



YAYASAN PERGURUAN CIKINI
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL

Jl. Moh. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640
Telp. 021-7270090 (hunting), Fax. 021-7866955, hp: 081291030024
Email : humas@istn.ac.id Website : www.istn.ac.id

SURAT PENUGASAN TENAGA PENDIDIK

Nomor : 144 / 03.1 – G / III / 2022

SEMESTER **GENAP**, TAHUN AKADEMIK 2021 / 2022

Nama : Nizar Rosyidi,Ir,MT Status Pegawai : Edukatif Tetap / Tidak Tetap
NIK : 22860028 Program Studi : Teknik Elektro
Jabatan Akademik : Lektor

| Bidang | Perincian Kegiatan | Tempat | Jam/ Minggu | Kinerja (sks) | Keterangan | |
|--|---|--------|----------------|------------------|---------------------|--|
| I PENDIDIKAN Dan PENGAJARAN | MENGAJAR DI KELAS (KULIAH / RESPONSI DAN LABORATORIUM) | | | | | |
| | 1.Analisis Sistem Tenaga (Kls A) | | | 2 | Selasa,08.00-09.40 | |
| | 2.Pengukuran Besaran Listrik (Kls A) | | | 2 | Senin, 13.00-14.40 | |
| | 3.Sistem Distribusi Daya Listrik (Kls A) | | | 3 | Jumat,08.00-09.40 | |
| | 4.Analisis Sistem Tenaga (Kls K) | | | 2 | Sabtu,08.00-09.40 | |
| | 5.Pengukuran Besaran Listrik (Kls K) | | | 2 | Kamis,17.00-18.40 | |
| | 6. Metodologi Penelitian (Kls K) | | | 2 | Senin,19.00-20.40 | |
| | 7. Distribusi dan Proteksi Tenaga Listrik D.III | | | 2 | Selasa, 10.00-11.40 | |
| | 8. Sistem Distribusi Daya Listrik (Kls K) | | | 3 | Kamis, 19.00-20.40 | |
| | 9. | | | | , | |
| | 10. | | | | , | |
| | 11. | | | | , | |
| | 12. | | | | , | |
| | 13. | | | | , | |
| | 14. | | | | , | |
| | 15. | | | | , | |
| | 16. | | | | , | |
| | 17. Membimbing Skripsi / Tugas Akhir | | | | 1 | |
| 18. Menguji Skripsi / Tugas Akhir | | | | 1 | | |
| II PENELITIAN | 1. Penelitian Ilmiah | | | | | |
| | 2. Penulisan Karya Ilmiah | | | 1 | | |
| | 3. Penulisan Diktat Kuliah | | | | | |
| | 4. Menerjemahkan Buku | | | | | |
| | 5. Pembuatan Rancangan Teknologi | | | | | |
| | 6. Pembuatan Rancangan & Karya Pertunjukan | | | | | |
| III PENGABDIAN DAN MASYARAKAT | 1. Menduduki Jabatan di Pemerintahan | | | | | |
| | 2. Pengembangan Hasil Pendidikan Dan Penelitian | | | | | |
| | 3. Memberikan Penyuluhan/Pelatihan/Ceramah pada masyarakat | | | | 1 | |
| | 4. Memberikan Pelayanan Kepada Masyarakat Umum | | | | | |
| | 5. Menulis Karya Pengabdian Pada Masyarakat yang tidak dipublikasikan | | | | | |
| | 6. Komersial / Kesepakatan | | | | | |
| IV UNSUR-UNSUR PENUNJANG | 1. Jabatan Struktural | | | | | |
| | 2. Penasehat Akademik | | | 1 | | |
| | 3. Berperan serta aktif dalam pertemuan ilmiah / seminar | | | | | |
| | 4. Pengembangan program kuliah / Kelompok Ilmu Elektro | | | | | |
| | 5. Menjadi anggota panitia / Badan pada suatu Perguruan Tinggi | | | | | |
| | 6. Menjadi anggota Badan Lembaga Pemerintah | | | | | |
| | 7. Menjadi Anggota Organisasi Profesi | | | | | |
| | 8. Mewakili PT / Lembaga Pemerintah duduk dalam Panitia antar Lembaga | | | | | |
| | 9. Menjadi Anggota Delegasi Nasional ke Parlemen – Parlemen Internasional | | | | | |
| Jumlah Total | | | | | 23 | |

Kepada yang bersangkutan akan diberikan gaji / honorarium sesuai dengan peraturan penggajian yang berlaku di Institut Sains Dan Teknologi Nasional
Penugasan ini berlaku dari tanggal **21 Maret 2022** sampai dengan tanggal **31 Agustus 2022**.

Jakarta, 21 Maret 2022
Dekan,









(Dr. Musfirah Cahya F.T.Si.,M.Si.)

Tembusan :

1. Direktur Akademik - ISTN
2. Direktur Non Akademik – ISTN
3. Ka. Biro Sumber Daya Manusia - ISTN
4. Kepala Program Studi Fak.
5. Arsip



**Berita Acara Perkuliahan
(Presentasi Kehadiran Dosen)
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2021/2022
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO D3 FTI - ISTN**

| Nama Dosen | | : 1. Ir. Nizar Rosyidi AS,MT | | | Hari | | Selasa | |
|-------------|------------------|--|--------------------------------|---------|---|--|---------------|--|
| Mata Kuliah | | Distribusi & Proteksi | | | Jam | | : 10.00-11.40 | |
| Kelas | | : A | | | Ruang | | : | |
| No. | Hari /Tanggal | Materi Pembelajaran | Metode Belajar | Jml Mhs | Paraf Dosen | | | |
| 1. | Selasa,22-3-2022 | Pendahuluan : Pengenalan Distribusi & Proteksi Listrik | elearning istn dan Google Meet | 1 |  | | | |
| 2. | Selasa,29-3-2022 | Sistem Proteksi : Fungsi dan Syarat proteksi | elearning istn dan Google Meet | 1 |  | | | |
| 3. | Selasa,5-4-2022 | Zona Proteksi | elearning istn dan Google Meet | 1 |  | | | |
| 4. | Selasa,12-4-2022 | Proteksi Transformator | elearning istn dan Google Meet | 2 |  | | | |
| 5. | Selasa,19-4-2022 | Poteksi Generator | elearning istn dan Google Meet | 2 |  | | | |
| 6. | Selasa,26-4-2022 | Peralatan Proteksi | elearning istn dan Google Meet | 1 |  | | | |
| 7. | Selasa,3-5-2022 | Relaying | elearning istn dan Google Meet | 2 |  | | | |
| 8. | Selasa,10-5-2022 | UJIAN TENGAH SEMESTER (UTS) SEMESTER GENAP 2021/2022 | elearning istn dan Google Meet | 2 |  | | | |



Berita Acara Perkuliahan
(Presentasi Kehadiran Dosen)
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2021/2022
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO D3 FTI - ISTN

| Nama Dosen | | : 1. Ir. Nizar Rosyidi AS,MT, 2. Harlan Efendi. ST,MT | | | Hari | | : Selasa |
|-------------|------------------|---|--------------------------------|---------|-------------|--|---------------|
| Mata Kuliah | | Distribusi & Proteksi | | | Jam | | : 10.00-11.40 |
| Kelas | | : A | | | Ruang | | : |
| No. | Hari /Tanggal | Materi Pembelajaran | Metode Belajar | Jml Mhs | Paraf Dosen | | |
| 9 | Selasa,17-5-2022 | Dasar Relay | elearning istn dan Google Meet | 1 | | | |
| 10 | Selasa,24-5-2022 | Sistim Proteksi 1 | elearning istn dan Google Meet | 1 | | | |
| 11 | Selasa,31-5-2022 | Sistim Proteksi 2 (Dasar Pengamanan) | elearning istn dan Google Meet | 1 | | | |
| 12 | Selasa,7-6-2022 | Sample Proteksi | elearning istn dan Google Meet | 2 | | | |
| 13 | Selasa,14-6-2022 | jenis Pentanahan(Grounding) | elearning istn dan Google Meet | 2 | | | |
| 14 | Selasa,21-6-2022 | Setting Relay | elearning istn dan Google Meet | 1 | | | |
| 15 | Selasa,28-6-2022 | Latihan Soal - Tugas | elearning istn dan Google Meet | 2 | | | |
| 16 | Selasa,12-7-2022 | UJIAN AKHIR SEMESTER (UAS) SEMESTER GENAP 2021/2022 | elearning istn dan Google Meet | 2 | | | |

Jakarta, 2022
Kaprosdi Teknik Elektro D3 FTI ISTN

Harlan Effendi,ST, MT

DAFTAR NILAI

SEMESTER GENAP REGULER TAHUN 2021/2022

Program Studi : Teknik Elektro D3

Matakuliah : Distribusi & Proteksi Tenaga Listrik

Kelas / Peserta : A

Perkuliahan : Kampus ISTN Bumi Srengseng Indah

Dosen : Nizar Rosyidi, Ir.MT.

Hal. 1/1

| No | NIM | N A M A | ABSEN | TUGAS | UTS | UAS | MODEL | PRESENTASI | NA | HURUF |
|----|----------|---------------------------------------|-------|-------|-----|-----|-------|------------|----|----------|
| | | | 10% | 20% | 30% | 40% | 0% | 0% | | |
| 1 | 20430001 | Mochammad Ilhaq Nuhaidir Melih | 100 | 30 | 60 | 90 | 0 | 0 | 70 | B |
| 2 | 20430002 | Firdan Maulana Gibrani | 100 | 0 | 0 | 70 | 0 | 0 | 38 | E |

| Rekapitulasi Nilai | | | | | | | |
|--------------------|---|----|---|----|---|----|---|
| A | 0 | B+ | 0 | C+ | 0 | D+ | 0 |
| A- | 0 | B | 1 | C | 0 | D | 0 |
| | | B- | 0 | C- | 0 | E | 1 |

Jakarta, 1 August 2022

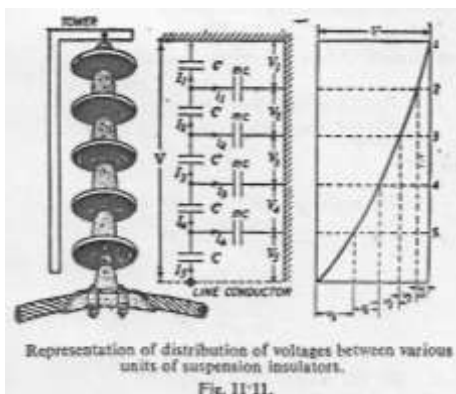
Dosen Pengajar



Nizar Rosyidi, Ir.MT.

Distribusi tegangan pada isolator gantung

Pada isolator gantung tegangan tinggi selalu dibuat beberapa tingkat. Dimana masing-masingnya dihubungkan dengan penghubung metal. Metal metal ini bersifat sebagai elektroda, sehingga bila ada tegangan pada konduktor, diantara keduanya akan terdapat kapasitansi. Selain antara sesama penghubung akan terdapat pula kapasitansi antara penghubung dengan tanah dan dengan konduktor. Dengan adanya kapasitansi hubungan diatas maka distribusi tegangan pada unit unit isolator akan berbeda beda dan ini disebabkan oleh berbeda bedanya arus bocor yang melalui unit unit isolator.



Kapasitor (C) dalam satuan farad mc adalah mutual kapasitansi

Capasitansi ground = mC(1) Type equation here.

V_1 beda potensial pada isolator paling atas

Reaktansi mutual kapasitansi :

$$X_c = \frac{1}{\omega C} \dots\dots\dots(2)$$

Reaktansi pada capasitor ground ;

$$= \frac{1}{\omega mC} \dots\dots\dots(3)$$

Dari gambar diatas arus (I_1) adalah

$$I_1 = \frac{V_1}{\frac{1}{\omega C}} = V_1 \cdot \omega C \dots\dots\dots(4)$$

$$i_1 = \frac{V_1}{\frac{1}{\omega mC}} = mV_1 \omega C \dots\dots\dots(5)$$

Dimana I_2

$$I_2 = I_1 + i_1 \dots\dots\dots(6)$$

Pers(4) dan (5) kita substitusi kepersamaan (6),maka

$$I_2 = V_1 \omega C + mV_1 \omega C.$$

$$= V_1 \omega C(1 + m).....(7)$$

$$V_2 = \frac{I_2}{\omega C}(8)$$

Pers (7) dimasukkan ke pers(8),

$$V_2 = \frac{V_1 \omega C(1+m)}{\omega C}.$$

$$= V_1(1 + m).....(9)$$

$$i_2 = \frac{V_2 + V_1}{\frac{1}{\omega m C}}.....(10)$$

$$= m\omega C(V_2 + V_1).....(11)$$

Persamaan (9) substitusi ke pers(11)

$$i_2 = m\omega C[(V_1(1 + m) + V_1)].$$

$$= m\omega CV_1(2 + m).....(12)$$

$$I_3 = I_2 + i_2.....(13)$$

Pers (7) dan pers (12) substitusikan ke pers (13)

$$I_3 = V_1 \omega C(1 + m) + mV_1 \omega C(2 + m).$$

$$= V_1 \omega C(1 + 3m + m^2).....(14)$$

$$V_3 = \frac{I_3}{\omega C}.....(15)$$

Pers (14) substitusi ke pers (15)

$$V_3 = V_1(1 + 3m + m^2).....(16)$$

$$i_3 = \frac{V_1 + V_2 + V_3}{\frac{1}{\omega m C}}.....(17)$$

Substitusi pers(9) dan pers(16) ke pers(17)

$$i_3 = m(V_1 + V_2 + V_3)\omega C.$$

$$= m[V_1 + (1 + m)V_1 + (1 + 3m + m^2)V_1]\omega C$$

$$= mV_1 \omega C(3 + 4m + m^2).....(18)$$

$$I_4 = I_3 + i_3.....(19)$$

Substitusi pers(14)dan(17) ke pers(19)

$$I_4 = V_1\omega C(1 + 3m + m^2) + mV_1\omega C(3 + 4m + m^2).$$

$$= V_1\omega C(1 + 6m + 5m^2 + m^3).....(20)$$

$$V_4 = \frac{I_4}{\omega C}.....(21)$$

Pers (20) substitusi ke pers (21)

$$V_4 = \frac{V_1\omega C(1+6m+5m^2+m^3)}{\omega C}.$$

$$= V_1(1 + 6m + 5m^2 + m^3).....(22)$$

$$i_4 = \frac{V_1+V_2+V_3+V_4}{\frac{1}{\omega m C}}.....(23)+$$

Masukan pers (9),(16)dan(22) ke pers(23)

$$i_4 = m[V_1 + (1 + m)V_1 + (1 + 3m + m^2)V_1 + (1 + 6m + 5m^2 + m^3)V_1]\omega C.$$

$$= mV_1\omega C(4 + 10m + 6m^2 + m^3).....(24)$$

$$I_5 = I_4 + i_4.....(25)$$

Substitusikan pers(20)dan(24) ke persamaan (25)

$$I_5 = V_1\omega C(1 + 6m + 5m^2 + m^3) + mV_1\omega C(4 + 10m + 6m^2 + m^3)$$

$$= V_1\omega C(4 + 10m + 15m^2 + 7m^3 + m^4).....(26)$$

Jadi :

$$V_5 = \frac{I_5}{\omega C}.....(27)$$

Substitusi pers(26) ke Pers(27)

$$V_5 = V_1(1 + 10m + 15m^2 + 7m^3 + m^4).....(28)$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5.....(29)$$

Substitusikan pers(9),(16),(22)dan(28) ke Per (29)

$$V = V_1 + V_1(1 + m) + V_1(1 + 3m + m^2) + V_1(1 + 6m + 5m^2 + m^3) + V_1(1 + 10m + 15m^2 + 7m^3 + m^4).$$

$$= V_1(5 + 20m + 21m^2 + 8m^3 + m^4).$$

Jika $m = 0,1,$

Maka

$$V_1(5 + 2 + 0,21 + 0,008 + 0,0001) = V.$$

$$7,2181 V_1 = V$$

Atau

$$V_1 = 0,1386 V.$$

Kita masukan harga V_1 ke pers(9)

$$V_2 = V_1(1 + m).$$

$$= 0,1386 \times 1,1 V$$

$$= 0,15246 V$$

Masukan ke per (16)

$$V_3 = V_1(1 + 3m + m^2).$$

$$= V_1(1 + 0,3 + 0,01)$$

$$= 0,1386 \times 1,31 V$$

$$= 0,1815 V$$

Ke pers (22)

$$V_4 = V_1(1 + 6m + 5m^2 + m^3)$$

$$= V_1(1 + 0,6 + 0,05 + 0,001)$$

$$= 1,651 V_1$$

$$= 0,1386 \times 1,651 V$$

$$= 0,2288 V$$

Masukkan ke pers(2.8)

$$V_5 = V_1(1 + 10m + 15m^2 + 7m^3 + m^4).$$

$$= V_1(1 + 1 + 0,15 + 0,007 + 0,0001).$$

$$= 2,1571 V_1$$

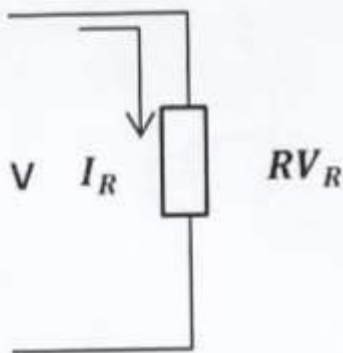
$$= 0,1386 \times 2,1571 V$$

$$= 0,2987 V.$$

Soal soal.

