

Penghematan Energi Listrik

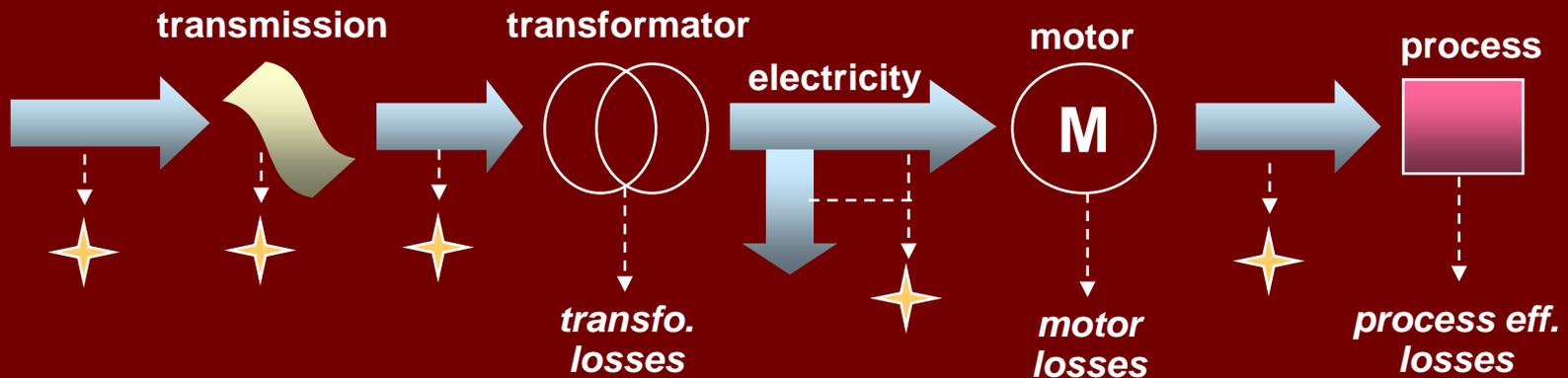
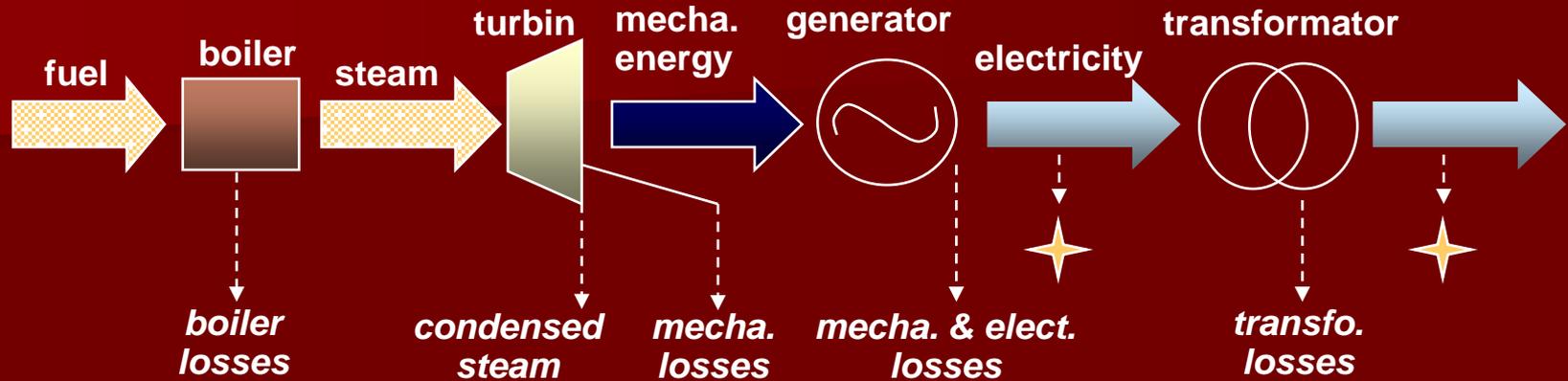
Electrical Energy Saving

Source:

Inhouse Training

PT. Perkebunan Nusantara X (Persero)

Electrical energy system : generation to end use



★ = I^2R losses

Electrical system losses

← Total loss dari pembangkit ke end user = 14 % dari total daya yang di pembangkitkan (11 % susut transmisi ; 3 % susut distribusi)

← Total loss pada sistem distribusi (plant) = 2,5% s/d 7,5% dari total daya yang dikonsumsi

← Ada 2 macam losses pada sistem kelistrikan :

- losses sebagai akibat adanya arus listrik (I^2R)
- losses krn rancangan peralatan listrik (iron loss, stray loss, windage loss dll)

← Penyebab losses :

- adanya batasan efisiensi peralatan
- ketidaksesuaian rancangan atau pemilihan peralatan
- kurang perawatan
- load factor dan factor daya yang rendah

Distribution System

← *Cable*

← *Transformer*

← *Capacitors*

← Low Voltage Switchgear

← Busway

← Motor Control Centers

← Medium Voltage Switchgear

← Load Break Switches

← Outdoor Circuit Breakers

Losses at Full Load

1% - 4%

0.4% - 3%

0.5% - 2%

0.13% - 0.34%

0.05% - 0.5%

0.01% - 0.4%

0.006% - 0.02%

0.003% - 0.025%

0.002% - 0.015%

End use equipment

← Motor

- 1- 10 Hp (0,746 - 7,46 kW) 14% - 35%
- 10 - 200 Hp (7,46 - 149,2 kW) 6% - 12%
- 200 - 1500 Hp (149,2 - 1119 kW) 4% - 7%
- Static variable speed drives 6% - 15 %

← Lighting

3% - 9%

Transformator

← Rugi-rugi pada transformator :

- ⇒ Rugi-rugi inti besi (*iron losses*)
- ✂ Rugi-rugi tembaga (*copper losses*)

← Efisiensi transformator

⇒ Efisiensi desain,

$$\eta = \frac{np \cos \phi}{np \cos \phi + W_i + n^2 W_c} \times 100\%$$

η = Efisiensi ; $\cos \phi$ = Faktor daya ; n = Faktor beban

W_i = Rugi-rugi besi ; W_c = Rugi-rugi tembaga ; p = Kapasitas daya (kVA)

Efisiensi maks. jika $W_i = W_c$

✂ Efisiensi operasi (All day efficiency)

Output energy perday (kwh) x 100%

Output energy perday (kwh) + losses energy perday (kWh)

Pengoperasian dan pemilihan transformator

← Pengoperasian transformator yang efisien :

- ↘ Mematikan transformator pada beban rendah (bila ada dua trafo yang beroperasi paralel)
- ✘ Mengatur jumlah trafo yang beroperasi (dalam hal lebih dari 2 trafo yang memiliki kapasitas yang sama beroperasi paralel)
- ✘ Mematikan transformator pada malam hari dan hari libur
- ✘ Pemilihan tap transformator yang sesuai dengan kondisi beban

← Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan Transformator :

- ↘ Kebutuhan daya (kapasitas transformator)
- ✘ Karakteristik transformator
- ✘ Jenis transformator
- ✘ Analisis biaya awal dan biaya operasi transformator

Peak load management

Peak load management bertujuan :

- ☆ Mengurangi kontrak daya (kVA)
- 🕒 Meningkatkan efisiensi pemakaian transformator, kabel dll
- 🕒 Meningkatkan load factor

Peak load management dapat dilakukan melalui :

- ☆ Mengalihkan non-critical dan non continuous load ke lain waktu diluar peak load time
- 🕒 Mengoperasikan AC sebelum terjadinya peak load dan menggunakan cool thermal storage pada peak load time
- 🕒 Mengoperasikan stand-by genset
- 🕒 Memasang bank kapasitor

Peak load management

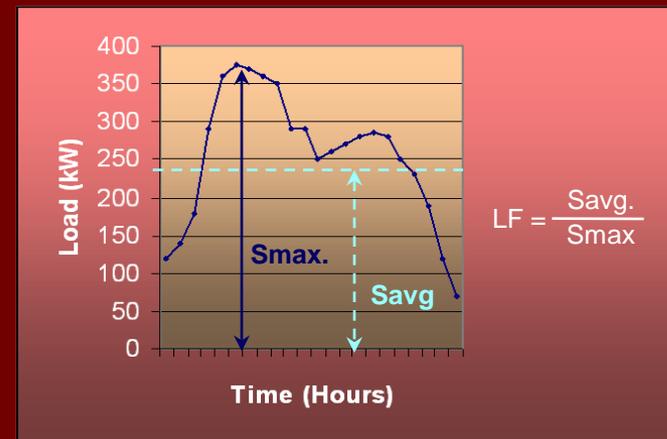
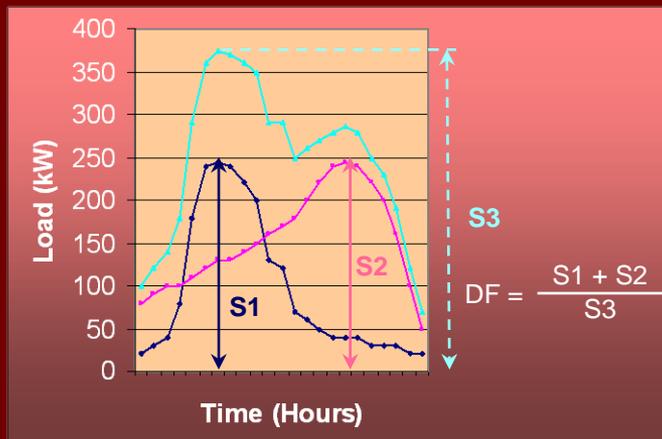
← Parameter-parameter yang berkaitan dengan peak load management:

★ Diversity Factor (DF) = $\frac{\text{Sum of individual maximum demand}}{\text{Total coincident maximum demand}}$

🕒 Load Factor (LF) = $\frac{\text{Average load}}{\text{Maximum load}}$

🕒 Utilization Factor (UF) = $\frac{\text{Average demand of the plant}}{\text{Rated capacity of the plant}}$

🕒 Capacity Factor (CF) = UF x LF



Reliability & Power quality

← **Reliability** adalah kemampuan suatu peralatan atau sistem untuk bertahan beroperasi selama waktu yang diperlukan sesuai dengan life time-nya.

