

B A B II

KABEL DAN GANGGUANNYA

A. KABEL

Kabel merupakan suatu konduktor yang dipuntir dan terisolasi atau kombinasi dari beberapa konduktor yang terisolasi satu dengan yang lainnya. Kabel ini digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dengan beberapa keuntungan :

- Keandalan, gangguan sangat sedikit
- Keamanan
- Keindahan (aestetika)
- Kemudahan dalam pemeriksaan, karena adanya kode-kode warna.

Akan tetapi kabel juga mempunyai kerugian- kerugian yaitu antara lain :

- Harga relatif mahal
- Waktu untuk mencari gangguan cukup lama

Didalam pelaksanaannya/pemakaiannya kabel harus memenuhi persyaratan teknis, antara lain:

- Luas nominal penampang
- Jenis isolasi dan tahanan isolasi
- Rating tegangan, kecepatan arus dan tahanan tiap kilometer
- Jenis gangguan

1. PENGHANTAR

Penghantar merupakan bahan yang mempunyai hambatan kecil terhadap arus listrik. Untuk memungkinkan menghitung hambatan dari penghantar yang lebih diketahui panjang, luas penampang dan hambat jenis dari bahannya digunakan rumus :

$$R = \frac{\rho l}{A} \dots\dots\dots (2-1) \quad 1$$

Dimana :

R = Tahanan (ohm)

ρ = Resistivitas (Ωm)

l = Panjang penghantar (m)

A = Luas penampang bidang (m^2)

Logam pada umumnya adalah penghantar yang sangat baik. Beberapa jenis logam merupakan penghantar yang baik ialah : Cu (Tembaga) atau Al (Aluminium). Untuk kabel tegangan tinggi sering dipakai ACSR dan Cu (Cuprum = Tembaga), ACSR ini terdiri dari Al (Aluminium).

Jenis yang terakhir ini mempunyai keuntungan karena ringan bila dibandingkan dengan kabel jenis Cu (Tembaga).

Disamping keuntungan diatas, masih terdapat kerugiannya antara kabel-kabel Al dan Cu, misalnya kedua-duanya dibebani dengan kuat arus dan tegangan yang sama, maka Al mempunyai penampang lebih besar dari pada penampang Cu (ϕ Al > ϕ Cu).

Tembaga yang digunakan untuk penghantar kabel umumnya tembaga elektrolitis, dengan kemurnian sekurang-kurangnya 99%.

Tahanan jenis tembaga lunak untuk hantaran listrik telah ditentukan secara Internasional, yaitu tidak boleh melebihi dari :

$$1/58 = 0,017241 \text{ ohm } mm^2/m \text{ pada } 20^{\circ} \text{ C}$$

atau sama dengan daya hantar sekurang-kurangnya :

$$58 \text{ siemens} = 100\%, \text{ IACS (International Annealed Copper Standard).}$$

Daya hantar tembaga sangat dipengaruhi oleh ketidak murnian. Campuran besi sebanyak 0,02% misalnya akan meningkatkan tahanan jenis tembaga dengan kira-kira 10%.

Keadaan kekerasan tembaga juga mempengaruhi daya hantarnya tembaga lunak, dengan daya hantar 100% IACS, memiliki kuat tarik 195 - 245 N/mm^2 . Daya hantar tembaga keras dengan kuat tarik 390 - 440 N/mm^2 hanya kira-kira 79% IACS, jadi kira-kira 3% lebih rendah pada daya hantar tembaga lunak.

Koefisien suhu tembaga pada 20⁰ C kira-kira 0,004 perderajat celcius, jadi kenaikan suhu 10⁰ C akan meningkatkan tahanan jenisnya dengan kira-kira 4%.

Aluminium untuk penghantar kabel berisolasi harus juga aluminium murni, umumnya digunakan aluminium dengan kemurnian sekurang-kurangnya 99,5%. Juga tahanan jenis aluminium lunak hantaran listrik telah dibakukan, yaitu tidak boleh melebihi 0,028264 $ohm \text{ } mm^2/m$ pada 20⁰ C atau sama dengan daya hantar sekurang-kurangnya 61% IACS.

Daya hantar aluminium juga dipengaruhi oleh keadaan kekerasannya, tetapi tidak sebesar daya hantar tembaga. Aluminium lunak dengan daya hantar 61% IACS, memiliki kuat tarik $60 - 70 \text{ N/mm}^2$.