Diketahui suatu susunan isolator gantung seperti gambar dibawah ini, jika tegangan (V) 17 kV, dan $m = 0,2$. Hitung tegangan distribusi V_1 , V_2 dan V_3 ?

Hubungan Tegangan dengan Arus



$$V = R \cdot I \dots\dots V_R = V$$

$$V = I_R \cdot R \dots \text{Volt}$$

$$I_R = \frac{V_R}{R} = G \cdot V_R = \frac{\text{Volt}}{\Omega} = \text{Ampere}$$

$$= G \cdot V$$

$$= U \cdot V = \text{Ampere}$$

Daya

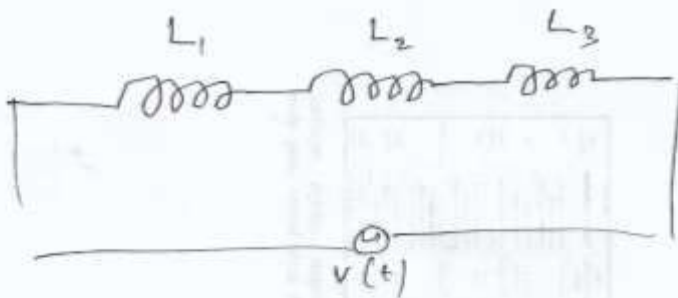
$$P_R = V \cdot I$$

$$= V_R \cdot I_R = \text{Watt}$$

$$= R \cdot I_R^2 = G^2 \cdot V^2 \frac{1}{G}$$

Induktor serie

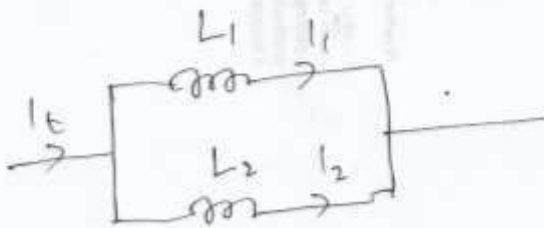
①



$$V(t) = L_1 \frac{di}{dt} + L_2 \frac{di}{dt} + L_3 \frac{di}{dt}$$
$$= L_t \frac{di}{dt}$$

$$L_t = L_1 + L_2 + L_3$$

Induktor Paralel



$$i(t) = i_1 + i_2$$
$$\frac{1}{L_p} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \rightarrow L_p = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$$

$$\frac{1}{L_p} \int v \cdot dt = \frac{1}{L_1} \int v \cdot dt + \frac{1}{L_2} \int v \cdot dt$$

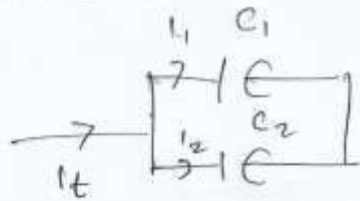
Capasitor

$$C = \frac{\epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot A}{d}$$

$$Q_c = C \cdot V_c \rightarrow \text{Beda potensial}$$

\downarrow \downarrow
 muatan capasitor

Kapasitor paralel



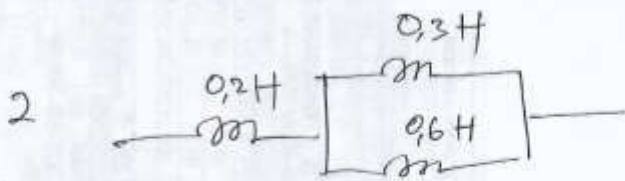
$$I_t = I_1 + I_2$$

$$C_t \frac{d}{dt} V(t) = C_1 \frac{dV(t)}{dt} + C_2 \frac{dV(t)}{dt}$$

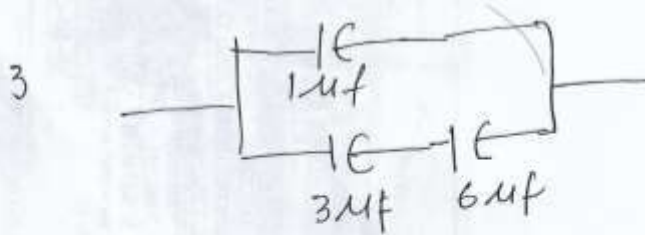
$$C_t = C_1 + C_2$$

Soal

- ①. Tegangan Suatu Piranti berubah terhadap waktu sebagai $V = 220 \cos 400t$ dan Arus yg mengalir $i = 5 \sin 400t$.
hitunglah, Daya terhadap waktu



Hitung L_t . ?



Hitung C_t .

$$C = C_1 + C_2$$

$$C \frac{dV}{dt} = C_1 \frac{dV}{dt} + C_2 \frac{dV}{dt}$$

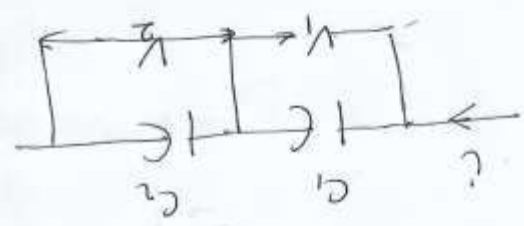
$$C = C_1 + C_2$$



$$C_{\text{total}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$\frac{1}{C} \int i(t) dt = \frac{1}{C_1} \int i(t) dt + \frac{1}{C_2} \int i(t) dt$$



Kapazität Serie

(3)

Jatuh Tegangan



Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar. Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar.

Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran Volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan



Perhitungan jatuh tegangan praktis pada batas-batas tertentu dengan hanya menghitung besarnya tahanan masih dapat dipertimbangkan, namun pada sistem jaringan khususnya pada sistem tegangan menengah masalah induktansi dan kapasitansinya diperhitungkan karena nilainya cukup berarti

(PT.PLN (Persero), 2010: hal 20)



Tegangan jatuh secara umum adalah tegangan yang digunakan pada beban. Tegangan jatuh ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui tahanan kawat. Tegangan jatuh (V) pada penghantar semakin besar jika arus I di dalam penghantar semakin besar dan jika tahanan penghantar R_{ℓ} semakin besar pula.



Tegangan jatuh merupakan penanggung jawab terjadinya kerugian pada penghantar karenadapat menurunkan tegangan pada beban. Akibatnya hingga berada di bawah tegangan nominal yang dibutuhkan. Atas dasar hal tersebut maka tegangan jatuh yang diijinkan untuk instalasi arus kuat hingga 1.000 V yang ditetapkan dalam persen dari tegangan kerjanya

(Daryanto, 2010: hal 18 & 42)



Sesuai dengan standar tegangan yang ditentukan oleh PLN (SPLN), perancangan jaringan dibuat agar jatuh tegangan di ujung diterima 10%. Tegangan jatuh



Toleransi tegangan pelayanan yang diijinkan



pada jaringan disebabkan adanya rugi tegangan akibat hambatan listrik (R) dan reaktansi (X). Jatuh tegangan phasor V_d pada suatu penghantar yang mempunyai impedansi (Z) dan membawa arus (I) dapat dijabarkan dengan rumus :

$$V_d = I \cdot Z \dots\dots\dots 1$$



Dalam pembahasan ini yang dimaksudkan dengan jatuh tegangan (ΔV) adalah selisih antara tegangan kirim (V_k) dengan tegangan terima (V_t). maka jatuh tegangan dapat didefinisikan adalah :

$$\Delta V = (V_k - V_t) \dots\dots(2).$$



Karena adanya resistansi pada penghantar maka tegangan yang diterimakonsumen (V_r) akan lebih kecil dari tegangan kirim (V_s), sehingga tegangan jatuh (V_{drop}) merupakan selisih antara tegangan pada pangkal pengiriman (sending end) dan tegangan pada ujung penerimaan (receiving end) tenaga listrik.

Tegangan jatuh relatif dinamakan regulasi tegangan VR (voltage regulation) dan dinyatakan oleh rumus :



$$V_{\%} = \frac{V_s - V_r}{V_r} \times 100\%$$

3

Dimana :

V_s = tegangan pada pangkal pengiriman

V_r = tegangan pada ujung penerimaan



Untuk menghitung jatuh tegangan, diperhitungkan reaktansinya, maupun faktor dayanya yang tidak sama dengan satu, maka berikut ini akan diuraikan cara perhitungannya. Dalam penyederhanaan perhitungan, diasumsikan beban – bebannya merupakan beban fasa tiga yang seimbang dan faktor dayanya ($\text{Cos } \varphi$) antara 0,6 s/d 0,85



Tegangan dapat dihitung berdasarkan rumus pendekatan hubungan sebagai berikut :

$$(\Delta V) = I (R \cdot \cos \varphi + X \cdot \sin \varphi) L \dots\dots\dots 4$$

Dimana :

I = Arus beban (Ampere)

R= Tahanan rangkaian (Ohm)

X = Reaktansi rangkaian (Ohm)

L = panjang saluran (Km)

Mencari drop tegangan di suatu titik

Mencari besar tegangan drop (drop tegangan/tegangan yang terbang) sebelum sampai di suatu titik atau tempat tertentu. Dalam sistem tenaga listrik, besar tegangan yang diterima oleh suatu tempat dengan tempat lainnya akan berbeda dari satu sumber tegangan yang sama, pasti tegangan yang diterima oleh tempat yang lebih jauh dari sumber tegangan akan lebih kecil dari pada tegangan yang diterima oleh tempat yang lebih dekat dengan sumber tegangan tersebut misal : oleh tempat yang lebih dekat dengan sumber tegangan tersebut. misal hambatan jenis Aluminium = $0,0286V$





Sumber = 220 Volt misalkan pada gambar di atas adalah gambar jaringan pada tegangan rendah, dapat dilihat beban pada masing-masing lokasi, beban A: 6 (A) beban B: 6(A) beban C: 16(A) beban D: 16 (A) beban E: 6(A) tegangan yang diterima di E lebih kecil dari tegangan yang diterima di D, karena E lebih jauh dari sumber tegangan dibanding D tegangan yang diterima di D lebih kecil dari tegangan yang diterima di C, karena D lebih jauh dari sumber tegangan dibanding C tegangan yang diterima di C lebih kecil dari tegangan yang diterima di B, karena C lebih jauh dari sumber tegangan dibanding B tegangan yang diterima di B lebih kecil dari tegangan yang diterima di A, karena B lebih jauh dari sumber tegangan dibanding A dengan kata lain

$$V(E) < V(D) < V(C) < V(B) < V(A) \text{ atau } V(A) > V(B) > V(C) > V(D) > V(E)$$



Bagaimana cara mencari besar tegangan yang diterima pada masing-masing titik?(Lihat pembahasan berikut!).Pembahasan:Tentukan terlebih dahulu besar beban pada DE, CD, BC dan AB □ Besar beban pada DE = beban ES = 6 A □ Besar beban pada CD = beban DS + beban DE = 16 A + 6 A = 22 A

Besar beban pada BC = beban CS + beban CD = 16 A + 22 A = 38 A □ Besar beban pada AB = beban BS + beban BC = 6 A + 38 A = 44 A

□

Besar beban pada OA = beban AS + beban AB = 6 A + 44 A = 50 A



sehingga didapat gambar dengan data lebih detail seperti berikut: TC Aluminium = $2 \times 10 \text{ mm}^2$ hambatan jenis Aluminium $(\rho) = 0,0286$

$V_{\text{sumber}} = 220 \text{ Volt}$ V_{drop} tegangan akan kita simbolkan dengan V_d

$V_d = I R (\cos \Phi + jX \sin \Phi)$, harga X sangat kecil sekali sehingga bisa dianggap nol,

sehingga $V_d = IR(\cos \Phi + j0 \sin \Phi)$

$V_d = I R (\cos \Phi + 0)$

$V_d = IR \cos \Phi$



Mencari besar tegangan yang sampai di titik A

a. Mencari besar hambatan di daerah O-R(OA) adalah simbol untuk besar hambatan di daerah O-A

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

$$R(OA) = (0,0286 \times 25) / 10$$

$$R(OA) = 0,0175 \Omega$$

b. Mencari besar drop tegangan sebelum sampai ke titik A (Volt)

V(d-A) adalah simbol dari besar drop tegangan sebelum sampai ke titik A

I(OA) adalah besar arus yang ditanggung oleh kawat / jaringan pada daerah O-A

$$V(d-A) = I(OA)R(OA)\cos \Phi$$

$$V(d-A) = 50 \times 0,0175 \times 0,8$$

$$V(d-A) = 2,86 \text{ Volt}$$



c. Menentukan besar tegangan yang sampai di titik A (Volt)

$V(A)$ adalah simbol tegangan yang sampai di titik A
 $V(A) = V(\text{sumber}) - V(\text{d-A})$ $V(\text{sumber})$ untuk tujuan titik A adalah $V(O)$

$$V(A) = (220 - 2,86)$$

$$\text{Volt } V(A) = 217,14 \text{ Volt}$$

Jadi tegangan yang sampai di titik A adalah 217,14 Volt.



2. Mencari besar tegangan yang sampai di titik B

a. Mencari besar hambatan di titik B (Ω) $R(AB)$ adalah simbol besar hambatan di titik pada daerah A-B $R(AB) = (0,0286 \times 15) / 10$

$$R(AB) = 0,0429 \Omega$$

b. Mencari besar drop tegangan sebelum sampai ke titik B (Volt)
 $V(d-B)$ adalah simbol dari besar drop tegangan sebelum sampai ke titik B

$I(AB)$ adalah besar arus yang ditanggung oleh kawat / jaringan pada daerah A-B

$$V(d-B) = I(AB)R(AB)\cos \phi$$

$$V(d-B) = 44 \times 0,0429 \times 0,8$$

$$V(d-B) = 1,51008 \text{ Volt.}$$



c. Menentukan besar tegangan yang sampai di titik B (Volt)

$V(B)$ adalah simbol tegangan yang sampai di titik B

$$V(B) = (V(\text{sumber}) - V(d-A))$$

$V(\text{sumber})$ untuk tujuan titik B adalah $V(A)$

$$V(B) = (217,14 - 1,51008) \text{ Volt}$$

$$V(B) = 215,6299 \text{ Volt}$$

Jadi tegangan yang sampai di titik B adalah 215,6299 Volt.



dengan cara yang sama dapat dicari jatuh tegangan pada C ,D dan E

Pemisah

Pemisah adalah suatu alat untuk memisahkan tegangan pada peralatan instalasi tegangan tinggi. Ada dua macam fungsi Pemisah, yaitu:

1. Pemisah Peralatan;

Berfungsi untuk memisahkan peralatan listrik dari peralatan lain atau instalasi lain yang bertegangan. Pemisah ini boleh dibuka atau ditutup hanya pada rangkaian yang tidak berbeban.

2. Pemisah Tanah (Pisau Pentanahan/Pembumian);

Berfungsi untuk mengamankan dari arus tegangan yang timbul sesudah saluran tegangan tinggi diputuskan atau induksi tegangan dari penghantar atau kabel lainnya. Hal ini perlu untuk keamanan bagi orang-orang yang bekerja pada peralatan instalasi.



