UNDERGROUND CABLE PRACTICES

(JENIS KABEL BAWAH TANAH)



OBJEKTIF

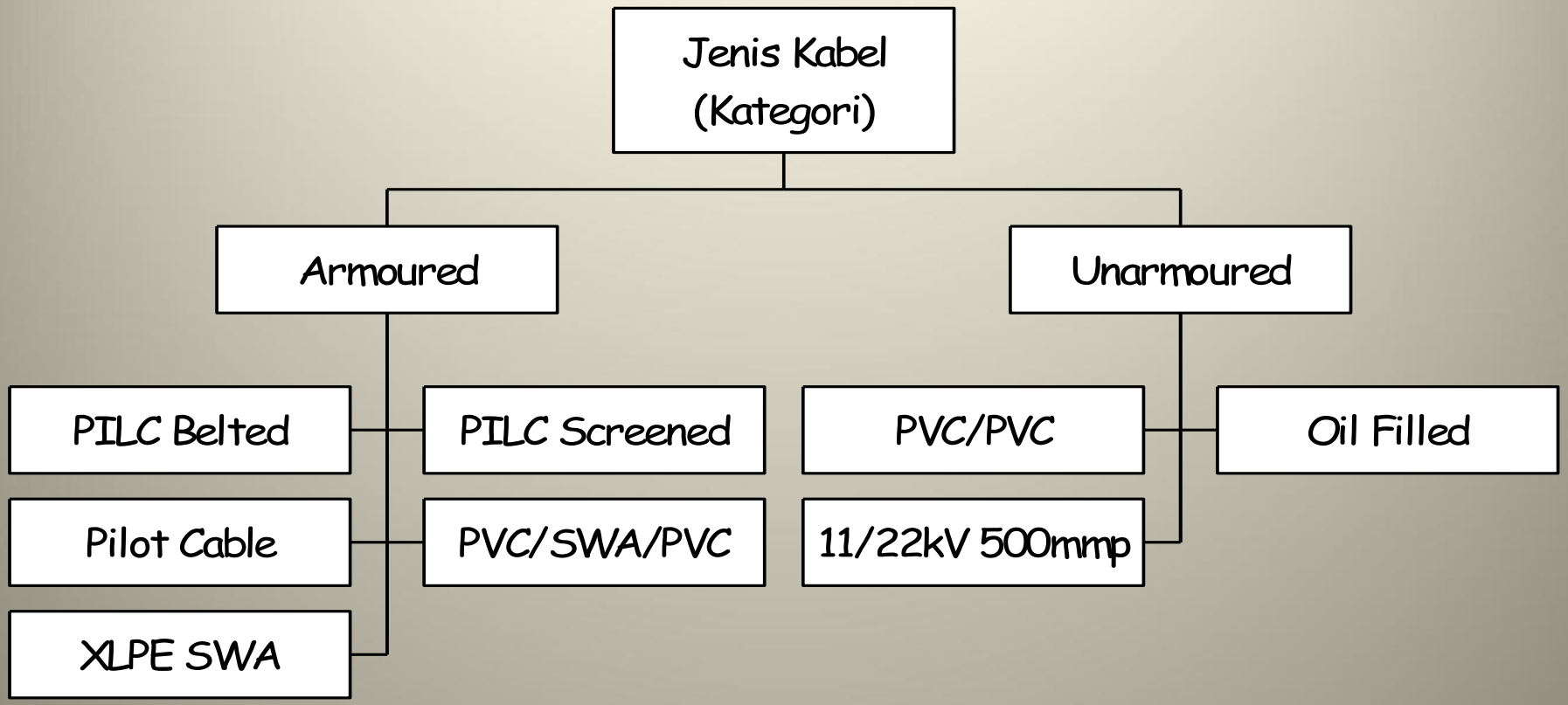
1. Kenalpasti jenis-jenis kabel pada voltan rendah dan kegunaan.
2. Tahu untuk memilih jenis kabel dan keupayaan kabel membawa arus.
3. Kenal jumlah teras pada kabel mengikut jadual penggunaannya.
4. Jenis-jenis pengalir pada kabel.

PENGENALAN KABEL

Perkara yang berikut mesti dinyatakan sebagai pengenalan sesuatu jenis kabel:

1. Bahan pengalir: contoh - kuprum.
2. Jenis penebat: contoh - pvc.
3. Jenis sarung atau perlindungan mekanik jika ada): contoh - plumbum.
4. Luas keratan rentas atau lembar - garis pusat: contoh - 6 mm^2 atau 7/1.04 mm^2.
5. Kadaran voltan: contoh - 600/1000 V.
6. Bilangan teras: contoh - satu.
7. Boleh lentur atau tidak: contoh - tidak boleh lentur.
8. Kod warna jika ada): contoh - hitam.

JENIS-JENIS KABEL



JENIS-JENIS KABEL

- PVC, PVC/PVC
- PVC/SWA/PVC (PVC Armoured)
- PILC (Paper Insulated Lead Covered)
- PILCDSTAS (Paper Insulated Lead Covered Double Steel Tape and Serving)
- XLPE (Cross Link Polyethelene)
- XLPE Insulated PVC sheated
- Screen Cable
- Submarine Cable
- Oil Filled Cable

Ciri-Ciri Kekebalan & Keistimewaan

- Penghalang kerosakan mekanikal;
- Penghalang kemasukan kelembapan;
- Penghalang daripada ketegangan elektrikal (electrical stress).



