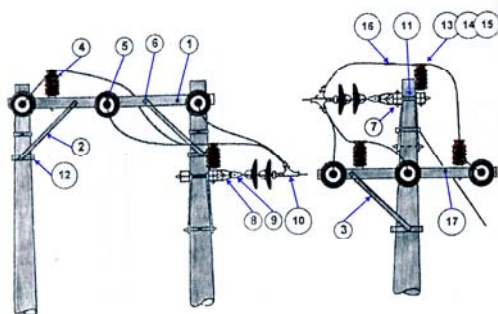
8. Ball Devis & Socked Eye
9. HV Dead end Damp/Preformed Termination
10. Double Arm Band + Nut & Washer
11. Arm Tie Band + Nut M16 & Washer
12. Alluminium Binding Wire 3,2mm
13. Alluminium tape 4,0mm
14. Preformed Top Tie 240/150/70/35 Sqmm
15. Line Tap Connector 240/150/70/35 Sqmm

Catatan:

No. 12 & 13 Digunakan tanpa No.14

No. 14 Digunakan tanpa No.12, 13

Konstruksi portal tiga tiang diperuntukkan pada jaringan yang memerlukan gawang lebih jauh dari konstruksi portal dua tiang. Untuk konstruksi ini diperlukan cross arm 6000 type tarik, dan perlengkapan yang lain disesuaikan seperti tertera pada keterangan gambar 5-66.



Gambar 5-67. Konstruksi sudut portal dua tiang (TMTP2A)

Keterangan Gambar 5-67:

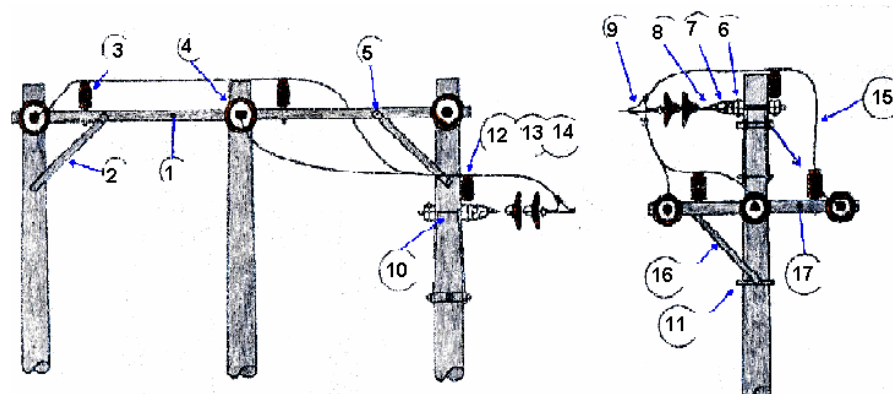
1. Cross Arm 3000 (Square pipe/Np 10) type tarik
2. Arm Tie type 900 pipe $\phi \frac{3}{4}$ "
3. Arm Tie type 750 pipe $\phi \frac{3}{4}$ "
4. 20kV Pin/Pin Post Insulator + Steel Pin
5. 20kV Tension Disc/Strain Insulator
6. Double Arm Bolt & Nut M16x400/500 + Washer
7. Bolt & Nut M16 x 140 + Washer

8. HV Band Strap/Susp.VEE/Croos Arm Devis
9. Ball Devis & Socked Eye
10. HV Dead end Damp/Preformed Term
11. Double Arm Band + Nut & Washer
12. Arm Tie Band + Nut & Washer
13. Alluminium Binding Wire 3,2mm
14. Alluminium tape 4,0mm
15. Preformed Top Tie 150/70/35 Sqmm
16. Line Tap Connector 240/150/70/35 Sqmm
17. Cross Arm 3000 (Square pipe/Np 10) type tarik

Catatan:

No. 13 & 14 Digunakan tanpa No.15

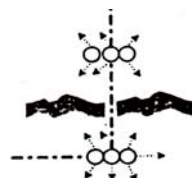
No. 15 Digunakan tanpa No.13 &14



Gambar 5-68. Konstruksi sudut portal tiga tiang (TMTP3A)

Keterangan Gambar 5-68:

1. Cross Arm 6000 (Square pipe/Np10) type tarik
2. Arm Tie type 900 pipe $\phi \frac{3}{4}$ "
3. 20kV Pin/Pin Post Insulator + Steel Pin
4. 20kV Tension Disc/Strain Insulator
5. Double Arm Bolt & Nut M16x400/500+Washer
6. Bolt & Nut M16 x 140 + Washer
7. HV Band Strap/Susp.VEE/Croos Arm Devis
8. Ball Devis & Socked Eye
9. HV Dead end Damp/Preformed Termination 2
10. Double Arm Band + Nut & Washer
11. Arm Tie Band + Nut M16 & Washer
12. Alluminium Binding Wire 3,2mm
13. Alluminium tape 4,0mm



Kode pada Gambar Distribusi

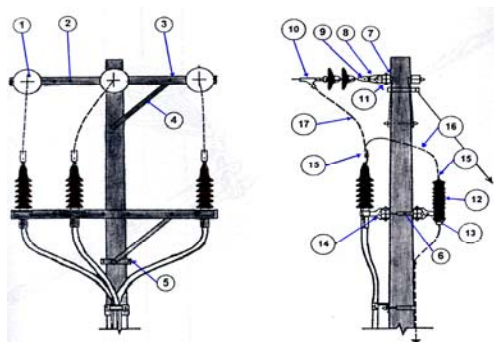
14. Preformed Top Tie 240/150/70/35 Sqmm
15. Line Tap Connector 240/150/70/35 Sqmm
16. Arm Tie type 750 pipe $\phi \frac{3}{4}$ "
17. Cross Arm 2000 (Square pipe/Np10) type tarik

Catatan:

No. 12 & 13 Digunakan tanpa No.14

No. 14 Digunakan tanpa No.12, 13

Konstruksi sudut portal tiga tiang (TMTP3A) secara teknik hampir sama dengan konstruksi sudut portal dua tiang, yaitu merupakan kombinasi antara konstruksi portal dengan tarikan tiang akhir jaringan. Untuk tarikan tiang akhir bisa dari arah samping (konstruksi sudut) atau lurus dengan tarikan portal. Dalam hal ini tinggal melengkapi dengan guy wire atau strut pole.



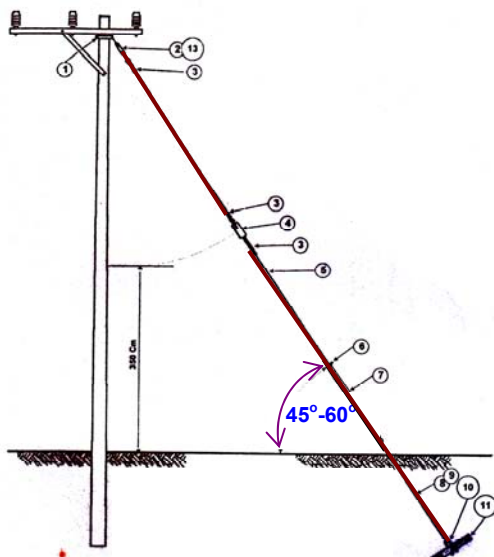
Kode pada Gambar Distribusi

Gambar 5-69. Konstruksi tiang akhir dengan pemasangan kabel tanah (TM11)

Keterangan Gambar 5-69:

1. Strain / Tension Disc Insulator 20kV
2. Cross Arm 2000 (Square pipe/Np10) type tarik
3. Double Arm Band + Nut M16x400 + Washer
4. Arm Tie type 750 pipe $\phi \frac{3}{4}$ "
5. Arm Tie Band + Nut M16 & Washer
6. Double Arm Bolt + Nut & Washer
7. U Strap
8. HV Band Strap/Cross Arm Devis /Susp.VEE
9. Ball Devis & Socked Eye
10. Dead end/Strain Damp/Preformed Termination + Thible
11. Bolt & Nut M16 x 140 + Washer
12. Lightning Arrester 20kV
13. Mounting Breaket for Arrester
14. Cable band + Nut & Waster
15. Copper Tube / Cable Schoen
16. PDC. 8 mm/ MV Insulated Conductor (Cu)
17. Jumper wire 80 mm / MV Conductor

Konstruksi tiang akhir dengan pemasangan kabel tanah (TM11), diperlukan pada jaringan yang akan dihubungkan dengan gardu beton atau gardu besi, dan pada jaringan yang akan melintas di bawah jaringan tegangan tinggi. Model yang ke dua ini dimaksudkan untuk menghindari terjadinya interferensi magnetik dengan saluran diatasnya.



Gambar 5-70.
Konstruksi Guy Wire (GW)

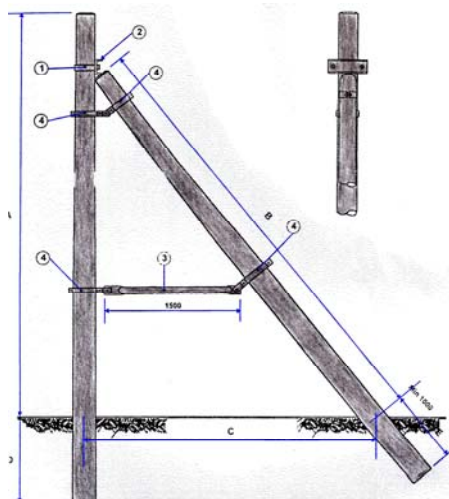
Keterangan Gambar 5-70:

1. Guy Wire Band + Bolt & Nut M16 x 50
2. Turn Buckle
3. Preformet Grip 22/35/55/70 Sqmm
4. Guy Insulator
5. Galv. Steel Stranded Wire 22/35/55/70
6. Wire Dip
7. Pipa pelindung $\frac{3}{4}$ " – 2mtr
8. Guy Rod 2,5 Mtr
9. Guy Rod 1,8 Mtr
10. U Bolt & Nut M 16
11. Anchor Block 500 x 500 mm
12. Expanding Anchor
13. Span Schroef 5/8"

Keterangan

Type Tiang	Galv. Steel Stranded Wire (X)
11 Mtr	13 Mtr
9 Mtr	11 Mtr
7 Mtr	9 Mtr

Guy Wire diperlukan untuk konstruksi tiang akhir, dan lokasi (lahan) penempatan *guy wire* itu ada (tidak bermasalah). Jika tidak dimungkinkan ada-nya lahan, maka dapat di-pasang *guy wire* dengan stut di tengah tiang, jadi jarak antara tiang dengan beton blok lebih pendek. Yang perlu diperhatikan dalam pemasangan *guy wire* adalah besar sudut kemiringannya harus sesuai dengan peraturan yang berlaku. Karena secara teknik hal ini menyangkut posisi tiang, dimana tiang harus bisa berdiri tegak. Jika sudut lebih kecil, maka tiang akan melengkung dan bisa patah.



Gambar 5-71. Strut Pole (SP)

No.	Nama Material
1.	Strut Arm Band + Bolt & Nut M 16x50
2.	Strut Arm
3.	Pipa Galvaniz ϕ 2" – 1,5 Mtr
4.	Single GW Band + Bolt & Nut M 16x75
5.	Bolt & Nut M 16 x 75

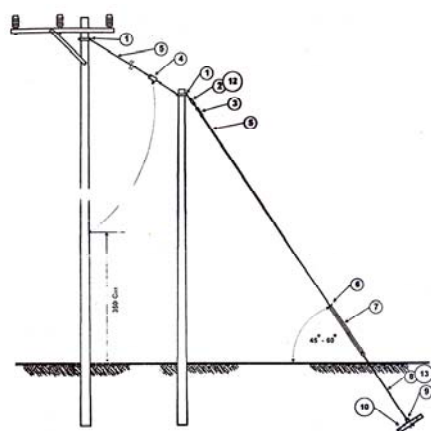
TIANG UTAMA	HANTARAN AAAC 3X(SQM)			
	35	70	150	240
11-350	9-200	9-200	9-200	11.200
11-200	9-200	9-200	11.200	
9-200	7-100	9-100		

No.	Type Tiang		Satuan dalam meter				
	Utama	Strut Pole	A	B	C	D	E
1	11	11	8,4	10	5,42	1,83	1
2	11	9	7,7	8,4	3,3	1,83	0,6
3	9	9	6,75	8	4,2	1,5	1
4	7	7	5,3	6,5	3,7	1,16	0,5

Konstruksi Strut pole dipasang, jika pada lokasi tersebut tidak bisa dipasang guy wire. Letak strut pole berlawanan dengan guy wire, maksudnya posisi strut pole berada di bawah tarikan penghantar, sedang guy wire di luar penghantar(arah berlawanan).

Harga strut pole jauh lebih mahal daripada harga guy wire. Pemasangan strut pole tidak hanya di ujung, tetapi bisa di percabangan di tengah saluran, atau pada lokasi yang membutuhkan kekuatan mekanis cukup tinggi dan sangat strategis.

Pemasangan Horizontal Guy Wire diperlukan jika pada lokasi tersebut tidak bisa di pasang guy wire, misalnya terhalang sungai atau jalan raya.

Gambar 5-72.
Horizontal Guy Wire (HGW)**Keterangan Gambar 5-20:**

1. Guy Wire Band + Bolt & Nut M16 x 50
2. Turn Buckle
3. Preformet Grip 22/35/55/70 Sqmm
4. Guy Insulator
5. Galv. Steel Stranded Wire 22/35/55/70
6. Wire Dip
7. Pipa pelindung $\frac{3}{4}$ " – 2mtr
8. Guy Rod 2,5 Mtr
9. U Bolt & Nut M 16
10. Anchor Block 500 x 500 mm
11. Expanding Anchor
12. Span Schroef $\frac{5}{8}$ "
13. Guy Rod 1,8 Mtr

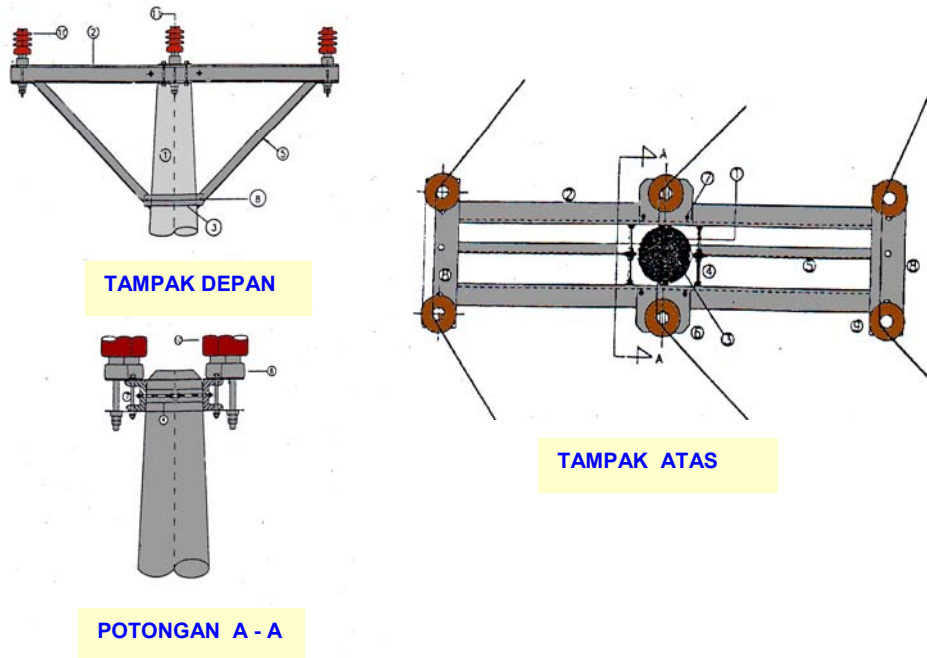
Keterangan:

Type tiang	Galv. Steel Stranded Wire (X)
TM-9 Mtr	30 Mtr
TR-9/7 Mtr	28 Mtr

No. 11 dipasang sebagai pengganti No. 8, 9, 10, 13

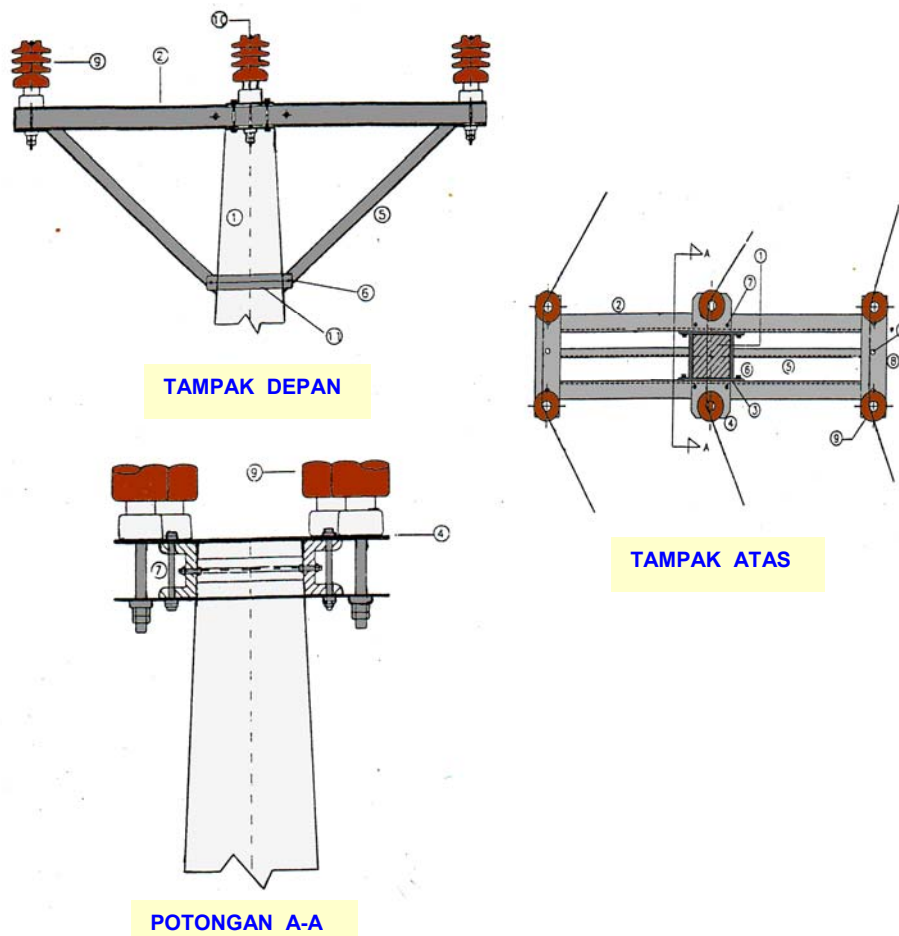
5-6 Konstruksi Palang Sangga (Cross Arm, Travers)

Berkaitan dengan arah tarikan kawat yang harus mengikuti arah jalan (raya), apakah lajur lurus atau berbelok dalam beberapa derajat, maka diperlukan palang sangga sesuai dengan kebutuhan perlengkapan dalam pemasangan Saluran Udara Tegangan Menengah. Berikut ini adalah beberapa model/bentuk palang sangga pada jaring SUTM.