•Penempatan Posisi Pemisah

•Sesuai dengan penempatannya di daerah mana Pemisah tersebut dipasang, PMS dapat dibagi menjadi :

1. Pemisah Penghantar/Line

- Pemisah yang terpasang di sisi penghantar

2. Pemisah Rel/Bus

- Pemisah yang terpasang di sisi rel

3. Pemisah Kabel

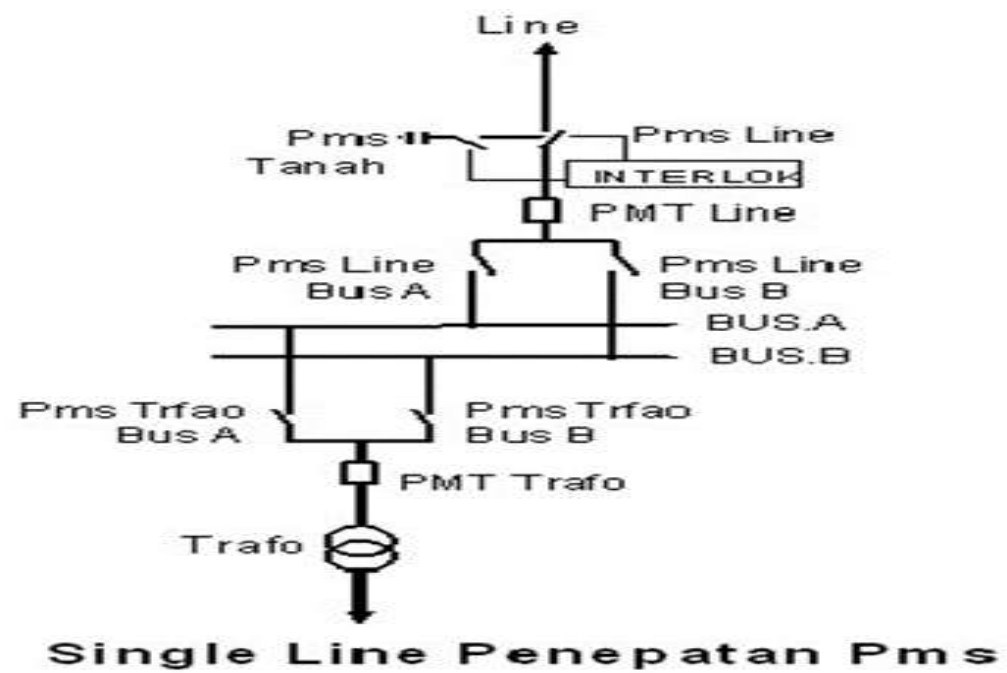
- Pemisah yang terpasang di sisi kabel

4. Pemisah Seksi

- Pemisah yang terpasang pada suatu rel sehingga rel tersebut dapat menjadi dua seksi

5. Pemisah Tanah

- Pemisah yang terpasang pada penghantar/line/kabel untuk menghubungkan ke tanah.



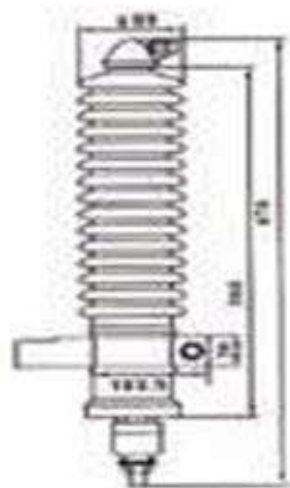
Arrester

lightning arrester (penangkal petir) yang berfungsi menangkal gelombang berjalan dari petir yang akan masuk ke instalasi pusat pembangkit listrik. Gelombang berjalan juga dapat berasal dari pembukaan dan penutupan pemutus tenaga atau circuit breaker (switching). Pada sistem Tegangan Ekstra Tinggi (TET) yang besarnya di atas 350 kV, surja tegangan yang disebabkan oleh switching lebih besar dari pada surja petir.

Saluran udara yang keluar dari pusat pembangkit listrik merupakan bagian instalasi pusat pembangkit listrik yang paling rawan sambaran petir dan karenanya harus diberi lightning arrester. Selain itu, lightning arrester harus berada di depan setiap transformator dan harus terletak sedekat mungkin dengan transformator. Hal ini perlu karena pada petir yang merupakan gelombang berjalan menuju ke transformator akan melihat transformator sebagai suatu ujung terbuka (karena transformator mempunyai isolasi terhadap bumi/tanah) sehingga gelombang pantulannya akan saling memperkuat dengan gelombang yang datang. Berarti transformator dapat mengalami tegangan surja dua kali besarnya tegangan gelombang surja yang datang.

Untuk mencegah terjadinya hal ini, lightning arrester harus dipasang sedekat mungkin dengan transformator.

Lightning arrester bekerja pada tegangan tertentu di atas tegangan operasi untuk membuang muatan listrik dari surja petir dan berhenti beroperasi pada tegangan tertentu di atas tegangan operasi agar tidak terjadi arus pada tegangan operasi, dan perbandingan dua tegangan ini disebut rasio proteksi arrester. Tingkat isolasi bahan arrester harus berada di bawah tingkat isolasi bahan transformator agar apabila sampai terjadi flashover, maka flashover diharapkan terjadi pada arrester dan tidak pada transformator.



www.elford.com

Rele proteksi

Rele proteksi adalah susunan peralatan yang direncanakan untuk dapat merasakan atau mengukur adanya gangguan atau mulai merasakan tenaga listrik dan segera otomatis memberi perintah untuk membuka pemutus tenaga untuk memisahkan peralatan atau bagian dari sistem proteksi yang terganggu dan memberikan isyarat berupa lampu atau bel.

- Rele proteksi dapat merasakan adanya gangguan pada peralatan yang diamankan dengan mengukur atau membandingkan besaran-besaran yang diterimanya, misalnya arus, tegangan, daya, sudut fase, frekuensi, impedansi dan sebagainya, dengan besaran yang telah ditentukan kemudian mengambilnya keputusan untuk seketika ataupun dengan perlambatan waktu membuka pemutus tenaga.

• Fungsi rele proteksi pada sistem tenaga listrik :

- a. Merasakan, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkan secepatnya sehingga sistem lain yang tidak terganggu dapat beroperasi normal.
- b. Mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu
- c. Mengurangi pengaruhnya gangguan terhadap bagian sistem yang tidak terganggu di dalam sistem tersebut serta mencegah meluasnya gangguan.
- d. Memperkecil bahaya bagi manusia

- Dari fungsinya diatas, adakalanya ada kegagalan dalam pengaman rele proteksi. Hal-hal yang dapat menimbulkan kegagalan pengaman dapat di kelompokkan sebagai berikut :
 - a. Kegagalan pada rele itu sendiri
 - b. Kegagalan suplai arus dan/atau tegangan ke rele tegangannya rangkaian suplai ke rele dari trafo tersebut terbuka atau terhubung singkat.
 - c. Kegagalan sistem suplai arus searah untuk tripping pemutus tenaga. Hal yang dapat menyebabkannya antara lain baterai lemah karena kurang perawatan, terbukanya atau terhubung singkat rangkaian arus searah.
 - d. Kegagalan pemutus tenaga. Kegagalan ini dapat disebabkan karena kumparan trip tidak menerima suplai, kerusakan mekanis ataupun kegagalan pemutusan arus kemampuan dari pemutus tenaganya.

Karena ada kemungkinan kegagalan pada sistem pengaman maka arus dapat diatasi yaitu dengan penggunaan pengaman cadangan (*Back Up Protection*).

Dengan demikian pengaman menurut fungsinya dapat dikelompokkan menjadi :

- a. Pengaman utama yang pada umumnya selektif dan cepat dan malah jenis tertentu mempunyai sifat selektif mutlak misalnya rele diferensial
- b. Pengaman cadangan, umumnya mempunyai perlambatan waktu hal ini untuk memberikan kesempatan kepada pengaman utama bekerja terlebih dahulu, dan jika pengaman utama gagal, baru pengaman cadangan bekerja dan rele ini tidak seselektif pengaman utama.

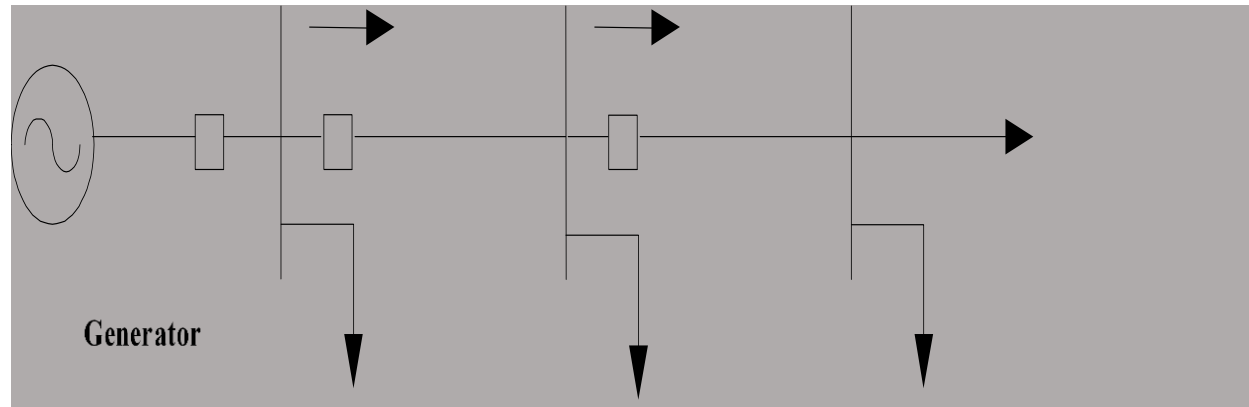
Jenis-Jenis Rele Proteksi

Jenis-jenis rele ada macam macamnya, ini sesuai dengan fungsi dan kegunaannya masing-masing. Berikut adalah jenis-jenis rele yang di pakai dalam proteksi sistem tenaga listrik :

a. Rele Arah (Directional Relay)

Pada dasarnya rele ini menggunakan prinsip dasar rele induksi dengan satu besaran input. Pada rele arah induksi ini besaran input terdiri dari

1. Besaran penggerak arus
2. Besaran pembanding (refensi atau polarizing) – arus atau tegangan



Persyaratan rele arah yang harus di penuhi :

1. Waktu kerja rele arus cepat; 20-40 milli second
2. Rele harus dapat pick up pada daya yang kecil. Rele harus masih dapat pick up dengan arah yang betul pada tegangan yang rendah (2,6 V)
3. Konsumsi dari kumparan dan arus sekecil mungkin pada keadaan normal sehingga beban dari CT/PT tetap kecil;
4. Rele harus mempunyai harga pembanding drop out dan pick up (K_d) tinggi, $k_d = 0,9-1$
5. Rele arah tidak boleh bekerja sendiri kalau rangkaian tegangan hilang dan kumparan arus dialiri arus
6. Rele arah sebaiknya sederhana konstruksinya, dapat diandalkan dalam operasinya berukuran kecil.

Rele Diferensial

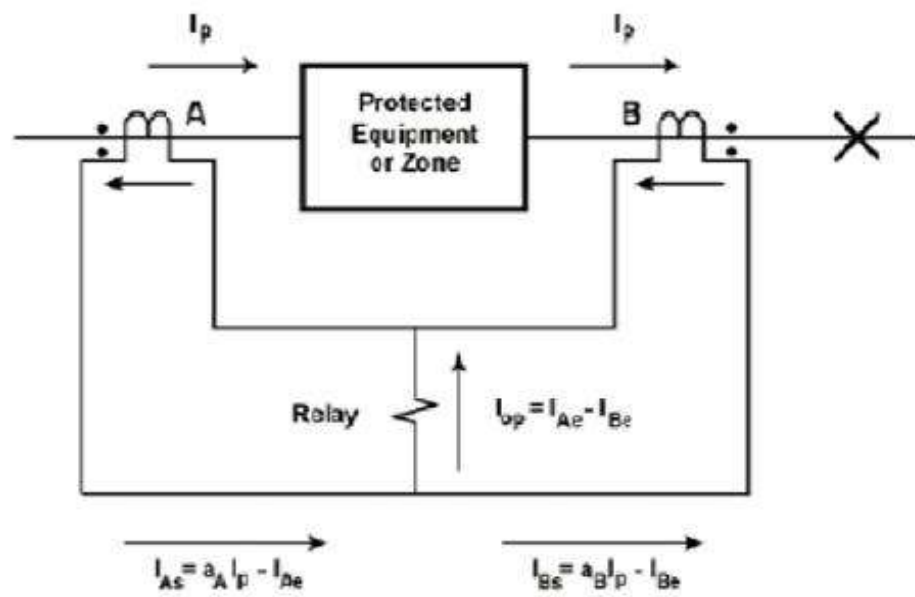
“Rele diferensial adalah suatu rele yang bekerja bila ada pembeda vektor dari dua besaran listrik atau lebih yang melebihi besaran yang telah ditentukan.

Dengan demikian setiap jenis rele, bila dihubungkan dengan cara tertentu dapat dibuat bekerja seperti rele diferensial. Dengan perkataan lain tidak begitu banyak susunan rele yang telah dihubungkan dengan cara tertentu dalam sirkit yang membuat rele tersebut bekerja sebagai suatu rele diferensial.

Rele differensial juga berfungsi untuk mengamankan transformator terhadap gangguan hubung singkat yang terjadi di dalam daerah pengaman transformator. Rele ini merupakan pengaman utama (*main protection*) yang sangat selektif dan cepat, sehingga tidak perlu dikoordinir dengan rele lain dan tidak memerlukan time delay.

Sifat pengaman dengan rele diferensial :

1. Sangat efektif dan cepat, tidak perlu koordinasi dengan rele lain
2. Sebagai pengaman utama
3. Tidak dapat digunakan sebagai pengaman cadangan untuk seksi/daerah berikutnya
4. Daerah pengamannya dibatasi oleh pasangan trafo arus dimana rele diferensial dipasang



Persyaratan pada pengaman diferensial adalah sebagai berikut :

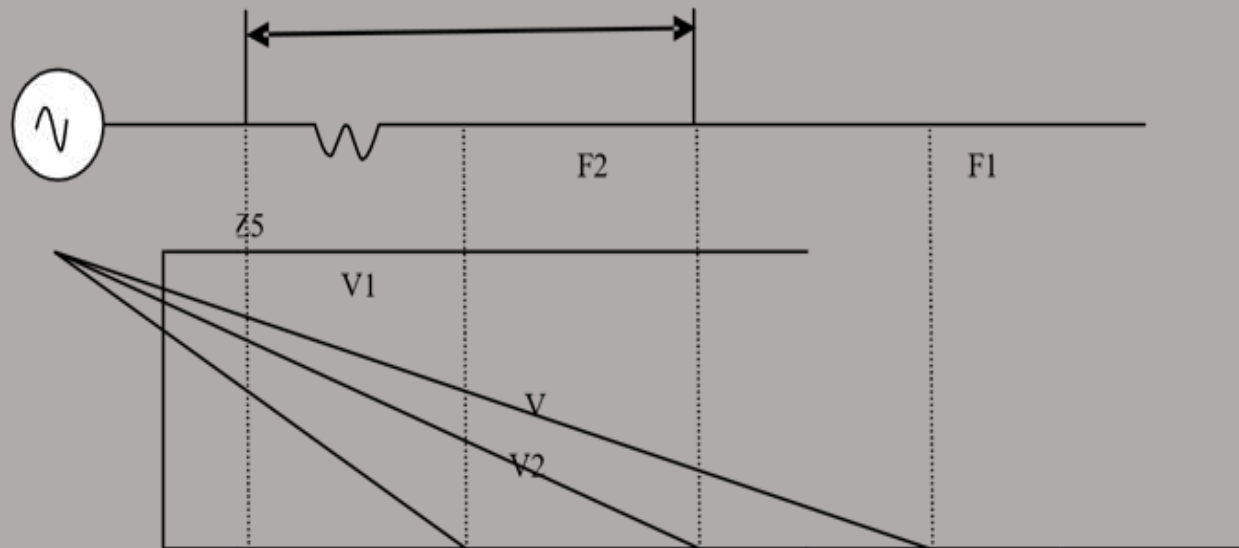
1. CT1 dan CT2 harus mempunyai perbandingan transformasi yang sama atau mempunyai transformasi sedemikian sehingga sekundernya sama
2. Karakteristik CT1 dan CT2 sama
3. Rangkaian CT ke rele harus betul

Rele Jarak

Jenis rele yang paling menarik dan banyak dibicarakan terdapat pada jenis group rele jarak. Dalam rele jarak terdapat keseimbangan anantara tegangan dan arus dan pembandingnya dinyatakan dalam impedansi yang merupakan ukuran listrik untuk jarak suatu saluran transmisi.

Pada umumnya yang disebut impedansi dapat berupa tahanan resistansi saja (R), reaktansi saja (X) atau kombinasi dari keduanya. Dalam terminologi rele pengaman, impedansi rele mempunyai karakteristik yang berhubungan dengan seluruh komponen impedansi.