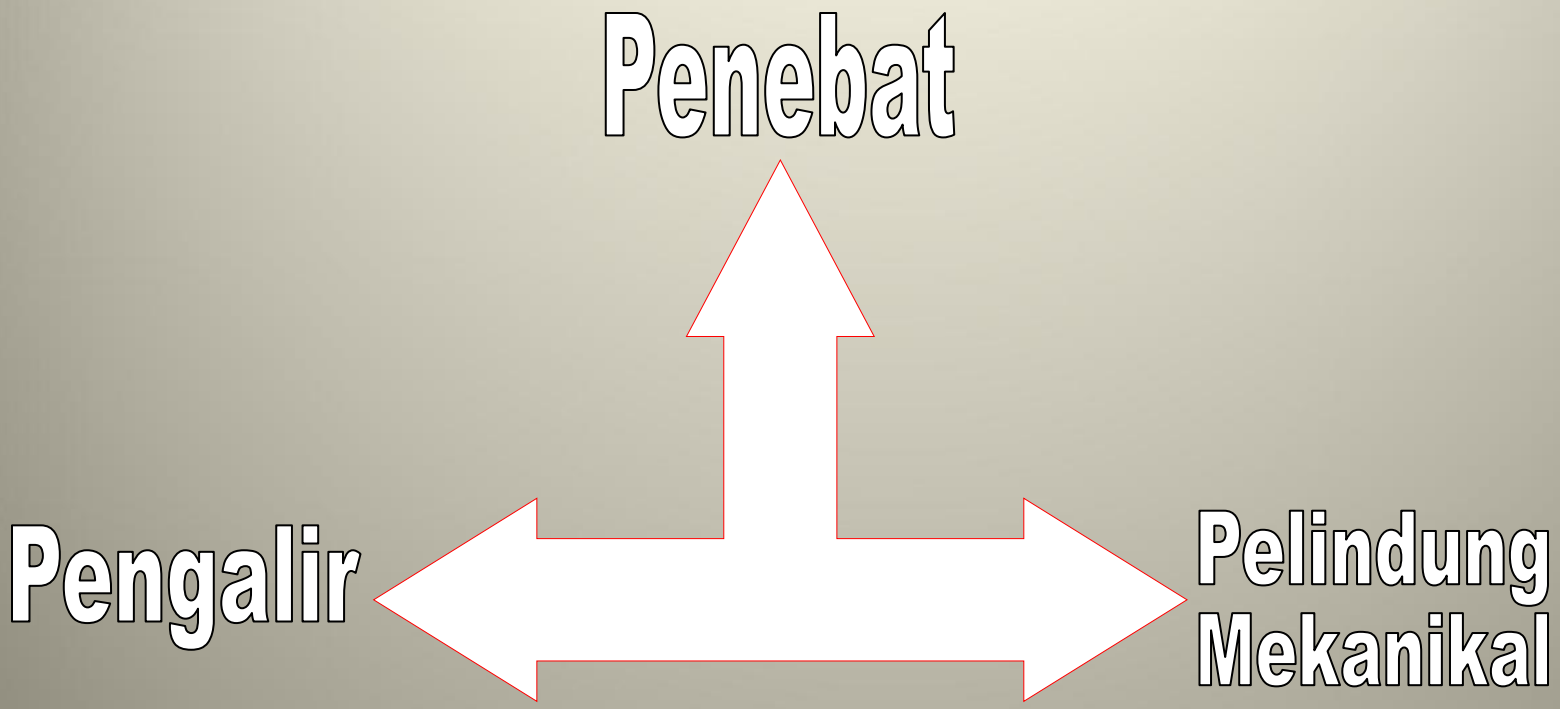


PELBAGAI JENIS KABEL





KOMPONAN ASAS KABEL



PERLINDUNGAN MEKANIKAL

Ketahanan Fisikal

Ketahanan Suhu

Perlindungan Karat

Perlindungan Kemasukan Air

JENIS PERLINDUNGAN MEKANIKAL

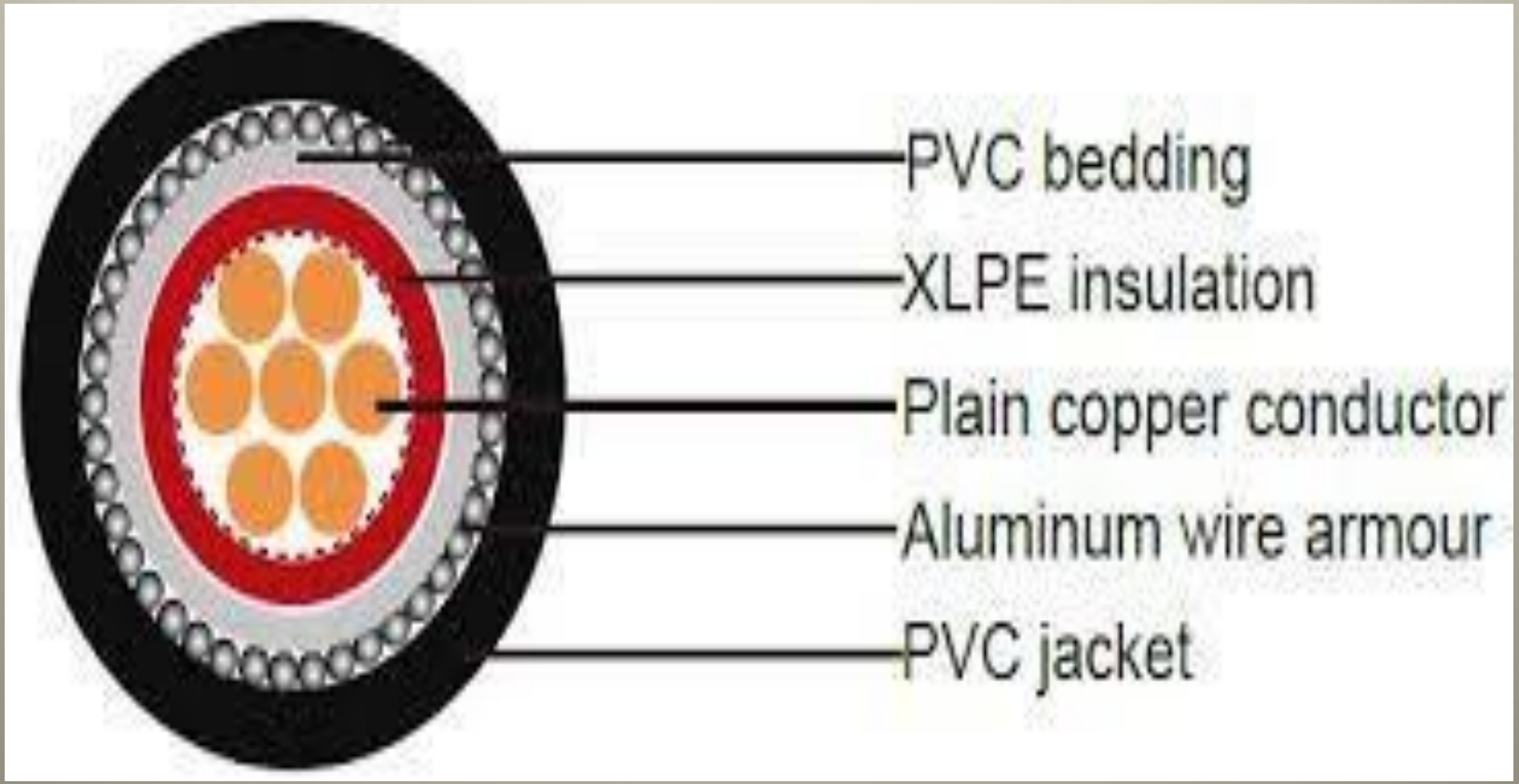
1. **PELAPIK (BEDDING) KABEL BAWAH TANAH.**

- Semua Kabel mempunyai pelapik (Bedding) di antara perisai (armour) dengan salut timah hitam, ketebalan pelapik ialah 1.5 mm.

  Ia digunakan sebagai pengalas (cushion) diantara perisai dengan sarung timah hitam. Ini untuk mengelakkan daripada sarung timah hitam dirosakkan oleh perisai.

- Pelapik ini terdiri daripada dua pita kertas berkompoun atau pita PVC dan satu atau lebih pita lapisan bahan-bahan bersabut (fibre) yang sesuai. Kompoun tambahan akan disapu atau diletakkan ke atas lapisan tersebut.

Pelapik (Bedding)



PERISAI KABEL

1.Perisai keluli 2 lapisan (double steel tape armour)

2.Perisai dawai satu lapis (single wire armour).

3.Perisai dawai 2 lapisan (double wire armour).

PERISAI KELULI 2 LAPISAN
(DOUBLE STEEL TAPE ARMOUR).



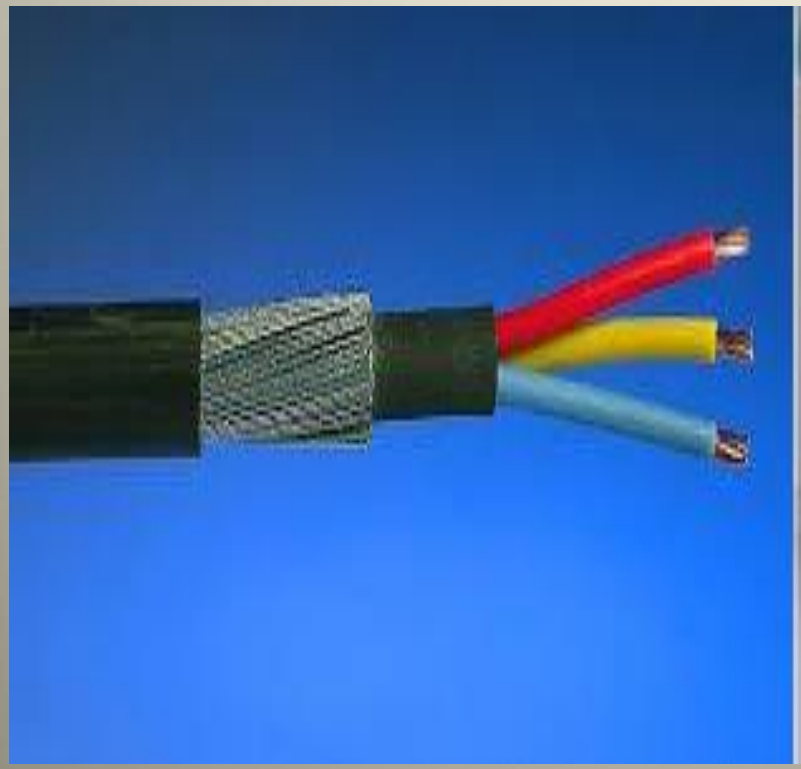
PENERANGAN

- Ia memberikan perlindungan yang baik daripada hancur (crushing) atau dilukai oleh benda-benda tajam.
- Kedua-dua lapisan pita ini disusun dalam keadaan tegak dengan *left hand lay* supaya pita yang luar diletakkan lebih kurang ditengah-tengah pada celahan pita yang didalam.

JADUAL KETEBALAN PITA MENGIKUT SAIZ KABEL

Voltan Kabel	Saiz Kabel	Ketebalan pita perisai keluli
11 kV	Sehingga 70 mm^2 90 mm^2 ke atas	0.5 mm 0.8 mm
V.R/V.S	Sehingga 120 mm^2 150 mm^2 ke atas	0.5 mm 0.8 mm

PERISAI DAWAI SATU LAPIS (SINGLE WIRE ARMOUR).





PENERANGAN

- Lebih mahal daripada perisai keluli 2 lapisan (double steel tape armour).
- Ia memberi perlindungan mekanikal lebih baik dan digunakan di mana kekuatan pemanjangan diperlukan.

a. Kabel ditarik ke dalam saluran.

b. Melintangi sungai.

c. Direntangi di tanah liat.

d. Merentangi kabel secara menegak.

e. Kabel yang digantung pada ‘ braces ‘ landasan keretapi atau dalam terowong.

f. Garis pusat dawai berperisai ini bergantung pada saiz kabel (1.25 ke 3.15 mm).

PERISAI DAWAI 2 LAPISAN (DOUBLE WIRE ARMOUR).





PERISAI DAWAI 2 LAPISAN (DOUBLE WIRE ARMOUR).

- Kedua-dua lapisan adalah sama saiznya. Pemisah (separator) perisai ini mempunyai satu lapisan bahan kompaun yang sesuai diantara lapisan-lapisan tersebut.

PENEBAT PADA KABEL

Fungsi penebat ialah sesuatu yang menghalang pengaliran elektron bebas mengalir melaluinya. bahan penebat mesti mempunyai kekuatan dielektrik yang tinggi.

Berikut adalah bahan yang digunakan sebagai penebat dalam kabel bawah tanah:

- Polyethylene (PE)
- Cross-linked polyethylene (XLPE)
- Paper (oil-impregnated)
- Polyvinyl Chloride (PVC)

Polyethylene (PE)



Polyethylene adalah satu rantaian yang terdiri daripada molekul termoplastik hidrokarbon yang terhasil daripada tekanan pempolimeran gas etilena.

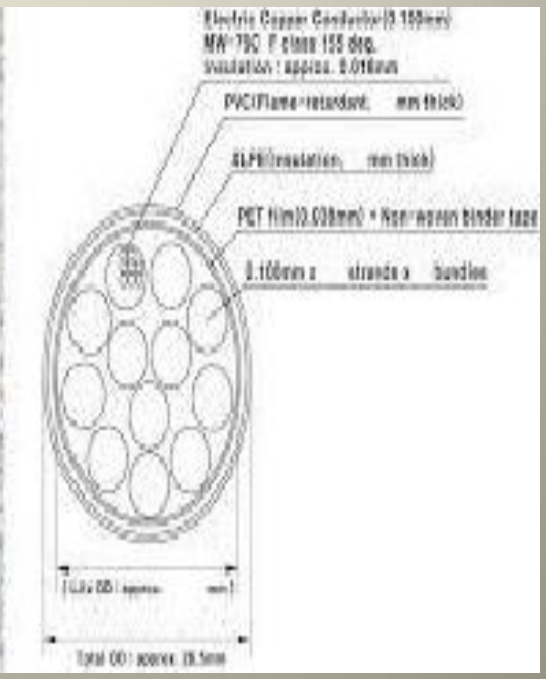
PE juga tidak mempunyai kerintangan pengesanan elektrik yang sangat baik (terdedah kepada separa hakisan pelepasan (Partial discharge) dan pemotongan korona(corona cutting). Ia juga terdedah kepada kerosakan akibat air,kesan kelembapan suhu serta faktor persekitaran.