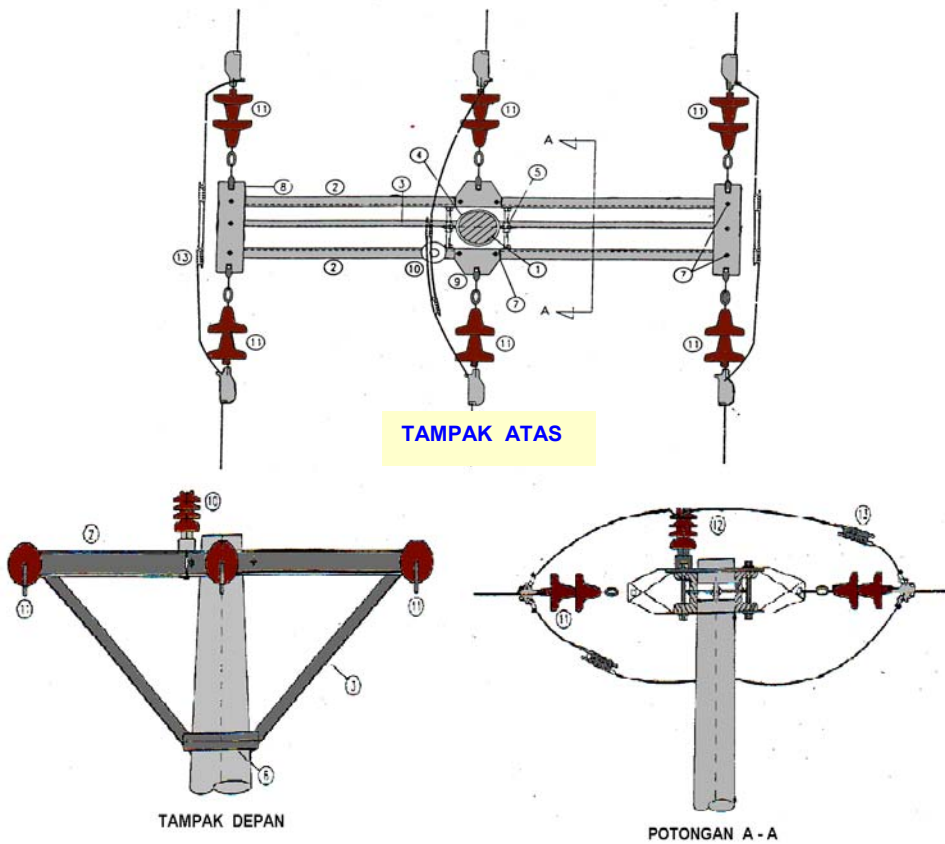
No.	Kode	Jml	Jenis Material
1	tb	1 bt	Tiang beton bulat
2	a-1	2 bh	Cross Arm UNP 10 100.50.5 x 2000 mm
3	c	4 bh	Klem beugel type II 50x6 mm
4	j	2 bh	Double arming boll 5/8" x 300 mm
5	bkp	2 bh	Arm tie broce 50.50 x 1270 mm
6	stp	4 bh	Steel plat type I
7	e-1	12 bh	Mur baut spring washer 5/8" x 148 mm
8	e	4 bh	Mur baut spring washer 5/8" x 70 mm
9	stp	4 bh	Steel plat type II
10	g	6 set	Isolator tumpu type post
11	h	6 bh	Double side ties

Gambar 5-73.
Pemasangan Cross Arm double Tumpu pada Tiang Beton Bulat



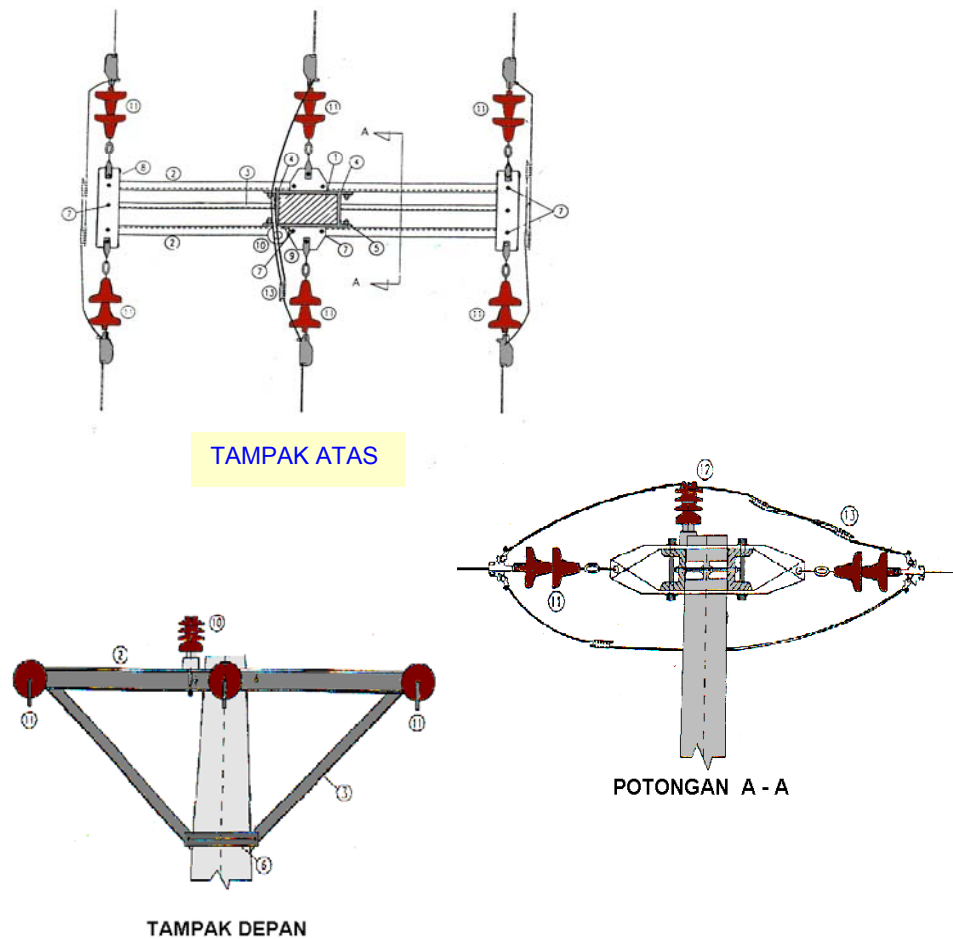
No.	Kode	Jml	Jenis Material
1	tb	1 bt	Tiang beton type H
2	a-1	2 bh	Cross Arm UNP 10 100.50.5 x 2000 mm
3	c	2 bh	Klem beugel type II tiang H
4	stp	4 bh	Double arming boll 5/8" x 300 mm
5	bkp	2 bh	Arm tie broce 50.50 x 1270 mm
6	e	4 bh	Mur baut spring washer 5/8" x 70 mm
7	e-1	12 bh	Mur baut spring washer 5/8" x 148 mm
8	stp	4 bh	Steel plat type II
9	g	6 set	Isolator tumpu type post
10	h	6 bh	Prilarm double side ties
11	e-1	1 bh	Klem beugel type I tiang H

Gambar 5-74
Pemasangan Cross Arm double Tumpu pada Tiang Beton H



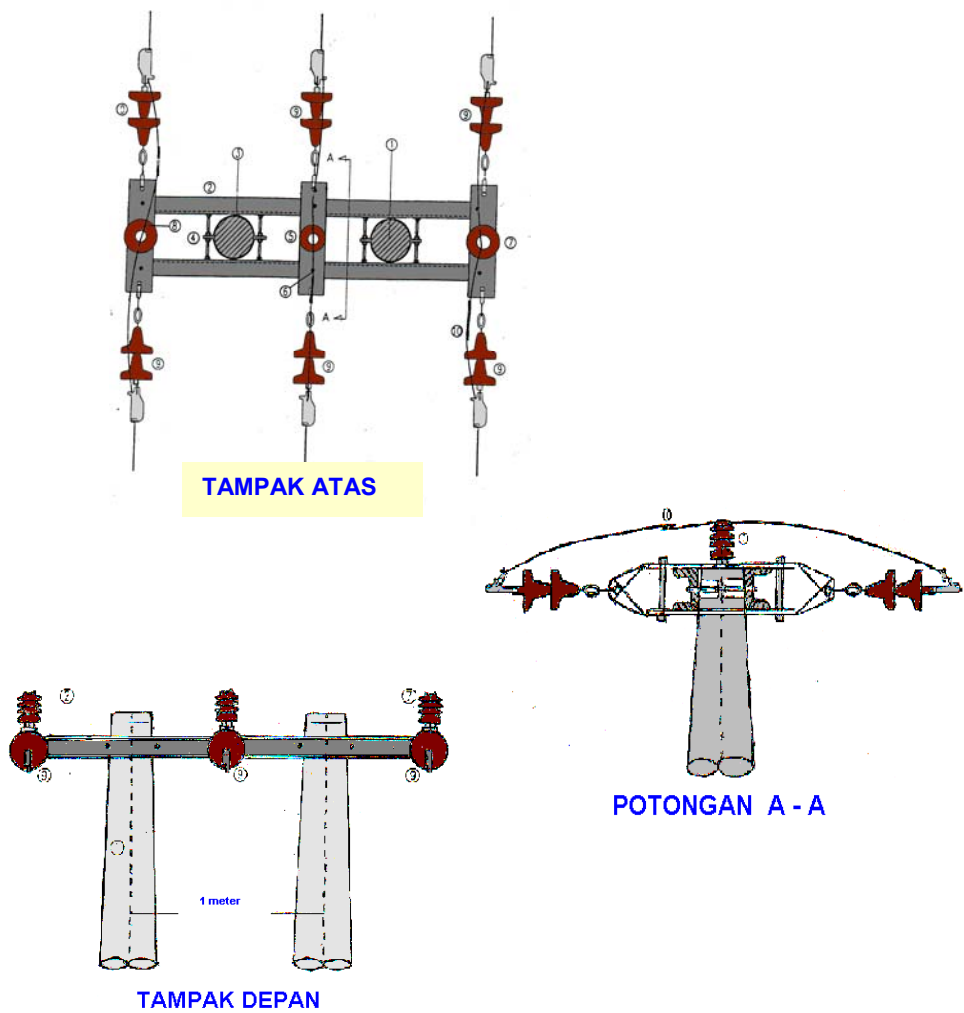
No.	Kode	Jml	Jenis Material
1	tb	1 bt	Tiang beton bulat
2	a-1	2 bh	Cross Arm UNP 10 100.50.5 x 2000 mm
3	c	4 bh	Klem beugel type II 50x6 mm
4	j	2 bh	Double arming boll 5/8" x 300 mm
5	bkp	2 bh	Arm tie broce 50.50 x 1270 mm
6	stp	4 bh	Steel plat type I
7	e-1	12 bh	Mur baut spring washer 5/8" x 148 mm
8	e	4 bh	Mur baut spring washer 5/8" x 70 mm
9	stp	4 bh	Steel plat type II
10	g	6 set	Isolator tumpu type post
11	h	6 bh	Double side ties

Gambar 5-75. Pemasangan Cross Arm Tention Support 2000 mm pada Tiang Beton Bulat



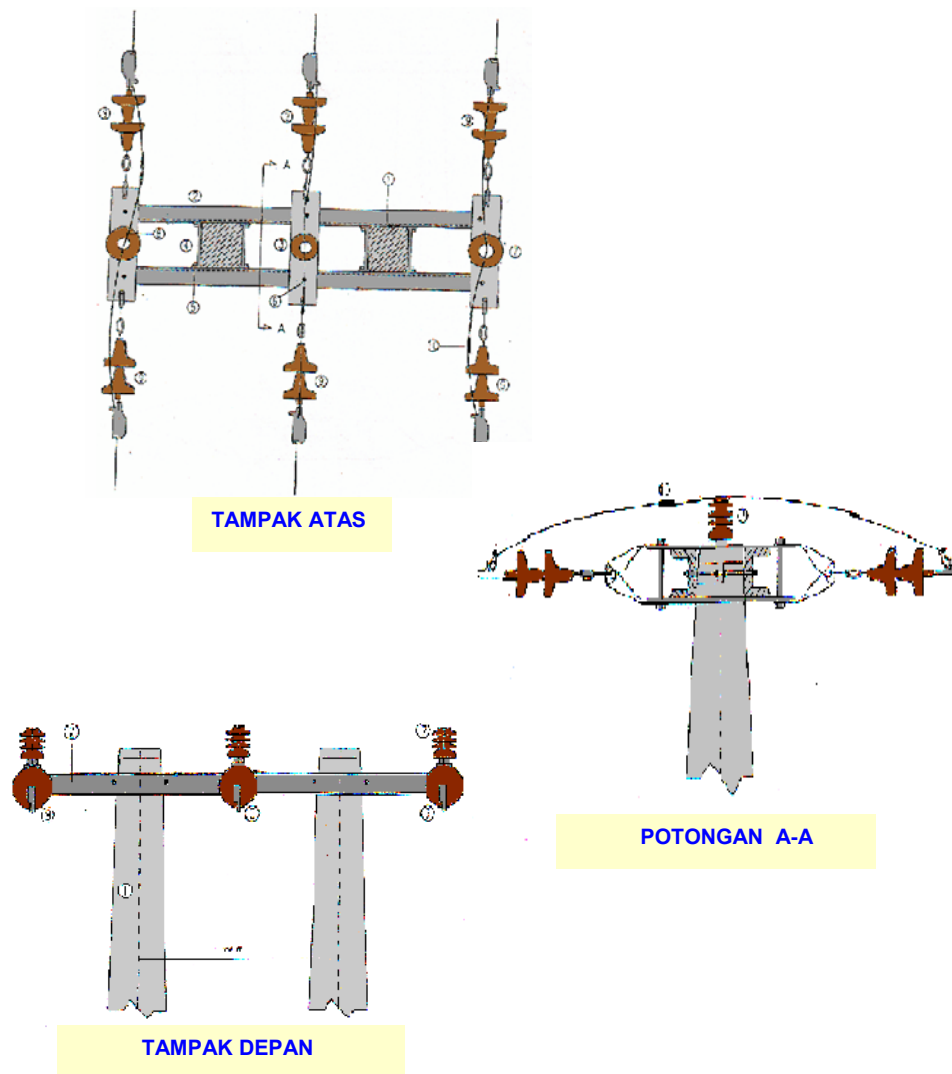
No.	Kode	Jml	Jenis Material
1	tb	1 bt	Tiang beton bulat
2	a-1	2 bh	Cross Arm UNP 10 100.50.5 x 2000 mm
3	bkp	2 bh	Arm tie broce 50.50 x 1270 mm
4	c	4 bh	Klem beugel type II tiang beton bulat
5	j	2 bh	Double arming boll 5/8" x 300 mm
6	c-1	4 bh	Klem beugel type II tiang beton bulat
7	e-1	10 bh	Mur baut dan ring 5/8" x 148 mm
8	k	4 bh	Steel plat type I
9	l	4 bh	Steel plat type II
10	g	1 bh	Isolator tumpu type post
11	ml	6 set	Isolator penegang/afspan long rod
12	prt	1 bh	Prilarm lop ties
13	pil/tjn	6 bh	Paralel groove/non tension joint