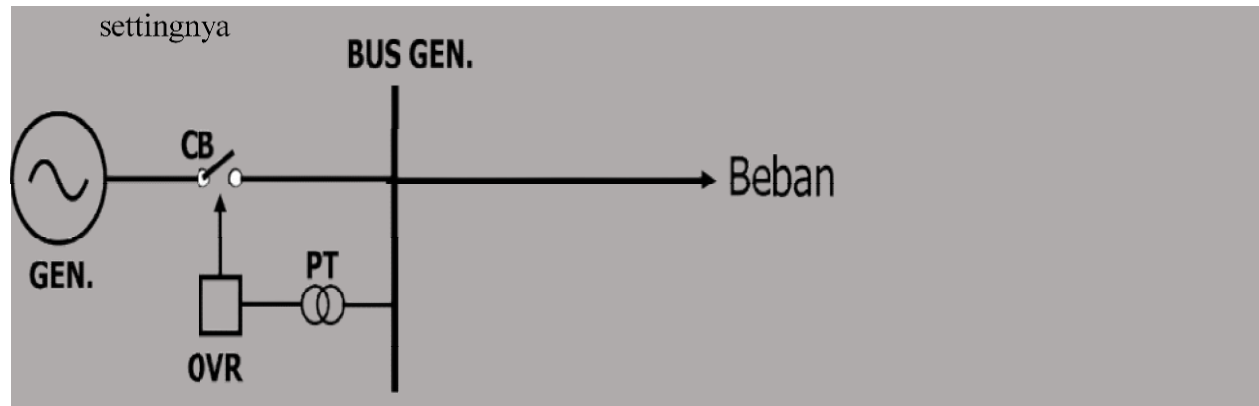
Prinsip kerja rele jarak adalah membandingkan arus dan tegangan ditempat yang sama.



Rele Tegangan

- Rele ini bekerja dengan menggunakan tegangan sebagai besaran ukur, disini rele akan bekerja jika tegangan yang terdeteksi melebihi/dibawah tegangan settingnya. Oleh karena itu rele tegangan diklasifikasi dalam 2 jenis yaitu :

- a. Rele tegangan lebih (over voltage relay = OVR), bekerja berdasarkan kenaikan tegangan mencapai.melebihi nilai settingannya
- Rele tegangan kurang (under voltage relay), bekerja berdasarkan turunnya tegangan mencapai/dibawah nilaimencapaisettingnya



- a. Over voltage relay adalah pengaman tegangan lebih pada sistem pembangkitan yaitu sebagai pengaman gangguan tanah (pergeseran titik netral) pada jaringan yang disuplai dari trafo tenaga dimana titik netralnya ditanahkan melalui tahanan tinggi atau sistem mengambang
- b. Under voltage relay berfungsi mencegah starting motor bila suplai tegangan turun dan dalam pengaman sistem dapat
 - dikombinasikan dengan rele frekuensi kurang

Rele Frekuensi

- Frekuensi merupakan salah satu parameter yang dapat menunjukkan keadaan yang tidak normal pada suatu sistem tenaga listrik. Berkurangnya daya pembangkit akan mengakibatkan turunnya putaran pembangkit dan turunnya frekuensi sistem, keadaan ini mutlak perlu dihindari sebab akan mengganggu kestabilan dari sistem tenaga listrik, hal ini dapat diatasi dengan memasang pengaman khusus yaitu rele frekuensi menurun.

Pemilihan rele ini perlu ditinjau kemampuannya dan ada beberapa yang perlu diperhatikan dan dipertimbangkan

- a. Bagi rele pengaman sangat penting untuk mengetahui keadaan tidak normal dan kemudian mengamankannya dengan memperhatikan kemampuan untuk kembali kekeadaan semula/normal secara otomatis
- b. Kemampuan selektif suatu keadaan normal harus segera kembali kekeadaan normalnya dengan cara pelepasan beban seminimum mungkin setelah gangguan terjadi.
- c. Kepekaan rele harus bekerja sedemikian telitinya sehingga pada keadaan bagaimanapun kekeurangan pembangkit dapat dirasakan dan dengan kecepatan kerja tertentu
- d. Waktu kerja. Dalam hal tertentu rele ini harus bekerja dalam waktu singkat dan dalam keadaan lain rele dapat juga bekerja dalam waktu tertunda (time day), yang mana semua ini ditentukan oleh keadaan sistem dan kecepatan kerja alat-alat pada sistem tersebut.

- **Rele Arus Lebih**

- Rele arus lebih adalah rele yang bekerja berdasarkan arus, yang mana rele ini akan bekerja apabila terjadi arus yang melampaui batas tertentu yang telah ditetapkan yang disebut arus kerja atau arus setting rele.

- **Keuntungan dan Fungsi Rele Arus Lebih**

- Sederhana dan murah.
- Mudah penyetelannya.
- Merupakan rele pengaman utama dan cadangan.
- Mengamankan gangguan hubung singkat antar fasa maupun hubung singkat satu fasa ke tanah dan dalam beberapa hal dapat digunakan sebagai pengaman beban lebih (overload).
- Pengamanan utama pada jaringan distribusi dan sub transmisi radial.
- Pengamanan cadangan untuk generator, trafo tenaga dan saluran transmisi.

- **Prinsip Kerjanya**

- Elektro mekanis
- Statis

- **Karakteristik Waktu Kerjanya**

- **a) Rele Arus Lebih Seketika (moment)**

- Rele arus lebih dengan karakteristik waktu kerja seketika (moment) ialah jika jangka waktu rele mulai saat rele arusnya pick up sampai selesainya kerja rele sangat singkat (20~100 ms), yaitu tanpa penundaan waktu. Rele ini umumnya dikombinasikan dengan rele arus lebih dengan karakteristik waktu tertentu (definite time) atau waktu terbalik (inverse time) dan hanya dalam beberapa hal berderi sendiri secara khusus.

Peralatan-Peralatan Sistem Proteksi

Untuk mengamankan dari adanya gangguan, dilakukan dengan memasang peralatan-peralatan sistem proteksi. Sedangkan untuk menghilangkan gangguan dengan cepat oleh sistem perlingkungannya, diperlukan sistem operasi yang cepat dan benar. Suatu sistem proteksi/pengaman terdiri dari komponen alat-alat utama meliputi:

1. Pemutus Tenaga
2. Transformator Arus
3. Transformator tegangan
4. Pemisah
5. Arester
6. Rele Proteksi

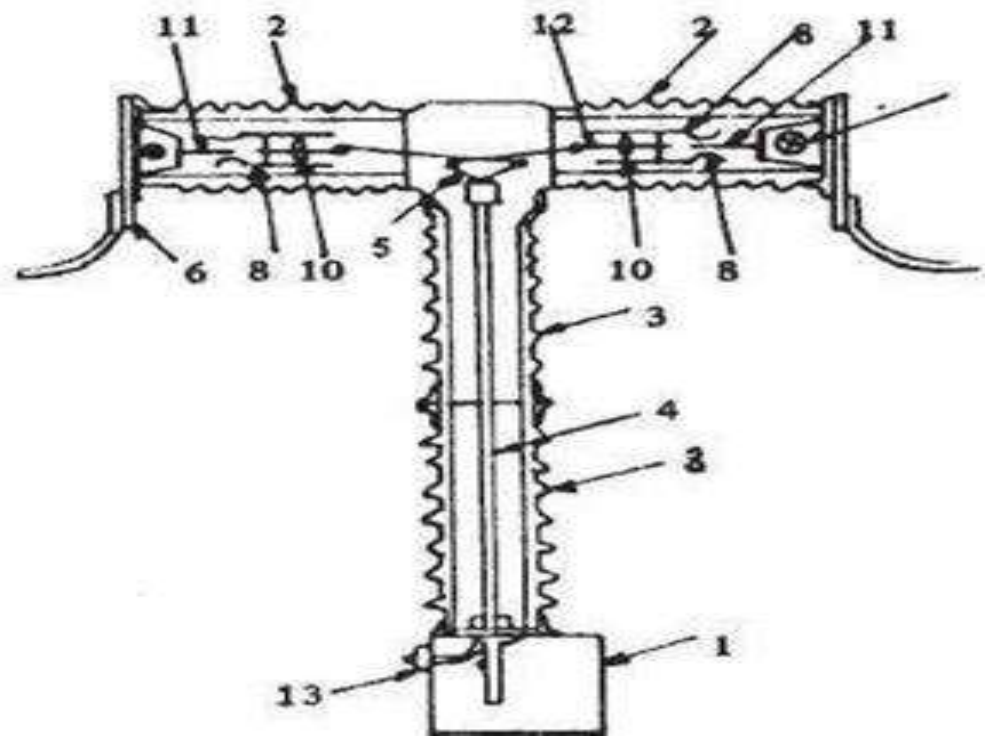
Pemutus tenaga (PMT)

Pemutus Tenaga (PMT) merupakan peralatan saklar / switching mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode waktu tertentu) dan memutus arus beban dalam spesifik kondisi abnormal / gangguan seperti kondisi short circuit / hubung singkat.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh suatu PMT agar dapat melakukan hal-hal diatas, adalah sebagai berikut:

1. Mampu menyalurkan arus maksimum sistem secara terus-menerus.
2. Mampu memutuskan dan menutup jaringan dalam keadaan berbeban maupun terhubung singkat tanpa menimbulkan kerusakan pada pemutus tenaga itu sendiri.
3. Dapat memutuskan arus hubung singkat dengan kecepatan tinggi agar arushubung singkat tidak sampai merusak peralatan sistem, membuat sistem kehilangan kestabilan, dan merusak pemutus tenaga itu sendiri. Setiap PMT dirancang sesuai dengan tugas yang akan dipikulnya, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam rancangan suatu PMT, yaitu:

1. Tegangan efektif tertinggi dan frekuensi daya jaringan dimana pemutus daya itu akan dipasang. Nilainya tergantung pada jenis pentanahan titik netral sistem.
2. Arus maksimum kontinyu yang akan dialirkan melalui pemutus daya. Nilai arus ini tergantung pada arus maksimum sumber daya atau arus nominal beban dimana pemutus daya tersebut terpasang
3. Arus hubung singkat maksimum yang akan diputuskan pemutus daya tersebut.
4. Lamanya maksimum arus hubung singkat yang boleh berlangsung. hal ini berhubungan dengan waktu pembukaan kontak yang dibutuhkan.
5. Jarak bebas antara bagian yang bertegangan tinggi dengan objek lain disekitarnya.
6. Jarak rambat arus bocor pada isolatornya.
7. Kekuatan dielektrik media isolator sela kontak.
8. Iklim dan ketinggian lokasi penempatan pemutus daya.



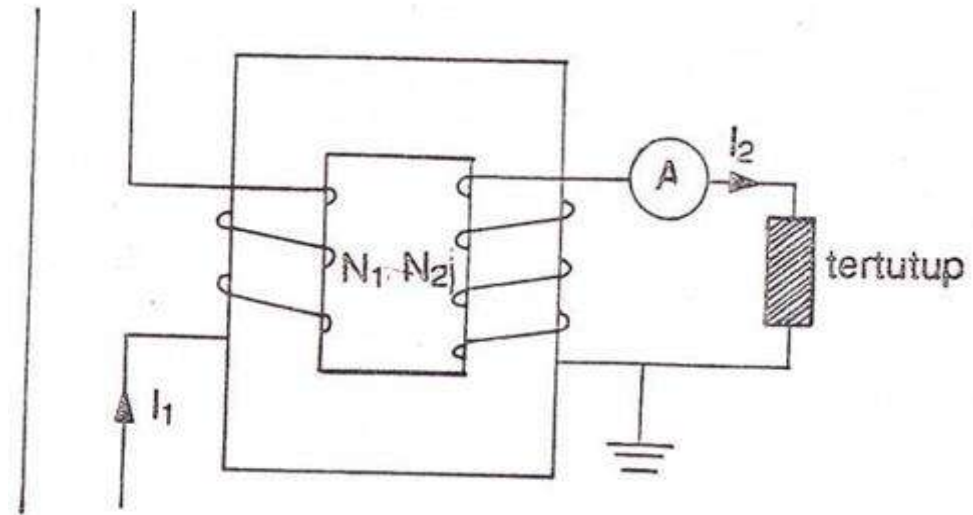
Keterangan :

1. Mekanisme penggerak (operating mechanism).
2. Pemutus (interrupter).
3. Isolator penyangga dari porselen rongga (hollow support insulator porcelen).
4. Batang penggerak.
5. Penyambung diantara no.4 dan no. 12 (linkages).
6. Terminal-terminal.
7. Saringan (filters).
8. Silinder bergerak (movable cylinder).
9. Torak tetap (fixed piston)
10. Kotak tetap (fixed contact)



Transformator arus

Transformator arus digunakan untuk mengukur arus beban suatu rangkaian dengan menggunakan transformator arus maka arus beban yang besar dapat diukur hanya dengan menggunakan alat ukur (ammeter) yang tidak terlalu besar.



Dengan mengetahui perbandingan transformasi $\frac{N_1}{N_2}$ dan pembacaan ammeter, arus beban I_1 dapat dihitung. Bila transformator dianggap ideal maka arus beban :

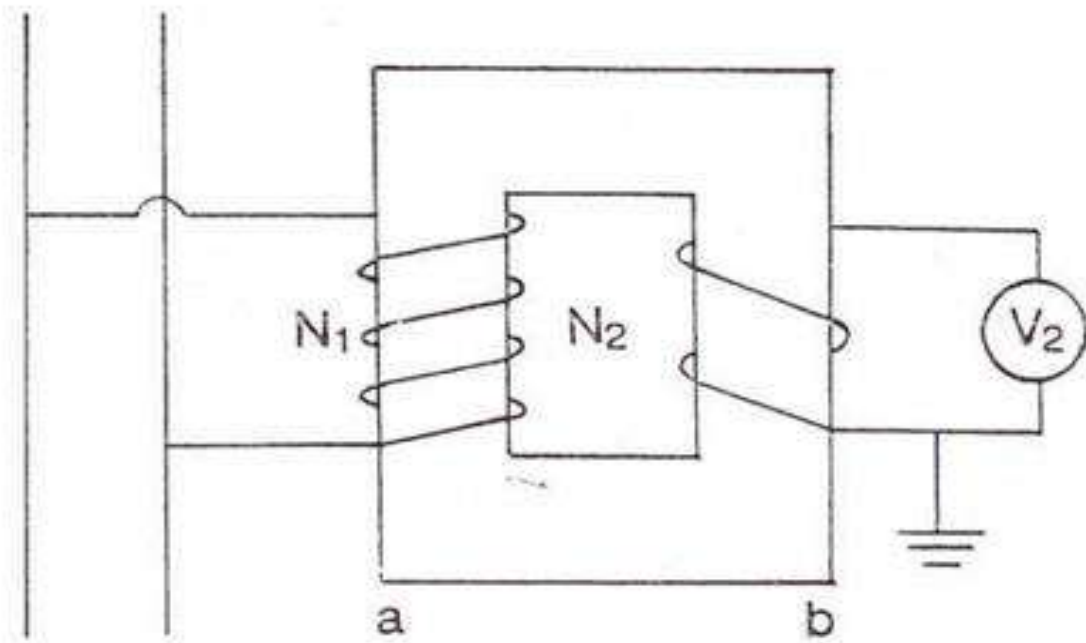
$$I_1 = \frac{N_2}{N_1} \times I_2.$$

Transformator tegangan

Transformator tegangan digunakan untuk mengukur tegangan. Dengan mengetahui N_1 dan N_2 , membaca tegangan V_2 , serta menganggap transformator ideal maka tegangan V_1 adalah :

$$V_1 = \frac{N_1}{N_2} \times V_2$$

Pentanahan rangkaian sekunder diperlukan untuk mencegah adanya beda potensial yang besar antara kumparan primer dan sekunder (antara titik a dan b) pada saat isolasi kumparan primer rusak.



Proteksi Generator

Pertimbangan Pemilihan Jenis Pengamanan Generator

Umum :

- Dalam mempertimbangkan suatu sistim proteksi tenaga listrik harus diketahui lebih dahulu sistim tenaga listrik yang akan digunakan, misalnya sistim proteksi untuk Generator, Transformator, penghantar. Disamping itu perlu diketahui cara kerja dari sistim tenaga listrik tersebut.
- Dalam sistim tenaga listrik, peralatan-peralatan yang digunakan merupakan bagian yang penting guna menjamin kontinuitas pelayanan, sehingga dengan demikian sistim proteksi pada sistim tenaga listrik hanya merupakan kepentingan yang sekunder, tetapi sistim proteksi ini menjadi bagian yang penting bila sistim tenaga listrik mengalami gangguan.

- Dalam menentukan pemilihan sistim proteksi yang akan digunakan banyak kemungkinannya. Dari kemungkinan tersebut harus dipilih salah satu yang tepat. Sistim proteksi ini dalam sistim tenaga listrik jarang bekerja, dan sistim proteksi baru bekerja bila terjadi gangguan pada sistim.
- Oleh sebab itu dalam pemilihan sistim proteksi pada sistim tenaga listrik janganlah terlalu rumit dan sulit, sebaiknya sederhana dan dapat dipertanggung jawabkan terhadap setiap gangguan.
- Sistim proteksi generator berbeda-beda menurut kapasitasnya, macam penggerakannya, netral generator diketanahkan atau tidak, sistim dihubungkan langsung ke rel daya atau dengan sistim unit. Dalam penggolongan ini generator dapat dibedakan yaitu :
 - Generator besar, kapasitas lebih dari 20 MVA
 - Generator menengah, kapasitas 2-20 MVA
 - Generator kecil, kapasitas 2 MVA.