Dalam keadaan kemuncak, suhu operasi maksimum PE adalah 75 ° C. Akibatnya ia tidak dapat menandingi penebat jenis kabel kertas terlindung cecair berubat (fluid-impregnated paper-insulated cables), yang boleh mempunyi ketahanan suhu antara diantara 80 ° C hingga 90 ° C

Cross-linked polyethylene (XLPE)







XLPE adalah bahan termoset yang dihasilkan oleh gabungan ketumpatan polyetheline rendah (LDPE) dengan ejen silang seperti dicumyl peroksida.

Penebat kabel jenis XLPE mempunyai ketahanan suhu maksimum antara 90^{o} C sehingga 140^{o}C. Namun ia bergantung kepada standard kadar kegunaan penebat XLPE.

Secara umum, sebagai bahan penebat, XLPE mempunyai ciri-ciri berikut:

- kuat dan mampu menahan suhu yang lebih tinggi tanpa mengubah bentuk.
- Mengurangkan ketebalan penebat pada keseluruhan saiz kabel.
- Ketahanan dari kepanasan melampau dan tidak mengubah bentuk akibat tekanan mekanikal luaran atau teras konduktor semasa membengkok.

FUNGSI - FUNGSI PENEBAT.

Kabel bawah tanah voltan tinggi dan sederhana

Bil	Jenis	Fungsi
1.	Salut Timah hitam	a) untuk menahan air daripada masuk ke dalam teras pengalir. b) digunakan sebagai pengalir terus ke bumi.
2.	Pita P.V.C	Untuk menahan kakisan berlaku pada timah hitam.
3.	Pita Hessian Berbitumin Bhg Dalam	a)Kalis air (water proof) b)untuk menahan berlaku geseran antara salut timah hitam dan pita berperisai keluli.
4.	Pita berperisai keluli.	a). untuk memberi perlindungan mekanikal. b). untuk memberi perlindungan kimia. c). menguatkan kabel dan kemudahan membawa dan merentang kabel (cable handling and laying).
5.	Pita Hessian Bersalut kapor	a). untuk menahan pita berperisai keluli berkarat dengan cepat. b). untuk kemudahan pegangan sewaktu merentang kabel. c). kapur yang disapu atas pita Hessian adalah untuk menahan kabel melekat antara gulungan kabel di dalam drum.

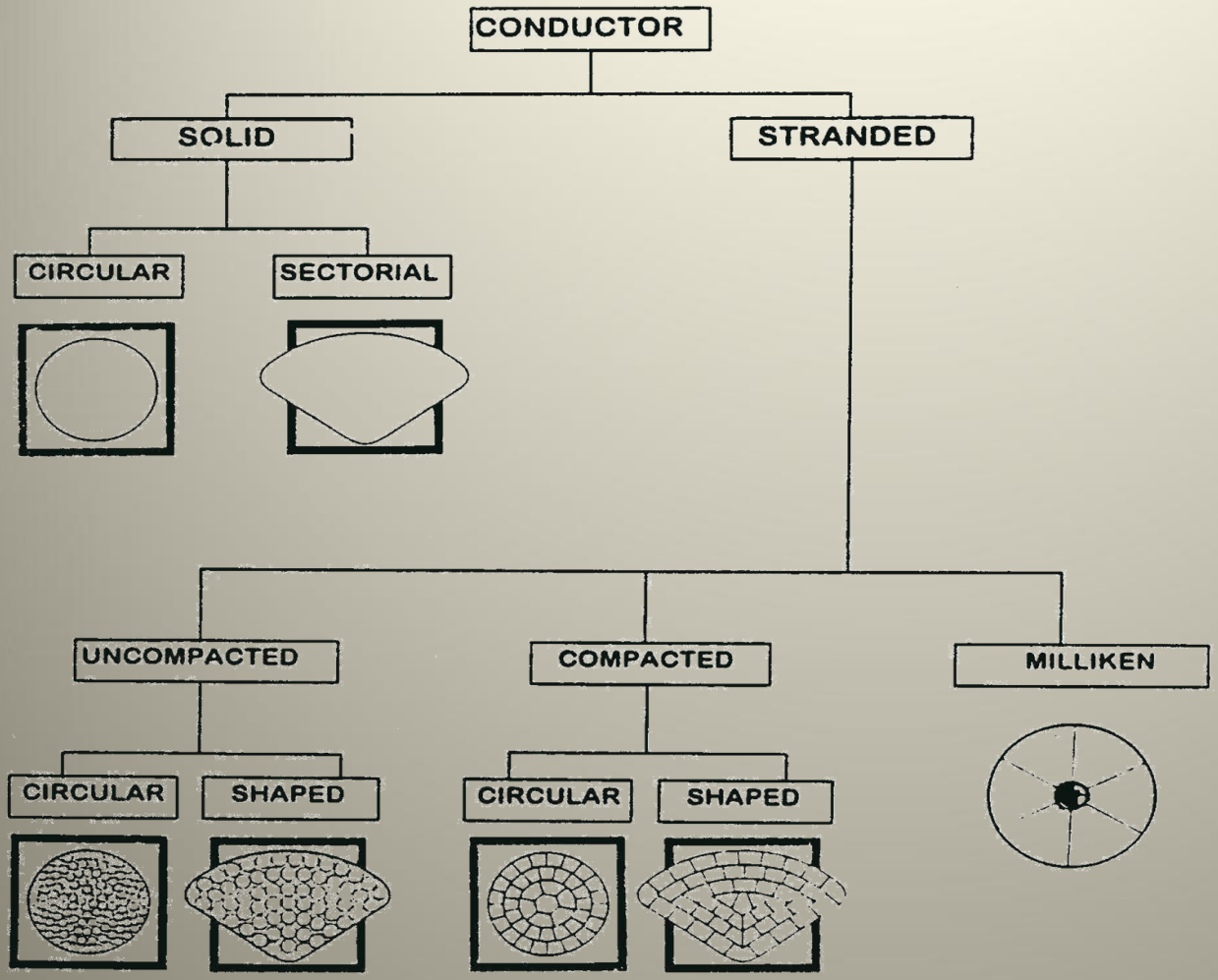
PENGENALAN TERAS

- 1 – Fasa Merah
- 2 – Fasa Kuning
- 3 – Fasa Biru
- 4 – Neutral
- Atau menggunakan warna sahaja tanpa angka (kabel PVC/SWA/PVC)
- MERAH untuk fasa dan HITAM untuk neutral bagi kabel dua teras lampu kawasan

KABEL SATU TERAS

- Satu teras digunakan untuk penyambungan antara alatubah ke Papan Suis Utama dimana jaraknya pendek
- Juga untuk penyambungan didalam bangunan
- Pihak TNB menggunakan kabel voltan tinggi satu teras bertujuan untuk mengurangkan saiz kabel dan mudah mengesan dan memperbaiki kerosakan

BENTUK PENGALIR KABEL



Pembentukan pengalir untuk mengurangkan garispusat kabel, berat dan kos. Untuk saiz 16mm^2, pengalir adalah bulat; dan saiz melebihi 16mm^2, pengalir adalah berbentuk. Pengalir berlembar untuk fleksibel.

PENGALIR

Terdapat 2 jenis pengalir yang biasa digunakan:

- Kuprum
- Aluminium



PENGALIR : KUPRUM

- Lebih mahal
- Susah didapati
- Keterusan (Conductivity) lebih tinggi



PENGALIR: ALUMINIUM



- Lebih murah
- Senang didapati
- Keterusan (Conductivity) lebih rendah

** *memerlukan saiz pengalir yang lebih besar berbanding kuprum*

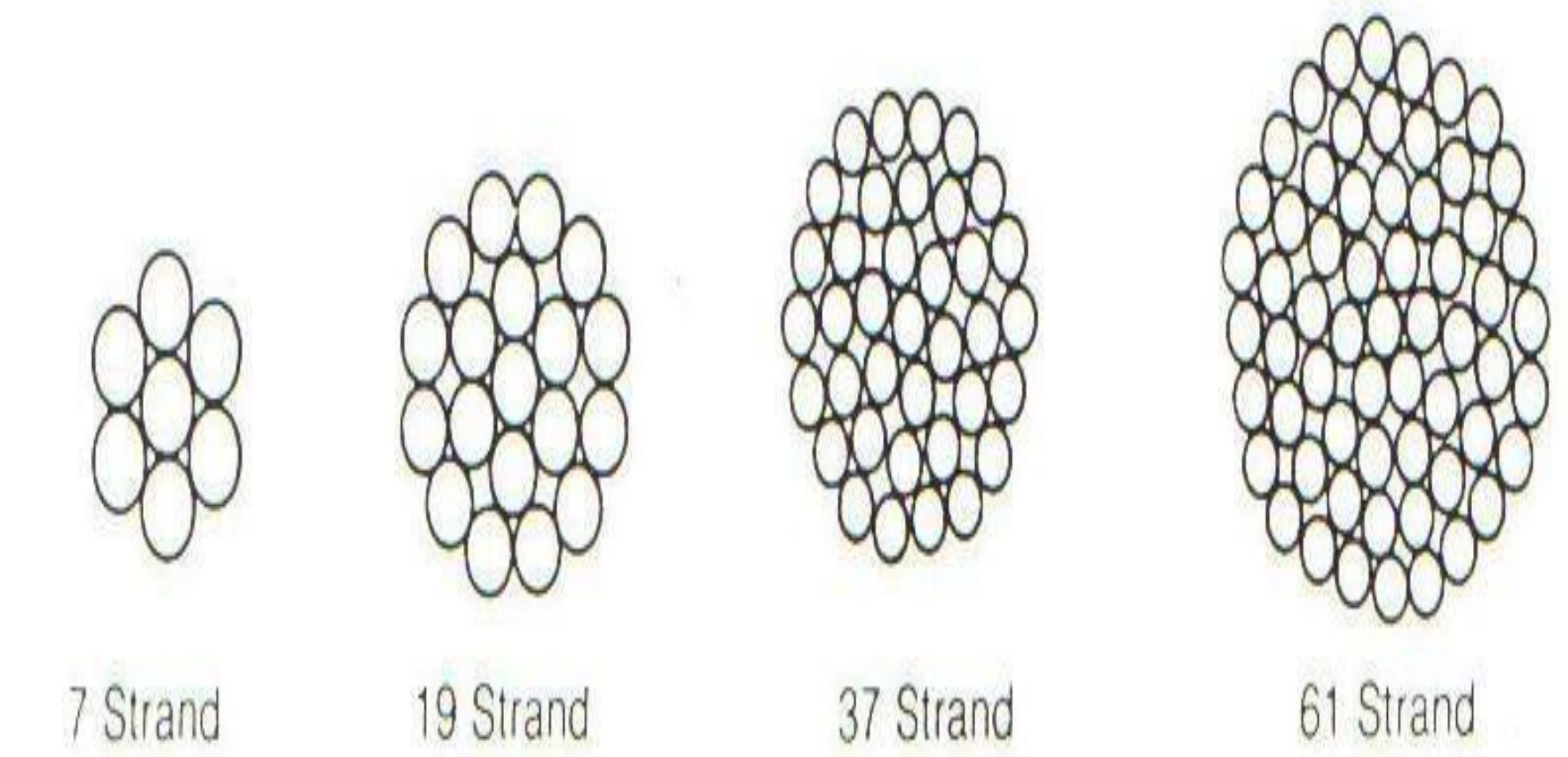
Konduktor kabel dibentuk bertujuan untuk mengurangkan diameter pada kabel dan mewujudkan fleksibiliti pada kabel.

Untuk kabel voltan tinggi jenis XLPE yang digunakan oleh pihak pembekal TNB ialah rekabentuk bulat yang dipadatkan (stranded compact circular design), manakala untuk voltan rendah konduktor kabel yang digunakan oleh pihak TNB adalah rekabentuk padat (stranded compact shape design).

STRUKTUR PENGALIR

- Lembar – helaian paling kecil, lebih banyak lembar lebih lembutlah sesuatu kabel itu
- Teras – himpunan beberapa bilangan lembar
- Satu teras – voltan rendah & tinggi
- Dua teras – kabel lampu jalan/kawasan
- Tiga teras – kabel voltan tinggi
- Empat teras – kabel voltan rendah
- Berbilang teras – kabel kawalan

BILANGAN LEMBAR PENGALIR



VOLTAN PADA KABEL

- 500V
- 1000V/600V
- 11,000V
- 33,000V
- 66,000V

KABEL MASUK UTAMA

- PVC/SWA/PVC (Armoured cable)
- PILC / PILCDSTAS (Paper cable)
- XLPE (Cross link polyethylene)

- MICC (Mineral Insulated Copper Cable)
- – untuk fire risk area



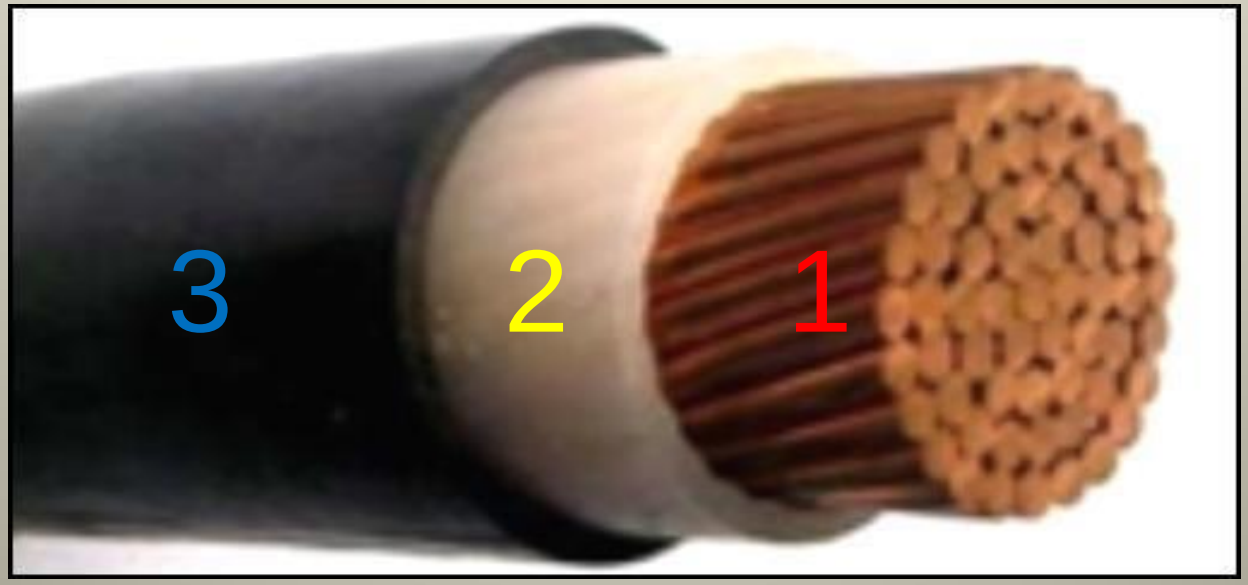
SAIZ KABEL/ARUS

mm^2	Arus (ampere)
16	105
25	135
35	165
50	195
70	240
95	290
120	335
150	375
185	425
240	490
300	550
400	620
500	760
630	850

KABEL BERPENEBAT PVC

- Satu teras untuk kerja voltan rendah
- Dua teras untuk kerja voltan rendah
- Lebih dari dua teras untuk kerja voltan rendah.

KABEL PVC/PVC SATU TERAS TANPA PERISAI



1. Stranded circular non-compacted conductor
2. PVC insulation
3. PVC sheath/jacket

KEGUNAAN KABEL PVC

a. Untuk penyambungan di antara alatubah dan papan agihan voltan rendah.
b. Untuk sistem pembahagian di mana banyak pengguna.
c. Penebat PVC ini adalah teguh serta boleh tahan panas sehingga 85ºC.

Pengalir adalah diperbuat dari :

a. Stranded Aluminium
b. Stranded Tembaga

SAIZ DAN TATAH ARUS KABEL STRANDED ALUMINIUM / TEMBAGA.

SAIZ	NO-PHASA	TATAH ARUS
300mm²	1 single (core)	430 Amp
300mm²	2 double (core)	800 Amp
500mm²	2 double (core)	1040 Amp