Gambar 5-76. Pemasangan Cross Arm Tention Support 2000 mm pada Tiang Beton H



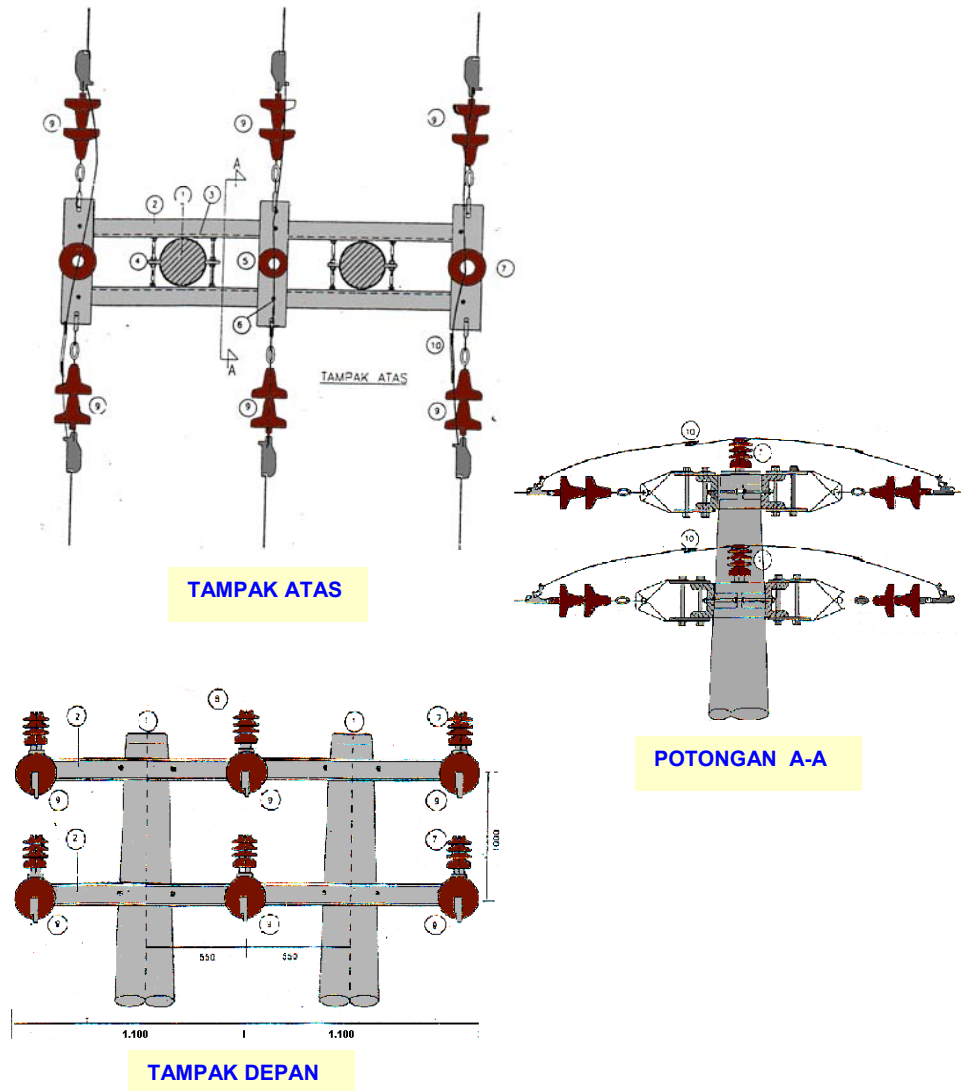
1	tb	2 bt	Tiang beton bulat
2	a-2	2 bh	Cross Arm UNP 10 100.50.5 x 2200 mm
3	c-1	4 bh	Klem beugel type II tiang beton bulat
4	j	4 bh	Double arming boll 5/8" x 300 mm
5	stp	6 bh	Steel plat type II Mur baut spring washer 5/8"
6	e-1	6 bh	x 148 mm
7	g	3 set	Isolator tumpu type post
8	h	3 bh	Prilarm lop ties
9	ml	6 set	Isolator tarik
10	pil/tjn	6 bh	Paralel groove/non tension joint

Gambar 5-77. Pemasangan Cross Arm Tention Support 2200 mm Double Pole pada Tiang Beton Bulat



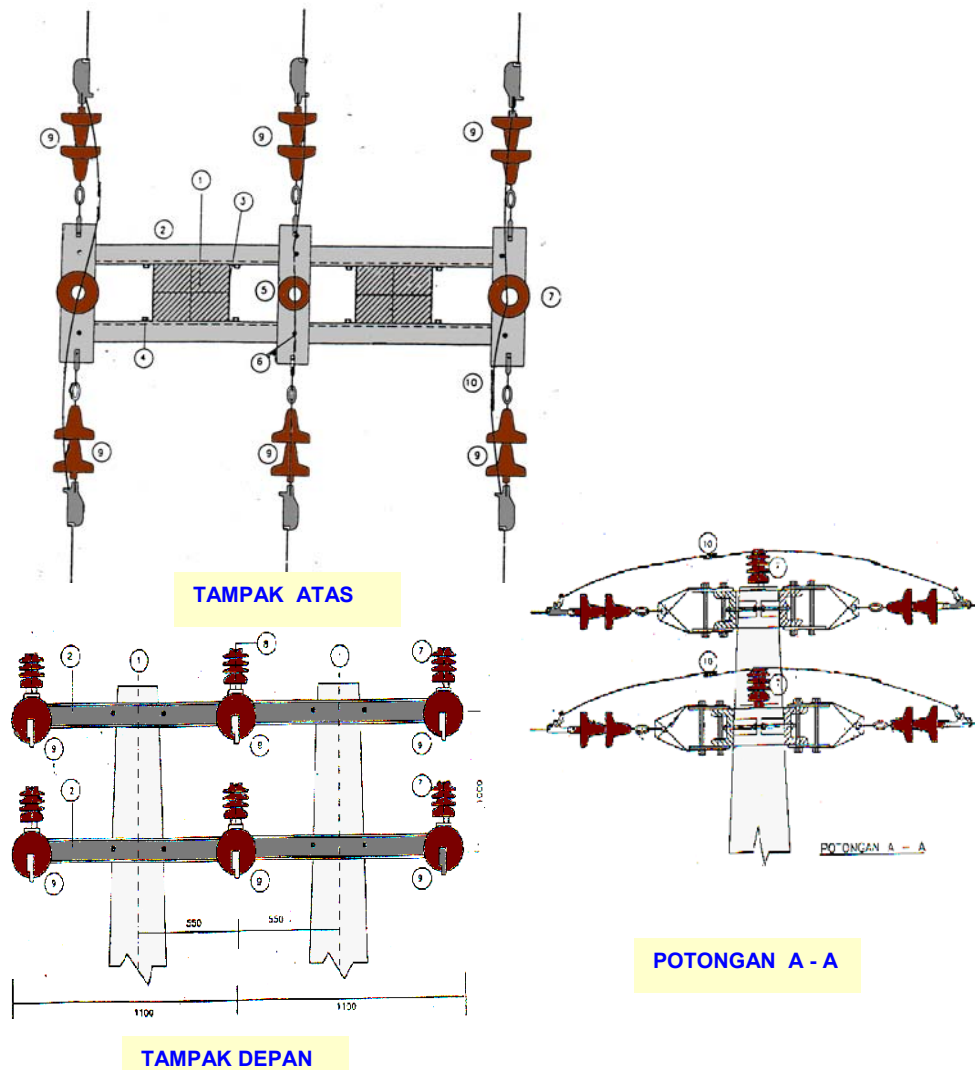
No.	Kode	Jml	Jenis Material
1	tb	2 bt	Tiang beton H
2	a-2	2 bh	Cross Arm UNP 10 100.50.5 x 2200 mm
3	stp	6 bh	Steel plat type II
4	c	4 bh	Klem beugel type II tiang beton H
5	e	8 bh	Mur baut dan ring 5/8" x 70 mm
6	e-1	6 bh	Mur baut spring washer 5/8" x 148 mm
7	g	3 set	Isolator tumpu type post
8	h	3 bh	Prilarm lop ties
9	ml	6 set	Isolator tarik
10	pil/tjn	6 bh	Paralel groove/non tension joint

Gambar 5-78. Pemasangan Cross Arm Tention Support 2200 mm Double Pole pada Tiang Beton H



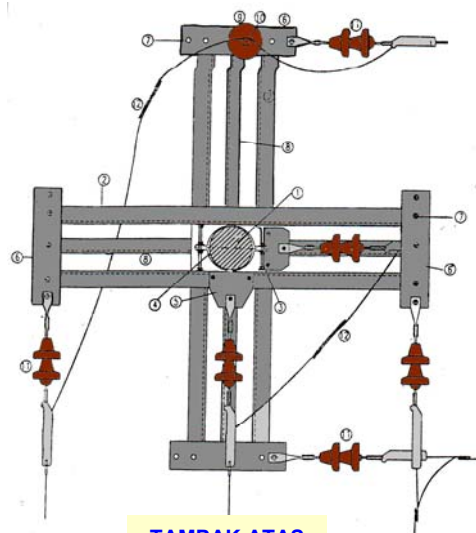
No.	Kode	Jml	Jenis Material
1	tb	2 bt	Tiang beton H
2	a-2	4 bh	Cross Arm UNP 10 100.50.5 x 2200 mm
3	c-1	4 bh	Klem beugel type II
4	j	8 bh	Double arming boll 5/8" x 300 mm
5	stp	12 bh	Steel plat type II
6	e-1	12 bh	Mur baut spring washer 5/8" x 148 mm
7	g	6 set	Isolator tumpu type post
8	h	6 bh	Prilarm lop ties
9	ml	12 set	Isolator tarik
10	pil/tjn	12 bh	Paralel groove

Gambar 5-79. Pemasangan 2 X Tention Support 2200 mm Diatas Dua Tiang

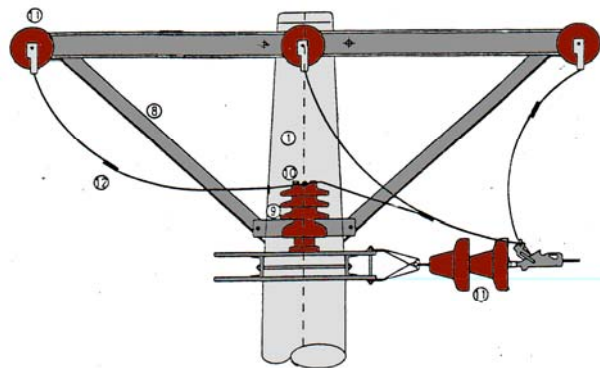


No.	Kode	Jml	Jenis Material
1	tb	2 bt	Tiang beton type H
2	a-2	4 bh	Cross Arm UNP 10 100.50.5 x 2200 mm
3	c	8 bh	Klem beugel type I tiang H
4	e	16 bh	Mur baut dan ring 5/8" x 70 mm
5	stp	12 bh	Steel plat type II
6	e-1	12 bh	Mur baut spring washer 5/8" x 148 mm
7	g	6 set	Isolator tumpu type post
8	h	6 bh	Prilarm lop ties
9	ml	12 set	Isolator tarik
10	pil/tjn	12 bh	Paralel groove

Gambar 5-80. Pemasangan 2 X Tention Support 2200 mm Diatas Dua Tiang Beton H



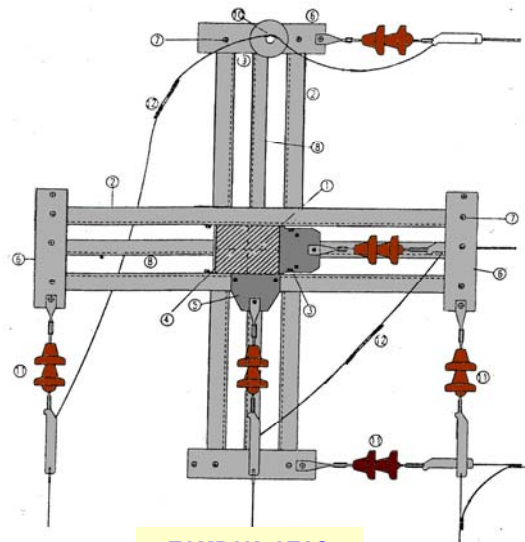
TAMPAK ATAS



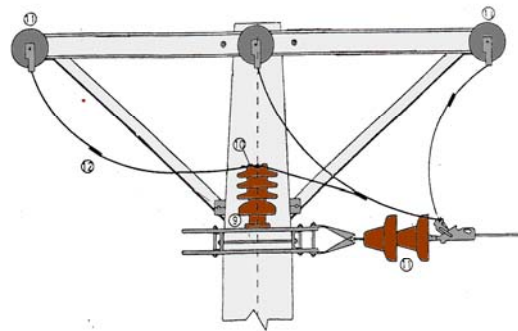
TAMPAK DEPAN

No.	Kode	Jml	Jenis Material
1	tb	1 bt	Tiang beton bulat
2	a-1	4 bh	Cross Arm UNP 10 100.50.5 x 2.000 mm
3	j	4 bh	Double arming boll 5/8" x 300 mm
4	c-1	4 bh	Klem beugel type II 50 x 6 mm
5	stp	4 bh	Steel plat type I
6	stp	8 bh	Steel plat type II
7	e-1	16 set	Mur baut spring washer 5/8" x 148 mm
8	bkp	4 bh	Arm tie broce 50.50 x 1270 mm
9	g	1 set	Isolator tumpu type post
10	h	1 bh	Side ties
11	ml	5 set	Isolator tarik
12	pil/tjn	8 bh	Paralel groove

Gambar 5-81. Pemasangan 2 X 1/2 Tention
Support 2000 mm pada Tiang Beton Bulat sudut $\pm 90^\circ$



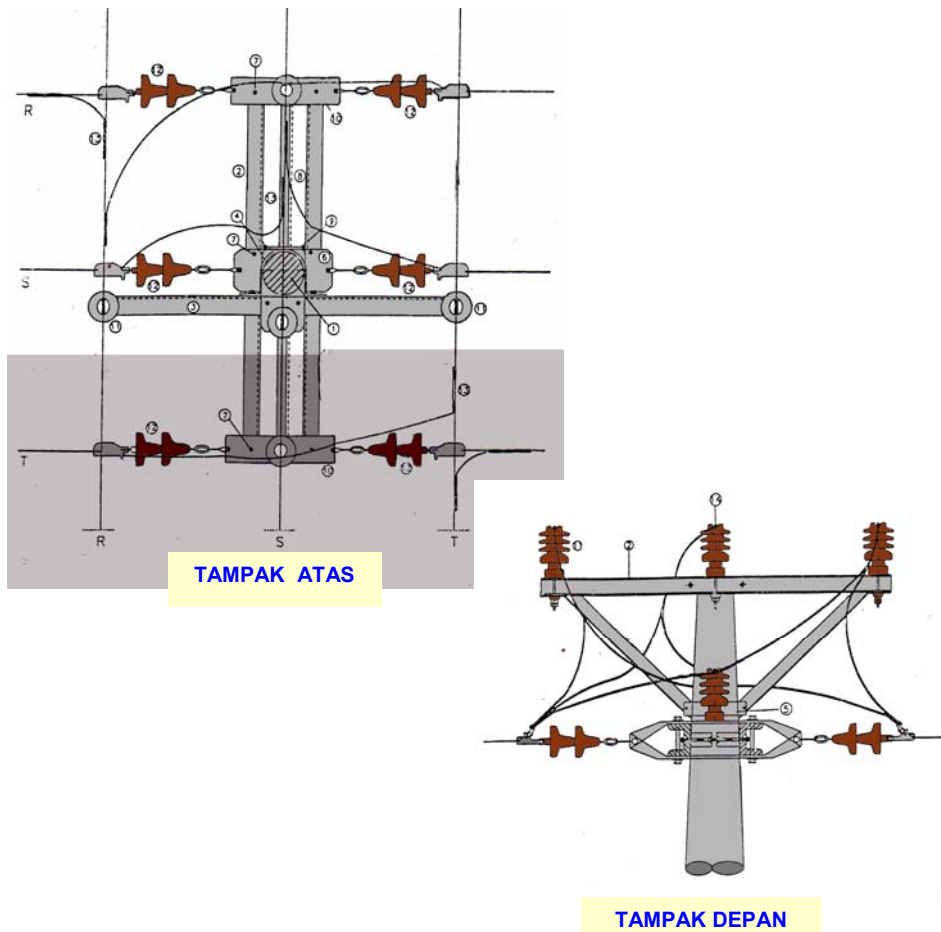
TAMPAK ATAS



TAMPAK DEPAN

No.	Kode	Jml	Jenis Material
1	tb	1 bt	Tiang beton H
2	a-1	4 bh	Cross Arm UNP 10 100.50.5 x 2.000 mm
3	e	8 bh	Mur baut spring washer 5/8" x 70 mm
4	c	4 bh	Klem beugel type I tiang H
5	stp	4 bh	Steel plat type I
6	stp	8 bh	Steel plat type II
7	e-1	16 bh	Mur baut spring washer 5/8" x 148 mm
8	bkp	4 bh	Arm tie broce 50.50 x 1270 mm
9	g	1 set	Isolator tumpu type post
10	h	1 bh	Side ties
11	ml	5 set	Isolator tarik
12	pil/tjn	8 bh	Paralel groove
13	c-1	2 bh	Klem beugel type II tiang H

Gambar 5-82. Pemasangan 2 X 1/2 Tention Support 2000 mm pada Tiang Beton H sudut $\pm 90^\circ$



No.	Kode	Jml	Jenis Material
1	tb	1 bt	Tiang beton H
2	a-1	2 bh	Cross Arm UNP 10 100.50.5 x 2.000 mm
3	a	1 bh	Cross Arm UNP 10 100.50.5 x 1.800 mm
4	c	2 bh	Klem beugel type II untuk tiang beton
5	c-1	1 bh	Klem beugel type I untuk tiang beton
6	stp	6 bh	Steel plat type I
7	e	10 bh	Mur baut dan ring 5/8" x 70 mm
8	bkp	4 bh	Arm tie brace 50.50 x 1270 mm
9	e-1	12 bh	Mur baut dan ring 5/8" x 148 mm
10	stp	4 bh	Steel plat type II
11	g	5 set	Isolator tumpu type post
12	ml	6 set	Isolator penegang/afspan long rod
13	pll	16 bh	Parallel groove
14	h	3 bh	Performed top ties
15	h-1	2 bh	Performed side ties

Gambar 5-83. Pemasangan Cross Arm
2 x T- Off pada Tiang Beton bulat

5-7 Telekomunikasi untuk Industri Tenaga Listrik

5-7-1 Klasifikasi

Yang termasuk dalam telekomunikasi untuk industri tenaga listrik adalah semua fasilitas telekomunikasi yang diperlukan dalam pengelolaan perusahaan tenaga listrik, diantaranya yang menyangkut penyediaan dan kebutuhan, operasi, pengamanan dan pemeliharaan. Jaringan telekomunikasi ini merupakan sistem syaraf dalam pengelolaan perusahaan. Makin maju perusahaannya makin penting adanya fasilitas yang dapat diandalkan dan komunikasi yang cepat.

Sistem telekomunikasi ini dapat dibagi menjadi komunikasi untuk pembagian beban (*load-dispatching*), untuk pemeliharaan dan untuk keperluan-keperluan administratif.