- **Generator besar**

- Generator dengan kapasitas lebih dari 20 MVA dianggap sebagai generator besar, maka macam proteksi yang digunakan untuk generator besar adalah proteksi tegangan lebih, proteksi beban lebih, proteksi kehilangan medan, proteksi hubung singkat, proteksi anti motoring, hubung tanah rotor atau stator, dan beberapa proteksi cadangan.

- **Generator menengah.**

- Yang termasuk generator menengah adalah generator yang mempunyai kapasitas sebesar 2-20 MVA.
- Sistem proteksi yang digunakan untuk generator menengah secara teknis hampir sama dengan generator besar, tetapi bila ditinjau dari segi ekonomisnya maka untuk generator yang lebih kecil kapasitasnya lebih ekonomis dan sistem proteksi yang digunakan lebih sederhana. Untuk beberapa hal proteksi terhadap kehilangan medan dan proteksi urutan negatif, beban lebih dapat dihilangkan dan gangguan ini dapat dideteksi oleh proteksi arus lebih, sistem proteksi generator menengah diberikan tabel I.3.

- **Generator kecil.**

- Yang termasuk generator kecil adalah generator yang mempunyai kapasitas 2 MVA ke bawah. Sistem proteksi lebih sederhana, dimana proteksinya terdiri dari : Proteksi Arus lebih yang sekaligus berfungsi sebagai proteksi beban lebih, sedang untuk proteksi tegangan lebih dapat dihilangkan, rele differensial dihilangkan sebagai penggantinya adalah digunakan rele daya balik. Hal ini disebabkan karena titik bintang dari generator kecil. Dan untuk proteksi hubung tanah stator hampir sama dengan generator yang lain. Sistem proteksi Generator kecil diberikan pada tabel I.4

Generator besar dengan sistim unit

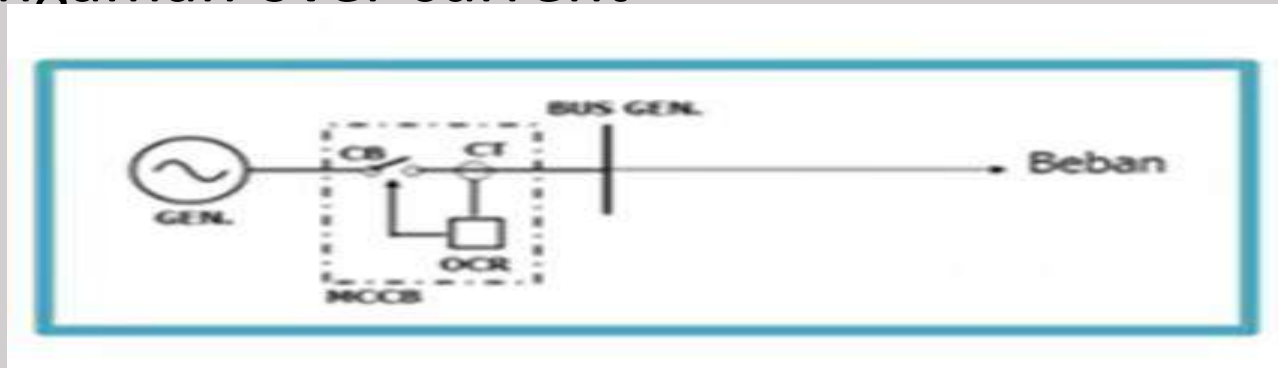
| No. | Macam kesalahan | Macam proteksi | Pergerakan |
|-----|---|--|--|
| 1. | Hubung singkat dalam | Rele Differensial | PMT utama pelemah medan & over |
| 2. | Hubung singkat luar - Hubung singkat tidak simetri | Rele arus lebih Rele urutan negative | PMT Utama, pelepas medan |
| 3. | Beban lebih | Rele thermis | Sinyal |
| 4. | Tegangan lebih | Rele tengan lebih | PMT utama, pelepas medan |
| 5. | Daya balik | Rele daya balik | PMT utama, pelepas medan & prime mover (dengan ke-batasan waktu) |
| 6. | Hubung tanah stator | Rele tegangan nol | PMT utama, pelepas medan |
| 7. | Gangguan pada rangkaian medan : - Hubung tanah rotor - Penguatan medan hilang | Proteksi hubung tanah Proteksi dengan rele impendance | Sinyal PMT utama, pelepas medan sinyal |

| No. | Macam kesalahan | Macam proteksi | Pergerakan |
|-----|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| | Hubung singkat | Proteksi daya kecil | PMT utama, sinyal |
| 2. | Beban lebih dan hubung singkat luar | Proteksi thermis | PMT Utama |
| 3. | Hubung tanah dalam | Seperti pada tabel I.1 dan I.2 | |

1. Pengaman hubung singkat

Relai ini mengamankan generator dari beban lebih atau gangguan hubung singkat.

Gambar pengaman over current



Peralatan yang digunakan adalah :

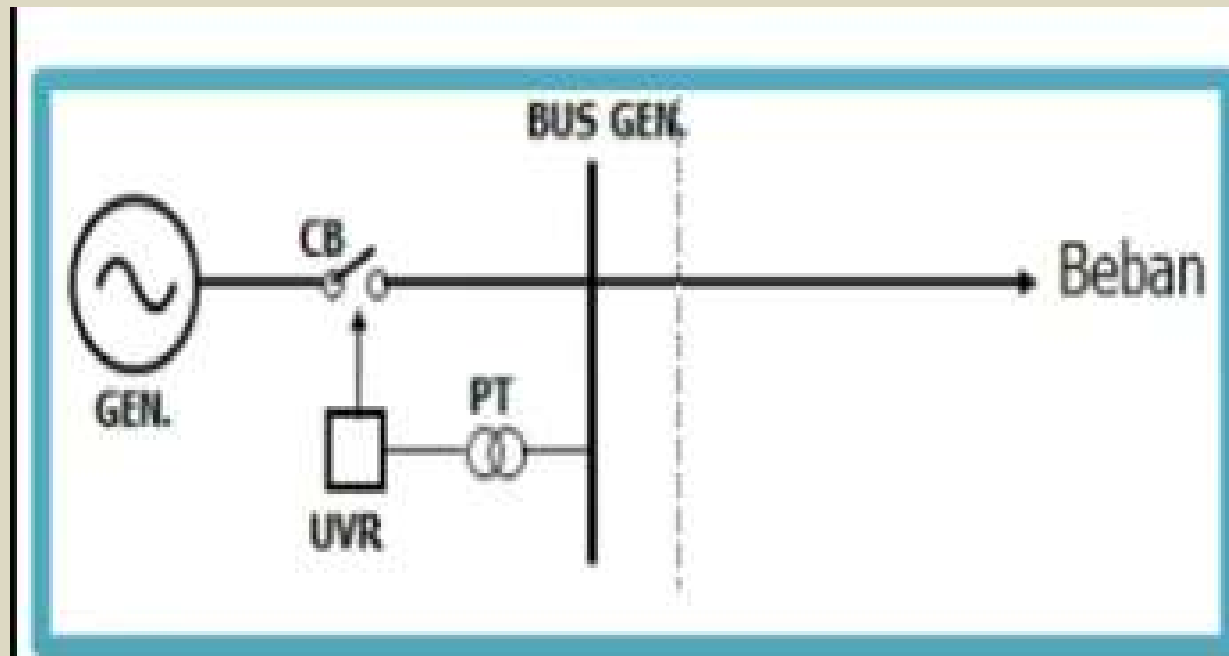
- Circuit Breaker (PMT)
- Tranfor arus (CT)
- Over curent relai

Pengaman under voltage (tegangan berkurang)

Penyebabnya antara lain :

- a. AVR generator mengalami kerusakan
- b. Akibat generator beban lebih
- c. Gangguan system

Akibat tegangan kurang dapat merusak belitan rotor.
Gambar pengaman under voltage



Peralatan :

1. Circuit Breaker (PMT)
2. Potensial Transformator (PT)
3. Under Voltage Relai (UVR).

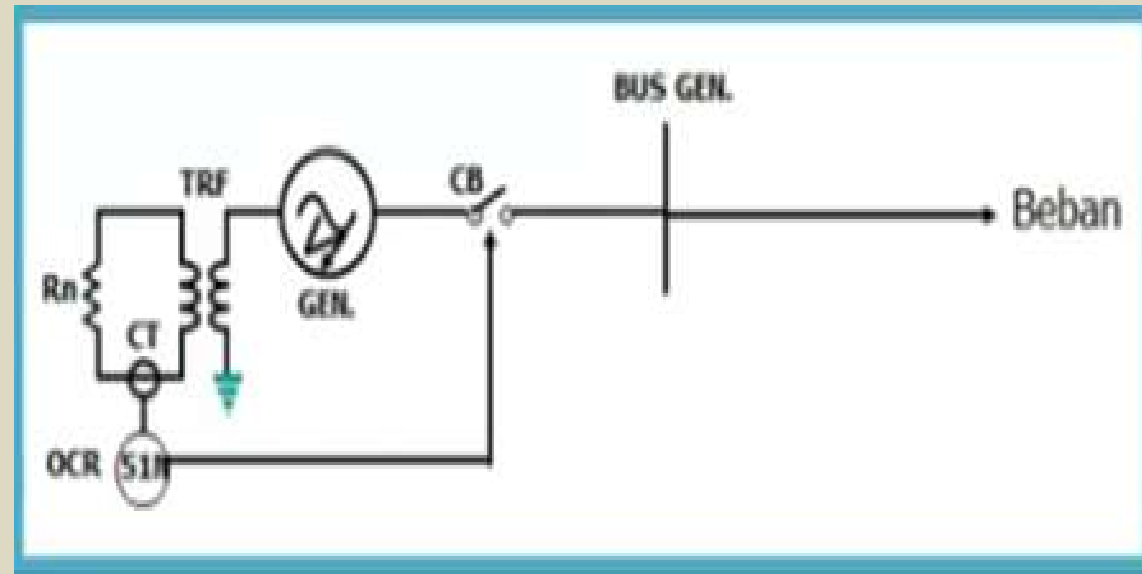
Pengaman stator ke tanah

Penyebab terjadinya dapat terjadi kebocoran isolasi di stator sehingga terjadi hubung singkat ketanah antara stator dan tanah

Akibatnya kerusakan pada belitan

Pengaman yang bekerja pengaman arus lebih.

Gambar sistem pengaman stator ketanah

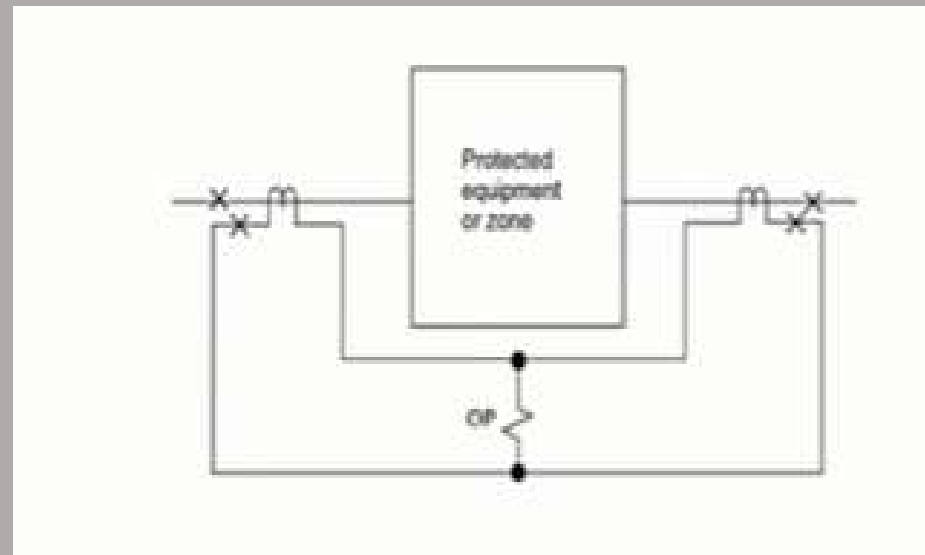


Relay difrensial

Prinsip kerja relay difrensial arus masuk = arus keluar

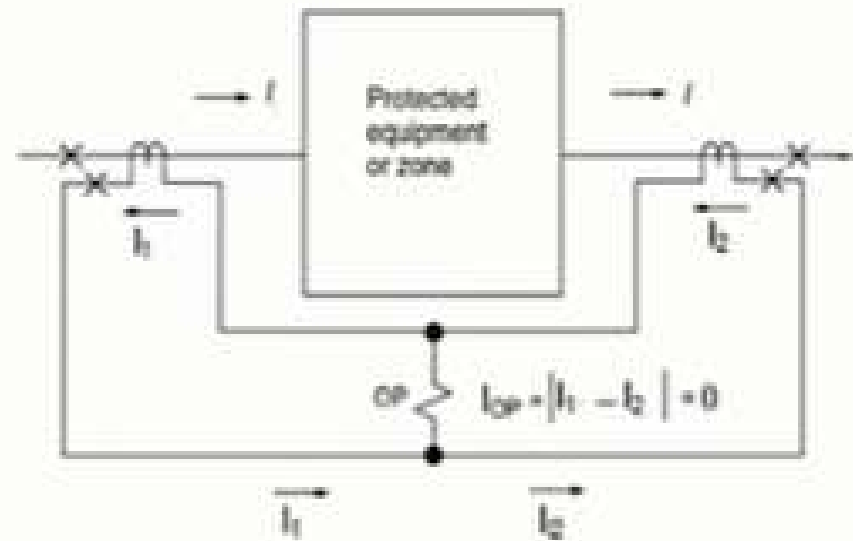
Polaritas harus diperhatikan (CT 1 dan CT2).

Operating coil

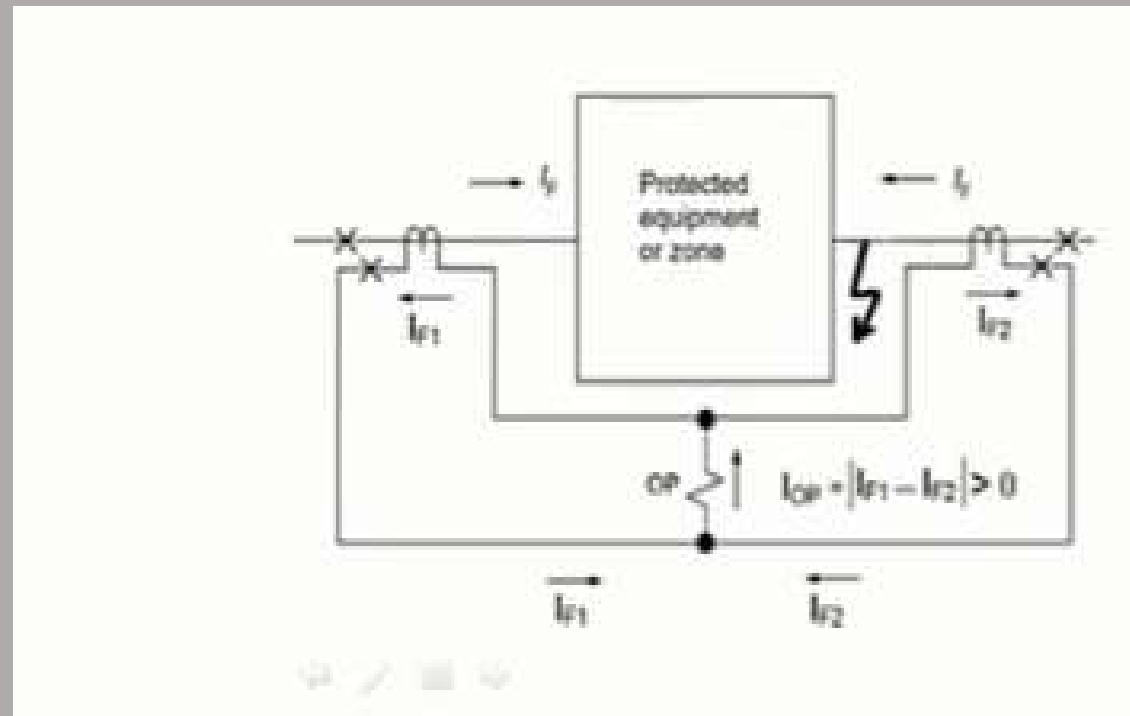


Kondisi tidak ada gangguan

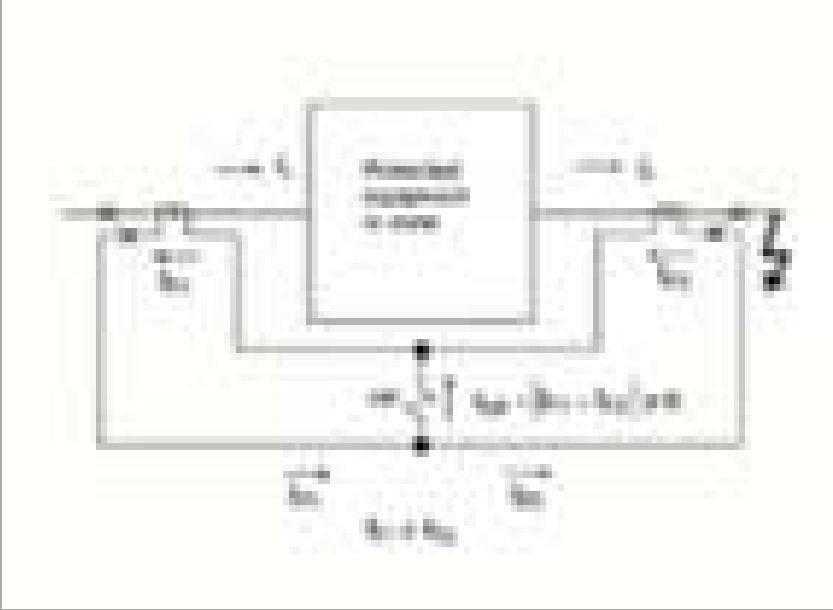
Dimana tidak ada arus yang mengalir pada operating coil.