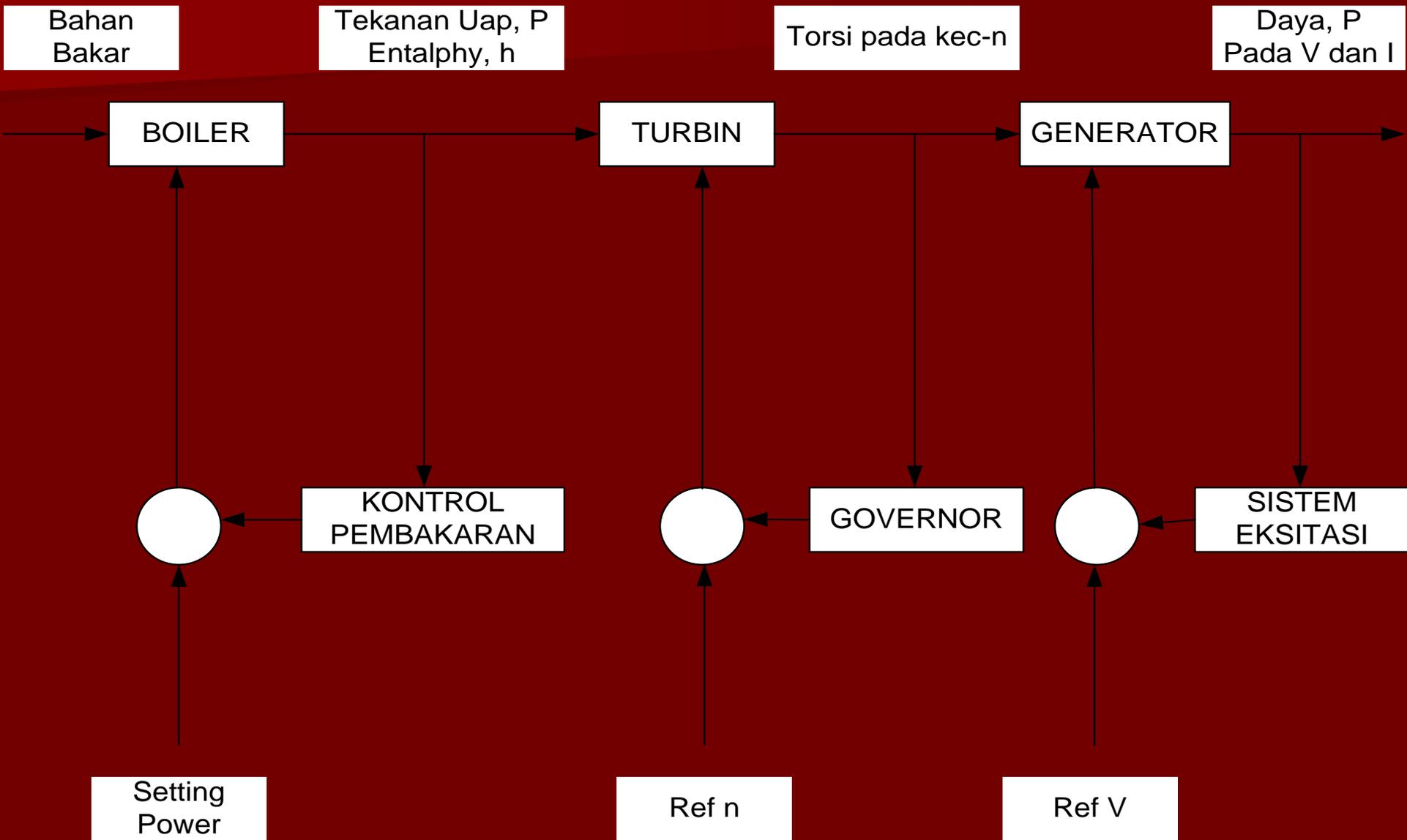
← **Good realibility sistem distribusi listrik dapat diperoleh melalui :**

- Penggunaan stand-by generator.
- Individual power supplies khusus untuk beban yang beroperasi kontinyu (critical load)
- Penggunaan dua incoming feeder
- Penggunaan UPS (unistruptable Power Supply)

KUALITAS DAYA YANG BAIK

- Tegangan harus konstan sesuai rating beban yang berubah-ubah.
- Frekuensi harus konstan.
- Bentuk gelombang harus sinusoidal meskipun jenis beban bermacam-macam.
- Faktor daya harus mendekati unity diperlukan kapasitor bank.

PRINSIP PENGONTROLAN TEGANGAN DAN FREKUENSI PADA GENERATOR



Energi reaktif

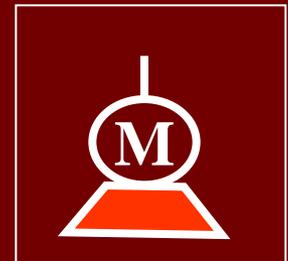
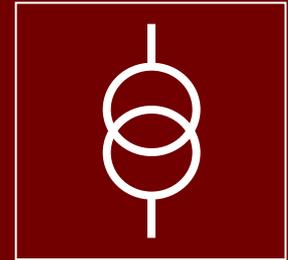
Sumber listrik AC mengeluarkan energi listrik dalam bentuk :

← **Energi aktif (kWh)**

- diubah menjadi energi mekanik, panas, cahaya dsb.

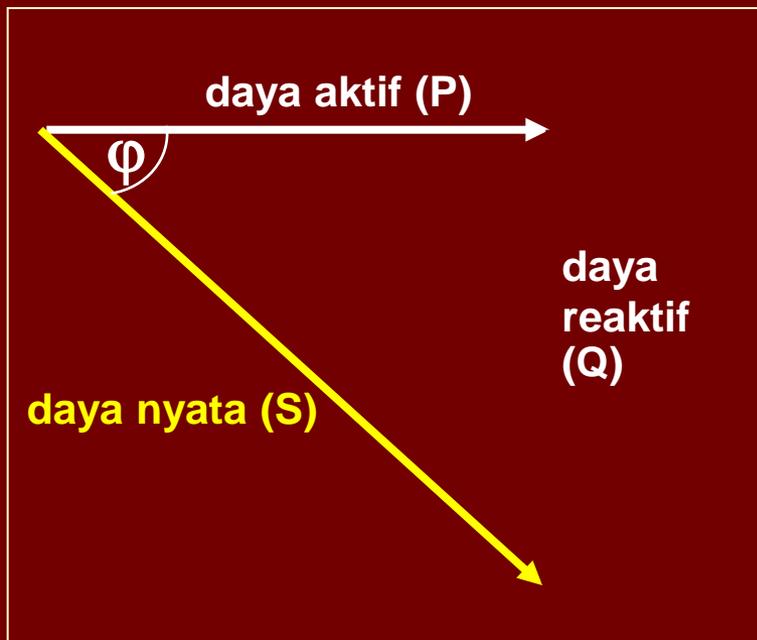
← **Energi reaktif (kVAr)**

- diperlukan oleh peralatan listrik yang bekerja dengan sistem elektromagnet
- untuk pembentukan medan magnet



Faktor daya

Penjumlahan vektor dari daya aktif dan daya reaktif menghasilkan daya nyata



$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

S = daya nyata (kVA)

P = daya nyata (kW)

Q = daya reaktif (kVAr)