5-7-1-1 Komunikasi untuk Pembagian Beban

Komunikasi untuk pembagian beban digunakan untuk memungkinkan pembagian beban secara cepat dan tidak terganggu. Oleh karena pentingnya telekomunikasi untuk tugas ini, maka sistemnya tidak boleh digunakan bersama dengan keperluan lain. Malahan, perlu diadakan pula sistem cadangan.

Dalam keadaan gangguan pada sistem tenaga, bencana alam atau bencana-bencana lainnya, sistem telekomunikasi harus tetap dapat bekerja dengan sempurna.

Fasilitas telekomunikasi yang sesuai untuk pembagian beban adalah komunikasi radio, telekomunikasi lewat pembawa PLC, dsb.

5-7-1-2 Komunikasi untuk Pemeliharaan

Komunikasi untuk pemeliharaan dimaksudkan guna komunikasi antara pusat listrik (piket distribusi), gardu distribusi, saluran distribusi, dan lain-lain. Untuk itu biasanya digunakan telekomunikasi dengan kawat bagi sistem tenaga yang kecil serta telekomunikasi dengan radio atau dengan pembawa saluran tenaga (PLC) bagi sistem tenaga yang besar. Komunikasi radio mobil sangat berguna dalam pemeliharaan saluran distribusi.

5-7-1-3 Komunikasi untuk Keperluan Administratif

Komunikasi untuk keperluan administratif digunakan dalam perhubungan antara kantor pusat, kantor daerah dan kantor cabang. Sering kali saluran komunikasi untuk pemeliharaan digunakan juga untuk keperluan administratif. Kadang-kadang yang dipakai untuk keperluan terakhir ini adalah saluran komunikasi cadangan guna tugas-tugas tersebut terdahulu.

5-7-1-4 Jenis Fasilitas

Jenis-jenis fasilitas telekomunikasi untuk industri tenaga listrik dapat dilihat pada diagram Tabel 5-3, halaman 273.

**Tabel 5-3 lihat lampiran
khusus tabel landscape
di halaman 275**

5-7-2 Komunikasi dengan Kawat

5-7-2-1 Saluran Telekomunikasi

Komunikasi dengan menggunakan kawat tidak sesuai untuk pemakaian pada rangkaian yang penting atau yang jaraknya jauh, karena pengaruh yang besar dari angin ribut, taufan, banjir, interferensi dari saluran tenaga, dsb. terhadap kawat komunikasi ini. Meskipun demikian, komunikasi jenis ini masih dipakai pada jarak pendek karena pertimbangan ekonomis.

Komunikasi dengan kabel dipakai karena stabilitasnya lebih terjamin dibandingkan dengan komunikasi lewat saluran udara. Kerugiannya adalah bahwa komunikasi dengan kabel lebih mahal dan lebih menyulitkan apabila terjadi kerusakan.

Saluran udara dapat dipasang pada tiang-tiang yang khusus diperuntukkan baginya dan dapat pula dipasang pada tiang-tiang yang juga dipakai untuk keperluan lain, misalnya tiang distribusi. Yang terakhir ini tentu saja lebih murah.

Saluran telpon yang dipasang pada tiang saluran tenaga biasanya kabel, karena karakteristik listriknnya lebih baik, lagi pula lebih kuat. Beberapa keterangan mengenai kabel telekomunikasi tertera pada Tabel 5-4.

5-7-2-2. Sistem Transmisi

Komunikasi dengan kawat terdiri dari dua sistem, yakni sistem transmisi suara dan sistem transmisi pembawa. Yang pertama menyalurkan arus untuk komunikasi sesuai dengan frekuensi suara, sedang yang kedua menyalurkannya sesudah merubah frekuensi suara menjadi frekuensi gelombang-pembawa. Biasanya daerah frekuensi untuk komunikasi pembawa adalah 3 - 60 kHz dengan jumlah saluran bicara 1-3.

Untuk komunikasi pembawa dapat dipakai saluran udara maupun kabel. Namun dalam industri tenaga listrik komunikasi dengan pembawa PLC dan komunikasi radio lebih digemari.

5-7-3 Komunikasi dengan Pembawa Saluran Tenaga

Telekomunikasi dengan pembawa saluran tenaga (*power line carrier*, disingkat PLC) adalah komunikasi dimana arus pembawa (*carrier current*) ditumpukkan (*superposed*) pada saluran transmisi tenaga, sehingga saluran tenaga ini menjadi rangkaian transmisi frekuensi tinggi. Jangkauan frekuensinya berbeda untuk setiap negara, namun kebesarannya kira-kira berkisar antara beberapa puluh sampai 500 kHz.

Untuk memungkinkan komunikasi dengan cara ini secara efisien, yaitu dimana karakteristik penyaluran isyarat lewat pembawa digabungkan dengan karakteristik penyaluran tenaga pada tegangan tinggi, diperlukan peralatan pengait (*line coupling equipment*).

5-7-3-1 Peralatan Pengait

Sistem pengaitan (*coupling system*) diklasifikasikan menurut pengaitan induktif dan pengaitan kapasitif. Karena jebakan saluran (*line trap*) merupakan impedansi tinggi terhadap frekuensi pembawa, maka jebakan ini diserikan dengan saluran transmisi tenaga guna memperbaiki karakteristik penyaluran gelombang-gelombang pembawa.

Pengaitan induktif lewat udara menggunakan penghantar yang dipasang sejajar dan dengan jarak tertentu dari saluran transmisi; sistem ini dipakai untuk mengaitkan peralatan PLC dengan saluran transmisi pada frekuensi tinggi. Sistem ini sekarang jarang digunakan.

Tabel 5-4. Karakteristik dan Struktur Kabel Telekomunikasi

(a) Karakteristik Listrik

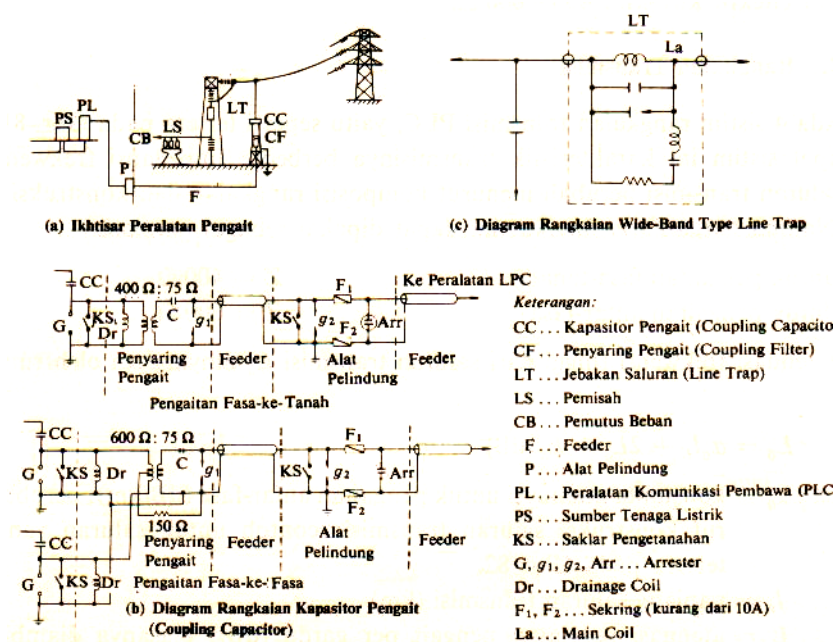
Hal		Karakteristik
Tahanan Isolasi		Di atas 10.000 M Ω /km
Tahanan Penghantar		Di bawah 20,7 Ω /km (Temperatur 20°C)
Tegangan Ketahanan (Withstand)	Antara Penghantar Dalam dan Luar	AC 3.000 V untuk 1 menit
	Antara Penghantar Luar dan Kulit Luar	AC 6.000 V untuk 1 menit
Impedansi Karakteristik		Antara '75 (+ 5 dan/atau -1) Ω
Attenuasi		Di bawah 3,7 dB/km
Tahanan Penghantar		Di bawah 29,0 Ω /km
Tahanan Isolasi		Di atas 10.000 M Ω /km
Kapasitansi Elektrostatik		Di bawah 50 m μ F/km
Tegangan Ketahanan (Withstand)	Antara Penghantar	AC 2.000 V untuk 1 menit
	Antara Penghantar dan Tanah (tanpa Perisai)	AC 4.000 V untuk 1 menit
	Antara Penghantar dan Perisai	AC 2.000 V untuk 1 menit
	Antara Perisai dan Tanah	AC 4.000 V untuk 1 menit
	Antara Kawat Penolong dan Tanah	AC 1.000 V untuk 1 menit
Impedansi Karakteristik (Ω)	1 KHz	450 (Standar)
	10 KHz	150 (Standar)
	30 KHz	130 (Standar)
Attenuasi (dB/km)	1 K.Hz	0,75 (Standar)
	10 KHz	1,7 (Standar)
	30 KHz	2,2 (Standar)

(b) Struktur Kabel P VC

Jumlah Pasangan	Diameter Luar dari Penghantar (mm)	Tebal Isolasi Polyethylene (mm)	Tebal Vinyl Sheath (mm)	Diameter Luar (mm)	Berat Kira-kira kg/km
5	0,9	0,5	2,0	14	240
10	0,9	0,5	2,0	18	335
15	0,9	0,5	2,0	20	455
20	0,9	0,5	2,1	23	570
30	0,9	0,5	2,3	27	820
50	0,9	0,5	2,5	34	1.220

(c) Struktur Kabel Koaksial Frekuensi Tinggi untuk Pembawa (PLC)

Hal		Standar
Penghantar Dalam	Material	Soft copper berlilit
	Diameter Luar	Kira-kira 1,2 mm (7/0,4 mm)
Isolasi	Material	Polyethylene (filled type)
	Tebal	Kira-kira 3 mm
	Diameter Luar	Standar 7,3 mm
Penghantar Luar	Material	Soft copper wire braid
Sarung Vinyl (sheath)	Tebal Standar	2,5 mm
	Diameter Luar	Standar 13.2 mm Maksimum 14 mm
Berat		Kira-kira 220 kg/km



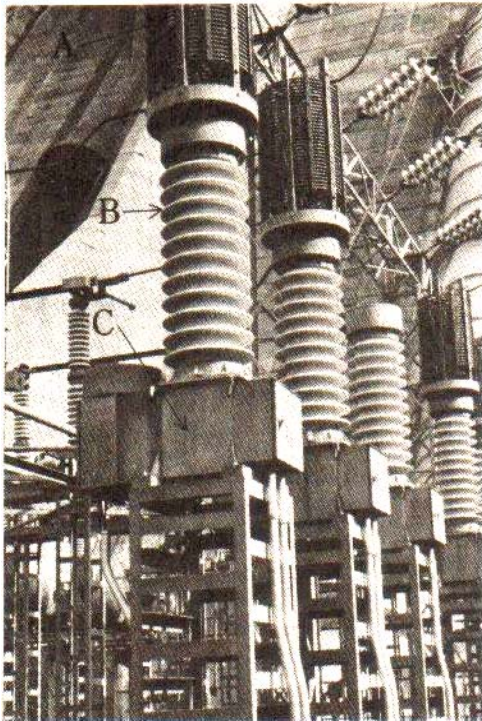
Gambar 5-84. Peralatan Pengait untuk komunikasi Pembawa (PLC)

Ada dua jenis pengaitan dengan kapasitor. Yang pertama adalah sistem pengaitan dengan kapasitor jenis penala (*tuning type*), dimana rangkaian penala (termasuk kapasitor pengait) dikaitkan secara seri dengan saluran transmisi. Macam yang kedua adalah sistem pengaitan dengan kapasitor jenis penyaring (*filter*), dimana pengaitan peralatan PLC dengan saluran dilakukan melalui penyaring pengait dan kapasitor pengait. Sistem kedua ini sekarang banyak dipakai, lihat gambar 5-87.

Kapasitor pengait memisahkan saluran transmisi dari peralatan PLC dan bersama penyaring pengait merupakan jaringan empat-kutub yang meneruskan frekuensi tinggi. Yang dipakai biasanya adalah kapasitor kertas terisi minyak seperti terlihat pada Gambar 5-88, dengan kapasitansi elektrostatik $0,001 - 0,002 \mu F$.

Sebagai penyaring dipakai "band-pass filter". Rangkaianannya dari jenis trafo seperti terlihat pada Gambar 5-87(b). Ruginya dalam daerah frekuensi yang diteruskan (passing band) 1 - 1,5 dB ke bawah.

Jebakan saluran terdiri dari kumparan utama yang meneruskan frekuensi niaga, alat penala yang memberikan impeklansi frekuensi tinggi yang dikehendaki serta arester yang melindungi peralatan. Contoh



Gambar 5-85. Peralatan Pengait (Coupling Equipment) dalam Gardu. A: Jebakan Saluran (Line Trap) B: Kapasitor Pengait (Coupling Capacitor) C: Penyaring Pengait (Coupling Filter)

rangkaiannya dapat dilihat pada Gambar 5-87 dan Gambar 5-88. Induktansi kumparan utamanya kira-kira 0,1 - 1 mH, sedang impedansi frekuensi tingginya mempunyai tahanan efektif kira-kira $400 - 600 \Omega$.

5-7-3-2 Rangkaian Transmisi

Ada 4 sistem rangkaian transmisi PLC, yaitu seperti tertera pada Gambar 5-86. Untuk ke-empat sistem ini karakteristik transmisinya berbeda. Impedansi frekuensi tinggi dari saluran transmisi berubah menurut komposisi rangkaian dan konstruksi salurannya. Namun harga-harga berikut ini dapat dipakai sebagai patokan:

Untuk pengaitan
 fasa-tanah $Z = 400 \Omega$
 antar-fasa $Z = 600 \Omega$

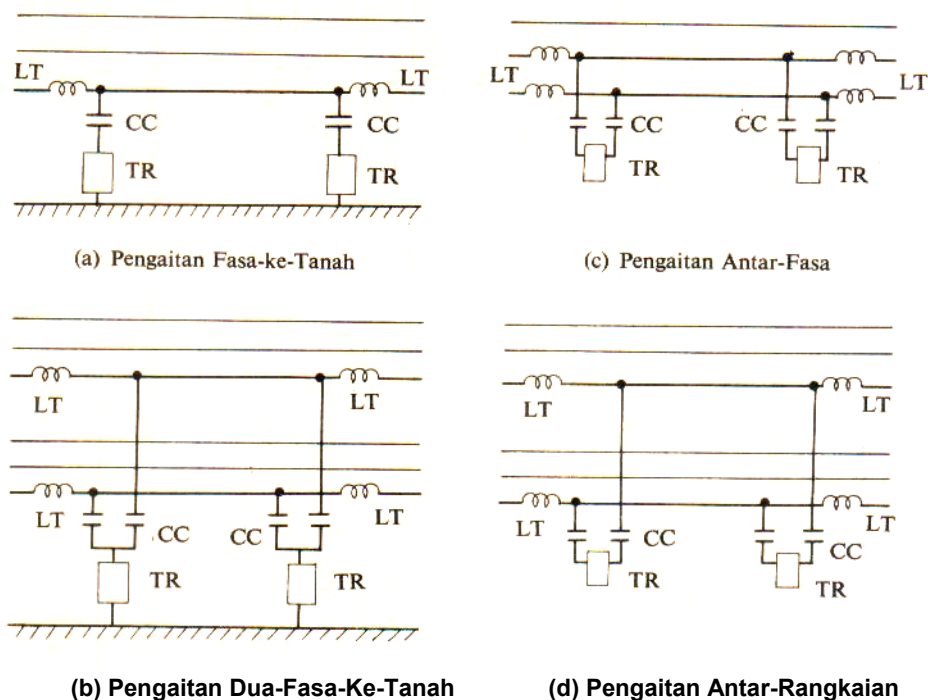
Attenuasi frekuensi tinggi dari saluran transmisi L . dinyatakan oleh rumus berikut :

$$L_o = \alpha L_L + 2L_c + L_a \text{ (dB)}$$

dimana: α_o = konstanta attenuasi untuk pengaitan antar-fasa (dB/km);
berubah menurut konstruksi saluran transmisi; contoh untuk saluran yang umum tertera pada Gambar 6-90.

L_L = panjang saluran transmisi (km)

L_c = atenuasi peralatan pengait per gardu (dB); biasanya diambil 2,5 dB (termasuk rugi dikebakan saluran)



Gambar 5-86. Sistem Rangkaian Transmisi dengan Pembawa (PLC)

Keterangan:

LT ... Jebakan Saluran (Line Trap)

CC ... Kapasitor Pengait Coupling Capacitor)

TR ... Peralatan Pembawa (PLC)

L_a = rugi tambahan dalam hal pengaitan fasa-tanah biasanya diambil 5 dB.