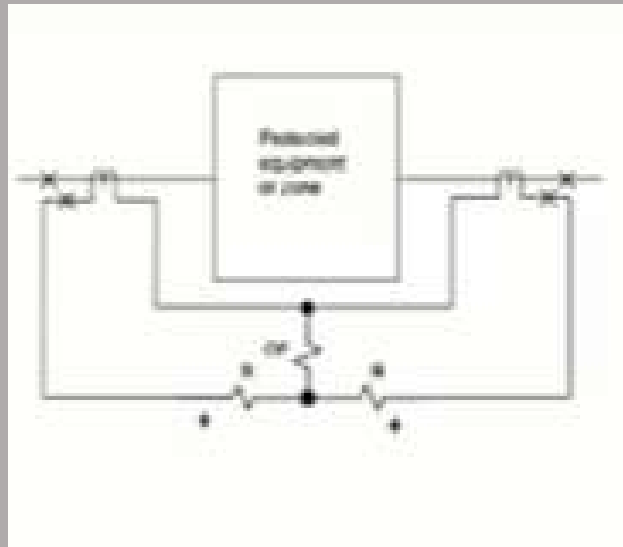
Terjadi gangguan, dimana arus akan mengalir menuju titik gangguan.

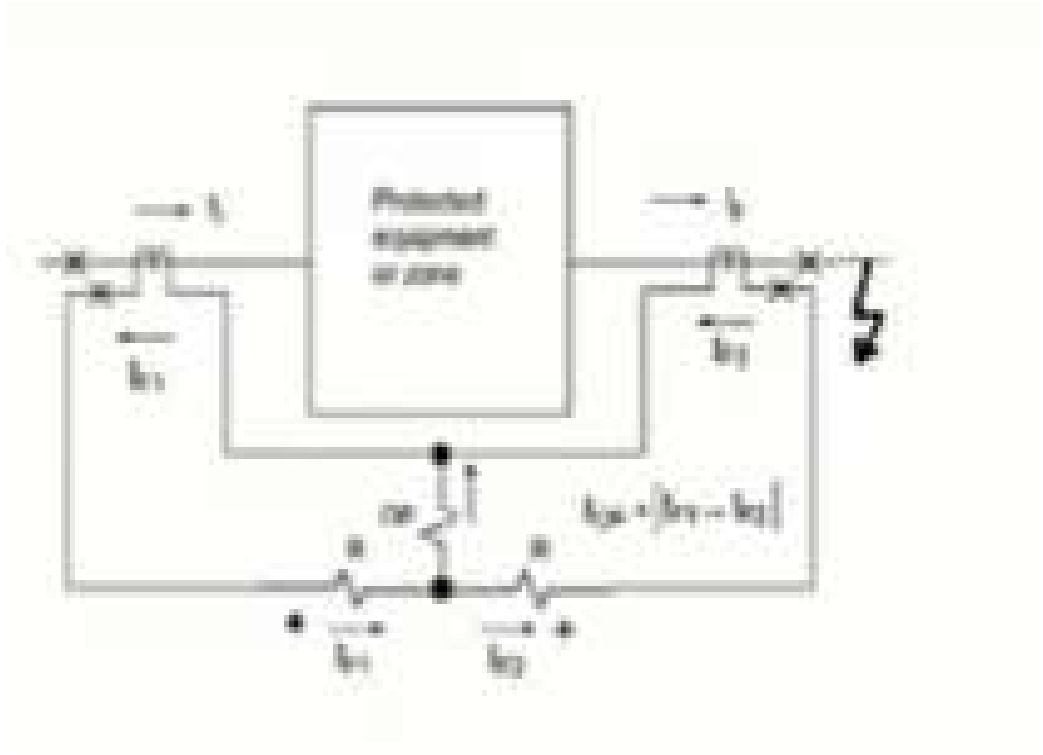


Agar gangguan tidak kerja diluar proteksinya.



Agar jika ada gangguan diluar proteksi tidak kerja maka dilengkapi RC dan kumparan penahan





Relay tergantung toleransi persentase mismatch yang melewati operating coildan arus terendah yang melewati kumparan(R)

$$\text{mismatch} = \left| \frac{I_{f1} - I_{f2}}{I_R} \right| = \left| \frac{I_{op}}{I_R} \right| \times 100\%$$

Arus terendah (I_R).

Relay memberikan perintah trip jika persentase mismatch $>$ setting persentase relay.

Setting Relay

Untuk menentukan setting relay digunakan rumus dibawah ini

Arus Rate

$$I_n = \frac{\text{Daya (kVA)}}{\sqrt{3} \text{ Tegangan (kV)}}$$

Untuk mengetahui I_n tersebut maka arus yang akan masuk kedalam relay yaitu ;

$$I_r = I_n \times \text{CT}$$

1.Contoh :

Data generator

Hubungan Y

Tegangan 6300 Volt

Arus 1466 Amper

Daya 1600 kVA

Faktor daya 0,8

Putaran 3000/3750 Rpm,Excitation 115 Volt dan Arus Excitation 45 A,
toleransi relay difrensial 10 %.

2.Contoh

Data transformator

Frekuensi 50 Hz

Hubungan Yd-5

Daya 16 MVA

Tegangan 6,3/30 kV

Toleransi relay difrensial untuk trafo 30 %

Jawab

$$I_n = \frac{16000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 6,3 \text{ kV}}$$
$$= 1466,2 \text{ Amper}$$

Karena I_n 1466,2 Amper, maka digunakan CT = 1500/5 CT

Arus yang mengalir pada sisi skunder

$$I_r = I_n \cdot CT$$
$$= 1466,2 \times 5/1500$$
$$= 4,88 \text{ Amper}$$

Maka arus yang disetting relay 5 Amper arus yang mengalir dalam relay

Relay mempunyai toleransi pada relay difrential adalah 10 %.

$4,88 + (4,88 \times 10 \%) = 5,368$ Amper . Keadaan ini arus relay bekerja.

Sistem Proteksi

Sistem proteksi yang dipasang pada peralatan-peralatan listrik pada suatu sistem tenaga listrik, misalnya generator, transformator, jaringan dan lain lainnya, terhadap kondisi abnormal operasi sistem itu sendiri.

Fungsi Proteksi

1. Menghindari atau untuk mengurangi kerusakan peralatan peralatan listrik akibat gangguan (kondisi abnormal operasi sistem). Semakin cepat reaksi perangkat proteksi yang digunakan, maka akan semakin sedikit pengaruh gangguan kepada kemungkinan kerusakan alat.

2. Cepat melokalisir luas daerah yang mengalami gangguan menjadi semakin kecil.
3. Dapat memberikan pelayanan listrik dengan keandalan yang tinggi kepada konsumen dan juga mutu listrik yang baik.
4. Mengamankan manusia terhadap bahaya yang ditimbulkan oleh listrik.

Secara umum peranan serta fungsi proteksi adalah untuk mencegah :

- a. Sistem tidak stabil
- b. Meluasnya kerusakan pada peralatan yang terganggu
- c. Hilangnya supply ke konsumen
- d. Terjadinya kebakaran atau ledakan
- e. Kemungkinan berbahaya bagi personil atau masyarakat dan lingkungan....

Syarat syarat proteksi

1. Selektiftas dan Diskriminasi

Sistem proteksi harus dapat memilih bagian yang harus diisolir apabila proteksi rele p proteksi mendeteksi gangguan bagian yang dipisahkan dari sistem yang sehat.

2. Kecepatan operasi

Sistem proteksi perlu memiliki tingkat kecepatan sebagaimana ditentukan sehingga meningkatkan mutu pelayanan, keamanan manusia, pelalatan dan stabilitas operasi.

3.Sensitifitas

Kepekaan rele proteksi terhadap segala macam gangguan dengan tepat,yakni gangguan yang terjadi didaerah perlindungannya.

4.Stabilitas

Sifat yang tetap inopratif apabila gangguan – gangguan terjadi diluar zona yang melindungi (gangguan luar).

5. Ekonomis

Suatu perencanaan proteksi yang baik tidak terlepas dari perkembangan ekonomisnya. Rele proteksi yang digunakan harus seekonomis mungkin dengan tidak mengesampingkan fungsi keandalan, rele proteksi tersebut jangan sampai lebih mahal dari peralatan yang diproteksi,

5. Proteksi pendukung

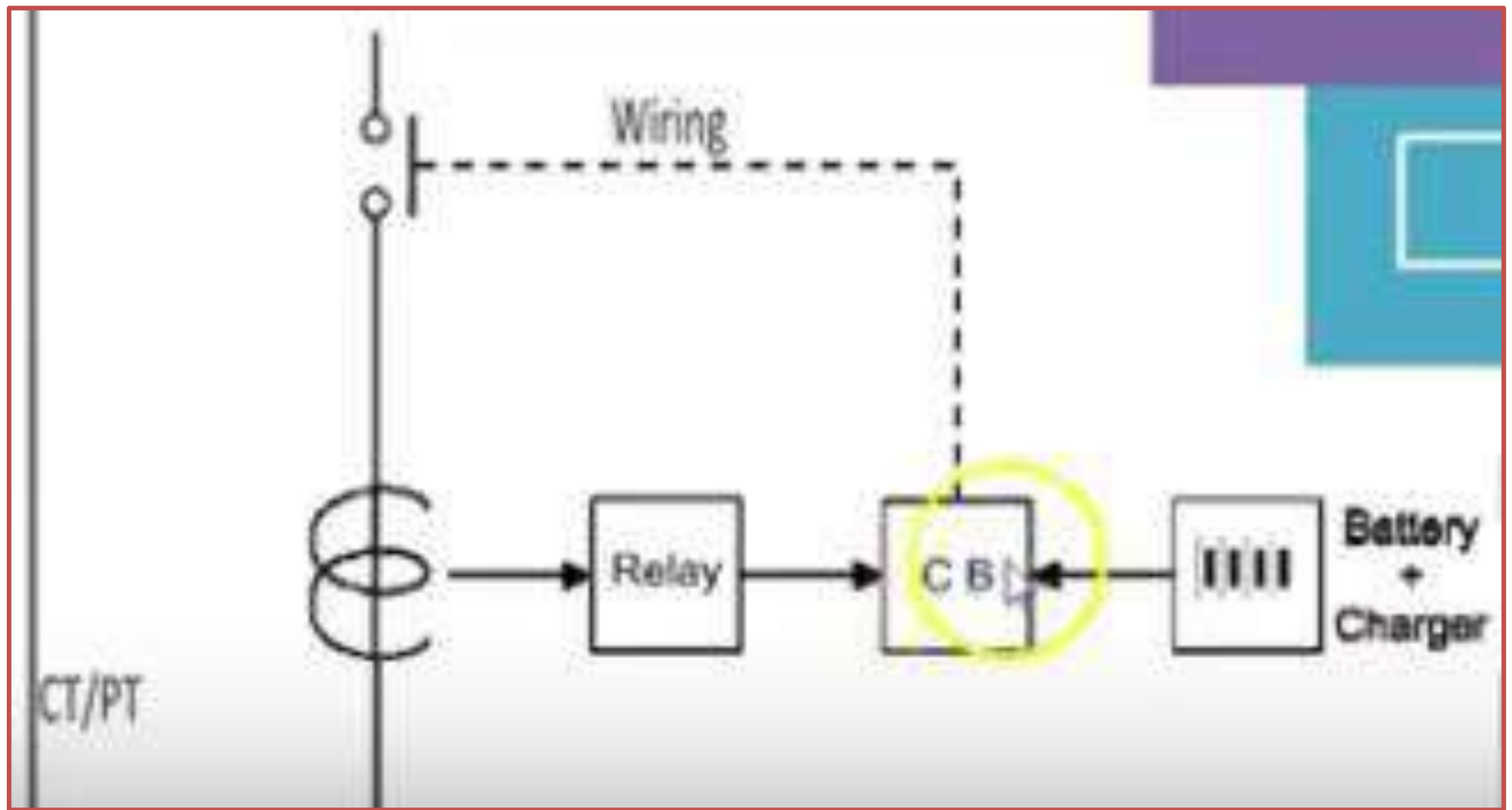
Susunan yang sepenuhnya terpisah dan yang bekerja untuk mengeluarkan bagian yang terganggu apabila proteksi utama tidak bekerja (fail).

6. Realiabilitas.

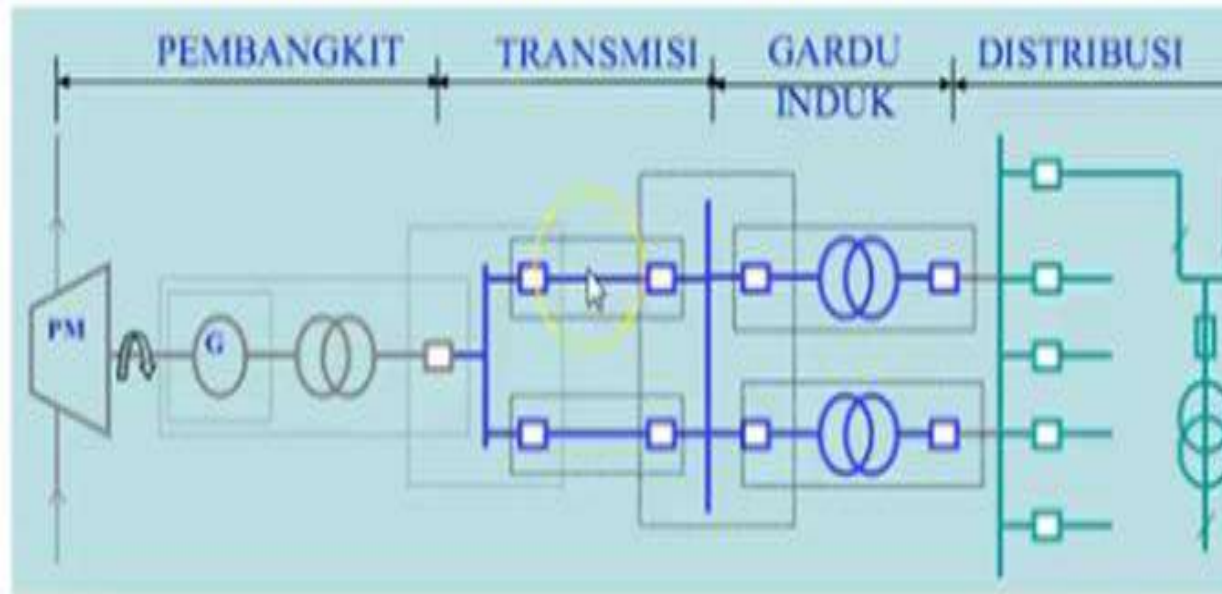
Sifat jelas penyebab utama Outgate rangkaian adalah tidak bekerjanya proteksi sebagaimana mestinya (mal operation).