Faktor Daya :

$$F = \frac{\text{Daya nyata}}{\text{Daya aktif}}$$

$$= \frac{P}{S} = \text{Cos } \phi$$

Biaya kVArh

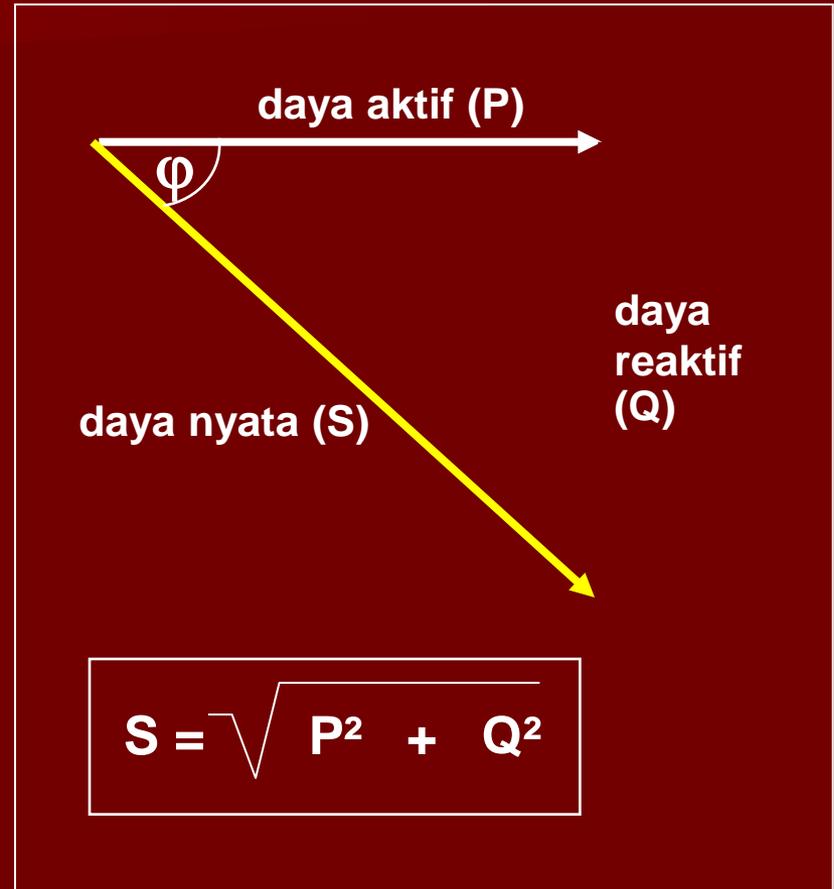
PLN membebankan biaya kelebihan pemakaian kVArh :

- ← faktor daya ($\cos \varphi$) < 0.85
- ← pemakaian kVArh total $> 0.62 \times$ pemakaian kWh total (LWBP + WBP)
- ← pada golongan tarif tertentu

$$\mathbf{kVArh_{\text{yang dibayar}} = kVArh_{\text{terpakai}} - (0.62 \times kWh_{\text{total terpakai}})}$$

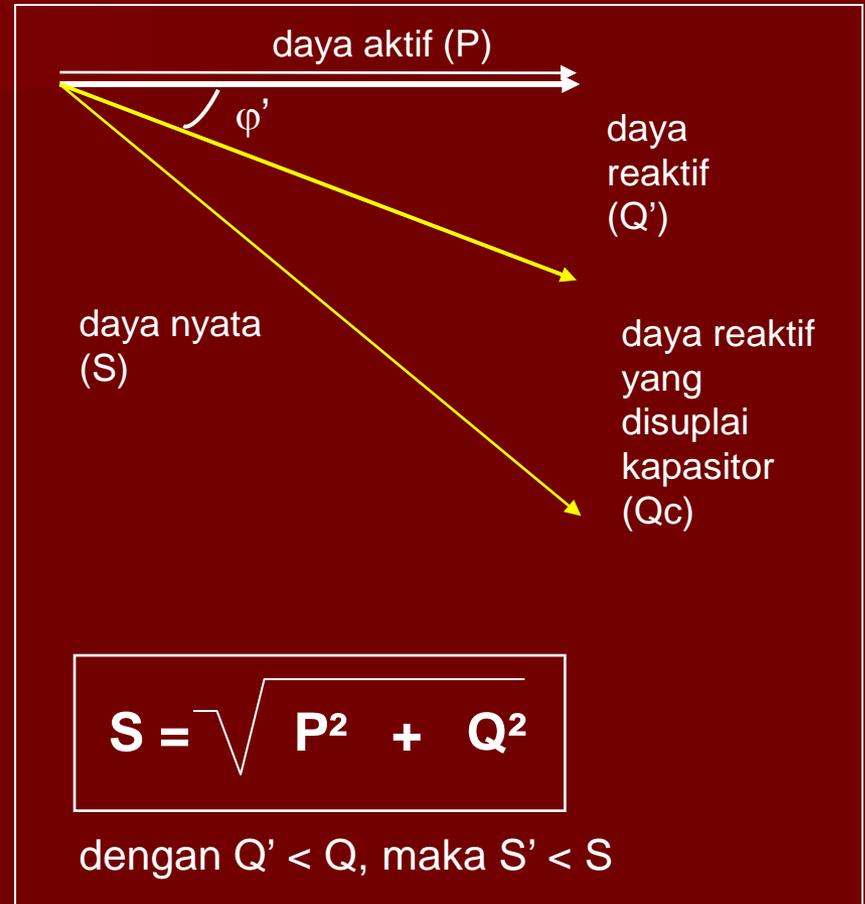
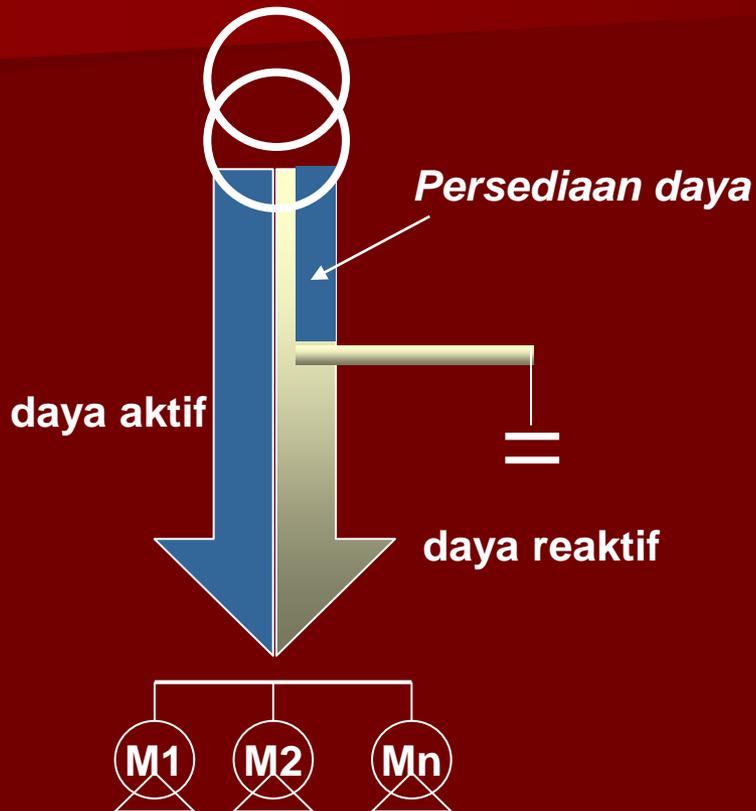
Prinsip kompensasi