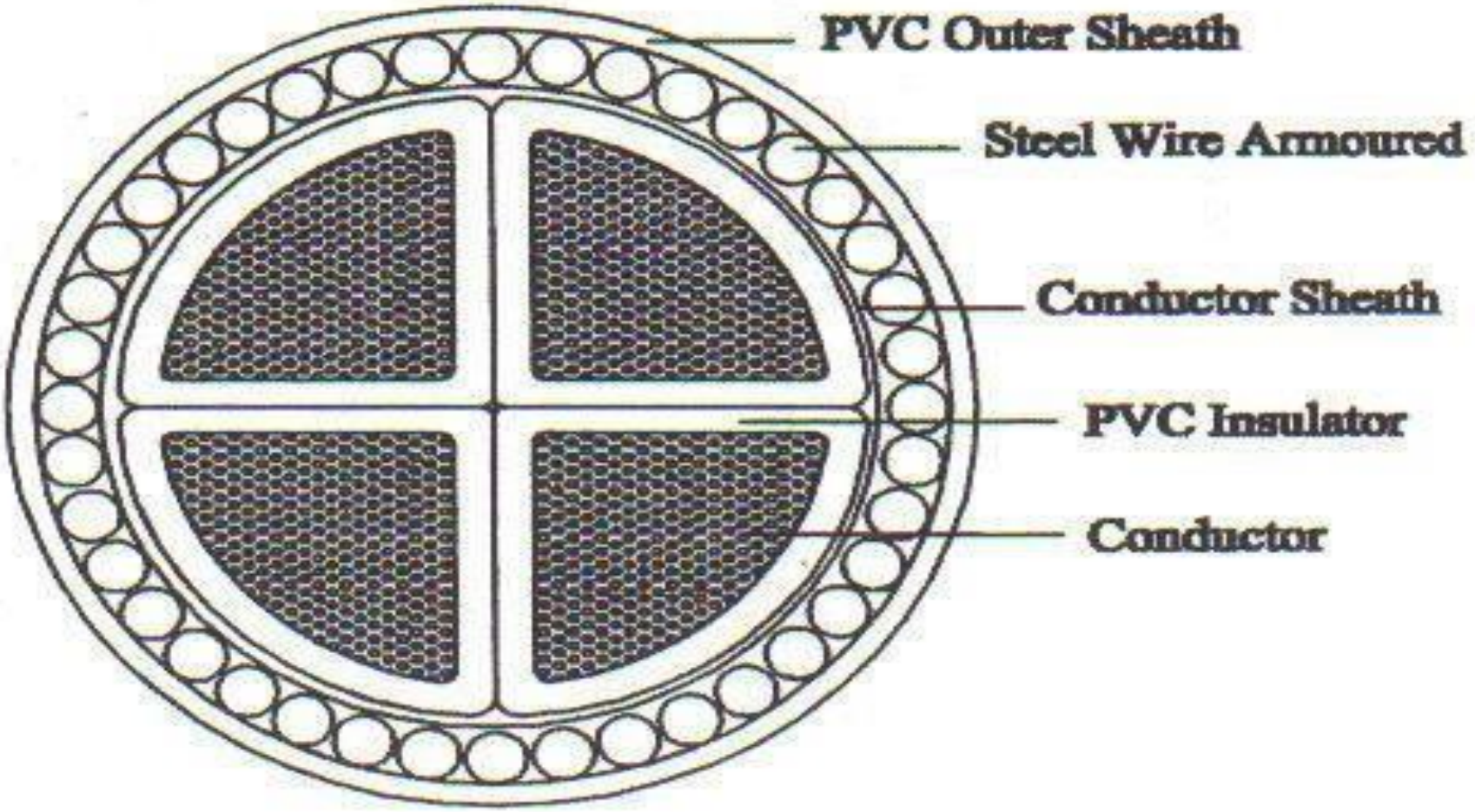
Table 1 : Stranded Aluminium

SAIZ	NO-PHASA	TATAH ARUS
500mm²	2 double (core)	1040 Amp
630mm²	3 (core)	1660 Amp

Table 2 : Stranded Tembaga

JENIS LV KABEL PVC / PVC (TNB)

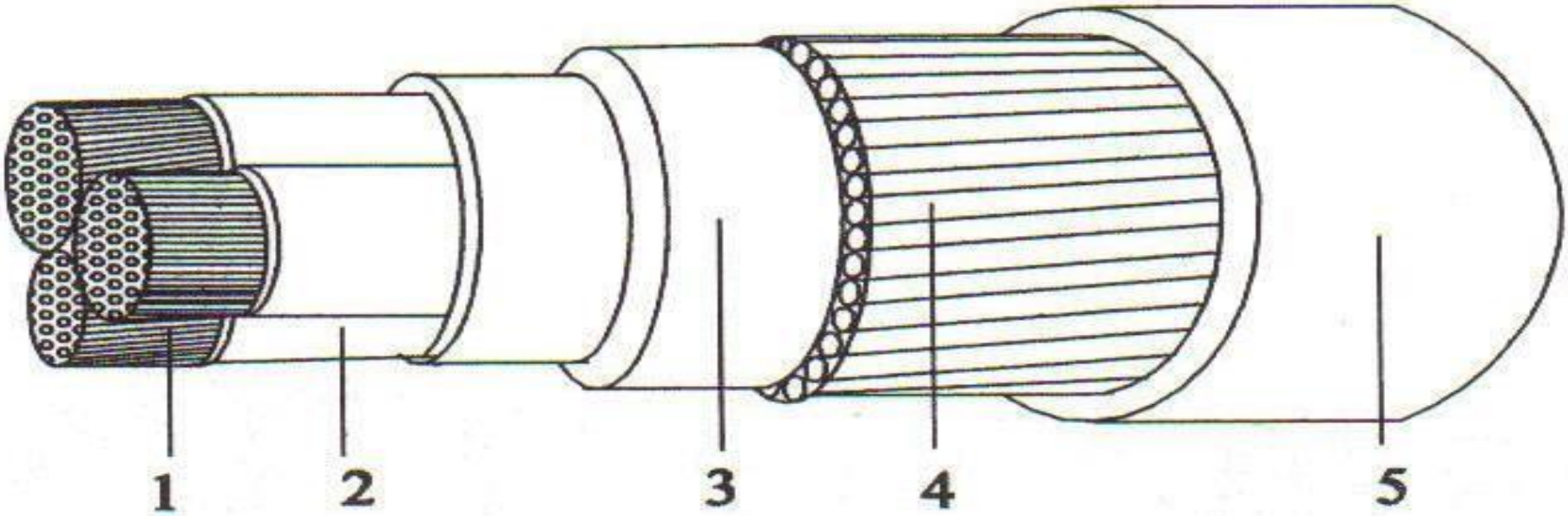
Insulation	Type	Nominal cross-sectional area of conductor (mm^2)
PVC/PVC	Single Core Aluminium	300
		500
	Single Core Copper	500



KERATAN RENTAS KABEL PVC/SWA/PVC

EMPAT TERAS

KABEL PVC/SWA/PVC



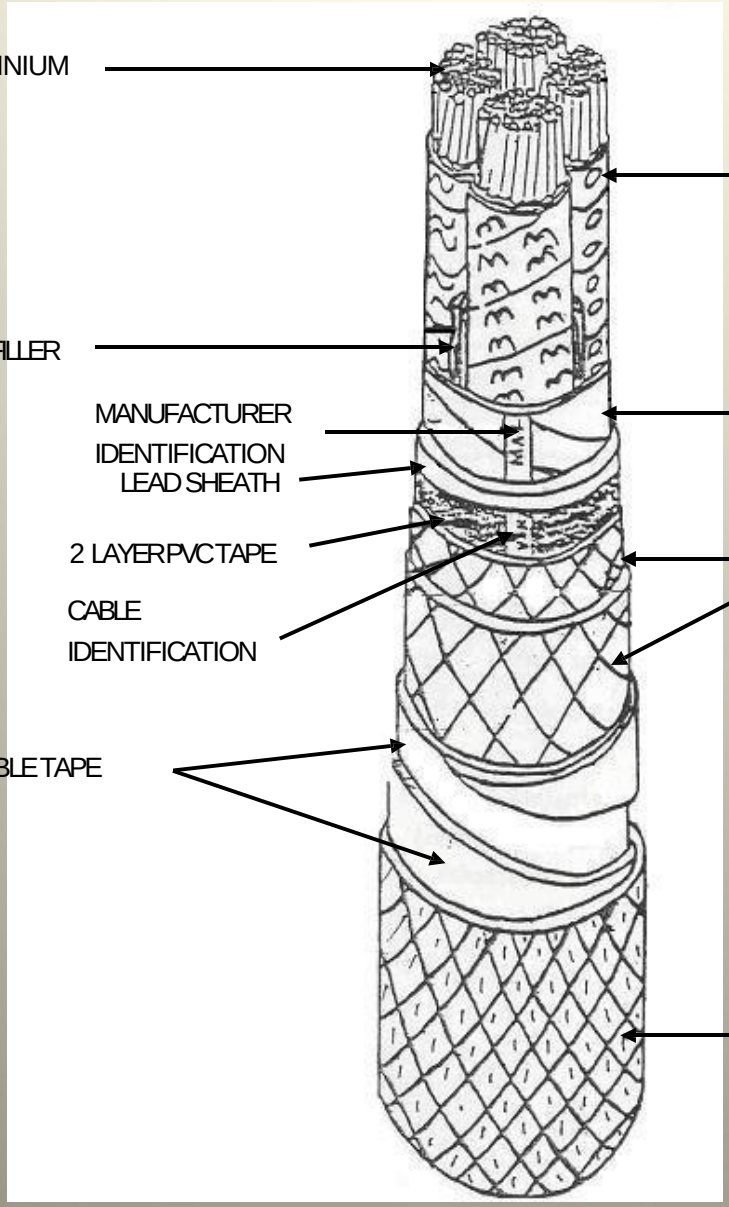
1. Konduktor
2. Penebat PVC
3. Pembalut konduktor (sheath)
4. Dawai perisai keluli bergalvani (SWG)
5. Salut luar (outer sheath)

KABEL BERPENEBAT KERTAS (PILCDSTAS)

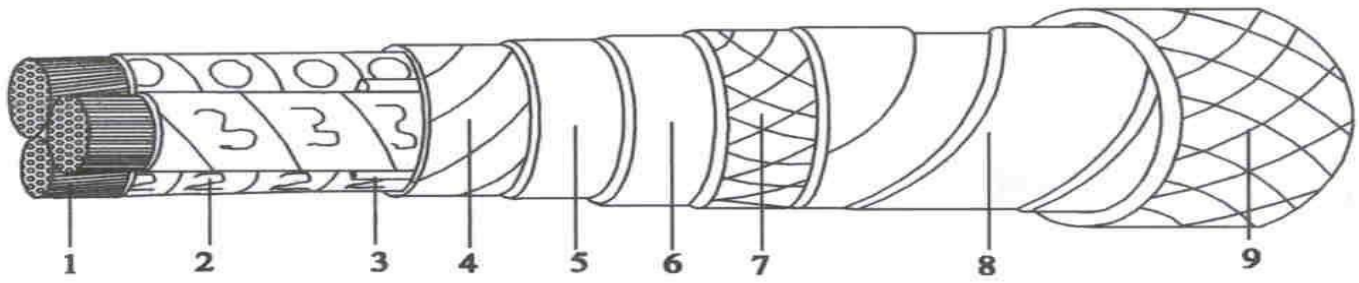
Empat teras untuk kerja voltan rendah 1kV,

" BELTED" untuk kerja voltan 11kV.

"Screened" untuk kerja voltan 22kV dan 33kV.