Daya hantar aluminium keras dengan kuat tarik $150 - 195 \text{ N/mm}^2$, hanya kira-kira 1% lebih rendah dari pada daya hantar aluminium lunak. Koefisien suhu aluminium pada 20°C juga kira-kira $0,004$ perderajat Celcius, kira-kira sama dengan koefisien suhu tembaga. Aluminium jauh lebih ringan dari pada tembaga. Berat jenis aluminium sama dengan $2,7$ dan berat jenis tembaga sama dengan $8,9$ pada suhu 20°C .

Karena daya hantar aluminium hanya 61% IACS, maka untuk tahanan penghantar yang sama diperlukan luas penampang aluminium.

$$\frac{100}{61} = 1,64 \times \text{luas penampang tembaga.}$$

Jadi untuk penghantar bulat diperlukan penghantar aluminium dengan diameter :

$$\sqrt{1,64} = 1,28 \times \text{diameter penghantar tembaga.}$$

Berat aluminium yang diperlukan untuk penghantar dengan tahanan yang sama ialah :

$$1,67 \times \frac{2,7}{8,9} \times 100\% = 50\% \text{ dari berat tembaga.}$$

Jadi suatu penghematan bobot sebesar 50%. Karena harga logam aluminium juga lebih rendah dari pada hargatembaga, maka penghematan atas biaya penghantar akan lebih besar lagi. Akan tetapi karena diameter penghantar

aluminium 28% lebih besar dari pada diameter tembaga, kabel aluminium akan memerlukan juga kira-kira 28% lebih banyak bahan isolasi.

2. ISOLASI

Isolasi merupakan suatu bahan yang mampu mengisolir arus listrik sebab bahan tersebut mempunyai tahanan yang besar sekali. Isolasi merupakan suatu peranan penting yang menentukan sifat-sifat dan karakteristik kabel.

Klasifikasi jenis kabel menurut bahan isolasinya adalah :

- Kabel dengan isolasi kertas
- Kabel dengan isolasi PVC
- Kabel dengan isolasi PE/XLPE
- Kabel dengan isolasi kertas yang diimpregnasi

Besarnya harga dielektrik kabel-kabel tersebut dapat dilihat pada tabel I

TABEL I

PERBANDINGAN DIELEKTRIK LOSS ANTARA ISOLASI PVC, KERTAS/MINYAK DAN PE/XLPE DALAM PERSEN

Jenis isolasi daya	6 KV	10 KV	20 KV	30 KV
PVC	0,800	3,100	10,800	22,400
Kertas minyak	0,100	0,300	0,800	1,000
PE/XLPE	0,005	0,015	0,040	0,050

Kabel dengan isolasi PVC umumnya hanya digunakan untuk tegangan-
tegangan rendah, karena bila digunakan untuk tegangan yang tinggi (20 KV),

faktor kerugian dielektriknya besar. Sedang kabel dengan isolasi kertas/minyak digunakan pada tegangan menengah dan tinggi. Kabel dengan isolasi poly ethelene (PE) dan XLPE digunakan pada tegangan yang tinggi.

a. KABEL DENGAN ISOLASI KERTAS/MINYAK

Kabel berisolasi kertas ada bermacam-macam jenis antara lain :

- Kabel jenis padat.

Umumnya hanya untuk tegangan menengah.

- Kabel berisi minyak.

Disini menggunakan minyak yang sangat cair dan bebas mengalir ke segala arah. Dan suatu kanal tempat minyak yang khusus dibuat untuk itu pada kabel tersebut.

- Kabel berisi gas .

Kabel berisi gas ini bekerja berdasarkan prinsip, bahwa pada isolasi yang mengandung gas, tidak akan terjadi isolasi secara permanen bila gas ini dijaga pada tegangan tertentu.

b. KABEL DENGAN ISOLASI PE/XLPE

Dewasa ini negara-negara maju cenderung untuk meninggalkan kabel-kabel berisolasi kertas dan menggantikannya dengan bahan-bahan syntetis antara lain PE/XLPE.