SEBELUM KOMPENSASI



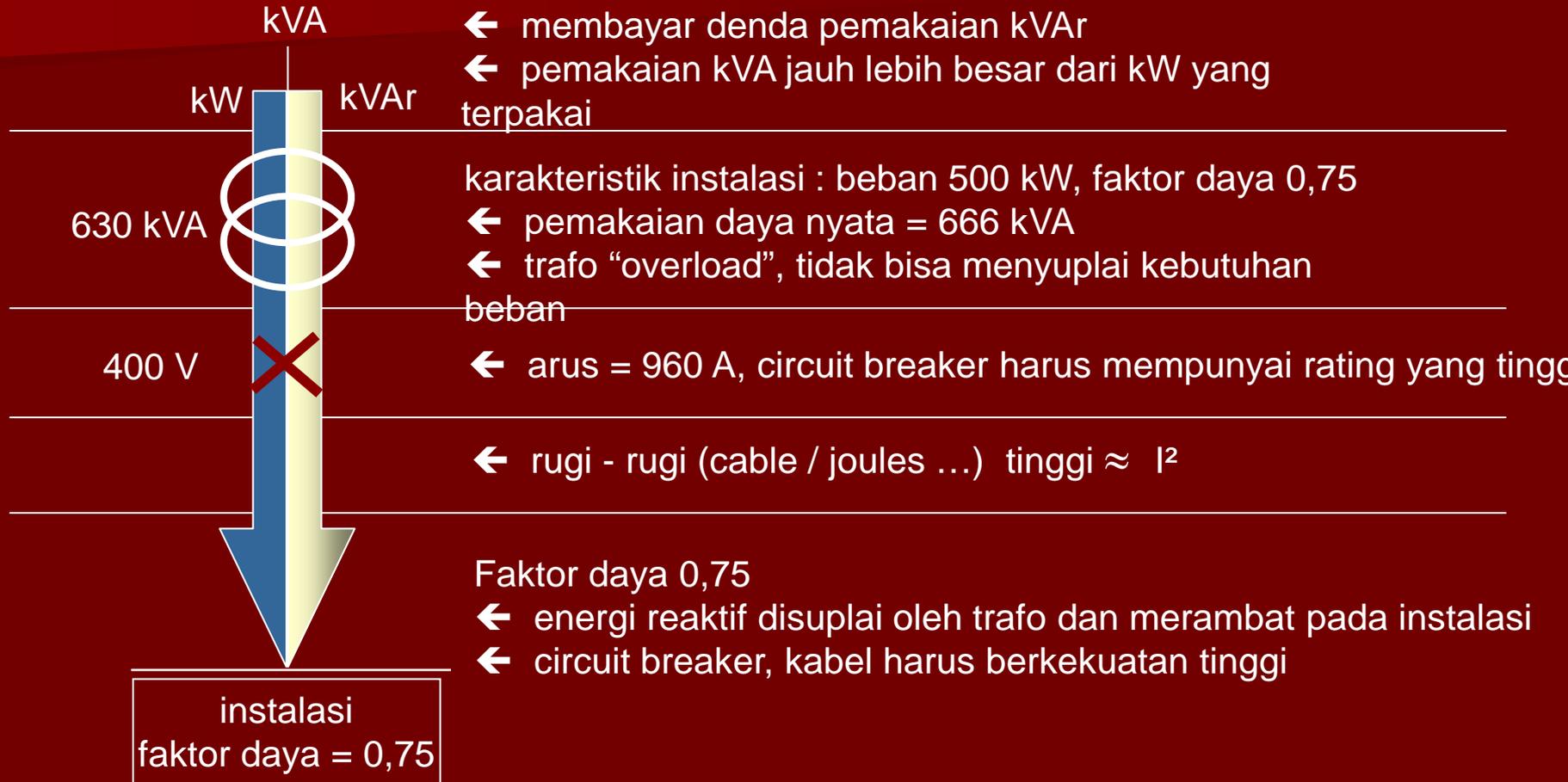
Prinsip kompensasi

SETELAH KOMPENSASI



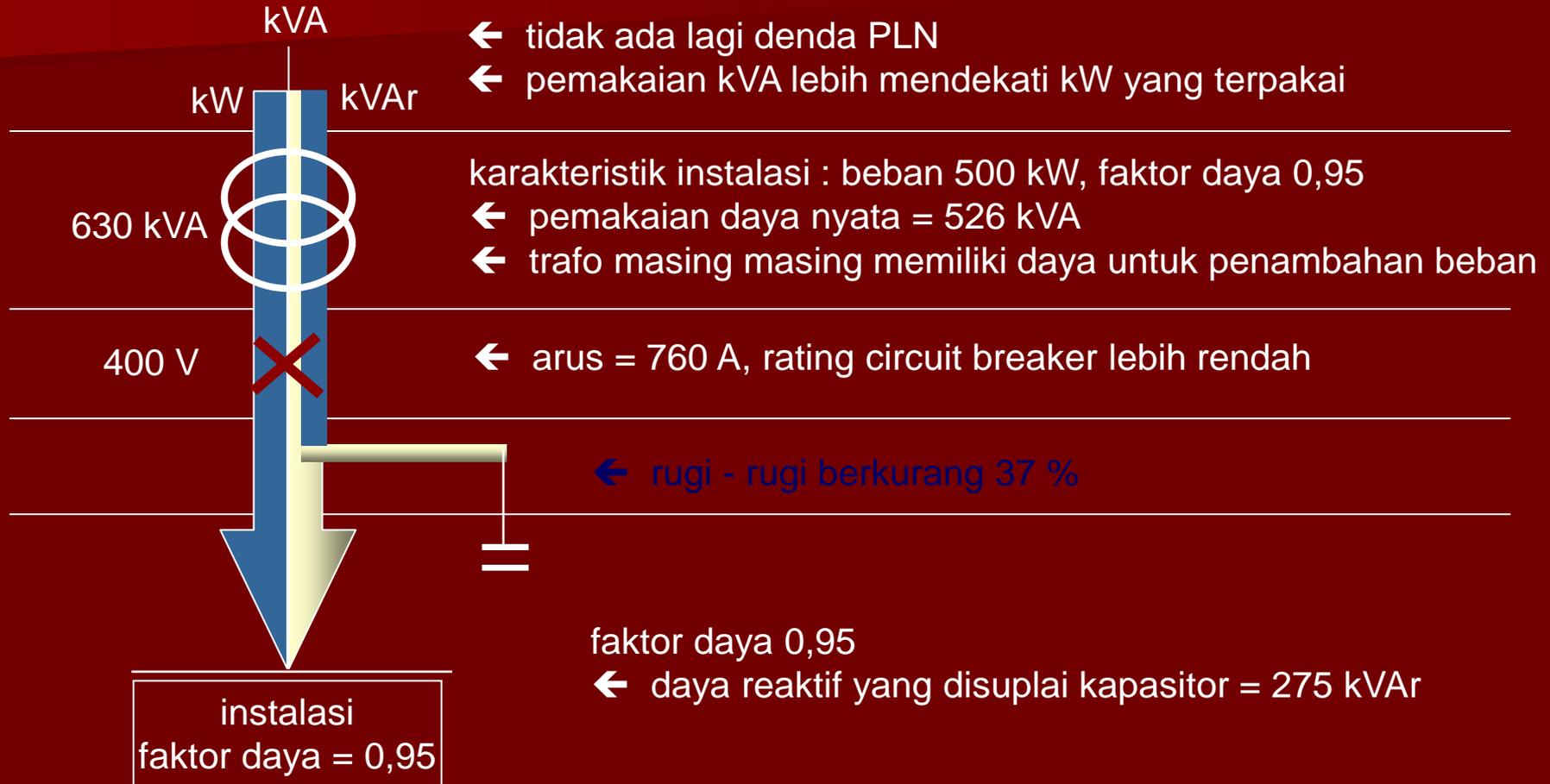
Koreksi faktor daya = penghematan

INSTALASI TANPA KAPASITOR BANK

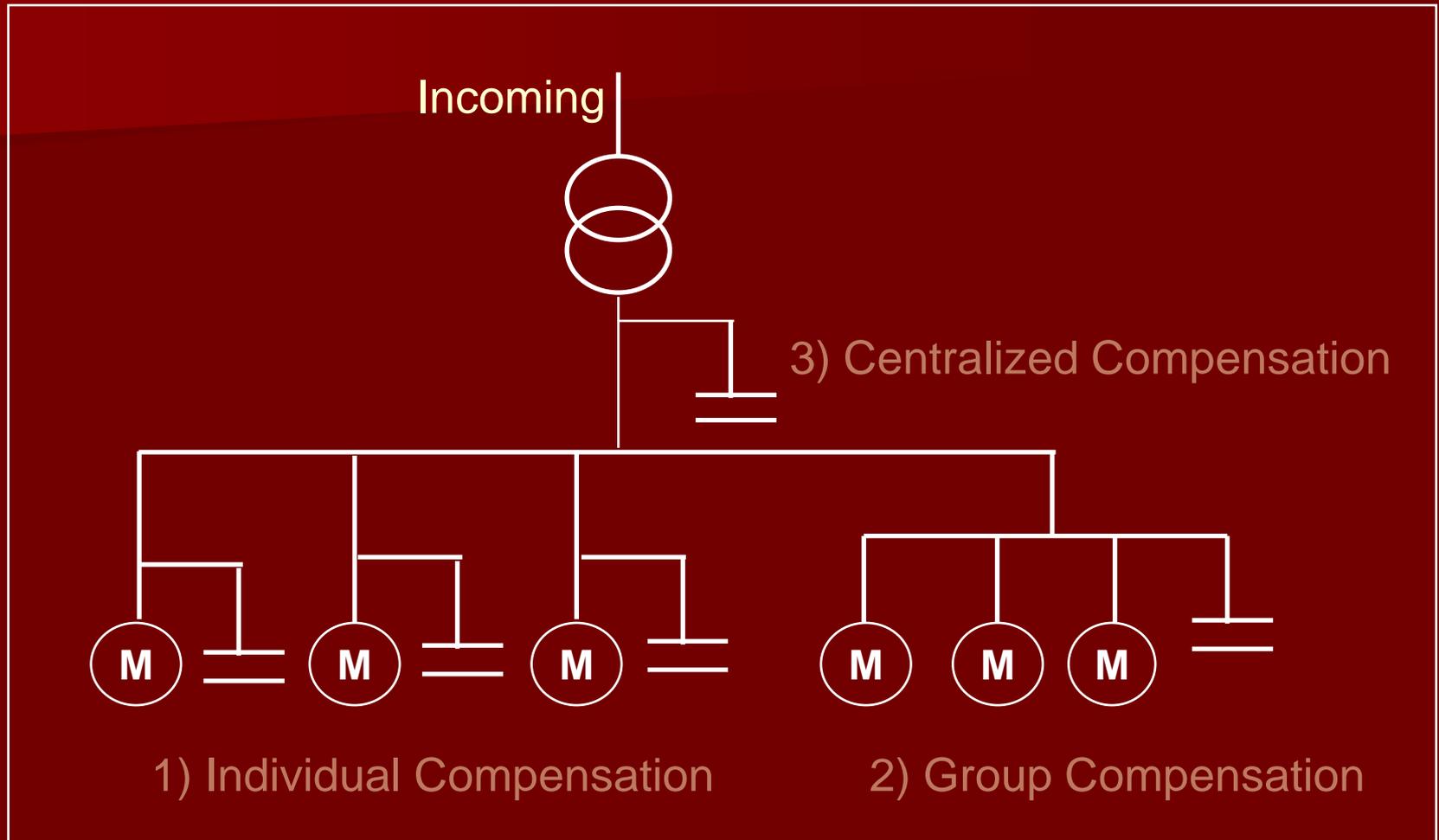


Koreksi faktor daya = penghematan

INSTALASI DENGAN KAPASITOR BANK



Metoda pemasangan kapasitor

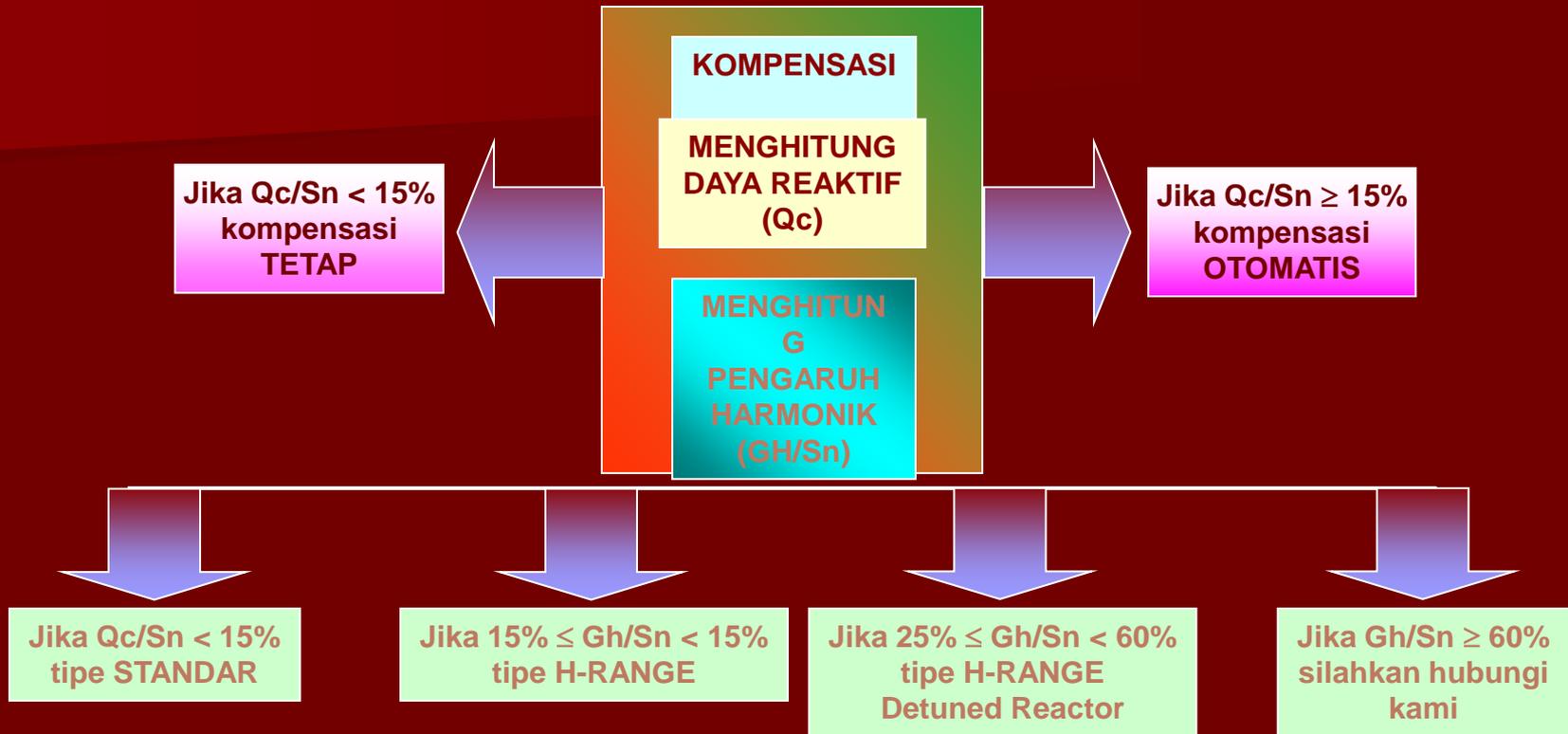


Keuntungan kompensasi

**Ekonomis
&
Teknis**

- ← *Menghilangkan denda PLN atas kelebihan pemakaian daya reaktif*
- ← *Menurunkan pemakaian kVA total*
- ← *Optimasi jaringan*
 - *Meningkatkan daya yang bisa disuplai oleh trafo*
 - *Menurunkan susut tegangan*
 - *Menurunkan rugi-rugi pada kabel*

Langkah kompensasi



Gh = Total daya peralatan yang menghasilkan harmonik (kVA)
Sn = Total daya trafo (kVA)
Qc = Total daya kapasitor (kvar)

Menghitung daya reaktif yang diperlukan

metoda 1 :
METODA CEPAT

Untuk memperkirakan secara cepat daya kapasitor yang diperlukan

- Menggunakan tabel $\cos \varphi$ (kvar) yang diperlukan untuk setiap kW beban)
- Data diambil berdasarkan perkiraan

Contoh :

$\cos \varphi$ rata-rata (umum) = 0,65
 $\cos \varphi$ yang diinginkan = 0,95

Dari tabel didapat angka 0,84.

Artinya, setiap 1 kW beban memerlukan 0,84 kvar untuk meningkatkan $\cos \varphi$ dari 0,65 ke 0,95.

*Maka, untuk sistem kompensasi suatu instalasi diperlukan kapasitor bank dengan daya : **0,84 x beban terpasang***

Menghitung daya reaktif yang diperlukan

metoda 2 :

METODA KWITANSI PLN

Untuk menyesuaikan dengan kondisi pemakaian

- Menggunakan kuitansi PLN dengan denda maksimum
- Jumlah waktu pemakaian

rumus :

$$Q_c = \frac{\text{kVArh tertinggi}}{\text{waktu pemakaian}} \text{ kVAh}$$

Contoh :