Komponen sistem proteksi :

- 1. Transformator Instrument**
- 2. Rele/ relay**
- 3. Circuit Breaker (CB)**
- 4. DC system power supply (batere)**



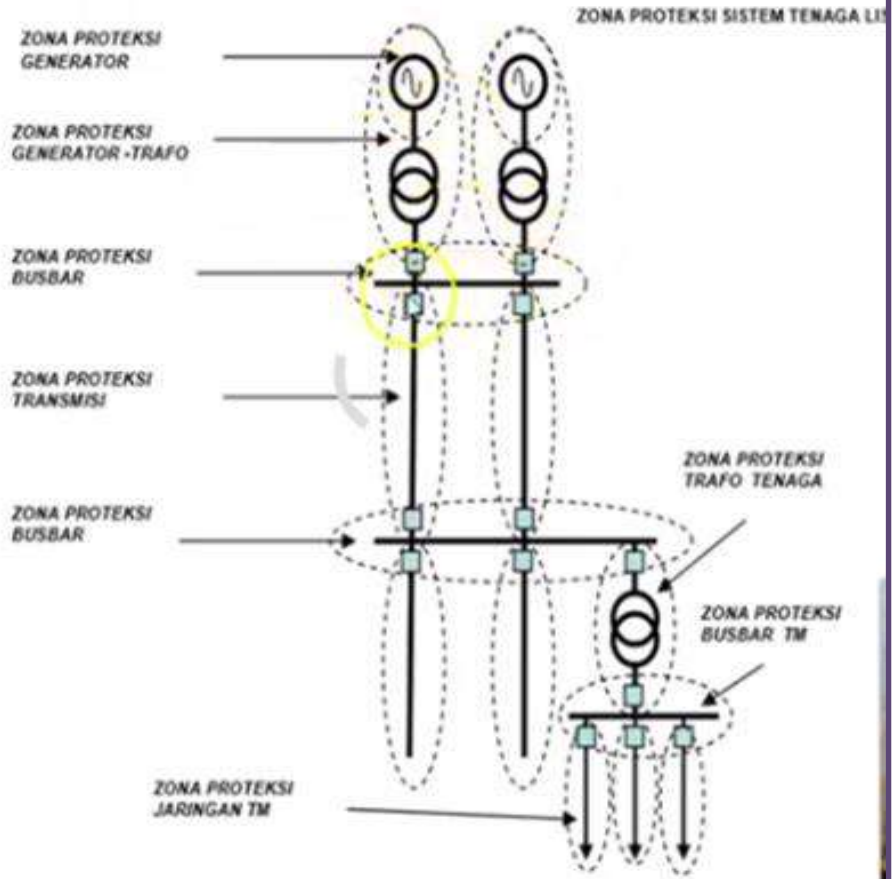
Gambar sistem tenaga listrik dan proteksi



Zona Proteksi

Gambar dibawah ini merupakan daerah proteksi (pengaman) pada suatu sistem tenaga listrik, untuk mengamankan wilayah (zona) yang dilindungi agar tidak terjadi meluasnya jika terjadi gangguan.

ZONA PROTEKSI



Pengaman Generator

- a. Pengaman beban lebih
- b. Pengaman hubung singkat
- c. Pengaman drop voltage (tegangan kurang)
- d. Pengaman over voltage (tegangan Lebih)
- e. Pengaman stator ke tanah
- f. Pengaman hilang medan (losses Excitasi)
- g. Pengaman daya balik penggerak mula

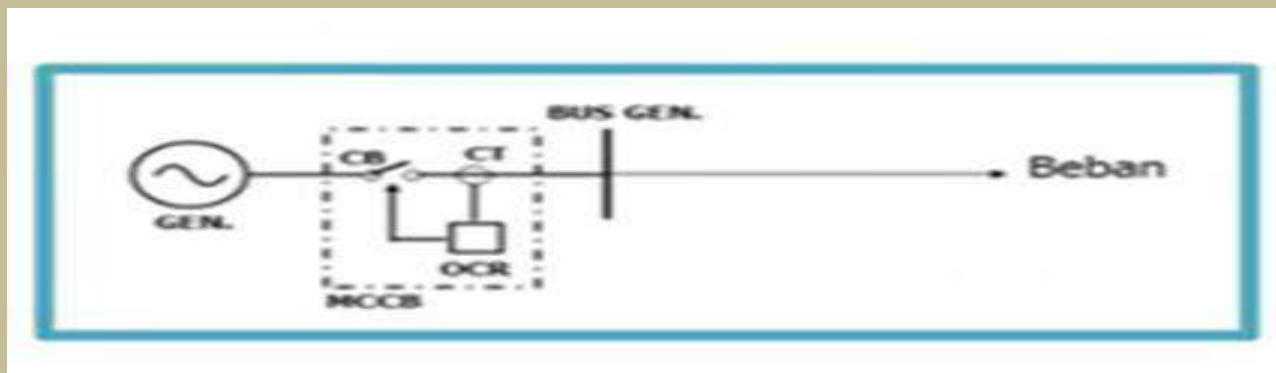
- h. Pengaman temperatur generator
- i. Pengaman over speed
- j. Pengaman difrential generator.



1. Pengaman hubung singkat

Relai ini mengamankan generator dari beban lebih atau gangguan hubung singkat.

Gambar pengaman over current



Peralatan yang digunakan adalah :

- Circuit Breaker
- Tranfor arus (CT)
- Over curent relai

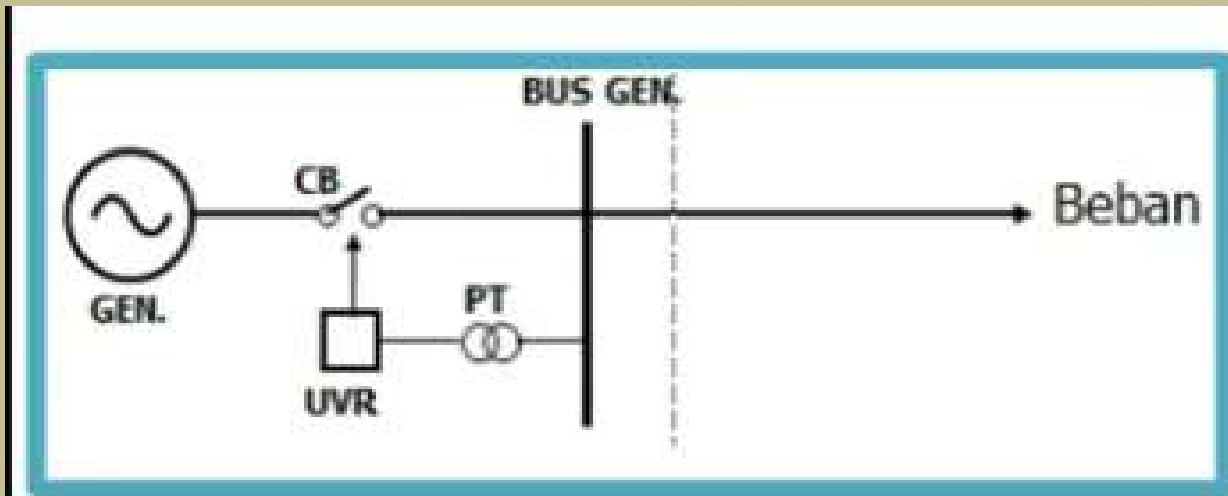
Pengaman under voltage (tegangan berkurang)

Penyebabnya antara lain :

- a. AVR generator mengalami kerusakan
- b. Akibat generator beban lebih
- c. Gangguan system

Akibat tegangan kurang dapat merusak belitan rotor.

Gambar pengaman under voltage



Peralatan :

1. Circuit Breaker
2. Potensial Transformator(PT)
3. Under Voltage Relai.

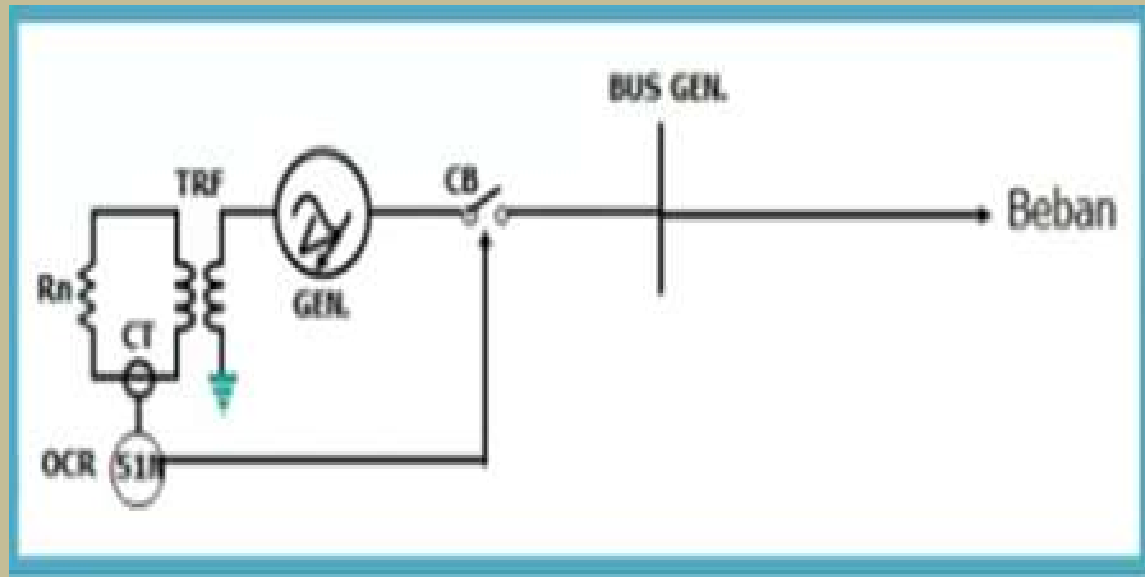
Pengaman stator ke tanah

Penyebab terjadinya dapat terjadi kebocoran isolasi di stator sehingga terjadi hubung singkat ketanah antara stator dan tanah.

Akibatnya kerusakan pada belitan

Pengaman yang bekerja pengaman arus lebih.

Gambar sistem pengaman stator ketanah





SISTEM DISTRIBUSI

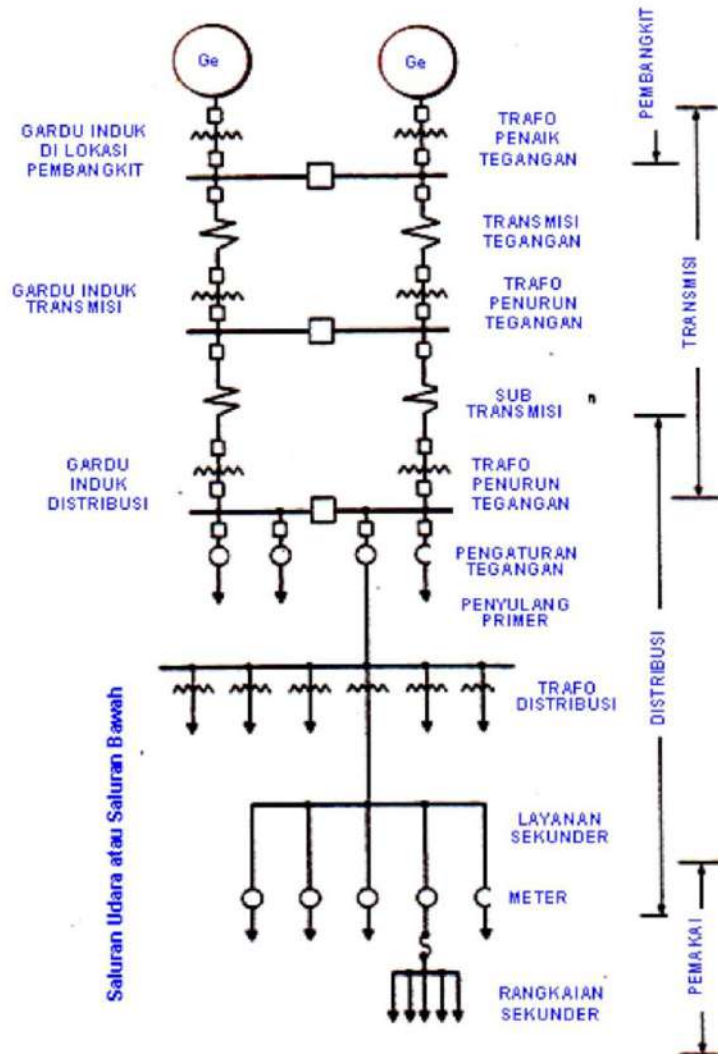
Sistem Distribusi

- Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (Bulk Power Source) sampai ke konsumen.

Jadi fungsi distribusi tenaga listrik adalah:

- 1) pembagi atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan)
- 2) merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan, karena catu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi.

Pengelompokan Sistem Tenaga Listrik



- Daerah I : Bagian pembangkitan (Generation)
- Daerah II : Bagian penyaluran (Transmission) , bertegangan tinggi (HV,UHV,EHV)
- Daerah III : Bagian Distribusi Primer, bertegangan menengah (6 atau 20kV).
- Daerah IV : (Di dalam bangunan pada beban/konsumen), Instalasi,bertegangan rendah

Ruang lingkup JarDis

1. SUTM, terdiri dari : Tiang dan peralatan kelengkapannya, konduktor dan peralatan perlengkapannya, serta peralatan pengaman dan pemutus.
2. SKTM, terdiri dari : Kabel tanah, indoor dan outdoor termination dan lain-lain.
3. Gardu trafo, terdiri dari : Transformator, tiang, pondasi tiang, rangka tempat trafo, panel, pipa-pipa pelindung, Arrester, kabel-kabel, peralatan grounding, dan lain-lain.
4. SUTR dan SKTR, terdiri dari: sama dengan perlengkapan/material pada SUTM dan SKTM. Yang membedakan hanya dimensinya.

Klasifikasi menurut nilai tegangannya:

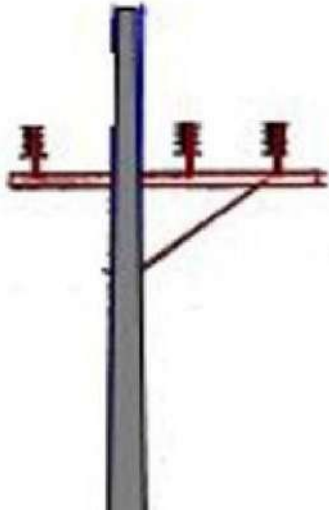
- a. Saluran distribusi Primer, Terletak pada sisi primer trafo distribusi, yaitu antara titik Sekunder trafo substation (Gardu Induk) dengan titik primer trafo distribusi. Saluran ini bertegangan menengah 20 kV. Jaringan listrik 70 kV atau 150 kV, jika langsung melayani pelanggan, bisa disebut jaringan distribusi.
\
b. Saluran Distribusi Sekunder, Terletak pada sisi sekunder trafo distribusi, yaitu antara titik sekunder dengan titik cabang menuju beban (Lihat Gambar)

Klasifikasi menurut Jenis Konduktornya:

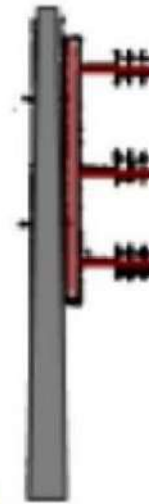
- a. Saluran udara, dipasang pada udara terbuka dengan bantuan penyangga (tiang) dan perlengkapannya, dan dibedakan atas:
 - Saluran kawat udara, bila konduktornya telanjang, tanpa isolasi pembungkus.
 - Saluran kabel udara, bila konduktornya terbungkus isolasi.
- b. Saluran Bawah Tanah, dipasang di dalam tanah, dengan menggunakan kabel tanah (ground cable).
- c. Saluran Bawah Laut, dipasang di dasar laut dengan menggunakan kabel laut (submarine cable)

Menurut susunan (konfigurasi) salurannya:

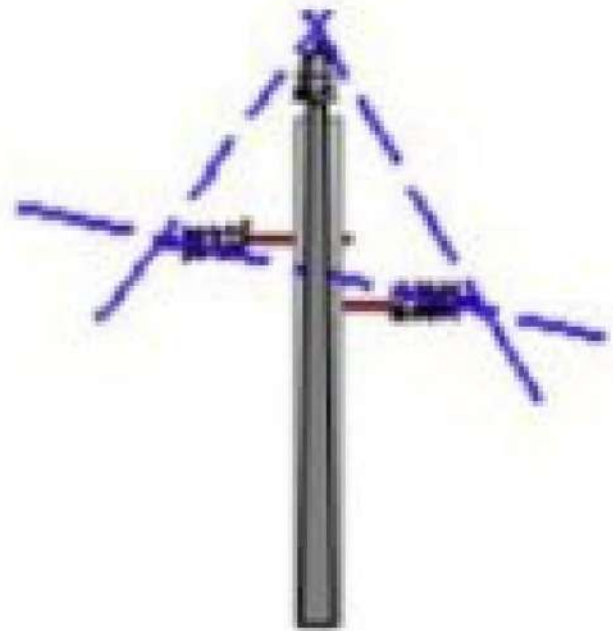
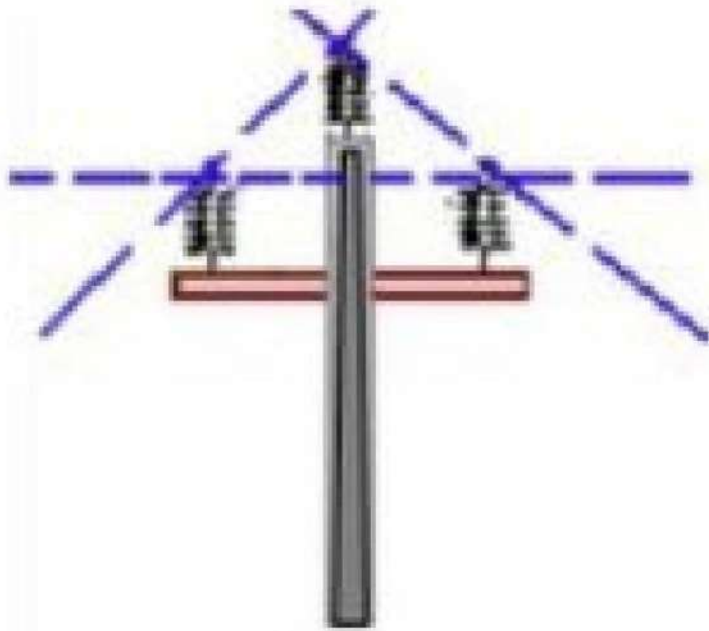
- Sal Konfigurasi Horizontal