5-7-3-2 Peralatan PLC

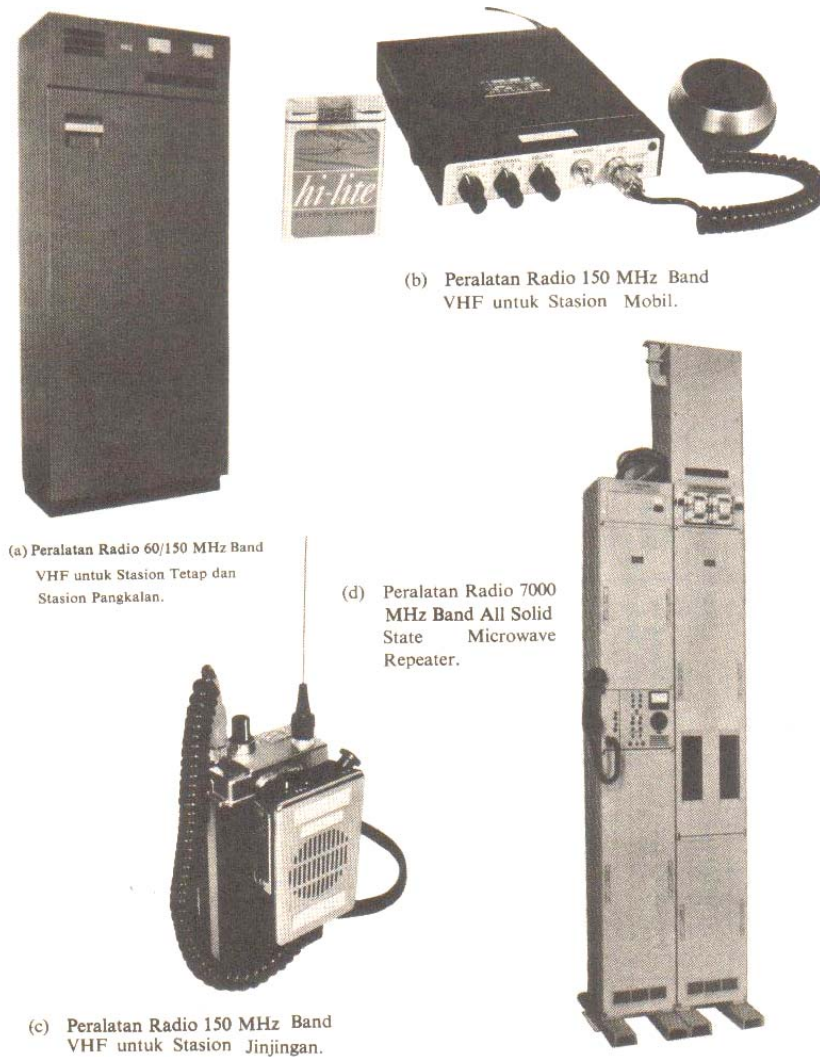
Peralatan PLC yang dipakai biasanya adalah jenis satu-saluran dan jenis tiga saluran (3-channel). Contoh spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 5-5.

**Tabel 5-5 ada di lampiran
(khusus tabel landscape)
di halaman 281**

**Tabel 5-6 lihat lampiran
khusus tabel landscape
di halaman 282**

5-7-4 Komunikasi Radio

Telekomunikasi dengan pesawat radio banyak juga dipakai dalam industri tenaga listrik seperti terlihat pada Tabel 6-5. Penggunaannya kelihatannya tetap akan memegang peranan penting, terutama karena keunggulannya dalam keadaan bencana alam (angin topan, banjir) dibandingkan dengan komunikasi melalui kawat. Spesifikasinya berubah dengan frekuensi kerja yang digunakan, yaitu frekuensi tinggi sekali (VHF) ke atas. Contoh spesifikasi peralatan komunikasi radio tertera pada Tabel 5-6.



Gambar 5-87. Contoh Peralatan Radio

5-7-4-1 Komunikasi VBF

Frekuensi yang paling sering dipakai adalah antara 40 - 70 MHz dan 150 - 160 Hz. Pancaran gelombang radio VHF (30 - 300 MHz) merupakan pancaran dengan gelombang langsung (*direct wave*), gelombang pantulan (*reflected wave*) dalam jarak yang masih dapat dilihat (*within line-of-sight distance*), dan gelombang lenturan (*diffracted wave*) di luar jarak yang dapat dilihat (*beyond line-of-sight distance*). Karena jarang ada pancaran ionosfir untuk gelombang pendek, maka komunikasi ini tidak dapat dipakai untuk jarak jauh. Namun, sering kekuatan medan gelombang lenturan besar sekali, misalnya bila jalan pancaran itu dipotong oleh gunung yang terjal. Dalam hal demikian, komunikasinya dimungkinkan untuk jarak jauh, yaitu kira-kira 100 km di luar jarak yang dapat di lihat.

Komunikasi radio VHF dari stasion ke stasion digunakan untuk kepentingan lokal dengan 1- 6 saluran (CH). Contoh pemancar, penerima dan antena radio terlihat pada Gambar 6-90 dan Gambar 6-91.

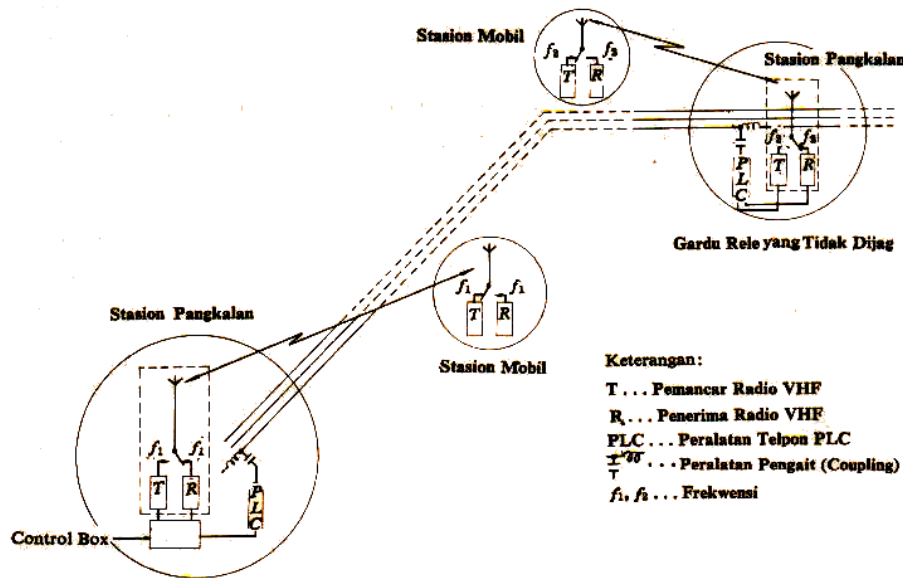
Telekomunikasi radio mobil VHF sangat penting artinya bagi perusahaan listrik terutama dalam pemeliharaan saluran distribusi. Untuk pekerjaan tadi ada tiga jenis stasion. Yang pertama adalah stasion jinjingan (*portable station*) yang dapat dibawa oleh seorang pekerja, yang kedua yang dipasang dalam kendaraan (*mobile station*) dan yang ketiga adalah stasion pangkalan (*base*) yang dipakai di kantor (gardu) seksi pemeliharaan guna komunikasi dengan stasion jinjingan dan stasion mobil tadi. Sistem komunikasinya biasanya simplek (*simplex*, atau *press-to-talk*), dimana pembicaraan dilakukan bergantian.

Kadang-kadang stasion pangkalan dipasang di tempat yang paling tinggi (tidak di kantor seksi) untuk memungkinkan komunikasi dengan jarak pancaran yang lebih jauh. Stasion pangkalan di tempat yang tertinggi ini biasanya tidak berawak. Contoh komunikasi radio untuk pemeliharaan tertera pada Gambar 5-92.

5-7-4-2 Komunikasi Gelombang Mikro

Jangkauan frekuensi untuk komunikasi dengan gelombang mikro (*microwave*) adalah 300 - 3000 MHz (dinamakan *ultra-high frequency*, disingkat UHF) dan 3000 - 30000 MHz (dinamakan *super-high frequency*, disingkat SHF)." Frekuensi UHF ke atas dinamakan gelombang mikro, meskipun ada juga yang menggunakan batas 1000 MHz. Frekuensi yang biasanya digunakan oleh perusahaan listrik adalah frekuensi sekitar (band) 400 MHz, 2000 MHz dan 7000 MHz.

Spesifikasi peralatan yang digunakan untuk komunikasi radio pada frekuensi sekitar 400 MHz terlihat pada Tabel 6-6. Pancaran gelombangnya terbatas pada jarak yang dapat dilihat, yaitu untuk komunikasi antara stasion dengan rangkaian komunikasi multiplek di bawah 24 saluran (CH). Akhir-akhir ini, sistem ini banyak dipakai guna komunikasi radio mobil untuk pemeliharaan saluran tenaga di sekitar kota (*suburb*). Cara kerjanya sama dengan komunikasi VHF.



Kantor Dinas Pemeliharaan Saluran Transmisi

Gambar 5-88. Contoh Sistem Komunikasi Radio Mobil untuk Pemeliharaan Sajuran.

Telekomunikasi dengan gelombang mikro digunakan untuk saluran-saluran komunikasi yang terpenting yang memerlukan saluran bicara banyak. Dalam hal demikian, biaya pembangkitan untuk setiap saluran bicara paling murah dibandingkan dengan metoda komunikasi yang lain. Keuntungan yang lain adalah bahwa berisiknya sedikit, mutu suaranya baik dan keandalannya tinggi.

Dibandingkan dengan komunikasi PLC, komunikasi gelombang mikro lebih murah, karena harga kapasitor pengait dan jebakan saluran pada komunikasi PLC mahal. Kecuali itu, untuk PLC dibutuhkan peralatan yang penguatannya besar karena besarnya tegangan berisik korona terutama pada tegangan tinggi sekali. Oleh karena itu, bila saluran bicaranya enarn atau lebih, komunikasi gelombang mikro lebih ekonomis dan lebih stabil.

Gelombang mikro dipancarkan menurut garis lurus (seperti cahaya). Oleh karena itu pancaran gelombang mikro terbatas pada pancaran gelombang langsung dalam batas jarak yang dapat dilihat (kecuali pancaran gelombang terpencar di troposfir). Ini berarti, bahwa rugi pancaran (propagation loss) antara titik pancaran dan titik penerima berubah-ubah tergantung dari refraksi di udara (yang merupakan fungsi dari suhu di tanah, tekanan udara, kelembaban, kedudukan geografis) serta pengaruh gelombang pantulan (reflected). Fluktuasi ini dinamakan gejala menghilang (*fading*). Makin jauh jarak pancaran gelombang radio dan makin tinggi frekuensinya, makin besar gejala menghilangnya.

Di angkasa bebas (*free space*) dimana pengaruh apapun terhadap pancaran gelombang tidak ada, nilai rata-rata dari rugi pancaran radio antara dua titik dinyatakan oleh rumus :

$$\Gamma = 10 \log_{10} (4\pi d/\lambda)^2 \text{ (dB)}$$

dimana Γ = rugi pancaran angkasa bebas (dB)

λ = panjang gelombang (m)

d = jarak antara titik pancaran dan titik penerima (m)

Dalam pembangunan rangkaian gelombang mikro, stasion radionya harus diletakkan di tempat dimana gejala menghilang tidak akan banyak terjadi. Rangkaian itu juga harus direncanakan dengan memperhitungkan terjadinya rugi-pancaran karena gejala menghilang tadi.

Sebagai antena gelombang mikro digunakan lensa elektro-magnetik, antena reflektor tanduk atau antena parabolis. Karena pertimbangan ekonomis antena yang terakhir banyak dipakai oleh perusahaan-perusahaan listrik. Setiap antena ini dapat disesuaikan (*matched*) dengan kearahannya (*directivity*) yang teliti dan perolehan daya (*power gain*) yang tinggi. Ciri telekomunikasi gelombang mikro dimungkinkan oleh mutu antena ini. Seperti terlihat pada Gambar 6-91 antena parabolis (*parabolic antenna*) terdiri dari reflektor parabolis dan radiator primer yang meradiasikan gelombang-gelombang ke reflektor. Gelombang-gelombang radio yang direfleksikan kemudian dipancarkan ke depan dengan arah yang tepat. Perolehan di depan antena dinyatakan oleh persamaan:

$$G = 10 \log_{10} \{(\pi D/\lambda)^2 g_p \text{ (dB)}\}$$

dimana G = perolehan (gain) mutlak (dB)

D = garis tengah permukaan (celah) antena (m); biasanya 2-3 m

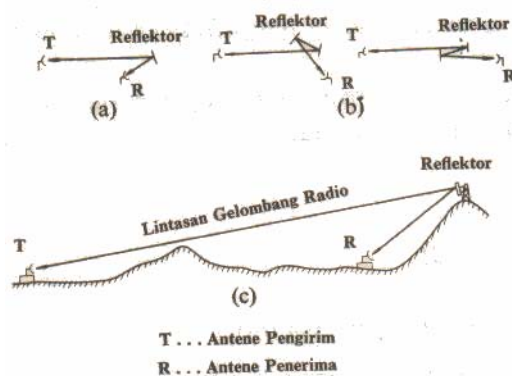
λ = panjang gelombang (m)

g_p = koefisien perolehan (biasanya 0,5 - 0,65)

Sebagai saluran penghubung (*feeder line*) biasanya dipakai kabel koaksial untuk frekuensi sekitar 2000 MHz, sedang penuntun-gelombang (**wave guide**) persegi, eliptis atau bulat dipakai untuk frekuensi sekitar 7000 MHz. Seperti terlihat pada Gambar 5-93 untuk memungkinkan pemantulan gelombang menurut arah tertentu digunakan reflektor logam datar yang dinamakan reflektor pasip. Reflektor ini biasanya berukuran 3 m x 4 m, 4 m x 6 m atau 6 m x 8 m. Contoh pemasangan terlihat pada Gambar 5-94.

Peralatan telekomunikasi gelombang mikro terdiri dari pesawat pemancar dan penerima radio, pesawat pengulang (*repeater*) dan alat frekuensi-pembawa. Dewasa ini semua peralatan ini sudah ditransistorkan. Contoh pesawat pengulang keadaan padat (*solid state*) terlihat pada Gambar 5-90. Pesawat pengulang biasanya menggunakan sistem rele detektip (*detective relay system*) yang menerima gelombang mikro, mendemodulasikannya, mengambil bagian videonya, lalu memancarkannya kembali sesudah memodulasikannya lagi. Ada juga sistem heterodin, yang menguatkan gelombang mikro yang diterima sesudah mengubah

frekuensinya menjadi VHF, lalu memancarkannya kembali sesudah merubah frekuensinya menjadi gelombang mikro. Sistem terakhir ini jarang dipakai oleh perusahaan-perusahaan listrik.



Gambar 5-89. Lintasan Gelombang Mikro yang dipantulkan oleh reflektor Pasif.



Gambar 5-90. Reflektor Pasif (A) dan Antena Parabola (B) Gelombang Mikro (Panah menunjukkan Lintasan Gelombang)

5-8 Baterai dan Pengisinya

5-8-1 Baterai

Ada dua *macam sumber tenaga* untuk kontrol di dalam G.I, ialah sumber arus searah dan sumber arus bolak-balik. Sumber tenaga untuk kontrol selalu harus mempunyai keandalan dan stabilitas yang tinggi. Karena persyaratan inilah dipakai baterai sebagai sumber arus searah.

Ada dua macam baterai (battery): timah hitam dan alkali. Sekarang baterai timah hitamlah yang banyak dipakai. Baterai alkali mempunyai keuntungan-keuntungan, misalnya, karena membutuhkan ruang yang lebih kecil, perubahan kapasitas akibat arus pelepasan, lebih kecil, arus sesaat dapat tinggi dan pemeliharaannya mudah. Tetapi baterai macam ini jarang dipakai karena harganya mahal dan umurnya sukar diperkirakan. Di Jepang standar" tegangan searah di terminal baterai adalah 110 V, dan di alat yang dikontrol 100 V. Jumlah baterai ditentukan dengan menganggap tegangan setiap selnya 2,15 V untuk baterai timah hitam dan 1,35 - 1,45 V untuk baterai alkali. Untuk baterai timah hitam pada umumnya dipakai 52 sampai 55 sel.

Kapasitas baterai ditentukan dengan memperhitungkan semua faktor yang menyangkut penurunannya selama dipakai, perubahannya oleh perubahan suhu dan jatuh tegangan, keperluan kapasitas yang diperlukan dengan memperkirakan beban terus menerus dan beban terputus-putus (*continuous and intermittent load*) yang harus dilayani selama terputusnya

pelayanan normal, serta lamanya pemutusan pelayanan (biasanya 1 - 3 jam).

Kapasitas yang diperlukan dalam *keadaan terapung (floating)* dihitung dengan cara berikut. Keadaan terapung adalah bila pada terminal baterai diterapkan tegangan pengisi yang konstan terus-menerus.

Kapasitas C_1 (Ampere-jam) untuk arus pelepasan maksimum sesaat $i_1(A)$, dan kapasitas C_2 (Ampere-jam) untuk arus beban terus menerus $i_2 (A)$ pada saat pemutusan pelayanan untuk t_2 (detik) dan arus beban terputus-putus $i_3 (A)$ pada saat pemutusan pelayanan untuk t_3 (detik) dihitung.

Kemudian dipilih harga yang terbesar (periksa Gambar 6-95.(a)). Kapasitas C_1 adalah:

$$C_1 = 2/3 (i_1 + i_2) \text{ (Ampere-jam)}$$

Kapasitas C_2 dihitung dengan memisalkan bahwa kapasitas yang diperlukan adalah C_α (Ampere-jam) dan kapasitas sisa (residual) setelah pelepasan tahap pertama dan tahap kedua berturut-turut adalah C_α' , dan C_α''

$$C_\alpha' = C_\alpha - (t_2 - t_3)i_2/k_2$$

$$C_\alpha'' = C_\alpha' - (i_2 - i_3)t_3/k_3$$

di mana k_2 dan k_3 adalah koefisien kapasitas untuk C_α/i_2 , $C_\alpha'/(i_2 - i_3)$ yang dapat diperoleh dari Gambar 5-95 (b). Maka prosentase sisa adalah

$$\frac{C_\alpha''}{C_\alpha} \times 100 = \alpha \text{ (\%)}$$

Dengan cara yang sama dapat diperoleh β (%) dan γ % dengan memisalkan C_β (Ampere-jam) dan C_γ (Ampere-jam). Dengan menggambar setiap prosentase kapasitas sisanya dapat ditarik garis lengkung seperti Gambar 6-95(c). Titik di mana prosentase sisanya 0 itulah C_2 ,

Bila *pengisian dan pelepasannya secara periodik* maka C_1 dan $3C_2$ dibandingkan; yang lebih besar itulah yang dipilih sebagai kapasitas yang diperlukan.