Keuntungan kabel dengan menggunakan PE dan XLPE adalah :

- Lebih bersih
- Penyambungannya lebih mudah.
- Tidak memerlukan selubung logam

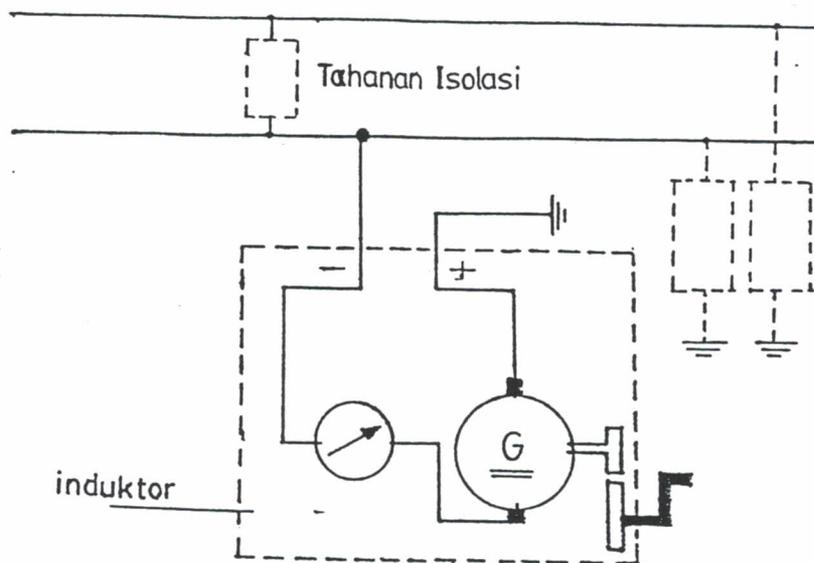
- Lebih ringan
- Suhu kerja lebih tinggi sehingga dapat dialiri arus/daya lebih besar
- Tidak memerlukan sistem tambahan dalam instalasinya
- Dapat dipasang pada tempat yang naik turun tanpa kesulitan
- Pemeliharaan/perbaikan lebih mudah

XLPE merupakan bahan plastik termoset yang mempunyai sifat-sifat fisis yang sangat berbeda dengan isolasi kertas. Karena itu kabel XLPE dengan design dan cara proses yang sangat berbeda dengan kabel isolasi karton.

Proses isolasi kabel XLPE dilakukan dengan ekstraksi dan penghantar berisolasi tersebut langsung dilewatkan pada tabung vulkanisasi sebelum didinginkan. Pada umumnya kabel berisolasi PE/XLPE menggunakan selubung luar PVC atau protodur dan untuk tegangan kerja 20 KV biasanya kabel ini berinti tunggal.

c. TAHANAN ISOLASI

Untuk mengetahui baik dan tidaknya isolasi dari suatu kabel maka sangat diperlukan sekali pengukuran tahanan isolasi. Maka pengukuran tahanan isolasi ini dilakukan dengan memakai megger yang dapat membangkitkan tegangan searah 500 Volt dan dapat memberi arus sekurang-kurangnya 1 ma. Biasanya megger ini dapat mengukur tahanan isolasi sampai $500 \text{ M}\Omega$ (Mega Ohm). Dan lebih baik lagi dengan menggunakan megger yang dapat membangkitkan tegangan searah sebesar 1000 Volt, 2500 Volt, 5000 Volt.



GAMBAR 1

PENGUKURAN TAHANAN ISOLASI

Gambar diatas adalah memperlihatkan cara pengukurannya. Katup positif dihubungkan dengan tanah. Sebagai tanah dapat diambil elektroda tanah atau pentanahan lain yang ada. Setiap hantaran yang tidak ditanahkan harus diukur, baik antar hantaran maupun antar hantaran dan tanah.

Tahanan isolasi harus sekurang-kurangnya 1000Ω untuk setiap Volt tegangan nominal dan untuk hantaran yang dipasang dalam ruang lembab, tahanan isolasinya harus sekurang-kurangnya 100Ω untuk setiap Volt tegangan nominal. Dalam pengukuran tahanan isolasi digunakan tegangan searah, sebab bila digunakan tegangan bolak balik, hasil pengukuran akan dipengaruhi oleh kapasitas antar hantaran yang diukur atau antara hantaran dengan tanah.

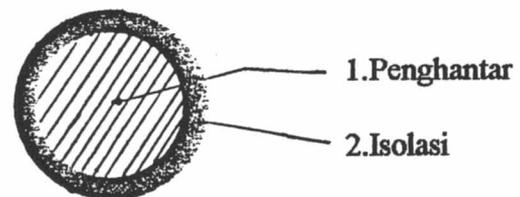
3. JUMLAH URAT DALAM SEBUAH KABEL

Jumlah urat sebuah kabel untuk pemakaiannya dibedakan menjadi 2 bagian yaitu :

a. UNTUK HANTARAN SATU PHASA

1. SALURAN KABEL YANG BERURAT TUNGGAL

Untuk hantaran satu phasa dengan menggunakan saluran kabel yang berurat tunggal.