- Sal Konfigurasi Vertikal



- Saluran konfigurasi Delta



Peralatan Utama Saluran Udara Tengangan Menengah (SUTM)

1. Tiang penyangga ada 3 jenis :

a. Tiang Beton

b. Tiang besi

c. Tiang Kayu

Ukuran tinggi tinggi tiang :

11 meter

12 meter

13 meter

14 meter

16 meter

pendirian tiang dengan standart

= $\frac{1}{6} \times$ Tinggi tiang

Keterangan gambar

No. 2 Tiang besi/beton

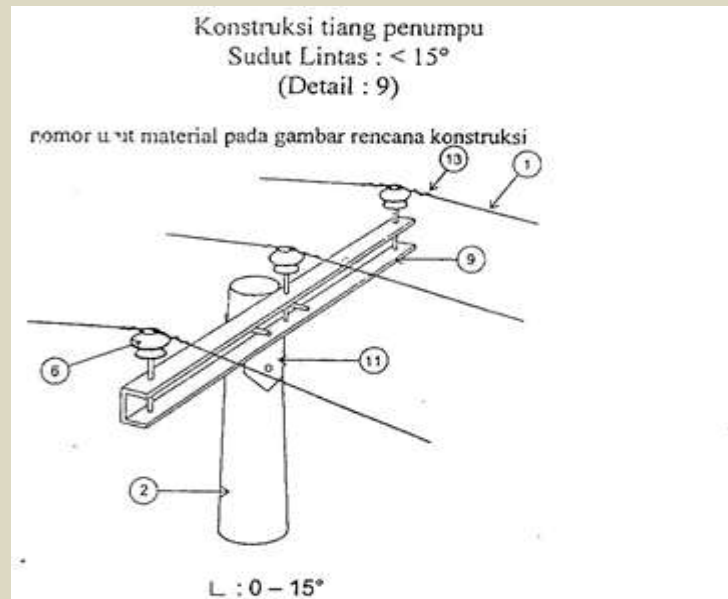
No. 6 Insulator 20 kV (type pin)

No. 9 Cross ARM UNP & U Bolt

No. 11 Plat Baja Penahan Cross ARM

No.13 Preformed Tie

No. 16 Penghalang Panjang & papan Tanda



Keterangan Gambar

No. 2 Tiang Besi/Beton

No. 5 suspension/strainRod Insulator

No. 6 Insulator Type PIN

No. 10 Cross ARM UNP & ARM Bolt

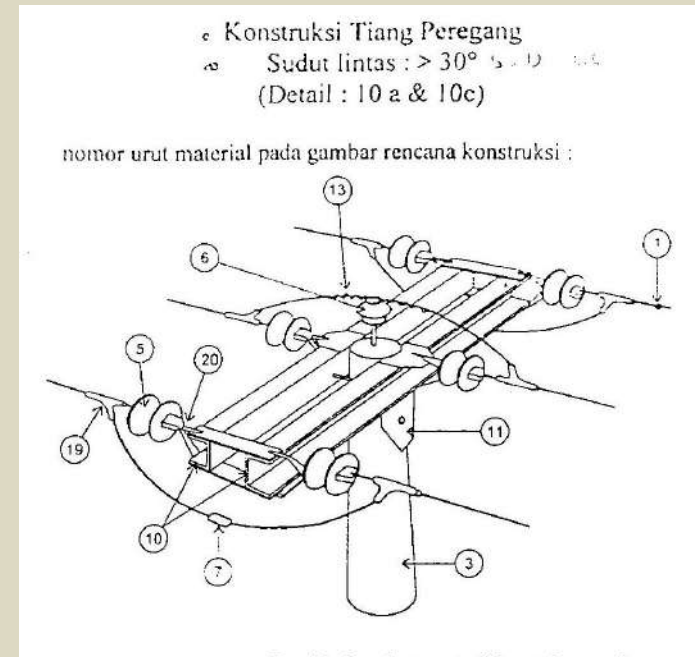
No.11 Plat Baja Penahan Cross ARM

No. 13 Preformed Tie

No.16 Penghalang Panjang

No. 19 Tension Clamp

No. 20 U-Bolt Anchor Shackle & Clevis Eye



Keterangan gambar :

No. 3 Tiang Besi/beton - 500 daN

No.4 Lightning Arrester , 24 kV , 5 kA

No. 5 Suspension Strain Rod

No. 7 TAP Conector

No. 10 Cross ARM UNP & ARM Bolt

No. 11 Plat Baja Penahan Cross ARM

No. 12 Pentanahan Lengkap

No. 14 Don Guy Lengkap

No. 16 Penghalang Panjat

No. 17 Strap Stainless Steel

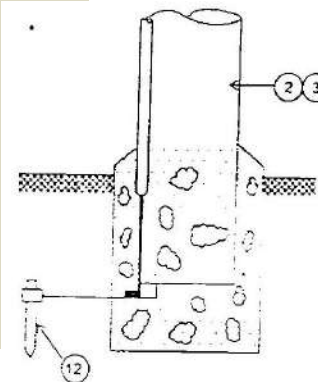
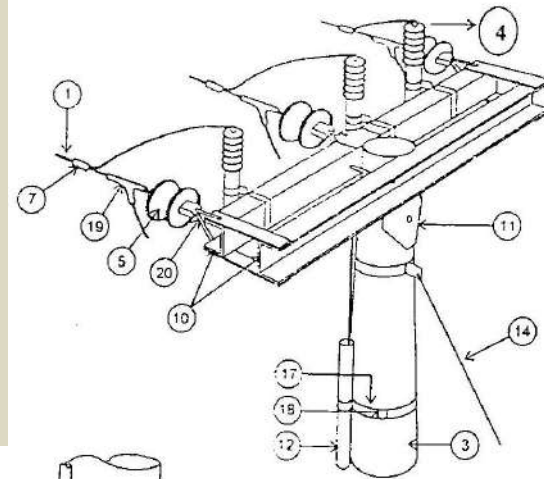
No. 18 Stopping Bukle

No. 19 Tension Clamp

No. 20 U-Bolt Anchor Shackle & Clevis Eye

Konstruksi Tiang Awal/ Akhir
(Detail : 10 d)

nomor urut material pada gambar rencana konstruksi.



- Setiap tiang mempunyai kemampuan terhadap beban dan tarikan dinyatakan dengan satuan daN (deka newton), tergantung dari dimana tiang di diletakan awal , Akhir , tiang sudut $< 30^0$ atau $>30^0$,peregang , dan penyangga.

Pembangunan antara tiang dengan jarak **40 s/d**
60 meter tergantung kondisi lapangan.

2. Penghantar dalam distribusi tegangan menengah

-Tanpa isolasi

AAC

AAAC

ACSR

- **Berisolasi** (kabel pilin yang diisolasi yang digunakan XLPE)

3. Isolator

Pin –post (isolator Tumpu)

Suspension(isolator tarik)

Bahan isolator :

- Porselin
- Kaca

4. Pengaman

Pembumian (Tahanan pentanahan) dipasang setiap 3 gawang

Pemutus Tenaga 20 kV

Pemisah (Disconnecting Switch)

Peralatan Proteksi

Over current Relay (OCR)

Relay gangguan tanah (DGR)

Fuse Cut Out (FCO)

Arrester type 5 KA dan 10 KA

5. Peralatan pelengkap

- Tap Conector
- Joint Sleeve
- Cross ARM
- Dll..sesuai kebutuhan

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) adalah sebagai konstruksi termurah untuk penyaluran tenaga listrik pada daya yang sama. Konstruksi ini terbanyak digunakan untuk konsumen jaringan Tegangan Menengah yang digunakan di Indonesia.

Ciri utama jaringan ini adalah penggunaan penghantar telanjang yang ditopang dengan isolator pada tiang besi/beton.

Penggunaan penghantar telanjang, dengan sendirinya harus diperhatikan faktor yang terkait dengan keselamatan ketenagalistrikan seperti jarak aman minimum yang harus dipenuhi penghantar bertegangan 20 kV tersebut antar Fase ataudengan bangunan atau dengan tanaman atau dengan jangkauan manusia. Termasuk dalam kelompok yang diklasifikasikan SUTM adalah juga bila penghantar yang digunakan adalah penghantar berisolasi setengah AAAC-S (half insulated single core). dipersyaratkan akan tetapi untuk mengurangi resiko gangguan temporer khususnya akibat sentuhan tanaman.

-

Saluran Kabel Udara Tegangan Menengah (SKUTM)

Untuk lebih meningkatkan keamanan dan keandalan penyaluran tenaga listrik, penggunaan penghantar telanjang atau penghantar berisolasi setengah pada konstruksi jaringan Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV, dapat juga digantikan dengan konstruksi penghantar berisolasi penuh yang dipilin.

Isolasi penghantar tiap Fase tidak perlu di lindungi dengan pelindung mekanis. Berat kabel pilin menjadi pertimbangan terhadap pemilihan kekuatan beban kerja tiang beton penopangnya.

Gambar 1.2 Kabel Udara Tegangan Menengah (KUTM)



Gambar 1.2 Kabel Udara Tegangan Menengah (KUTM)

Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM)

Konstruksi SKTM ini adalah konstruksi yang aman dan andal untuk mendistribusikan tenaga listrik Tegangan Menengah, tetapi relatif lebih mahal untuk penyaluran daya yang sama.

Keadaan ini dimungkinkan dengan konstruksi isolasi penghantar per Fase dan pelindung mekanis yang dipersyaratkan. Pada rentang biaya yang diperlukan, konstruksi ditanam langsung adalah termurah bila dibandingkan dengan penggunaan konduit atau bahkan tunneling (terowongan beton).

Penggunaan Saluran Kabel bawah tanah Tegangan Menengah (SKTM) sebagai jaringan utama pendistribusian tenaga listrik adalah sebagai upaya utama peningkatan kualitas pendistribusian. Dibandingkan dengan SUTM, penggunaan SKTM akan memperkecil resiko kegagalan operasi akibat faktor eksternal / meningkatkan keamanan ketenagalistrikan. Secara garis besar, termasuk dalam kelompok SKTM adalah :

1. SKTM bawah tanah – underground MV Cable.
2. SKTM laut – Submarine MV Cable

Selain lebih aman, namun penggunaan SKTM lebih mahal untuk penyaluran daya yang sama, sebagai akibat konstruksi isolasi penuh penghantar per Fase dan pelindung mekanis yang dipersyaratkan sesuai keamanan ketenagalistrikan.

Penerapan instalasi SKTM seringkali tidak dapat lepas dari instalasi Saluran Udara Tegangan Menengah sebagai satu kesatuan sistem distribusi sehingga masalah transisi konstruksi diantaranya tetap harus dijadikan perhatian.



Gambar 1.3 Kabel Tanah Tegangan Menengah (KTM)

Penghantar

II.1.1 Penghantar Telanjang (BC : Bare Conductor)

Konduktor dengan bahan utama tembaga(Cu) atau aluminium (Al) yang di pilin bulat

padat , sesuai SPLN 42 -10 : 1986 dan SPLN 74 : 1987

Pilihan konduktor penghantar telanjang yang memenuhi pada dekade ini adalah AAC atau AAAC. Sebagai akibat tingginya harga tembaga dunia, saat ini belum memungkinkan penggunaan penghantar berbahan tembaga sebagai pilihan yang baik.

II.1.2 Penghantar Berisolasi Setengah AAAC-S (half insulated single core)

Konduktor dengan bahan utama aluminium ini diisolasi dengan material XLPE (crosslinkpolyetilene langsung), dengan batas tegangan 6 kV dan harus memenuhi SPLN No 43-5-6 tahun 1995

-

II.1.3 Penghantar Berisolasi Penuh (Three single core)

XLPE dan berselubung PVC berpegantungan penghantar baja dengan tegangan Pengenal 12/20 (24) kV Penghantar jenis ini khusus digunakan untuk SKUTM dan berisolasi penuh. SPLN 43-5-2:1995-Kabel



Gambar kabel XLPE dan berselubung PVC

Spesifikasi Penghantar

Konstruksi menggunakan penghantar telanjang AAC dan AAAC. Untuk kawat petir (shield/earth wire) dipakai penghantar dengan luas penampang 16 mm².

Kawat ACSR digunakan untuk kondisi geografis tertentu (antara lain memerlukan bentangan melebihi jarak standar untuk memperkecil andongan dan memperkuat gaya mekanis).

Ruang Bebas (Right Of Way) dan Jarak Aman (Safety Distance)

Jarak aman adalah jarak antara bagian aktif/fase dari jaringan terhadap benda-benda disekelilingnya baik secara mekanis atau elektromagnetis yang tidak memberikan pengaruh membahayakan. Secara rinci Jarak aman jaringan terhadap bangunan lain dapat dilihat pada tabel 4.1

Khusus terhadap jaringan telekomunikasi, jarak aman minimal adalah 1 m baik vertikal atau horizontal. Bila dibawah JTM terdapat JTR, jarak minimal antara JTM dengan kabel JTR dibawahnya minimal 120 cm

Tabel 4.1 Jarak aman SUTM

| No. | Uraian | Jarak Aman |
|-----|-------------------------------|----------------------------|
| 1. | Terhadap permukaan jalan raya | ≥ 6 meter |
| 2. | Balkon rumah | ≥ 2,5 meter |
| 3. | Atap rumah | ≥ 2 meter |
| 4. | Dinding Bangunan | ≥ 2,5 meter |
| 5. | Antena TV/ radio, menara | ≥ 2,5 meter |
| 6. | Pohon | ≥ 2,5 meter |
| 7. | Lintasan kereta api | ≥ 2 meter dari atap kereta |
| 8. | Underbuilt TM – TM | ≥ 1 meter |
| 9. | Underbuilt TM – TR | ≥ 1 meter |

| Istilah | Keterangan |
|-------------------------|--|
| KHA | Kemampuan Hantar Arus Current Carrying Capacity Kemampuan penghantar dialiri arus listrik secara terus menerus pada kondisi yang dipersyaratkan tanpa menambah karakteristik penghantar tersebut. |
| BKT | Bagian Konduktif Terbuka (Exposed Conducting) |
| AAAC | All Aluminium Alloy Conductor Penghantar Aluminium Alloy |
| AAC | All Aluminium Conductor Penghantar dengan bahan Aluminium Murni |
| AAAC – S | AAAC – Semi Insulated Cable Kabel udara dengan inti Aluminium berisolasi PVC dengan ketahanan isolasi setengah dari tegangan kerja 1 Fasa ke bumi (Half Insulated Cable) Terminal Lug . Kabel Skun |
| Sepatu Kabel | Perlengkapan Hubung Bagi, Lemari tegangan rendah dengan atau tanpa kendali. Suatu perlengkapan untuk pembagi tegangan listrik dan atau mengendalikan dan melindungi sirkit dan pemanfaat. |
| PHB | Rak untuk kabel naik Vertikal |
| Kabel Trunk | Rak untuk kabel naik Mendatar |
| Kabel Tray | Salah satu bentuk konfigurasi jaringan distribusi kabel – kabel tanah. Jumlah kabel sebanyak – banyaknya 7 buah dengan 1 penyulang cadangan yang berakhir di Gardu Hubung. |
| Spindel | Bagian konduktif yang bukan merupakan bagian dari instalasi tidak bertegangan, bisa bertegangan jika terjadi kegagalan |
| Bagian Konduktif Ekstra | Sarang Laba – laba Bentuk Konfigurasi saluran udara Tegangan Menengah |
| Kluster | Bentuk dua tiang berjajar |
| Portal | |