Sebuah pabrik yang beroperasi 24 jam sehari, pada bulan Juni, memakai daya reaktif terbanyak selama tahun yang lalu, yaitu sebesar 576.600 kvarh.

Berapa daya kapasitor yang harus dipasang agar tidak membayar denda?.

Solusi :

$$Q_c = \frac{576.600}{24 \times 30} = 805 \text{ kVAh}$$

Menghitung daya reaktif yang diperlukan

metoda 3 :

METODA COS φ

Untuk meningkatkan efisiensi dan optimasi jaringan

- Menggunakan tabel cos φ
- Daya beban terpasang
- Cos φ

rumus :

$Q_c = \text{koefisien} \times \text{daya beban (kVAR)}$

koefisien didapat dari tabel cos φ

Contoh :

Sebuah instalasi listrik pada sebuah pabrik memiliki beban terpasang sebesar 250 kW
Cos φ terendah yang pernah dicapai adalah 0,50.

Berapa daya kapasitor yang harus dipasang agar cos φ menjadi 0,95 ?

Solusi :

dari tabel didapat koefisien = 1,40

$$Q_c = 1,40 \times 250 = 350 \text{ kVAR}$$

Menghitung daya reaktif yang diperlukan

metoda 3 :

METODA COS φ

Untuk meningkatkan efisiensi dan optimasi jaringan

- Menggunakan tabel cos φ dan data lain

rumus :

$Q_c = \text{koefisien} \times \text{daya beban (kVAR)}$

koefisien didapat dari tabel cos φ

Contoh :

Sebuah pabrik memiliki data instalasi sbb :

Tegangan : 400 V

Arus jaringan : 1.010 A

Faktor daya : 0,70

Berapa daya kapasitor yang harus dipasang agar cos φ menjadi 0,90 ?

Solusi :

dari tabel didapat koefisien dari 0,70 ke 0,90
 $= 0,54$

$Q_c = 0,54 \times 525 = 285 \text{ kVAr}$

Energy Saving
Pada Sistem Motor Listrik

MOTOR INDUKSI TIGA PHASA

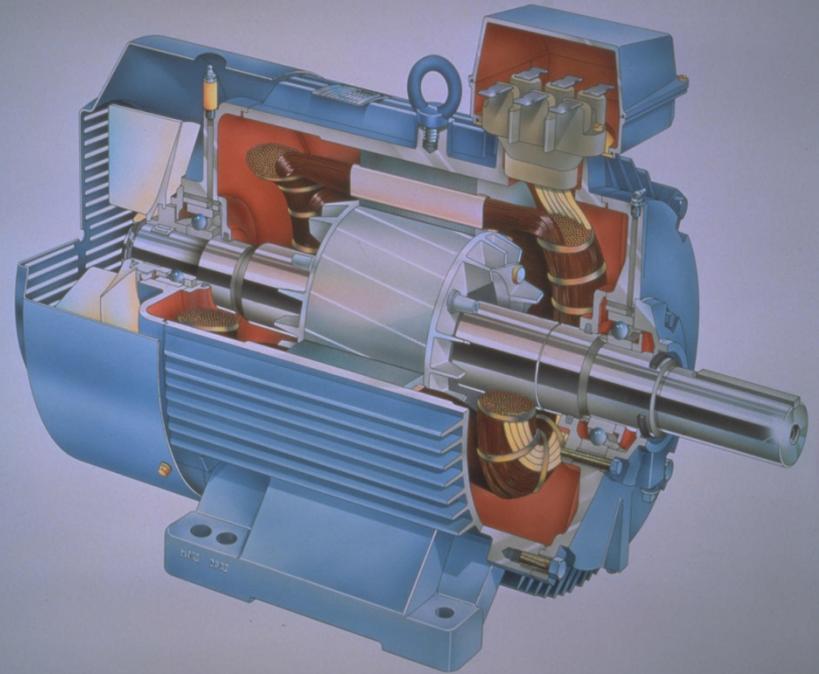
- Motor induksi adalah suatu mesin listrik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak dengan menggunakan gandengan medan listrik dan mempunyai slip antara medan stator dan medan rotor.
- Motor induksi merupakan motor yang paling banyak kita jumpai dalam industri.