Kapasitas dasar (*rated capacity*) ditentukan dari harga kapasitas yang diperoleh di atas dengan memperhatikan penurunan kapasitas

selama dipakai (biasanya 80%), perubahan kapasitas akibat perubahan suhu

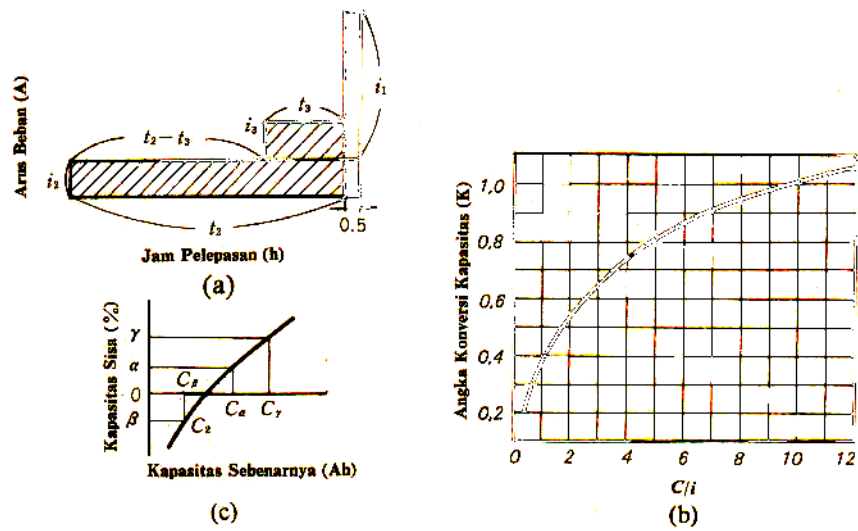
$$C_t = C_{25} / \{1 + 0,008(t - 25)\}$$

di mana

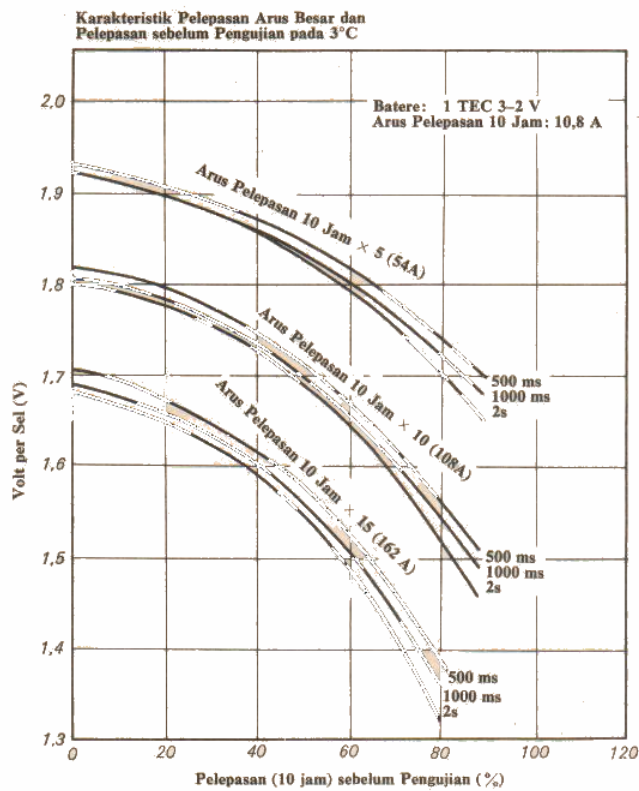
C_{25} = kapasitas (Ampere-jam) pada suhu standard

C_t = kapasitas (Ampere-jam) pada suhu $t^\circ\text{C}$

T = suhu rata-rata ($^\circ\text{C}$ dari elektrolit pada 2 jam terakhir pelepasan.



Gambar 5-91. Penghitungan Kapasitas Baterai



Gambar 5-92. Lengkung Pelepasan Baterai

serta jatuh tegangan pada arus pelepasan maksimum sesaat (periksa Gambar 5-92).

5-8-2 Pengisi

Sebagai pengisi (*charger*) dapat digunakan penyearah air raksa, penyearah silikon, dan sebagainya; namun karena pertimbangan efisiensi, pemeliharaan dan karakteristiknya, yang banyak dipakai sekarang adalah penyearah selenium. Sistem pengisiannya ada 2 macam, sistem pengisian terapung (*floating*) dan sistem pengisian periodik. Sistem yang pertama adalah yang banyak dipakai karena umur baterai lebih lama, kapasitasnya dapat dipergunakan sepenuhnya serta perubahan tegangannya kecil. Arus *output* dari pengisi biasanya dibuat sekitar 1,25 kali arus dasar 10 jam dari baterainya. Namun dalam hal arus beban terus-menerus lebih besar dari arus dasar 10 jam dari baterai itu, arus *output* pengisi adalah arus beban terus-menerus ditambah dengan $\frac{1}{2}$ arus dasar 10 jam dari baterai.

DAFTAR PUSTAKA

1. Artono Arismunandar, DR. M.A.Sc DR. Susumu Kuwahara. 1975. **Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid I**. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
2. Artono Arismunandar, DR. M.A.Sc, DR. Susumu Kuwahara. 1975. **Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid II**. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
3. APEI Pusat. 2004. **Materi kursus/Pembekalan Uji Keahlian bidang Teknik tenaga Listrik, Kualifikasi : AHLI MUDA**. Jakarta: APEI.
4. APEI Pusat. 2006. **Materi kursus/Pembekalan Uji Keahlian bidang Teknik tenaga Listrik, Kualifikasi : AHLI MADYA**. Jakarta: APEI.
5. Bambang Djaja. 1984. **Distribution & Power Transformator**. Surabaya : B & D.
6. Bonggas L. Tobing. 2003. **Dasar Teknik Pengujian Tegangan Tinggi**. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
7. Bonggas L. Tobing. 2003. **Peralatan Tegangan Tinggi**. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
8. Daryanto Drs. 2000. **Teknik Pengerjaan Listrik**. Jakarta: Bumi Aksara.
9. Depdiknas. 2004. **Kurikulum SMK 2004 Bidang Keahlian Teknik Distribusi Tenaga Listrik**. Dirjen Dikdasmen, Direktorat Dikmenjur.
10. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2004. **Sosialisasi Standar Latih Kompetensi (SLK) Tenaga Teknik Ketenagalistrikan Bidang Distribusi Tenaga Listrik**. Jakarta: Pusat Diklat Energi dan Ketenagalistrikan.
11. Imam Sugandi Ir, dkk. 2001. **Panduan Instalasi Listrik untuk Rumah berdasarkan PUIL 2000**. Jakarta: Yarsa Printing.
12. Naryanto, Ir. & Heru Subagyo, Drs. 1997. **Manajemen Gangguan sebagai Upaya Meningkatkan Keandalan Sistem**. Surabaya : AKLI DPD JATIM dan DPC SURABAYA.
13. PLN PT. 2003. **Workshop Nasional Distribusi**. Jakarta: PLN Jasa Diklat
14. PLN UDIKLAT Pandaan. **Pemeliharaan Gardu tiang (GTT)**.
15. PLN Distribusi Jatim. 1997. **Pelatihan Koordinator Pelaksana Pekerjaan Konstruksi Jaring Distribusi**. AKLI DPD JATIM dan PLN Distribusi Jatim.

16. PLN Distribusi Jatim. 1997. **Konstruksi Jaringan Perusahaan Listrik Negara Distribusi Jawa Timur.**
17. PLN Distribusi Jatim. 1997. **Pelatihan Tenaga Ahli Kontraktor Listrik.** AKLI DPD JATIM dan PLN Distribusi Jatim.
18. Soedjana Sapiie. DR, Osamu Nishino DR. 1982. **Pengukuran dan Alat-alat Ukur Listrik.** Jakarta: Pradnya Paramita.
19. Standar Nasional Indonesia. 2000. **Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000.** Jakarta: Yayasan PUIL.
20. Standar Listrik Indonesia. 1988. **Gangguan pada Sistem Suplai yang diakibatkan oleh Peranti Listrik dan Perlengkapannya.** Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi.
21. Standar Listrik Indonesia. 1988. **Spesifikasi Desain untuk Jaringan Tegangan Menengah dan Jaringan Tegangan Rendah.** Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi.
22. Standar Listrik Indonesia. 1988. **Metode Pengujian yang direkomendasikan untuk Instrumen Ukur Listrik Analog Penunjuk Langsung dan kelengkapannya.** Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi.
23. Stam H. N. C. 1993. **Keselamatan dan Kesehatan di Tempat Kerja.** Penebar Swadaya: Jakarta.
24. Trevor Linsley. 2004. **Instalasi Listrik Tingkat Lanjut.** Jakarta : Erlangga.
25. Yamanaka. **Electric Wire & Cable.** Sinar Merbabu: Surabaya

DAFTAR ISTILAH

admitansi	admittance
andongan (lendutan)	sag
arus bolak-balik	alternating current
arus pemuat	charging current
arus searah	direct current
arus yang diperbolehkan	allowable current
arus	current
atenuasi	attenuation
bagian penguat	bracing member
barang besi	hardware
batang pelindung	armor rod
batas elastis	elasticity limit
beban lawan	counterweight
beban	load
berat jenis	specific gravity, density
berisik	noise
besi tempaan	malleable iron
beton pelindung	mulching concrete
daya	power
daya-guna	efficiency
faktor beban	load factor
faktor daya	power factor
faktor hilang tahanan	annual loss factor
faktor keamanan	safety factor
faktor tegangan lebih	overvoltage factor
frekuensi	frequency
gangguan radio	radio interference
gardu induk	substation
garis pusat	centerline
garis-tengah	diameter
gawang	span
gaya putar	torsional force
gejala menghilang	fading
gelombang berdiri	standing wave
gelombang lenturan	diffracted wave
gelombang mikro	micro wave
gelombang pantulan	reflected wave
gulungan kerja (operasi)	operating coil
gulungan pelindung	shielding coil
gulungan penghambat	restraining coil
gulungan peredam	damper winding
gulungan	coil, winding
hilang kebocoran	leakage loss
hilang tenaga	energy loss
hubung singkat	short-circuit
impedansi surja	surge impedance
impedansi	impedance
induktansi	inductance
isolator gantung	suspension insulator
isolator jenis batang-panjang	long-rod insulator
isolator jenis pasak	pin-type insulator
isolator jenis pos saluran	line-post insulator
jam ekivalen tahunan	annual equivalent hour
kapasitansi	capacitance

kapasitor	capacitor
kawat berkas	bundled conductor
kawat berlilit	stranded conductor
kawat campuran	alloy conductor
kawat komponen	component wire
kawat padat	solid conductor
kawat paduan	composite conductor
kawat pelindung	shield wire
kawat penolong	messenger wire
kawat rongga	hollow conductor
kawat tanah	ground wire
kawat telanjang	bare conductor
kawat	conductor, wire
keadaan peralihan	transient state
keadaan tetap	steady state
keandalan	reliability
kearahkan	directivity
kelongsong reparasi	repair sleeves
kepekaan	sensitivity
keporian	porosity
kisi-kisi	lattice
koeffisien elastisitas	elasticity coefficient
koeffisien pemuaian linier	coefficient of linear expansion
koeffisien suhu	temperature coefficient
komponen simetris	symmetrical component
konduktansi	conductance
konduktivitas	conductivity
konstanta saluran	line constants
kuat pancang	cantilever strength
kuat patah	breaking strength
kuat pikul angkatan,	uplift bearing strength
kuat pikul tekanan	compression bearing strength
kuat pikul	bearing strength
kuat tarik maksimum	ultimate tensile strength
kuat tarik	tensile stress
kuat tindas	crushing strength
kuat tekan	compressive strength
kupingan (isolator)	shed
lintasan	route
lompatan api	flashover
lubang kerja	manhole
panas jenis	specific heat
panas spesifik	specific heat
pancang	pile
pangkal pengiriman	sending end
pantulan	flection
papan penahan	butting board
pasak pengunci	lock pin
pasangan	fitting
pekerja saluran	lineman
pelindung jaringan	network protector
pemanjangan	elongation
pembagian beban	load dispatching
pembawa saluran tenaga	power line carrier (PLC)
pembumian	grounding
pemisah	disconnect switch
pemutus beban cepat	high-speed circuit breaker
pemutus beban	circuit breaker

penala	tuner, tuning
penegang kawat	tensioner
penemu gangguan	fault locator
pengait	coupling
pengapit	clamp
penghitung	counter
penguat penerima	receiving amplifier
penguat penyama	matching amplifier
pengubah fasa	phase modifier
penjepit kawat	snatch block
pentanahan	grounding
penuntun gelombang	wave guide
penutup cepat	high-speed recloser
penyaring	filter
penyearah	rectifier
penyeimbang	balancer
penyetelan	adjustment
penyokong	bracket
peralatan hubung (-penghubung)	switch gear
peralatan pengait	line coupling equipment
peralatan pengait	line coupling equipment
peralatan pengubah AC ke DC	converter
peralatan pengubah DC ke AC	inverter
peralatan perisaian	shielding device
peralihan	transient
perancangan	planning
perbandingan hubung-singkat	short-circuit ratio
perbandingan kerampingan	slenderness ratio
percikan	sparkover
peredam	damper
peredaman	lihat "atenuasi", damping
perentang	spacer
permittivitas	permittivity~
perolehan daya	power gain
pusat beban	load centre
Pusat Listrik Tenaga Air (PLTA)	hydro power stations
Pusat Listrik Tenaga Termis (PLTT)	thermal power station
Pusat Listrik Tenaga Diesel (PLTD)	diesel power stations
Pusat Listrik Tenaga Gas (PLTG)	gas-fired power station
pusat-pusat listrik	power stations
rambatan	propagation
rangkaian ganda	double circuit
rangkaian monitor penghambat	delay monitor circuit
rangkaian tunggal	single circuit
reaktansi	reactance
regulasi tegangan	voltage regulation
relc pencatat gangguan	fault locating relay
rele arah	directional relay
rele arus lebih	overcurrent relay
rele daya	power relay
rele diferensial	differential relay
rele firkwensi	frequency relay
rele gelombang mikro	microwave relay
rele impedansi	impedance relay
rele jarak	distance relay
rele konduktansi	conductance relay
rele Mho	Mho relay
rele offset-Mho	Offset-Mho relay

rele penutup kembali	reclosing relay
rele penutupan	closing relay
rele penyalur	transmitter relay
rele pembawa saluran	power line carrier relay
rele pilot-kawat	wire-pilot relay
rele reaktansi	reactance relay
rele suseptansi	susceptance relay
rele tahanan	resistance relay
rele tegangan kurang	undervoltage relay
rele tegangan lebih	overvoltage relay
resistivitas	resistivity
respon penguat	exciter response
ril, rel	bus
rugi daya transmisi	transmission loss
rugitahanan	resistance loss
s I arung (kabel)	(cable) sheath
saluran bawah tanah	underground line
saluran bertegangan	hot-line
saluran ganda	double-circuit transmission line
saluran komunikasi	communication channel
saluran panas	hot-line
saluran penghubung	feeder line
saluran tertutup	loop transmission line
saluran transmisi	transmission line
saluran udara	overhead line
sela batang	rod gap
sela pelindung	protective gap
semu	appearance
sentral. listrik	lihat Pusat Listrik
siku pelindung	mulching angle
sistim banyak-terminal	multi-terminal system
sistim berturutan	tandem system
sistim jaringan	spot-network system
sistim rangkaian tertutup	loop system
stabilitas peralihan	transient stability
stabilitas tetap	steady state stability
stasiun jinjingan	portable station
stasiun mobil	mobile station
stasiun pangkalan	base station
stasiun tetap	fixed station
struktur pasak	pin structure
sudut ayun	swing angle
surja hubung	switching surge
surja	surge
survey garis pusat	center line survey
survey lokasi menara	tower site study
survey profil.	profile survey
survey tampak atas	plan survey
suseptansi	susceptance
tahanan jenis	resistivity
tahanan	resistance
tanduk (busur) api	arcing horn
tangkai operasi	operating shaft
tegangan geser	shearing stress
tegangan harian	everyday stress (EDS)
tegangan kejut	pulse voltage
tegangan ketahanan	withstand voltage
tegangan lebih dalam	internal overvoltage

tegangan lebih	overvoltage
tegangan lentur	bending stress
tegangan lumer	yielding stress
tegangan patah	breaking strength
tegangan perencanaan	design stress
tegangan pikul	bearing stress
tegangan tarik	tensile stress
tegangan tekan	compression stress
tegangan serat	fibre stress
tenaga	energy
titik lebur	melting point
ugi pancaran	propagation loss
ujung penerimaan	receiving end
urutan negatip	negative sequence
urutan nol	zero sequence
urutan positif	positive sequence
waktu mati	dead time
waktu membuka	opening time
waktu menutup	making time
waktu pasang kembali	resetting time