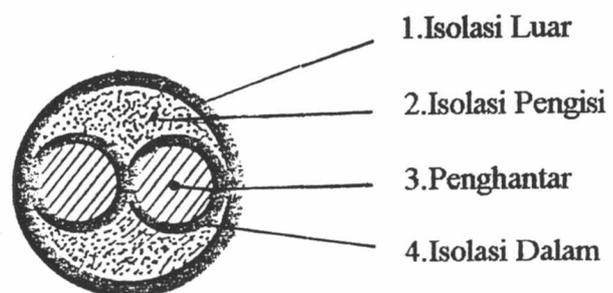


GAMBAR 2

KABEL BERURAT TUNGGAL

2. SALURAN KABEL YANG BERURAT DUA

Untuk hantaran satu phasa dengan menggunakan saluran kabel dua.



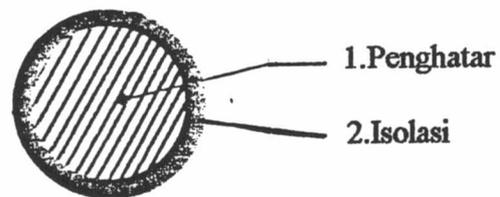
GAMBAR 3

KABEL BERURAT DUA

b. UNTUK HANTARAN TIGA PHASA

1. SALURAN KABEL YANG BERURAT TUNGGAL

Untuk hantaran tiga fasa dengan menggunakan saluran kabel yang berurat tunggal.

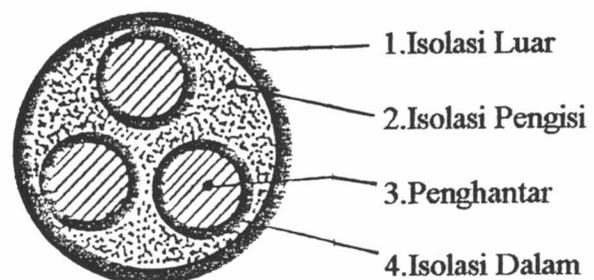


GAMBAR 4

KABEL BERURAT TUNGGAL

2. SALURAN KABEL YANG BERURAT TIGA/TANPA KAWAT NOL

Untuk hantaran tiga fasa dengan menggunakan saluran kabel yang berurat tiga/tanpa kawat nol.

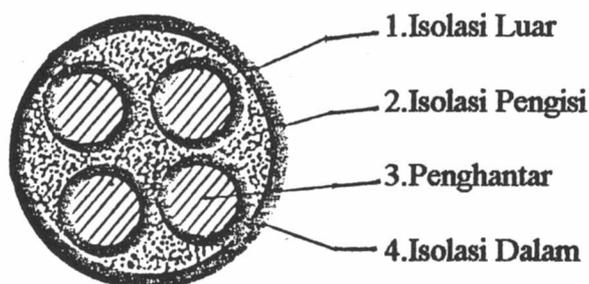


GAMBAR 5

KABEL BERURAT TIGA

3. SALURAN KABEL YANG BERURAT EMPAT/DENGAN KAWAT NOL

Untuk hantaran tiga fasa dengan menggunakan saluran kabel yang berurat empat/dengan kawat tanah.



GAMBAR 6

KABEL BERURAT EMPAT

4. IDENTIFIKASI HANTARAN DENGAN WARNA

Mengenai penggunaan warna untuk identifikasi hantaran berlaku ketentuan-ketentuan sebagai berikut :

- Untuk hantaran pentanahan hanya boleh digunakan warna majemuk hijau, kuning, warna ini tidak boleh digunakan untuk tujuan lain.
- Pada saluran dengan hantaran netral atau kawat tengah, untuk hantaran netral atau kawat tengahnya harus digunakan warna biru. Hanya pada saluran tanpa hantaran netral atau kawat tengah, warna biru boleh digunakan untuk maksud lain, kecuali untuk menandai hantaran pentanahan.

- Pada saluran tiga fasa warna-warna yang harus digunakan untuk paha-phasanya ialah :

 fasa 1 (fasa R) : merah

 fasa 2 (fasa S) : kuning

 fasa 3 (fasa T) : hitam

- Kabel berselubung berurat tunggal boleh digunakan untuk hantaran fasa netral atau pentanahan, asalkan isolasinya yang terlihat di kedua ujung kabel (yaitu bagian yang dikupas selubungnya), dibalut dengan pita berwarna yang sesuai dengan warna-warna tersebut diatas.