Konstruksi motor tiga phasa

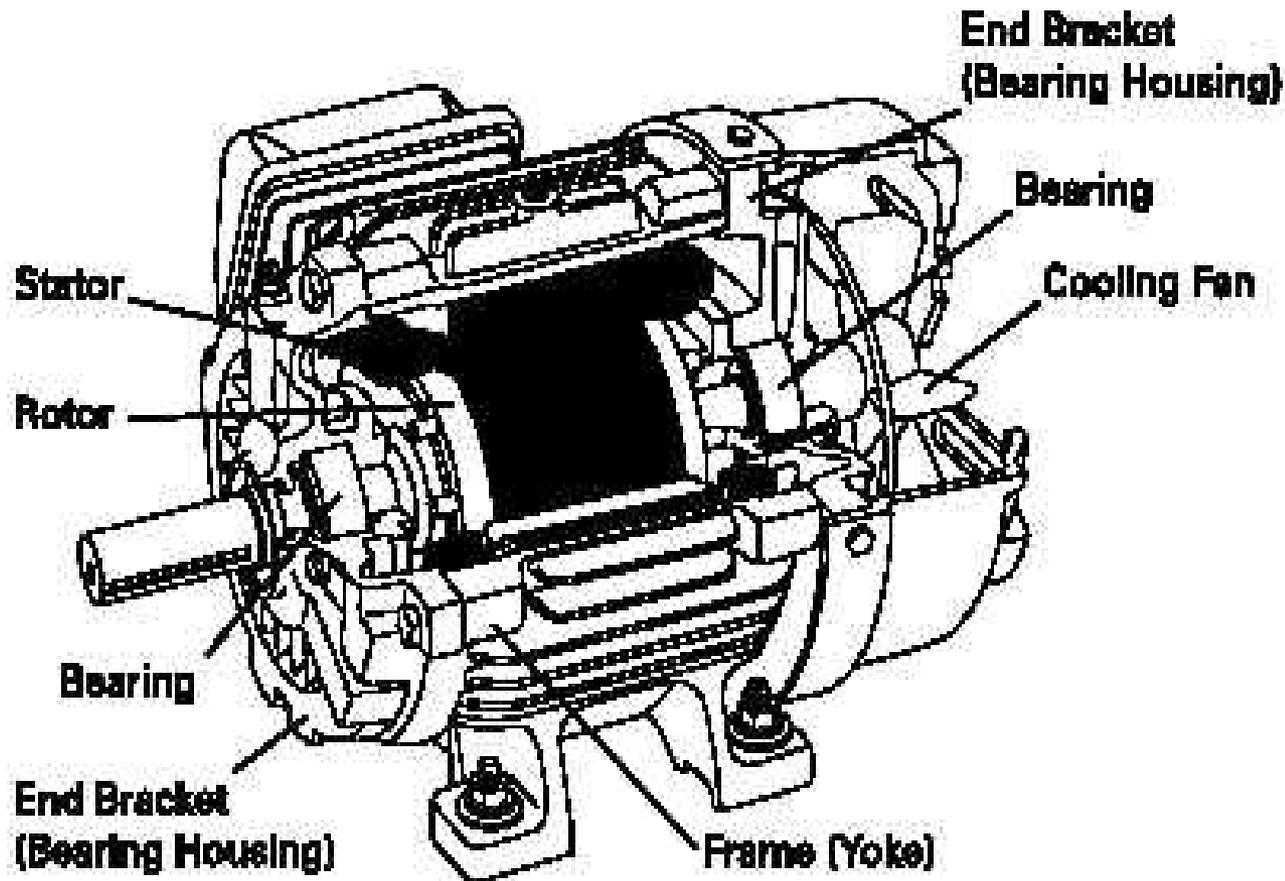


Y2

Three Phase Induction Motor

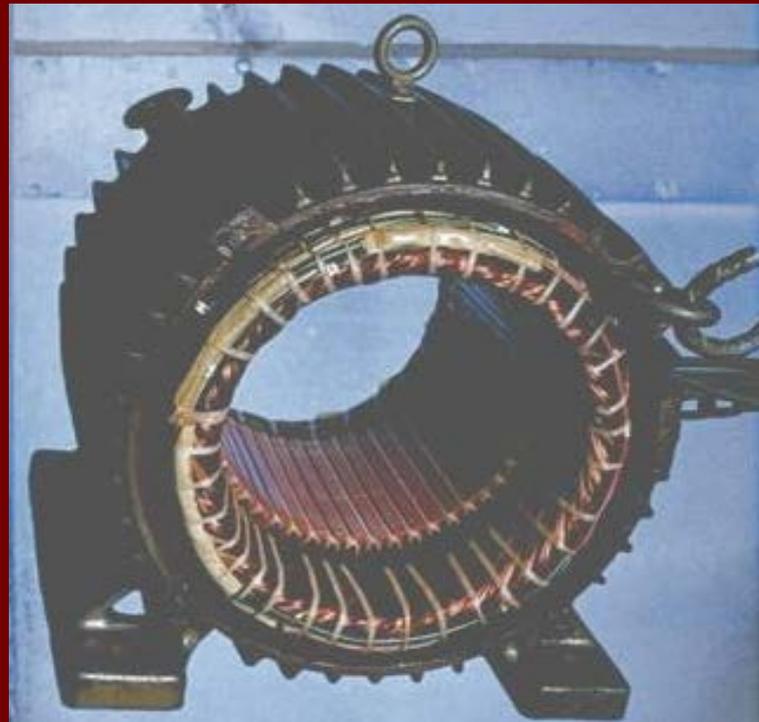


Bagian Motor Induksi Tiga Phasa



Stator

- Stator adalah bagian dari mesin yang tidak berputar dan terletak pada bagian luar. Dibuat dari besi bundar berlaminasi dan mempunyai alur – alur sebagai tempat meletakkan kumparan.



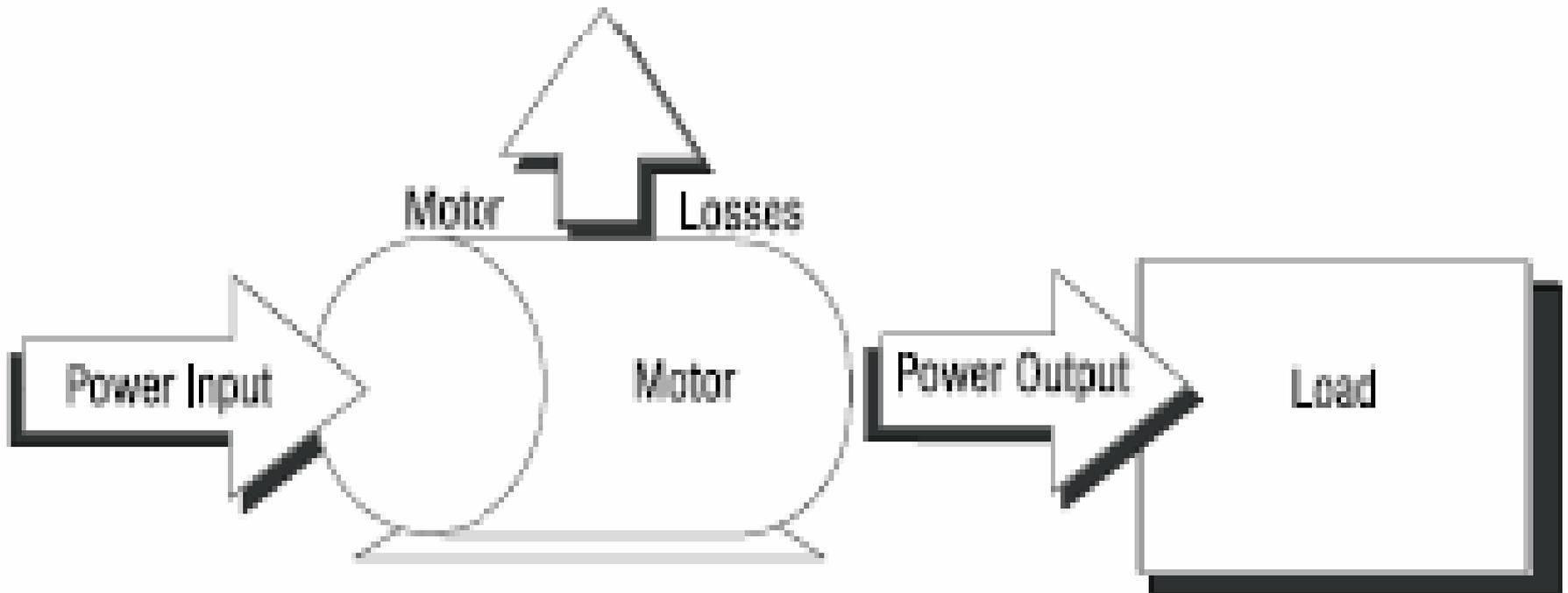
Rotor

- Rotor sangkar

Adalah bagian dari mesin yang berputar bebas dan letaknya bagian dalam. Terbuat dari besi laminasi yang mempunyai slot dengan batang alumunium / tembaga yang dihubungkan singkat pada ujungnya.

EFISIENSI MOTOR LISTRIK

Motor mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk melayani beban tertentu. Pada proses ini, kehilangan energi ditunjukkan dalam Gambar berikut



EFISIENSI (η)

- Menyatakan perbandingan daya output dengan daya input

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{in} - P_{loos}}{P_{in}} = 1 - \frac{P_{loos}}{P_{in}}$$

- ◆ Bila dinyatakan dalam prosen maka,

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

FAKTOR YANG MEMPENGARUHI EFISIENSI MOTOR LISTRIK

- Usia. Motor baru tentu lebih efisien
- Kapasitas, sebagaimana hampir kebanyakan peralatan efisiensi motor meningkat dengan laju kapasitasnya.
- Kecepatan. Motor dengan kecepatan yang lebih tinggi biasanya lebih efisien.
- Suhu. Motor yang didinginkan oleh fan dan tertutup total (TEFC) lebih efisien daripada motor screen protected drip-proof (SPDP)
- Penggulungan ulang motor dapat menurunkan efisiensi.
- Beban.