STRANDED ALUMINIUM CONDUCTOR
IMPREGNATED PAPER
JUTE FILLER
MANUFACTURER IDENTIFICATION
IMPREGNATED PAPER
LEAD SHEATH
2 LAYER PVC TAPE
PAPER HESSIAN BITUMENISED
CABLE IDENTIFICATION
STEELL DOUBLE TAPE ARMOUR
HESSIAN TAPES LIME WASHED

KABEL PILCDSTAS



1. Konduktor
2. Penebat kertas (impregnated paper)
3. Fillers
4. Kertas pembalut
5. Lead sheath
6. Lapisan minyak tar
7. Bedding
8. Steel tape (double)
9. Serving (jute)

1. **Pengalir yang digunakan ialah Aluminium.**

Saiz pengalir dan tatah arus.

SAIZ(mm^2)	STRANDING (mm)	TATAH ARUS (AMP)
16	7/1.7	72
25	7/2.14	94
35	19/1.53	112
70	19/2.14	163
120	37/2.03	225
185	37/2.52	291
300	61/2.52	330

Penebat kertas – ianya diperbuat dari kayu pulp (pine atau spruce) dan berbentuk seperti tape. Tebalnya di antara 0.06 mm hingga 0.15 mm.
Kertas ini mempunyai 8% kelembapan.

Impregant (minyak) – diperbuat dari tapisan rosin.

Fungsi-fungsi impregant ialah:-

- memperbaiki kekuatan dielektrik.
- Menyenangkan (memudahkan) pergerakan tape apabila kabel tersebut dibanyakkan.
- Mempertingkatkan pengaliran haba.

PENGENALAN PENGALIR

Nombor	fasa
0	Neutral
1	Merah
2	Kuning
3	Biru

Pemampatan jute diletakkan di antara penebat kertas, ianya akan menjadikan kabel menjadi bulat.

Talian kertas (belt paper) – berfungsi sebagai penebat tambahan di antara pengalir dan bumi.

Tebal pengalir

i. 1.4 mm – di antara pengalir
ii. 1.2 mm – di antara pengalir dan sarung.

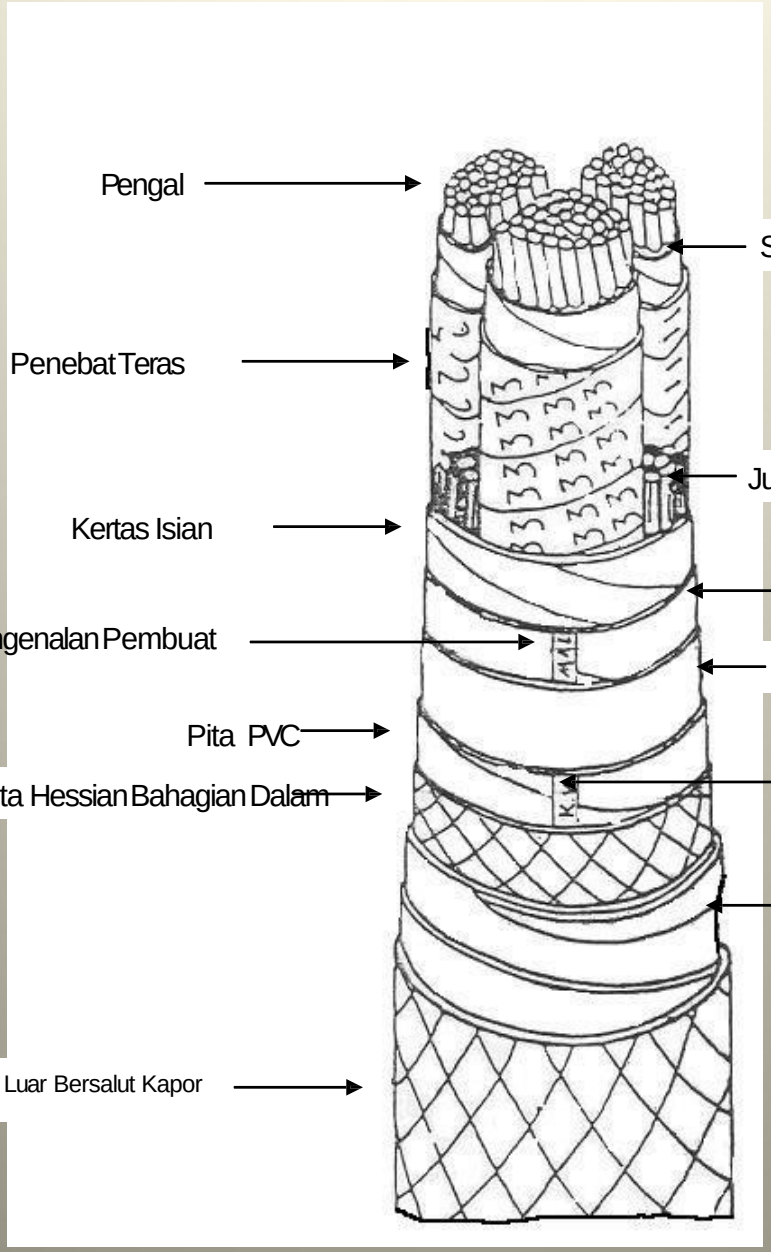
Sarung plumbum (lead sheath) – untuk mengelakkan dari air memasuki ke pengalir dan digunakan sebagai bertalian ke bumi (earth continuity). Tebalnya ialah 1.2 mm ke 1.6 mm.

Bedding tebalnya 1.5mm² berfungsi menahan hentak di antara steel tape armoured dan penghadang timah.

Double Steel Tape Armoured (D.S.T) – berfungsi sebagai penahan hentak atau terkena objek - objek yang tajam.

Serving – diperbuat dari bahan – bahan fibre, tebalnya ialah 2 mm – digunakan untuk menyaluti bahagian luar kabel. Lapisan serbuk putih digunakan untuk mengelakkan dari melekat.

KABEL TIGA TERAS VOLTAN TINGGI (KABEL BERSALUT KERTAS HESSIAN BERPELINDUNGAN PITA KELULI)



KABEL 11 KV BERSALUT KERTAS DAN BERSARING.

kabel 11 KV bersalut kertas dan bersaring mempunyai sedikit perbezaan dengan kabel voltan rendah jenis bersaring.

Kabel V.R	**Kabel 11KV**
4 Teras	3 Teras
Tiada saringan pada pengalir	Mempunyai 2 lapis saringan penyalut jalur kertas karbon tebalnya 0.2 mm
Tebal penebat a)di antara pengalir – 1.4 mm b)pengalir ke sarung – 1.2 mm	Tebal penebat a)di antara pengalir – 5.6 mm b)pengalir ke sarung – 3.4 mm
Tiada jalur kertas bersaring	2 lapis jalur kertas bersaring diperbuat dari kertas karbon.

JADUAL VOLTAN DAN SAIZ KABEL PILC

Voltage	Type	Nominal cross-sectional area of conductor (mm^2)
22kV	Three Core Aluminium	70
		185
		400
11kV	Three Core Aluminium	25
		75
		120
		185
		300
Low Voltage	Four Core Aluminium	25
		70
		120
		185
		300

KABEL BERPENEBAT XLPE. (*cross link poly ethylene)*

Kabel aerial untuk kerja kabel talian earial voltan rendah, 11kV dan 33kV

Satu teras untuk kerja voltan rendah, 33 kV, 132 kV.

Tiga teras untuk kerja voltan rendah dan 11 kV.

- Kabel ini menggunakan penebat yang diperbuat dari `cross link poly ethylene pengganti daripada kabel jenis kertas.
- Penebat plastik ini disalut ke fasa pengalir berbentuk lebih pejal.

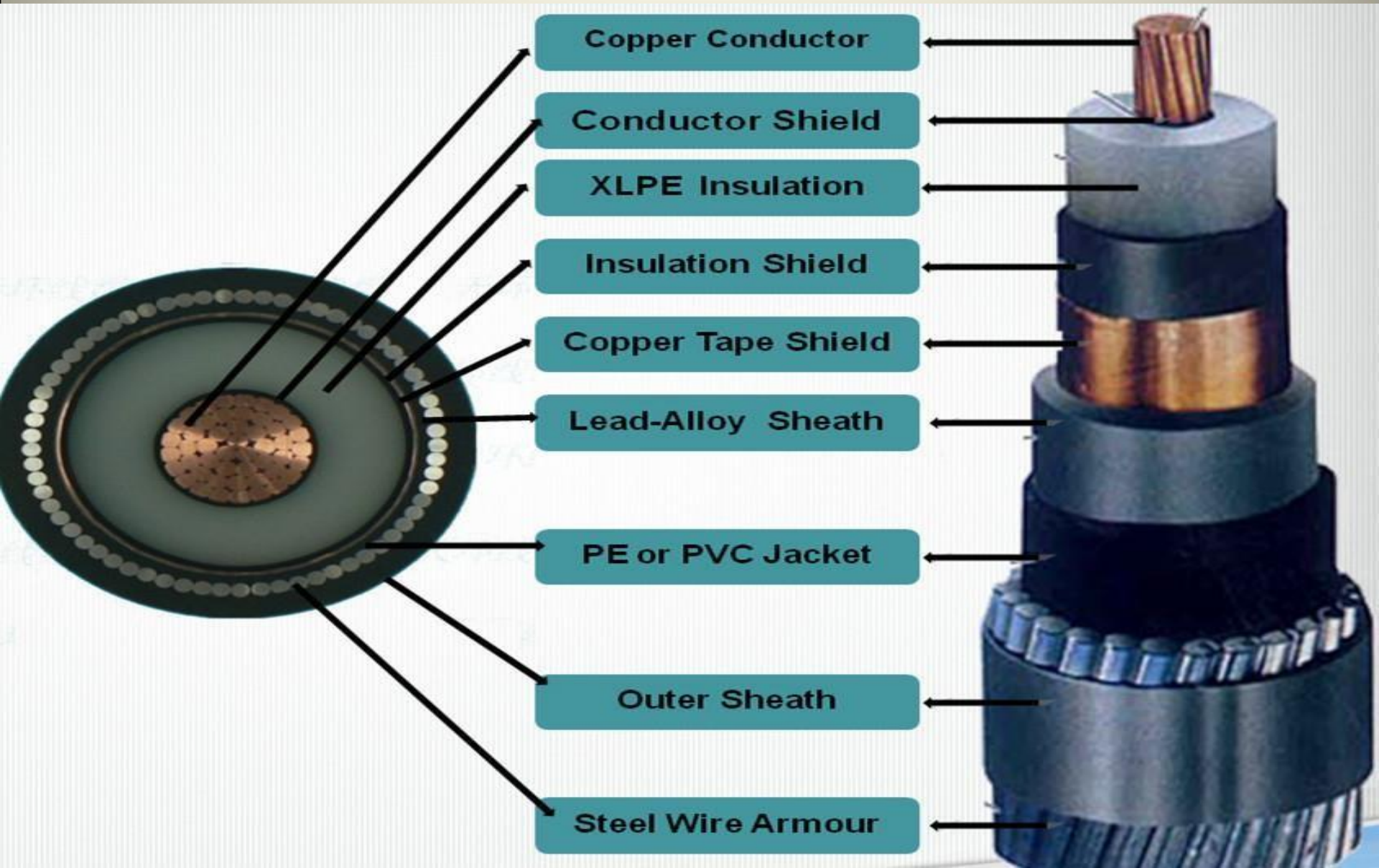
Kabel XLPE selalunya mempunyai neutral yang diperbuat dari tembaga.