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1-1 Sistem Tenaga Listrik	3
2-1 Sistem Penyaluran Tenaga Listrik	11
2-2 Pembagian/pengelompokan Tegangan Sistem Tenaga Listrik ...	12
2-3 Konfigurasi horisontal	13
2-4 Konfigurasi Vertikal	13
2-5 Konfigurasi Delta	14
2-6 (a) dan (b) Jaringan distribusi lintas bangunan	14
2-6 (c) dan (d) Jaringan distribusi lintas bangunan	14
2-6(e) Jaringan distribusi lintas bangunan	15
2-6 (f) Jaringan distribusi lintas bangunan	15
2-7 Saluran Udara dengan konduktor kabel	15
2-8 Saluran distribusi dimana saluran primer dan sekunder terletak pada satu tiang	15
2-9 Saluran Udara Lintas Alam	15
2-10 Jaringan radial tipe pohon	17
2-11 Komponen Jaringan radial	17
2-12 Jaringan radial dengan tie dan switch	18
2-13 Jaringan radial tipe pusat beban	18
2-14 Jaringan radial tipe phase area (kelompok fasa)	19
2-15 Jaringan Distribusi tipe Ring	20
2-16 Jaringan Distribusi ring terbuka	20
2-17 Jaringan Distribusi ring tertutup	20
2-18 Rangkaian Gardu Induk tipe Ring	21
2-19 Jaringan Distribusi NET	21
2-20 Jaringan Distribusi NET dengan Tiga penyulang Gardu Hubung	21
2-21 Jaringan Distribusi NET dilengkapi breaker pada bagian tengah masing-masing penyulang	22
2-22 Jaringan distribusi Spindle	23
2-23 Diagram satu garis Penyulang Radial Interkoneksi	24
2-24 Komponen sistem distribusi	25
2-25 Sistem satu fasa dua kawat tegangan 120Volt	26
2-26 Sistem satu fasa tiga kawat tegangan 120/240 Volt	27
2-27 Sistem distribusi tiga fasa empat kawat tegangan 120/240 Volt	27
2-28 Sistem distribusi tiga fasa empat kawat tegangan 120/208 Volt	27
2-29 Sistem distribusi tiga fasa tiga kawat	28
2-30 Sistem distribusi tiga fasa empat kawat 220/380 Volt	28
2-31 Contoh Gambar Monogram Gardu Distribusi	30
2-32 Penampang Fisik Gardu Distribusi	31
2-33 Bagan satu garis pelanggan TM	32
2-34 Bagan satu garis Gardu Beton	33
2-35 Bangunan Gardu beton	33
3-36 Bardu Besi	34
2-37 Gardu tiang tipe portal dan Midel Panel	35

2-38	Bagan satu garis Gardu tiang tipe portal	36
2-39	Bagan satu garis Gardu tiang tipe Cantol	37
2-40	Gardu tiang tiga fasa tipe Cantol	37
2-41	Elektrode Pentanahan	38
2-42	Detail Pemasangan Elektrode Pentanahan	38
2-43	Diagram Instalasi Pembumian Gardu Distribusi	39
2-44	Gardu mobil	40
2-45	Pemutus beban 20 kV tipe " <i>Fuse Cut out</i> "	41
2-46	Trafo distribusi kelas 20 kV	41
2-47	Hubungan dalam trafo distribusi tipe " <i>New Jec</i> "	42
2-48	Sistem satu fasa dua kawat 127 Volt	42
2-49	Sistem satu fasa dua kawat 220 Volt	43
2-50	Sistem satu fasa tiga kawat 127 Volt	43
2-51	Sistem tiga fasa empat kawat 127/220 Volt	44
2-52	Sistem tiga fasa empat kawat 220/380 Volt	44
2-53	Bank trafo dengan ril	45
2-54	Bank trafo dilengkapi sekring sekunder pada relnya	45
2-55	Bank trafo dengan pengamanan lengkap	46
2-56	Karakteristik beban untuk industri besar	47
2-57	Karakteristik beban harian untuk industri kecil yang hanya bekerja pada siang hari	48
2-58	Karakteristik beban harian untuk daerah komersil	48
2-59	Karakteristik beban harian rumah tangga	49
2-60	Karakteristik beban penerangan jalan umum	50
2-61	Perbandingan nilai g untuk rumah besar dan rumah kecil	51
2-62	Andongan	55
2-63	Konstruksi tiang penyangga (TM-1)	57
2-64	Konstruksi tiang penyangga ganda (TM-2)	57
2-65	Konstruksi tiang tarik akhir (TM-4)	58
2-66	Konstruksi tiang tarik ganda (TM-5)	58
2-67	Konstruksi tiang pencabangan (TM-8)	58
2-68	Konstruksi tiang sudut (TM-10)	58
2-69	Konstruksi <i>Guy Wire</i>	59
2-70	Konstruksi Horisontal <i>Guy Wire</i>	59
2-71	Konstruksi <i>Strut Pole</i>	59
2-72	Konstruksi GTT tipe cantol	60
2-73	GTT tipe dua tiang	60
2-74	Konstruksi Tiang Penyangga (TR-1)	60
2-75	Konstruksi Tiang Sudut (TR-2)	60
2-76	Konstruksi Tiang Awal (TR-3)	61
2-77	Konstruksi Tiang Ujung (TR-3)	61
2-78	Konstruksi Tiang Penegang (TR-5)	61
3-1	<i>Miniature Circuit Breaker</i> (MCB)	62
3-2	Konstruksi KWH meter	65
3-3	Tang Ampere.....	66
3-4	Bentuk-bentuk penunjukan (register)	66

3-5 Rangkaian Prinsip Kerja Transformator	67
3-6 Transformator Arus	69
3-7 Jenis-jenis Trafo Arus	69
3-8 Trafo Tegangan	71
3-9 Jenis-jenis trafo tegangan	71
3-10 Alat Pembagi Tegangan Kapasitor	71
3-11 Kombinasi-kombinasi transformator pengukur dan Wattmeter	72
3-12 Pengukuran arus pada kawat penghantar	73
3-13 Diagram Pengawatan kWH Meter 1 phasa 2 kawat	74
3-14 Diagram Pengawatan kWH Meter 3 phasa 4 kawat	75
3-15 Diagram Pengawatan kWH Meter 3 phasa 3 kawat	75
3-16 Bentuk kWH Meter Elektronik	76
3-17 Bentuk meter standar	77
3-18 Bentuk Kunci Elektronik	78
3-19 Sambungan Listrik 3 Fasa Tarip Ganda Dari Gardu Tiang dengan kabel TR NYFGBY	82
3-20 Lemari APP untuk TM-TR (100 A– 500 A) (DenganTutup Luar)	83
3-21 Lemari APP untuk TM-TR (100 A– 500 A) (Tanpa Tutup Luar) ..	84
3-22 Sambungan Listrik TM Pengukuran TM Tarif Tunggal Mengguna- kan peralatan Cubicle dg Kabel TM	85
3-23 Sambungan Listrik TM Pengukuran TM Tarif Ganda Mengguna- kan peralatan Cubicle dg Kabel TM kVARh (Sistem 4 kawat)	86
3-24 Lemari Pasangan Luar untuk Penempatan Alat Ukur TT-TM	87
3-25 Sambungan Listrik TM Pengukuran TM Tarif Tunggal Mengguna- kan Cut Out / Tiang dengan AAAC & KVARH (Sistem 3 kawat) ...	88
3-26 Sambungan Listrik TM Pengukuran TR Tarif Tunggal Mengguna- kan Peralatan Cubicle dengan Kabel TM & KVARH (Sistem 3 kawat/4 kawat TM)	89
3-27 Lemari APP untuk TM-TR (100 A - 500 A) (dengan Tutup Luar)	91
3-28 Lemari APP untuk TM-TR (100 A - 500 A) (Tanpa Tutup Luar)..	90
3-29 Sambungan Listrik TM Pengukuran TR Tarif Ganda Mengguna- kan Peralatan Cubicle dengan Kabel TM & KVARH (Sistem 3 kawat/4 kawat)	92
4-1 Konstruksi Tiang Beton	93
4-2 Jarak aman yang diperlukan untuk menentukan panjang tiang	94
4-3 Mendirikan tiang cara manual	95
4-4 Mendirikan Tiang dengan alat pengangkat	98
4-5 Kabel udara melintasi jalan umum yang dilalui kendaraan bermotor	100
4-6 Kabel udara yang dipasang di sepanjang jalan raya	100
4-7 Kabel udara yang dipasang di bawah pekerjaan konstruksi	101
4-8 Dua Kabel udara (SUTM & SUTR) dipasang pada satu tiang	101
4-9 Kabel udara melintasi sungai	102
4-10 Kabel udara yang melintas di sebelah jembatan	103
4-11 Kabel udara melintasi jalur listrik saluran udara	104
4-12 Kabel udara yang melintasi rel kereta api	104

4-13 Kabel udara yang melalui kabel udara telekomunikasi	105
4-14 Jarak dengan kabel telekomunikasi	106
4-15 Pemasangan saluran udara di dekat kabel telekomunikasi	107
4-16 Kabel udara yang melintasi Rel kereta api	108
4-17 Contoh skema jaringan tegangan rendah	108
4-18 Pemasangan TC pada jaringan 0°-45° pada tiang beton bulat (sudut kecil)	109
4-19 Pemasangan TC pada jaringan 45°-120° pada tiang beton bulat (sudut besar)	109
4-20 Penyambungan TC pada tiang penegang tiang beton	110
4-21 Konstruksi tiang penyangga(TR1)	110
4-22 Konstruksi tiang penegang/sudut(TR2)	111
4-24 Konstruksi tiang penyangga silang(TR4)	111
4-25 Konstruksi tiang penyangga & sudut silang (TR4A)	112
4-26 Konstruksi tiang penyangga & sudut silang (TR4B)	112
4-27 Konstruksi tiang penegang (TR5)	112
4-28 Konstruksi tiang penegang dengan hantaran beda penampang (TR5A)	113
4-29 Konstruksi tiang percabangan (TR6)	113
4-30 Konstruksi tiang percabangan (TR6A)	113
4-31 Konstruksi Penyambungan konduktor TC dan AAAC (TR7)	114
4-32 Konstruksi <i>Guy Wire</i> (GW)	114
4-33 Konstruksi <i>Strut Pole</i>	115
4-34 Konstruksi Horizontal <i>Guy Wire</i> (GW)	115
4-35 Alat pelindung dari seng	116
4-36 Kendaraan pengangkut kabel dan haspel (gulungan kabel)	116
4-37 Kantung Perkakas Tukang Listrik (<i>Electrician tool poche</i>)	118
4-38 Kotak Perkakas (<i>Tool box</i>)	118
4-39 Belincong (Pick)	119
4-40 Bor Listrik (<i>Electric drill</i>)	119
4-41 Cangkul (<i>Shovel</i>)	119
4-42 Bor Nagel (Auger (<i>Ginlet</i>))	119
4-43 Bor Tangan (<i>Hand drill</i>)	119
4-44 Gergaji kayu (<i>stang</i>)	119
4-45 Gergaji kayu	119
4-46 Kakatua	119
4-47 Linggis (<i>Digging Bar</i>)	120
4-48 Kunci Inggris (<i>Adjustable Wrech</i>)	120
4-49 Kikir (<i>File</i>)	120
4-50 Kunci Pas (<i>Spanner</i>).....	120
4-51 Kunci Ring (<i>Offset Wrech</i>)	120
4-52 Pahat Beton (<i>Concrete Chisel</i>)	120
4-53 Obeng (<i>Screw Driver</i>)	120
4-54 Pahat Kayu (<i>Wood Chisel</i>)	120
4-55 Palu (<i>Hammer</i>)	120
4-56 Penjepit Sepatu Kabel Hidrolik (<i>Hydraulic Crimping Tool</i>)	121

4-57	Alat Pembengkok Pipa (<i>Pipe Bender</i>)	121
4-58	Sendok Aduk (<i>Trowel</i>)	121
4-59	Pisau Kupas Kabel (<i>Line's men knife</i>)	121
4-60	Skop (<i>Spade</i>)	121
4-61	Tang Kombinasi (<i>Master Plier</i>)	121
4-62	Tang Lancip (<i>Radio long Nose Plier</i>)	121
4-63	Tang Pengupas Kabel (<i>Wire Striper</i>)	121
4-64	Tang Potong (<i>Diagonal cutting plier</i>)	122
4-65	Tirpit (Penarik kabel)	122
4-66	Ampere Meter	122
4-67	Kwh Meter	122
4-68	Lux Meter (<i>Illumino Meter</i>)	122
4-69	Megger (<i>Insulation Tester</i>)	122
4-70	Meteran Kayu/lipat (<i>Folding wood measurer</i>)	123
4-71	Meteran Pendek (<i>Convec Rule</i>)	123
4-72	Multimeter (<i>Multy meter</i>)	123
4-73	Termometer (<i>Thermometer</i>)	123
4-74	Tespen (<i>Electric tester</i>)	123
4-75	Water Pas (<i>Level</i>)	123
4-76	Volt meter	123
4-77	Kacamata Pengaman (<i>Safety goole</i>)	124
4-78	Pelindung Kedengaran (<i>Hearing protector</i>)	124
4-79	Pelindung Pernafasan (<i>Dust/Mist Protector</i>)	124
4-80	Topi Pengaman (<i>Safety Helmet/Cap</i>)	124
4-81	Sabuk Pengaman (<i>Safety Belt</i>)	124
4-82	Sarung Tangan 20 kV (<i>20 kV Glove</i>)	124
4-83	Sepatu Pengaman (<i>Safety Shoe</i>)	124
4-84	Bor Listrik Duduk (<i>Bend Electric Drill</i>)	125
4-85	Catok (<i>Vise</i>)	125
4-86	Dongkrak Haspel Kabel (<i>Cable Drum Jack</i>)	125
4-87	Disel Genset (<i>Diesel Generator</i>)	125
4-88	Gerinda Potong Cepat (<i>High Speed Cutter</i>)	125
4-89	Mesin Penarik Kabel (<i>Winche</i>)	125
4-90	Molen Beton (<i>Concrete Mixer</i>)	125
4-91	Pembengkok Pipa Hidrolis (<i>Hydraulic Pipe Bender</i>)	125
4-92	Pemegang Kabel (<i>Cable Grip</i>)	126
4-93	Pompa Air (<i>Water Pump</i>)	126
4-94	Rol Kabel (<i>Cable Roller</i>)	126
4-95	Tangga Geser (<i>Extension Ladder</i>)	126
4-96	Treller Haspel Kabel (<i>Cable Drum Trailler</i>)	126
4-97	Alat Ukur Model Wenner	129
4-98	Mengukur Tahanan Tanah dengan Earth Tester Analog	130
4-99	Pengukuran dengan <i>Earth Resistance Tester</i> dan Persyaratan pengukuran tahanan tanah	131
4-100	Pengukuran dengan Tang Ground Tester Digital	131
4-101	Pemasangan Multyple Grounding	132

4-102	Penempatan Elektrode Pengukuran	132
4-103	Diagram Satu Garis PHB-TR	135
4-104	Gambar Konstruksi Sistem Pembumian	138
4-105	Perletakan 1 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah berm	142
4-106	Perletakan 2 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah berm	142
4-107	Perletakan 3 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah berm	143
4-108	Perletakan 4 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah berm	143
4-109	Perletakan 5 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah berm	144
4-110	Perletakan 6 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah berm	144
4-111	Perletakan 7 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah berm	145
4-112	Perletakan 8 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah berm	145
4-113	Perletakan 1 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah berm posisi penyebrangan	146
4-114	Perletakan 1 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah berm posisi paralel	146
4-115	Perletakan 1 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah trotoar	147
4-116	Perletakan 2 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah trotoar	147
4-117	Perletakan 3 kabel tanah TR tiap 1 eter di bawah trotoar	148
4-118	Perletakan 4 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah trotoar	148
4-119	Perletakan 5 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah trotoar	149
4-120	Perletakan 6 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah trotoar	149
4-121	Perletakan 7 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah trotoar	150
4-122	Perletakan 8 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah trotoar	150
4-123	Perletakan 1 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah trotoar posisi penyebrangan	151
4-124	Perletakan 1 kabel tanah TR tiap 1 meter di bawah trotoar posisi paralel	151
4-125	Perletakan 1 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali)	152
4-126	Perletakan 2 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali)	152
4-127	Perletakan 3 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali)	153
4-128	Perletakan 4 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali)	153
4-129	Perletakan 5 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali)	154
4-130	Perletakan 6 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali)	154
4-131	Perletakan 7 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali)	155
4-132	Perletakan 8 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali)	155
4-133	Perletakan 1 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali) posisi penyebrangan	156

4-134	Perletakan 1 kabel tanah TR tiap 1 meter melintang jalan raya aspal (digali) posisi paralel	156
4-135	Susunan struktur penanaman kabel tanah	157
4-136	Pemasangan kabel tanah dengan pipa pelindung	157
4-137	Cara meletakkan kabel tanah di dalam tanah galian	157
4-138	Ukuran dan penempatan untuk satu kabel dan dua kabel	157
4-139	Ketentuan umum sambungan pelanggan	158
4-140	Ketentuan umum sambungan luar pelanggan	159
4-141	Konstruksi SLP 1 phasa jenis DX/ 3 phasa jenis QX pada STR tanpa isolasi dan berisolasi	160
4-142	Konstruksi SLP 1 phasa jenis DX/ 3 phasa jenis QX pada STR tanpa isolasi dan STR berisolasi	160
4-143	Konstruksi SLP 1 phasa jenis DX/ 3 phasa jenis QX pada STR tanpa isolasi dan STR berisolasi	161
4-144	Konstruksi SLP 1 phasa jenis DX/ 3 phasa jenis QX pada STR tanpa isolasi dan berisolasi	161
4-145	Konstruksi SLP 1 phasa jenis DX/ 3 phasa jenis QX pada STR tanpa isolasi dan berisolasi	162
4-146	Konstruksi SLP 1 phasa / 3 phasa jenis Twisted pada STR tanpa isolasi dan STR berisolasi	162
4-147	Konstruksi SLP 1 phasa / 3 phasa jenis Twisted pada STR tanpa isolasi dan STR berisolasi	163
4-148	Konstruksi SLP 1 phasa / 3 phasa jenis Twisted pada STR tanpa isolasi dan STR berisolasi	163
4-149	Konstruksi SLP 1 phasa jenis DX/ 3 phasa jenis QX padatiang atap ..	164
4-150	Konstruksi SLP 1 phasa jenis DX/ 3 phasa jenis QX pada titik tumpu dinding/tiang kayu	164
4-151	Konstruksi SLP 1 phasa jenis DX/ 3 phasa jenis QX pada titik tumpu dinding/tiang beton	165
4-152	Konstruksi SLP 1 phasa jenis DX/ 3 phasa jenis QX pada titik tumpu dinding/tiang kayu dan beton	165
4-153	Konstruksi SLP 1 phasa, 3 phasa Jenis twisted pada tiang atap	166
4-154	Konstruksi SLP 1 phasa, 3 phasa jenis twisted pada titik tumpu dinding/tiang kayu dan beton	166
4-155	Konstruksi SLP 1 phasa, 3 phasa jenis twisted pada titik tumpu dinding/tiang kayu	166
4-156	Konstruksi SLP 1 phasa, 3 phasa jenis twisted pada titik tumpu dinding/tiang kayu	167
4-157	Konstruksi SMP dengan tiang atap untuk SR 1 phasa/3 phasa dengan SLP jenis DX/QX dan SMP jenis NYM/NYY di luar Bangunan	167
4-158	Konstruksi SMP dengan tiang atap untuk SR 1 phasa/3 phasa dengan SLP jenis DX/QX dan SMP jenis NYM/NYY di luar Plapon	169