BEBAN MOTOR

Karena sulit untuk mengkaji efisiensi motor pada kondisi operasi yang normal, beban motor dapat diukur sebagai indikator efisiensi motor. Dengan meningkatnya beban, faktor daya dan efisiensi motor bertambah sampai nilai optimumnya pada sekitar beban penuh.

$$\text{Beban} = \frac{P \times \eta}{\text{HP} \times 0,745}$$

Dimana,

η = Efisiensi operasi motor dalam %

HP = Nameplate untuk Hp

Beban = Daya yang keluar sebagai % laju daya

P = Daya tiga fase dalam kW

TIGA METODE MENENTUKAN BEBAN MOTOR

1. Pengukuran daya masuk. Metode ini menghitung beban sebagai perbandingan antara daya masuk (diukur dengan alat analisis daya) dan nilai daya pada pembebanan 100%.
2. Pengukuran jalur masuk. Beban ditentukan dengan membandingkan amper terukur (diukur dengan alat analisis daya) dengan laju amper. Metode ini digunakan bila faktor daya tidak diketahui dan hanya nilai amper yang tersedia. Juga direkomendasikan untuk menggunakan metode ini bila persen pembebanan kurang dari 50%
3. Metode Slip. Beban ditentukan dengan membandingkan slip yang terukur bila motor beroperasi untuk motor dengan beban penuh. Ketelitian metode ini terbatas dan dapat dilakukan dengan alat tachometer (tidak diperlukan alat pengukur daya).

PENGUKURAN DAYA MASUK

TAHAP 1. Menentukan daya masuk dengan persamaan :

$$P = \frac{V \times I \times PF \times \sqrt{3}}{1000}$$

TAHAP 2. Menentukan nilai daya dengan mengambil nilai pelat nama/*nameplate* atau dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P = \text{hp} \times \frac{0,745}{n_r}$$

$$\text{beban} = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100 \%$$

PELUANG EFISIENSI MOTOR LISTRIK

1. Mengganti motor standar dengan efisien tinggi

Motor yang berefisiensi tinggi dirancang khusus untuk meningkatkan efisiensi energi dibanding dengan motor standar. Perbaikan desain difokuskan pada penurunan kehilangan mendasar dari motor termasuk penggunaan baja silikon dengan tingkat kehilangan yang rendah, inti yang lebih panjang (untuk meningkatkan bahan aktif), kawat yang lebih tebal (untuk menurunkan tahanan), laminasi yang lebih tipis, celah udara antara stator dan rotor yang lebih tipis, batang baja pada rotor sebagai pengganti alumunium, *bearing* yang lebih bagus dan fan yang lebih kecil.

PELUANG EFISIENSI MOTOR LISTRIK

(DIE Motor, 2007)

Area Kehilangan Energi	Peningkatan Efisiensi
1. Besi	<ul style="list-style-type: none">▪ Digunakan <i>gauge</i> yang lebih tipis sebab kehilangan inti baja yang lebih rendah menurunkan kehilangan arus eddy.▪ Inti lebih panjang yang dirancang menggunakan baja akan mengurangi kehilangan karena masa jenis <i>flux</i> operasi yang lebih rendah.
2. <i>Stator</i> I ² R	<ul style="list-style-type: none">▪ Menggunakan lebih banyak tembaga dan konduktor yang lebih besar meningkatkan luas lintang penggulangan stator. Hal ini akan menurunkan tahanan (R) dari penggulangan dan mengurangi kehilangan karena aliran arus (I).
3 <i>Rotor</i> I ² R	<ul style="list-style-type: none">▪ Penggunaan batang konduktor rotor yang lebih besar meningkatkan potongan lintang, dengan demikian merendahkan tahanan konduktor (R) dan kehilangan yang diakibatkan oleh aliran arus (I)
4 Gesekan & Pegulangan	<ul style="list-style-type: none">▪ Menggunakan rancangan fan dengan kehilangan yang rendah menurunkan kehilangan yang diakibatkan oleh pergerakan udara
5. Kehilangan beban yang menyimpang	<ul style="list-style-type: none">▪ Menggunakan rancangan yang sudah dioptimalkan dan prosedur pengendalian kualitas yang ketat akan meminimalkan kehilangan beban yang menyimpang.

PELUANG EFISIENSI MOTOR LISTRIK

- Melihat faktor pembebanan. Motor industri seringkali beroperasi pada kondisi beban yang bervariasi karena permintaan proses. Praktek yang umum dilakukan dalam situasi seperti ini adalah memilih motor berdasarkan beban antisipasi tertinggi. Namun hal ini membuat motor lebih mahal padahal motor hanya akan beroperasi pada kapasitas penuh untuk jangka waktu yang pendek, dan beresiko motor bekerja pada beban rendah. Alternatifnya adalah memilih motor berdasarkan kurva lama waktu pembebanan untuk penggunaan khusus. Hal ini berarti bahwa nilai motor yang dipilih sedikit lebih rendah daripada beban antisipasi tertinggi dan sekali-kali terjadi beban berlebih untuk jangka waktu yang pendek. Hal ini memungkinkan, karena motor memang dirancang dengan faktor layanan (biasanya 15% diatas nilai beban) untuk menjamin bahwa motor yang bekerja diatas nilai beban sekali-sekali tidak akan menyebabkan kerusakan yang berarti. Resiko terbesar adalah pemanasan berlebih pada motor, yang berpengaruh merugikan pada umur motor dan efisiensi dan meningkatkan biaya operasi. Kriteria dalam memilih motor adalah bahwa kenaikan suhu rata-rata diatas siklus operasi aktual harus tidak lebih besar dari kenaikan suhu pada operasi beban penuh yang berkesinambungan (100%).

Pemasanasan Berlebih Pada Motor Dapat Terjadi Karena :

1. Perubahan beban yang ekstrim, seperti seringnya jalan/berhenti, atau tingginya beban awal.
2. Beban berlebih yang sering dan/atau dalam jangka waktu yang lama
3. Terbatasnya kemampuan motor dalam mendinginkan, contoh pada lokasi yang tinggi, dalam lingkungan yang panas atau jika motor tertutupi atau kotor.

MEMPERBAIKI KUALITAS DAYA

Kinerja motor dipengaruhi oleh kualitas daya yang masuk, yang ditentukan oleh tegangan dan frekuensi aktual dibandingkan dengan nilai dasar. Fluktuasi dalam tegangan dan frekuensi yang lebih besar daripada nilai yang diterima memiliki dampak yang merugikan pada kinerja motor.

Ketidakseimbangan tegangan bahkan dapat lebih merugikan terhadap kinerja motor dan terjadi apabila tegangan tiga fase dari motor tiga fase tidak sama. Hal ini biasanya disebabkan oleh perbedaan pasokan tegangan untuk setiap fase pada tiga fase. Dapat juga diakibatkan dari penggunaan kabel dengan ukuran yang berbeda pada sistim distribusinya.

Tegangan masing-masing fase pada sistim tiga fase besarnya harus sama, simetris, dan dipisahkan oleh sudut 120° . Keseimbangan fase harus 1% untuk menghindarkan penurunan daya motor dan gagalnya garansi pabrik pembuatnya. Beberapa faktor dapat mempengaruhi kesetimbangan tegangan: beban fase tunggal pada setiap satu fase, ukuran kabel yang berbeda, atau kegagalan pada sirkuit. Ketidakseimbangan sistim meningkatkan kehilangan pada sistim distribusi dan menurunkan efisiensi motor.

Ketidakseimbangan tegangan dapat diminimalisir dengan cara :

- Menyeimbangkan beban fasa tunggal diantara seluruh tiga fasa
- Memisahkan setiap beban fasa tunggal dengan diberikan power tersendiri.

Rewinding Elektromotor

Hal-hal yang harus diperhatikan saat penggulangan EM

- Gunakan perusahaan yang bersertifikasi ISO 9000 atau anggota dari Asosiasi Layanan Peralatan Listrik.
- Ukuran motor kurang dari 40 HP dan usianya lebih dari 15 tahun (terutama motor yang sebelumnya sudah digulung ulang) sering memiliki efisiensi yang lebih rendah daripada model yang tersedia saat ini yang efisien energinya. Biasanya yang terbaik adalah menggantinya. Hampir selalu terbaik mengganti motor biasa dengan beban dibawah 15 HP.
- Jika biaya penggulangan ulang melebihi 50% hingga 65% dari harga motor baru yang efisien energinya, lebih baik membeli motor yang baru, karena meningkatnya kehandalan dan efisiensi akan dengan cepat menutupi pembayaran harga motor.