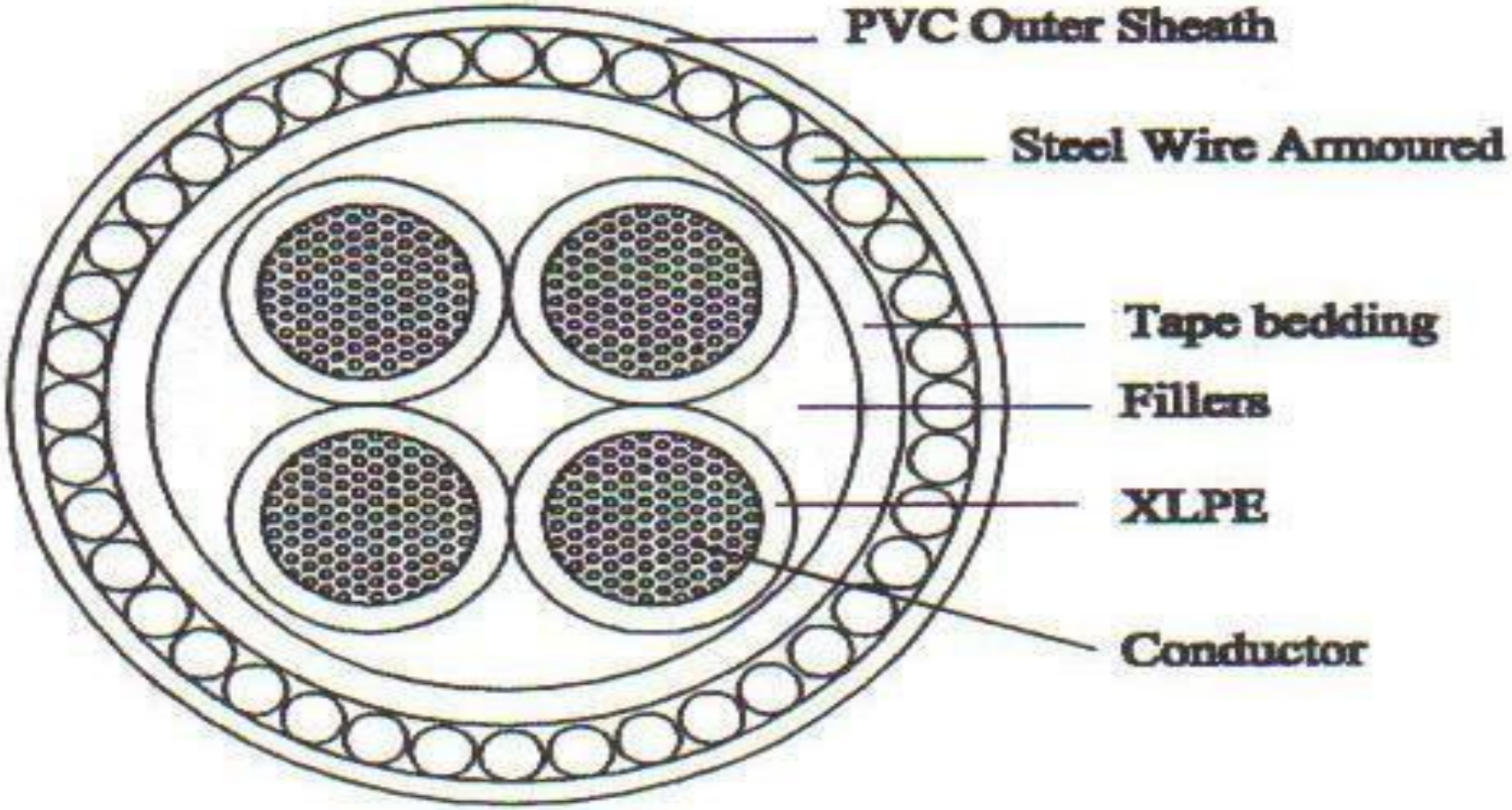
SEBAB MENGGUNAKAN PENEBAT PLASTIK.

- Mudah dibentuk apabila panas & disalutkan ke pengalir melalui ‘die’ dan pembentuk mengelilingi pengalir dengan cara ini tiada rongga-rongga terbentuk di antara pengalir dan plastik.
- Plastik ini adalah ringan dan mudah penjagaannya.
- Mudah untuk dipasang jika dibandingkan dengan kabel jenis penebat kertas.
- Ianya tidak meyerap wap air
- Kehilangan daya dielektrik adalah rendah
- Harganya agak mahal
- Thermoset plastik digunakan untuk penebat kerana ianya tidak mudah mengalir pecah atau gerak perlahan apabila terdapat tekanan atau haba. Penebat ini tidak mudah bertukar bentuk disebabkan oleh geseran atau tarikan. Penebat jenis ini juga tidak mudah cair apabila terkena pelarut atau minyak.

- Kabel-kabel jenis XLPE digunakan untuk system pembahagian awal dan penghantaran – contohnya di stesen hydro.
- Pengalir fasa – ialah tembaga atau aluminium.

KABEL XLPE


Copper Conductor
Conductor Shield
XLPE Insulation
Insulation Shield
Copper Tape Shield
Lead-Alloy Sheath
PE or PVC Jacket
Outer Sheath
Steel Wire Armour