4-159	Konstruksi SMP dengan titik tumpu untuk SR 1 phasa/3 phasa dengan SLP jenis DX/QX dan SMP jenis NYM/NYY di luar Bangunan	169
4-160	Konstruksi SMP dengan titik tumpu untuk SR 1 phasa/3 phasa dengan SLP jenis DX/QX dan SMP jenis NYM/NYY di luar Bangunan	170
4-161	Konstruksi SMP dengan tiang atap untuk SR 1 phasa/3 phasa tanpa sambungan jenis Twisted	171
4-162	Konstruksi SMP dengan tiang atap untuk SR 1 phasa/3 phasa tanpa sambungan jenis Twisted	172
4-163	Konstruksi SMP dengan tiang atap untuk SR 1 phasa/3 phasa tanpa sambungan jenis Twisted	172
4-164	Konstruksi SMP dengan titik tumpu untuk SR 1 phasa/3 phasa tanpa sambungan jenis Twisted	173
4-165	Pemasangan APP pelanggan TR 1 phasa/3 phasa dengan OK type I/III pada dinding yang telah ada pelindungnya	173
4-166	Pemasangan APP pelanggan TR 1 phasa dengan OK type I dengan pelindung tambahan	174
4-167	Pemasangan APP pelanggan TR 3 phasa dengan OK type III dengan pelindung tambahan	175
4-168	Pemasangan APP pelanggan TR 3 phasa pada Gd. Trafo Tiang	176
4-169	Pembagian daerah pengaruh arus bolak-balik (pada 50-60 hz) terhadap orang dewasa	184
4-170	Sistem Pentanahan TR	189
4-171	Sistem Pentanahan PNP	190
4-172	Kasus Putusnya Penghantar Netral pada Sistem PNP	192
4-173	Macam-macam hubungan singkat	193
4-174	Pengaman Lebur Tabung Tertutup	195
4-175	Kurva leleh minimum dan kurva pemutusan maksimum dan pelebur tegangan rendah	198
4-176	Kurva leleh minimum dan kurva pemutusan maksimum dan pelebur tegangan rendah (230/400V) Berdasarkan rekomendasi IEC 269 – 2	199
4-177	Kurva leleh minimum dan kurva pemutusan maksimum dan pelebur tegangan rendah (230/400V) Berdasarkan rekomendasi IEC 269 – 2	200
5-1	Pola sistem tenaga Listrik	202
5-2	Pola proteksi pada saluran udara tegangan menengah	207
5-3	Pola proteksi pada saluran kabel tanah	207
5-4	Pola proteksi pada pembangkit	208
5-5	Aspek Pembumian pada JTM	208
5-6	Titik-titik pembumian pada jaringan	211
5-7	Aturan Penanaman Kabel	214
5-8	Pekerjaan sebelum penanaman kabel	216
5-9	Peletakan Kabel Tanah	217
5-10	Pengangkutan kabel tanah tegangan menengah dengan forklif ..	218

5-11	Alat pelindung dari seng	219
5-12	Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah	219
5-13	Penentuan Lintasan Kabel Tanah	220
5-14	Lebar Galian dan Penanganan Kotak Sambungan	220
5-15	Dasar lubang galian	220
5-16	Aturan Penanaman Kabel	221
5-17	Jembatan Kabel	221
5-18	Konstruksi khusus penanaman kabel	222
5-19	Lintasan penyebrangan kabel tanah pada gorong-gorong/parit ..	222
5-20	Pekerjaan penanaman kabel	223
5-21	Buis Beton	224
5-22	Konstruksi Penanaman Kabel Tanah	224
5-23	Pemasangan Kabel pada Jembatan Beton	225
5-24	Posisi/kedudukan kabel di dasar rak kabel	226
5-25	Penanganan dan Pengangkutan dengan Haspel	227
5-26	Alat Penarik Kabel	227
5-27	Alat Penarik kabel (Grip)	228
5-28	Roller untuk Kabel	228
5-29	Roll Penggelar Kabel	229
5-30	Dongkrak Kabel	229
5-31	Penarikan kabel TM dengan Roll dibelokan normal	229
5-32	Penarikan kabel TM Belokan Tajam	230
5-33	Penggelaran Kabel	230
5-34	Persiapan Penyambungan Kabel	231
5-35	Tutup / Dop Ujung Kabel	231
5-36	Aturan galian penyambungan	232
5-37	Penamaan Timah Label	232
5-38	Pemasangan Lebel pada Kotak Sambung	233
5-39	Alat Pembumian Kabel yang akan dipotong	233
5-40	Tutup Asbes	234
5-41	Anyaman penghubung	234
5-42	Alat Kerja Pembumian	234
5-43	Jarak aman antara kereta api dengan tiang	237
5-44	Jarak aman antara SUTT dan SUTM	238
5-45	Jarak aman antara Menara SUTT dan SUTM	238
5-46	Jarak aman antara SUTR dan SUTM	239
5-47	JTM 3 fasa 20 kV Menggunakan tiang besi/beton Pin type insulator & kawat AAAC/AAAC-S per kms jarak gawang 50 meter (sistem 3 kawat)	244
5-48	JTM 3 fasa 20 kV Menggunakan tiang besi / beton Pos type insulator & kawat AAAC/AAAC-S per kms jarak gawang 50 mete (sistem 3 kawat)	245
5-49	JTM 3 fasa 20 kV Menggunakan tiang besi / beton dengan kabel udara Twisted 20 kV per kms jarak gawang 50 meter (sistem 3 & 4 kawat)	246

5-50	JTM 3 fasa 20 kV Menggunakan tiang besi / beton Pin type insulator & kawat AAAC / AAAC-S per kms jarak gawang 50 meter (sistem 4 kawat)	247
5-51	JTM 3 fasa 20 kV Menggunakan tiang besi / beton Pos type insulator & kawat AAAC/ AAAC-S per kms jarak gawang 50 meter (sistem 4 kawat)	248
5-52	JTM 1 fasa 20 kV Menggunakan tiang besi/ beton Pin type insulator & kawat AAAC / AAAC-S per kms jarak gawang 50 meter	249
5-53	JTM 1 fasa 20 kV Menggunakan tiang besi/beton Post type insulator & kawat AAAC / AAAC-S per kms jarak gawang 50 meter	250
5-54	Konstruksi tiang penyangga (TM-1)	251
5-55	Konstruksi tiang penyangga ganda (TM-2).....	251
5-56	Konstruksi tiang tarik akhir (TM-4)	252
5-57	Detail rangkaian isolator tarik/gantung	252
5-58	Konstruksi tiang penegang (TM-5)	253
5-59	Konstruksi tiang penegang dengan Cut Out Switch pada tiang akhir lama (TM-4XC)	253
5-60	Konstruksi tiang tarik ganda (TM-5)	254
5-61	Konstruksi penegang dengan Cut Out Switch (TM5C)	254
5-62	Konstruksi Percabangan tiang penyangga dan tarik (TM8)	255
5-63	Konstruksi Tiang sudut (TM10)	255
5-64	Konstruksi tiang sudut dilengkapi Cut Out Switch (TM10C)	256
5-65	Konstruksi portal dua tiang (TMTP2)	256
5-66	Konstruksi portal tiga tiang (TMTP3)	257
5-67	Konstruksi sudut portal dua tiang (TMTP2A)	257
5-68	Konstruksi sudut portal tiga tiang (TMTP3A)	258
5-69	Konstruksi tiang akhir dengan pemasangan kabel tanah (TM11)	258
5-70	Konstruksi Guy Wire (GW)	259
5-71	Strut Pole (SP)	260
5-72	Horizontal Guy Wire (HGW)	260
5-73	Pemasangan Cross Arm double Tumpu pada Tiang Beton Bulat	261
5-74	Pemasangan Cross Arm double Tumpu pada Tiang Beton H	262
5-75	Pemasangan Cross Arm Tention Support 2000 mm pada Tiang Beton Bulat	263
5-76	Pemasangan Cross Arm Tention Support 2000 mm pada Tiang Beton H	264
5-77	Pemasangan Cross Arm Tention Support 2200 mm Double Pole pada Tiang Beton Bulat	265
5-78	Pemasangan Cross Arm Tention Support 2200 mm Double Pole pada Tiang Beton H	266
5-79	Pemasangan 2 X Tention Support 2200 mm Diatas Dua Tiang..	267
5-80	Pemasangan 2 X Tention Support 2200 mm Diatas Dua Tiang Beton H	268

5-81	Pemasangan 2 X ½ Tention Support 2000 mm pada Tiang Beton Bulat sudut $\pm 90^\circ$	269
5-82	Pemasangan 2 X ½ Tention Support 2000 mm pada Tiang Beton H sudut $\pm 90^\circ$	270
5-83	Pemasangan Cross Arm 2 x T- Off pada Tiang Beton bulat	271
5-84	Peralatan Pengait untuk komunikasi Pembawa (PLC)	276
5-85	Peralatan Pengait (Coupling Equipment). dalam Gardu. A: Jebakan Saluran (Line Trap) B: Kapasitor Pengait (Coupling Capacitor) C: Penyaring Pengait (Coupling Filter)	277
5-86	Sistem Rangkaian Transmisi dengan Pembawa (PLC)	278
5-87	Contoh Peralatan Radio	281
5-88	Contoh Sistem Komunikasi Radio Mobil untuk Pemeliharaan Saluran	283
5-89	Lintasan Gelombang Mikro yang dipantulkan oleh reflektor Pasif.	285
5-90	Reflektor Pasif (A) dan Antena Parabola (B) Gelombang Mikro (Panah menunjukkan Lintasan Gelombang	285
5-91	Penghitungan Kapasitas Baterai	287
5-92	Lengkung Pelepasan Baterai	287
6-1	Bentuk lemari dengan bagian yang dapat ditarik keluar	291
6-2	Busbar tipe terbuka (pandangan depan)	291
6-3	Salah satu contoh Busbar tipe tertutup (Kubikel)	292
6-4	PHB/Gardu terbuka	293
6-5	PHB TR (<i>Out Door</i>)	293
6-6	Rangkaian Utama, Pengukuran & Kontrol PHB TR.	294
6-7	PHB-TR Dua Jurusan dan Empat Jurusan	295
6-8	Konstruksi PHB-TR type berdiri (Standing)	296
6-9	Diagram Pengawatan PHB-TR	297
6-10	Pemeriksaan titik sambungan dengan Thermavision	299
6-11	Pelaksanaan Pemeliharaan Salah Satu Komponen PHB TR	300
6-12	Diagram Segaris Gardu Trafo Tiang (GTT)	300
6-13	Pemasangan PHB-TR pada Gardu	301
6-14	Diagram Satu Garis PHB-TR Gardu Tiang Trafo	302
6-15	Pemasangan PHB-TR pada Gardu Control	302
6-16	Rangkaian Dasar Trafo	305
6-17	Diagram Arus Penguat	306
6-18	Rangkaian Trafo Berbeban	307
6-19	Detail Load Break Switch	318
6-20	Ruang Kontak Kontrol <i>Load break switch</i>	323
6-21	Panel Perlengkapan <i>Load break switch</i>	323
6-22	Menghubungkan Kabel	327
6-23	Melepaskan Kabel Kontrol	329
6-24	Pengujian Load Break	329
6-25	Terminal TeganganTinggi	330
6-26	Sambungan Suplai Tegangan Rendah	331
6-27	Sambungan Kabel Ujung	332
6-28	Suplai Tegangan Rendah dan Terminal Grounding	332

6-29	Gabungan Kabel suplai dari Terminal Trafo	333
6-30	Daerah pengamanan gangguan	337
6-31	SUTM dalam keadaan gangguan satu kawat ke tanah	343
6-32	SUTM dalam keadaan gangguan 2 kawat ke tanah	343
6-33	SUTM dalam keadaan gangguan 3 kawat ke tanah	344
6-34	Penempatan Rele Pengaman pada Jaringan Radial	359
6-35	Koordinasi Pengaman pada Jaringan Radial	350
6-36	Koordinasi Pengaman pada Jaringan Loop	351
6-37	Koordinasi PBO, SSO dan FCO	351
6-38	Penempatan PMT, PBO, PL dan SSO pada pangkal saluran cabang jaringan TM	353
6-39	Penempatan PMT dan PL pada jaringan Spindel SKTM (PMT tanpa PBO) Pola 2	354
6-40	Penempatan PMT, PBO, PL, SSO serta Saklar Tuas (ST)	355
6-41	Penempatan PMT, SSO, ST, FCO pada SUTM	356
6-42	Penempatan Arrester, PL dan PMT pada SUTM	357
6-43	Sambaran petir pada SUTM	358
6-44	Kondisi I dan II dari Jaringan Distribusi	368
6-45	Muatan sepanjang tepi awan menginduksikan muatan lawan pada bumi	359
6-46	Lidah petir menjalar ke arah bumi	359
6-47	Kilat sambaran balik dari bumi ke awan	360
6-48	Kumpulan muatan pada SUTM	360
6-49	Gelombang tegangan uji impuls 1,2 x 50 mikro detik	362
6-50	Skema Sambaran Petir yang Dialihkan <i>Arrester</i> ke Tanah	364
6-51	Pengamanan dengan arrester tanpa interkoneksi terminal Pentanahan	365
6-52	Pengamanan dengan arrester dan interkoneksi ke terminal pentanahan (solid)	365
6-53	Pengamanan dengan arrester dan interkoneksi pentanahan melalui celah (gap)	365
6-54	Hubungan arrester pada sistem bintang yang diketanahkan	366
6-55	Pemakaian arrester pada sistem delta	366
6-56	Hubungan arrester yang direkomen-dasikan untuk sisi beban di bagian primer pelebur (PL)	367
6-57	Tegangan pada SKTM akibat sambaran petir pada SUTM	368
6-58	Penghantar putus sehingga arus mengalir ke tanah	359
6-59	Kegagalan sambungan kawat pada terminal trafo	370
6-60	Bushing trafo pecah	370
6-61	Perangkat Relai Pengaman Arus Lebih	370
6-62	Diagram satu garis pengaman JTM	371
6-63	Pengawatan pengaman dengan relai OCR	371
6-64	Diagram pengawatan AC dengan kontrol DC dari OCR/GFR (Metoda 2 OCP)	372

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2-1	Penggolongan tarif tenaga listrik	49
2-2	Nilai g untuk bermacam-macam jenis beban	51
2-3	Daya hantar arus AAAC & XLPE cable TR	54
3-1	Jenis Pembatas dan Penggunaannya	63
3-2	Contoh Data Teknik Pemutus Tenaga (MCB)	63
3-3	Arus Mula	80
3-4	Batas Kesalahan Presentase yang Diijinkan	81
4-1	Memilih Panjang Tiang	94
4-2	Batas minimum penggunaan tiang beton Pada jaring SUTR– TIC khusus	95
4-3	Spesifikasi kabel LVTC	99
4-4	Tahanan Jenis Tanah	127
4-5	Nilai rata-rata Tahanan Elektrode Bumi	128
4-6	Ukuran galian tanah untuk beberapa pipa beton	157
4-7	Daftar material konstruksi SMP dengan tiang atap dan titik tumpu untuk SR 1 phasa/3 phasa dengan SLP jenis DX/QX da SMP jenis NYM/NYY.....	168
4-8	Daftar material konstruksi SMP dengan tiang atap/titik tumpu untuk SR 1 phasa/3 phasa tanpa sambungan jenis Twisted....	171
4-9	Tegangan sentuh yang aman sebagai fungsi dari waktu	185
4-10	Tahanan tubuh sebagai fungsi dari tegangan sentuh	185
4-11	Kuat Hantar Arus Pangeman Lebur	196
4-12	KHA Penghantar Tembaga A2C dan A3C	197
4-13	Rekomendasi pemilihan arus pengenal pelebur 24 kV jenis letupan (Publikasi IEC 282-2 (1970). NEMA disisi primer berikut pelebur jenis pembatas arus (publikasi IEC 269-2 (1973)(230/400V) disisi sekunder yang merupakan pasangan yang diserahkan sebagai pengaman trafo distribusi.....	197
4-14	Persamaan kurva ketahanan untuk bermacam-macam jenis isolasi	201
5-1	Momen listrik kabel dan hantaran udara TM (20kV) pada bebar diujung penghantar dengan susut tegangan 5%	212
5-2	Pemilihan Kekuatan Tiang Ujung Jaring Distribusi Tegangan Menengah	240
5-3	Jenis-jenis Fasilitas Komunikasi	272
5-4	Karakteristik dan Struktur Kabel Telekomunikasi	275
5-5	Contoh spesifikasi Peralatan Pembawa Saluran tenaga	279
5-6	Contoh spesifikasi Peralatan Radio	280
6-1	Material Pemeliharaan GTT	310
6-2	Tabel Daya dan Arus Fuse Link	313
6-3	Tabel Daya dan Arus Fuse Link	314
6-4	Kabel standar	317
6-5	Panduan Pengujian Switchgear	336

ISBN 978-979-060-059-1
ISBN 978-979-060-061-4

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 45 Tahun 2008 tanggal 15 Agustus 2008 tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran yang Memenuhi Syarat Kelayakan untuk digunakan dalam Proses Pembelajaran.

HET (Harga Eceran Tertinggi) Rp. 23.342,00