5. PEMAKAIAN KABEL

Pemakaian kabel di dalam instalasi-instalasi tegangan rendah maupun tegangan tinggi baik apa itu instalasi penerangan maupun instalasi gaya. Pada umumnya pemakaian kabel ini di bedakan untuk penyaluran tenaga listrik yaitu :

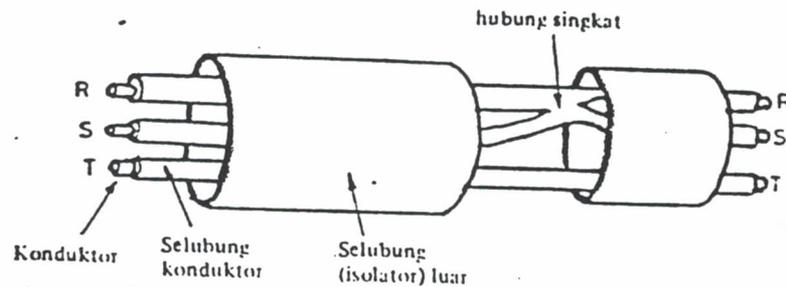
- Tegangan rendah : Tegangan sampai setinggi-tingginya 1000 Volt.
- Tegangan menengah : Tegangan diatas 1000 Volt sampai setinggi-tinggiya 20.000 Volt.
- Tegangan tinggi : Tegangan diatas 20.000 Volt.

B. MACAM-MACAM GANGGUAN PADA KABEL

Ada tiga macam kemungkinan gangguan kabel yang harus segera diketahui dalam transmisi daya listrik yaitu :

1. GANGGUAN HUBUNG SINGKAT ANTAR KONDUKTOR/PHASA

Gangguan hubung singkat antar konduktor/phase biasanya terjadi pada sambungan (konektor) atau pada tempat lain oleh sebab itu tertentu seperti pemanasan yang berlebihan akibat beban lebih (over load).

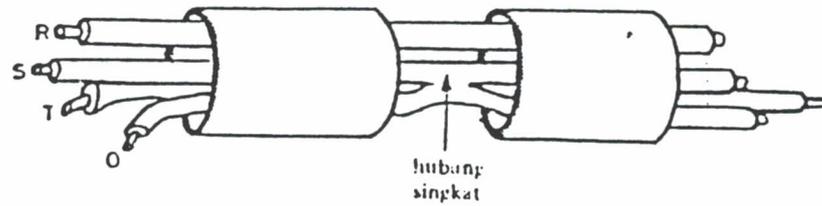


GAMBAR 7

HUBUNG SINGKAT TERJADI ANTARA PHASA R DAN PHASA S

2. GANGGUAN HUBUNG SINGKAT KONDUKTOR/PHASA DENGAN TANAH

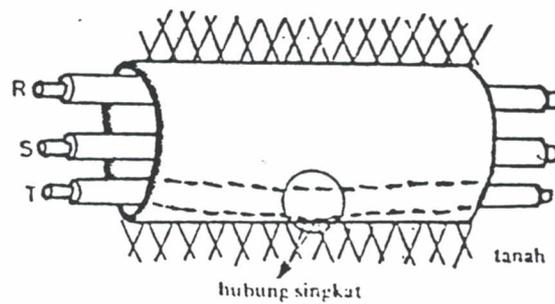
- Gangguan hubung singkat terjadi antara salah satu konduktor dengan kawat tanah pada saluran tiga phase 4 kawat yang satu ditanahkan.



GAMBAR 8

HUBUNG SINGKAT ANTARA SALAH SATU KONDUKTOR
DENGAN KAWAT TANAH

- Gangguan hubung singkat terjadi antara salah satu phasa dengan tanah melalui metal pelindung.



GAMBAR 9

HUBUNG SINGKAT ANTARA SALAH SATU PHASA DENGAN
TANAH MELALUI METAL PELINDUNG

3. SALAH SATU KONDUKTOR/PHASA PUTUS

Salah satu konduktor/phase putus pada hantaran satu phase 2 kawat.

Hal ini biasanya terjadi karena sering ditekuk, penekukan berlebihan atau sering tergilas benda berat.



GAMBAR 10

KONDUKTOR SALAH SATU KABEL PUTUS