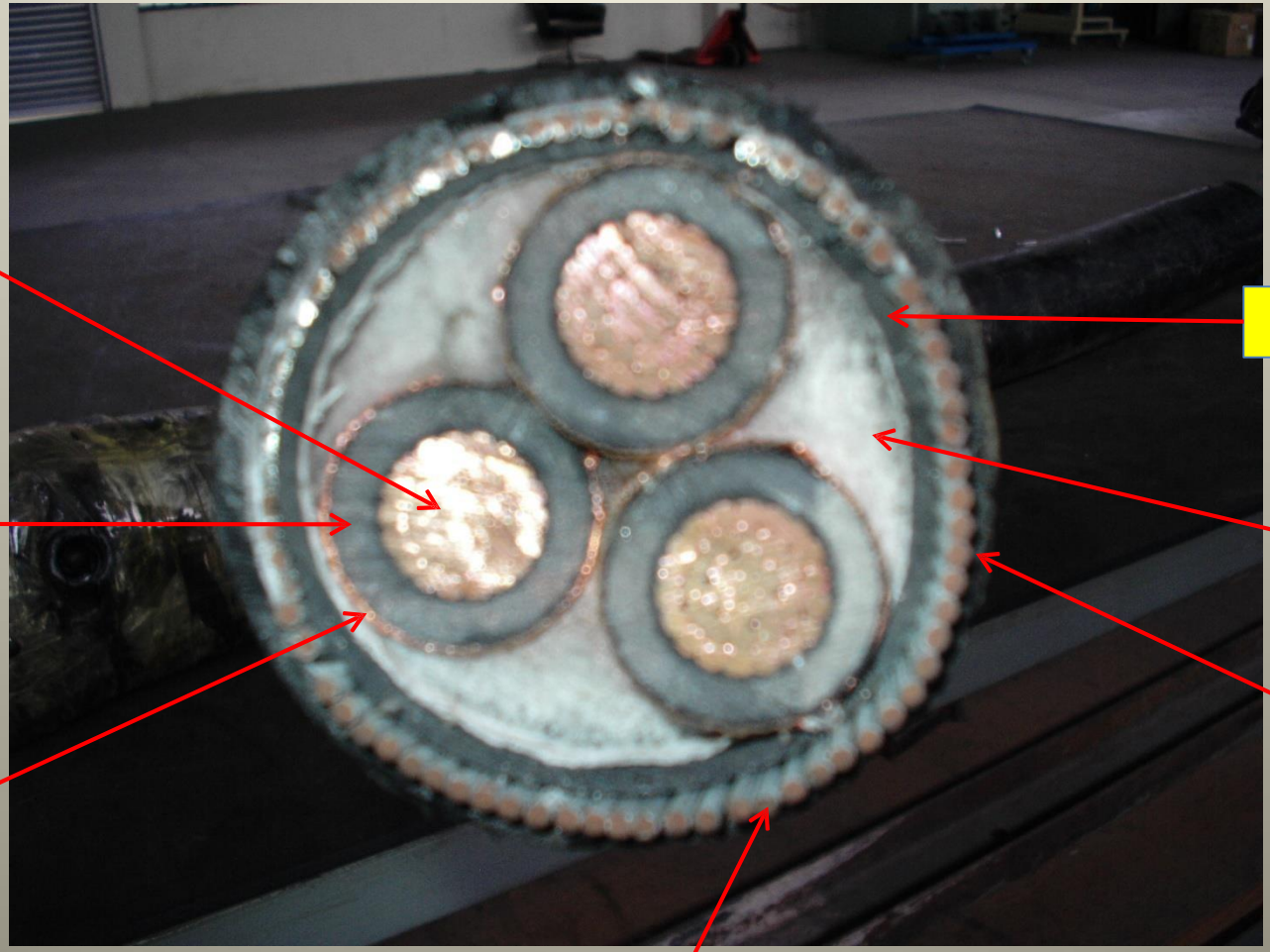
KERATAN RENTAS KABEL XLPE

EMPAT TERAS

KABEL XLPE/SWA/PVC



KABEL XLPE TIGA TERAS



KONDUCTOR

PENEBAT XLPE

COOPER SCREEN

STEELWIRE AMOURED

TAPE BEDDING

FILLERS

SALUTAN PVC

KELEBIHAN XLPE

- Mudah dibentuk apabila panas
- Lebih ringan
- Tidak menyerap air
- Kehilangan daya dielektrik rendah
- Harganya lebih murah
- Tidak mudah bertukar bentuk oleh geseran dsb.
- Tidak mudah cair jika terkena pelarut
- Suhu operasinya tinggi
- Kekuatan fizikal dan mekanikalnya tinggi
- Sehingga 69kV

KELEMAHAN XLPE

- Bentuknya bulat, tidak sectorial, oleh itu saiz kabel menjadi lebih besar
- Keras berbanding dengan paper dan PVC, oleh itu susah untuk dibengkokkan

Jadual Voltan dan saiz pengalir kabel XLPE

Voltage	Type	Nominal cross-sectional area (mm^2)
33kV	Single Core Aluminium	630
	Single Core Copper	300
		400
		500
		630
	Three Core Copper	120
		185
22kV	Single Core Aluminium	70
		150
		240
		500
11kV	Single Core Aluminium	70
		500
	Three Core Aluminium	95
		150
		240
Low Voltage	Four Core Aluminium	25
		70
		120
		185
		300

KABEL BAWAH TANAH

MULTICORE DISERTAKAN PENUNJUK TERAS PENGALIR.

Kabel 600/1000 V	Nombor
2 teras 3 teras 4 Teras	0,1 0,1,2,3 0,1,2,3,4
Kabel 1900/3300 V ke atas	Nombor
3 teras	1,2,3

Catatan :

Nombor-nombor adalah dicetak dengan warna putih pada lapisan bahagian luar kertas.

PENEBAT KABEL BAWAH TANAH BERBALUT DAN BERSEKRIN (SCREENED)

Ketebalan penebat untuk kabel berbalut (belted)

a). Kabel V.R / V.S 4 teras.

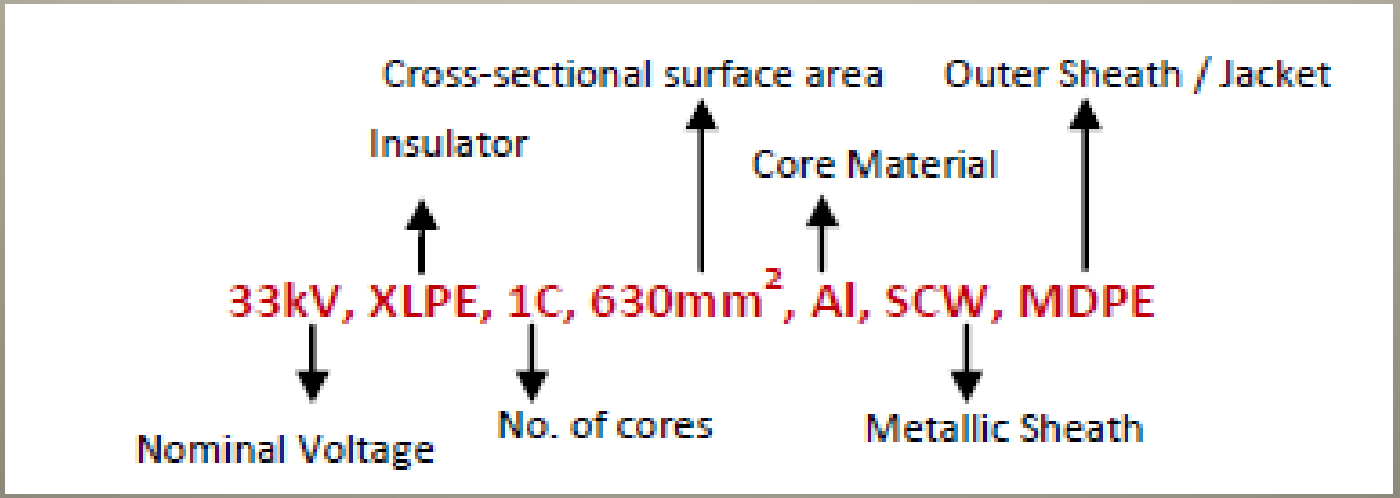
Saiz kabel mm^2	Di antara pengalir dengan pengalir	Di antara pengalir dengan sarung (bumi)
25 35 70 120	1.4 mm	1.2 mm
185	1.8 mm	1.4 mm
300	2.0 mm	1.6 mm

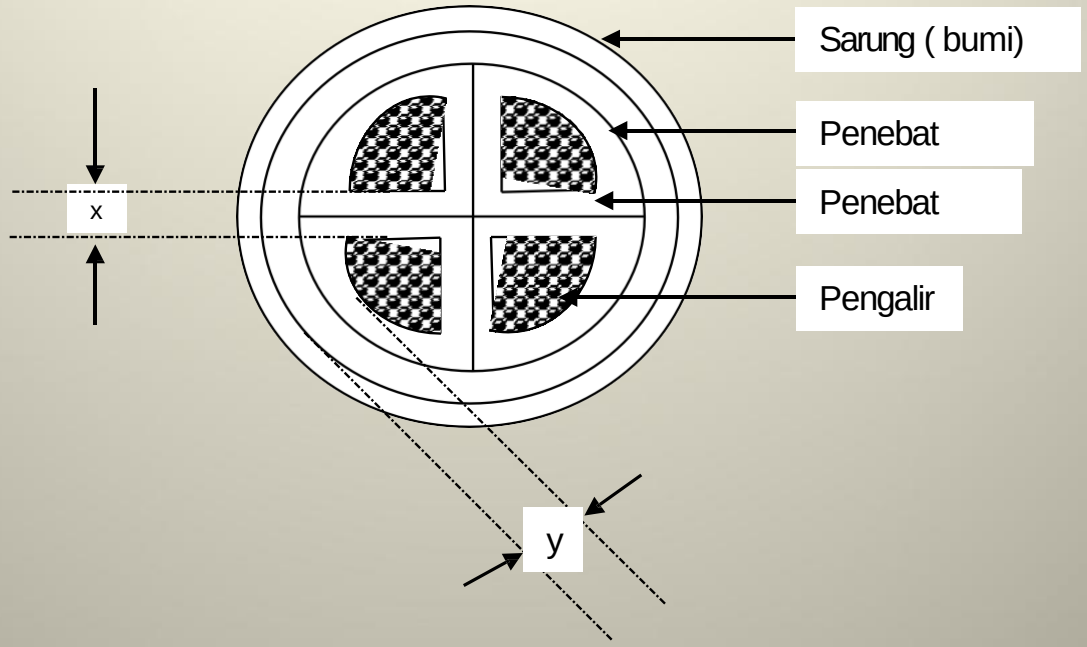
KENALPASTI KABEL

kabel elektrik yang telah ditetapkan mengikut:

- sistem voltan nominal
- Bahan penebat
- Bilangan teras
- saiz Teras
- bahan pengalir

Sebagai contoh, pengenalan kabel untuk XLPE 33 kV terlindung, single core kabel dengan 630mm2 teras luas keratan rentas, pengalir Aluminium, skrin dawai tembaga dan jenis penebat (Medium Diversity polyetheline)/ jaket adalah digambarkan sebagai:





X= Ketebalan penebat antara pengalir dengan pengalir.

Y= Ketebalan penebat antara pengalir dengan sarung (bumi).

RUMUSAN BINAAN KABEL

Pengalir (conductor) – Aluminium/Tembaga
Penebat (insulator) – Kertas, PVC, XLPE
Teras (core) – himpunan helaian
Perisai (armour) – perlindungan mekanikal
Salut (sheath) – kemasan luaran
Pengisi (filler) – mengisi ruang kosong
Screen (thin copper foil) – stress uniformity
Pengalas (bedding) – alas antara bahagian keras dgn bahagian lembut
Outer sheath/Serving (PVC, jute)

TUTORIAL

1. Senaraikan jenis-jenis kabel bawah tanah yang anda tahu?
2. Terangkan tujuan pelapik (bedding) digunakan pada kabel bawah tanah?
3. Apakah fungsi penebat pada kabel bawah tanah?
4. Nyatakan kelebihan penebat XLPEberbanding penebat jenis polyetheline
5. Terangkan penggunaan perisai pada kabel bawah tanah mengikut jenisnya?
6. Apakah kegunaan kabel PVC?
7. Apakah fungsi impegent(minyak) pada kabel jenis berpenebat kertas?
8. Terangkan kelebihan menggunakan kabel jenis XLPE?