MENINGKATKAN PERAWATAN

- Pemeriksaan motor secara teratur untuk pemakaian *bearings* dan rumahnya (untuk mengurangi kehilangan karena gesekan) dan untuk kotoran/debu pada saluran ventilasi motor (untuk menjamin pendinginan motor)
- Pemeriksaan kondisi beban untuk meyakinkan bahwa motor tidak kelebihan atau kekurangan beban. Perubahan pada beban motor dari pengujian terakhir mengindikasikan suatu perubahan pada beban yang digerakkan, penyebabnya yang harus diketahui.
- Pemberian pelumas secara teratur.
- Pemeriksaan secara berkala untuk sambungan motor yang benar dan peralatan yang digerakkan.
- Penyediaan ventilasi yang cukup dan menjaga agar saluran pendingin motor bersih untuk membantu penghilangan panas untuk mengurangi kehilangan yang berlebihan.

KARAKTERISTIK MOTOR INDUKSI

- Rotor sangkar bajing dibuat dalam 4 kelas berdasarkan National Electrical Manufacturers Association (NEMA)
 - Motor kelas A
 - Mempunyai rangkaian resistansi rotor kecil
 - Beroperasi pada slip sangat kecil ($s < 0,01$) dalam keadaan berbeban
 - Untuk keperluan torsi start yang sangat kecil

- Rotor sangkar bajing dibuat dalam 4 kelas berdasarkan National Electrical Manufacturers Association (NEMA)

- Motor kelas B

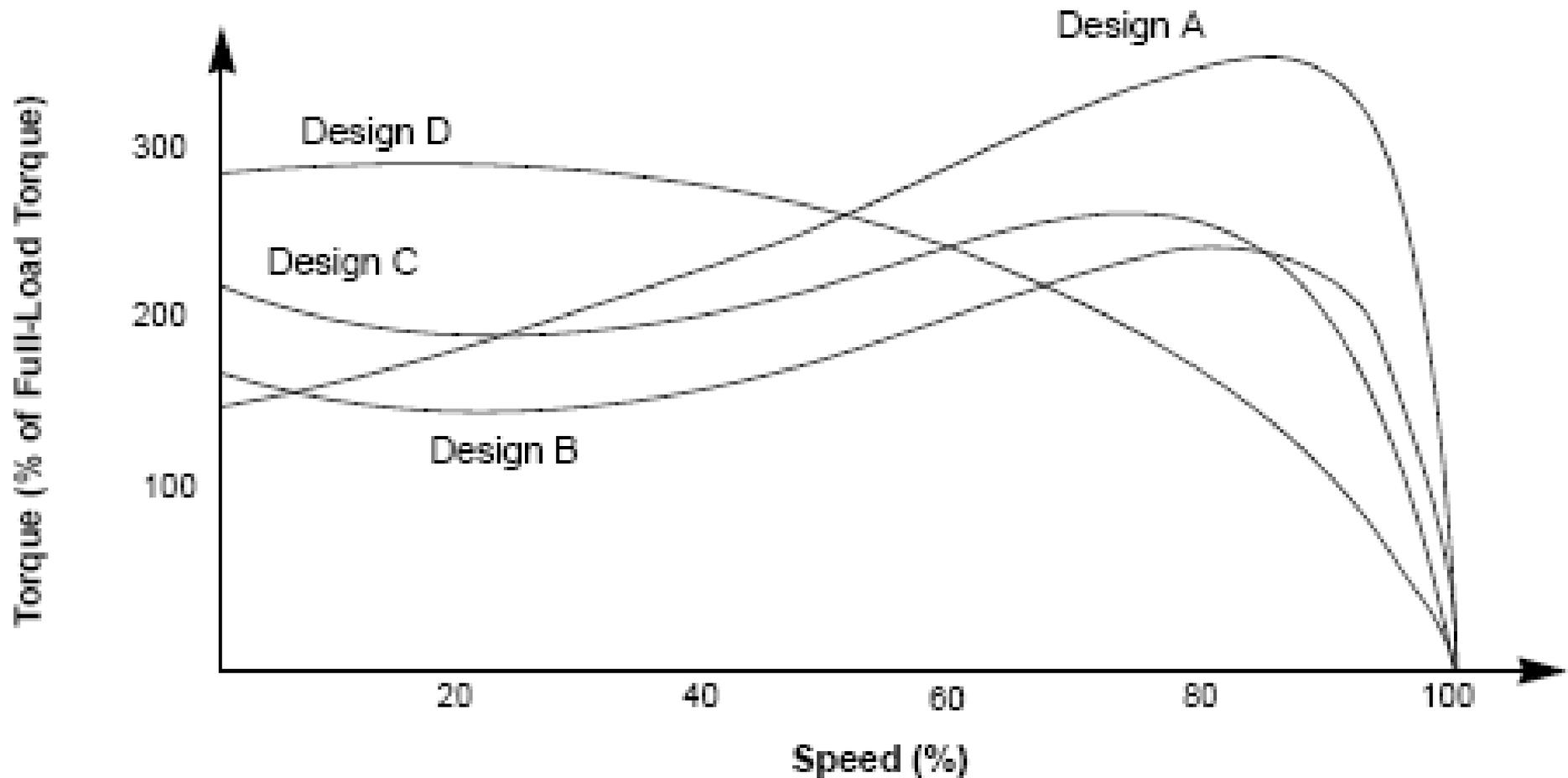
- Untuk keperluan umum, mempunyai torsi starting normal dan arus starting normal
- Regulasi kecepatan putar pada saat full load rendah (dibawah 5%)
- Torsi starting sekitar 150% dari rated
- Walaupun arus starting normal, biasanya mempunyai besar 600% dari full load

- Motor kelas C

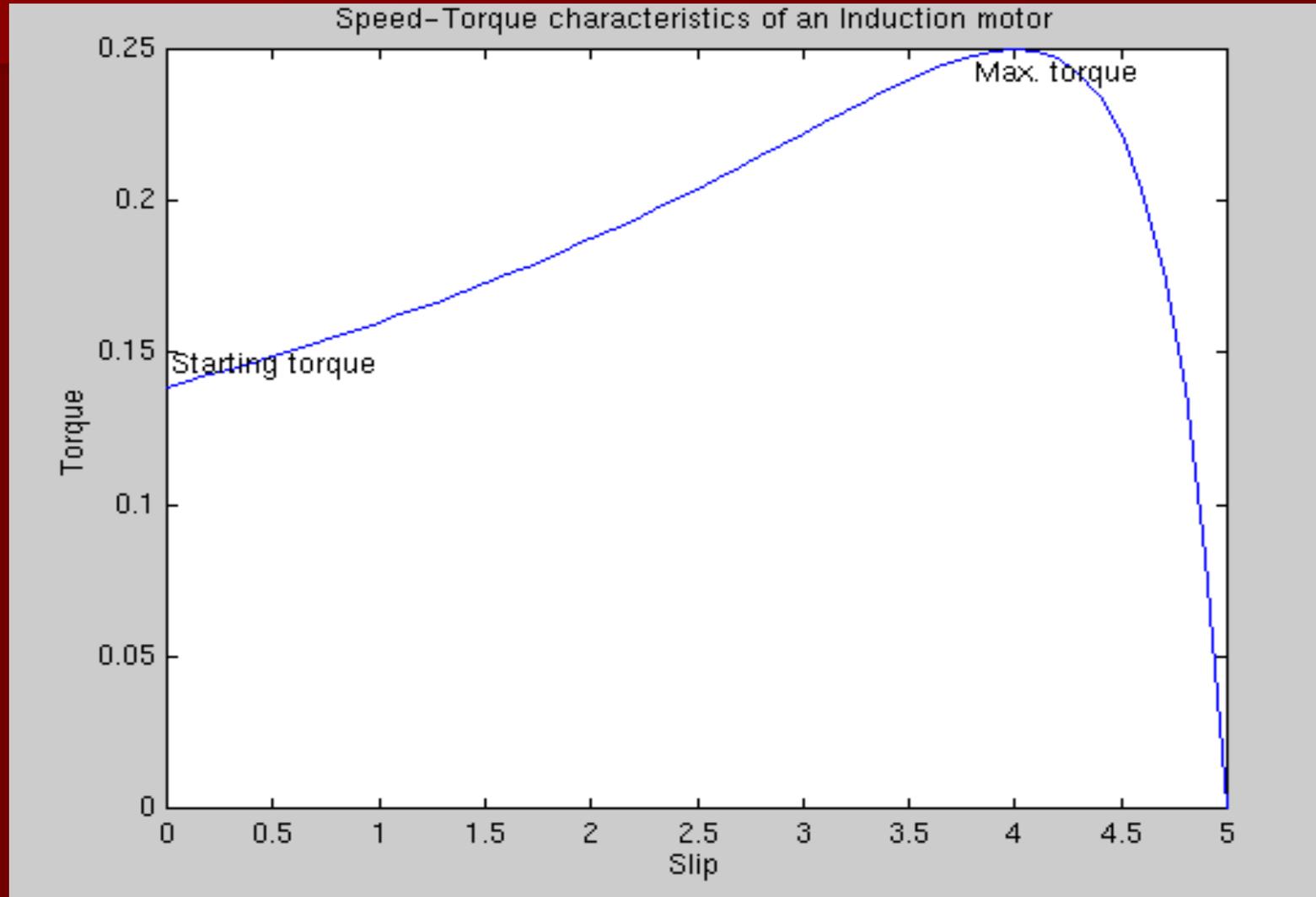
- Mempunyai torsi statring yang lebih besar dibandingkan motor kelas B
- Arus starting normal, slip kurang dari 0,05 pada kondisi full load
- Torsi starting sekitar 200% dari rated
- Untuk konveyor, pompa, kompresor dll

- Rotor sangkar bajing dibuat dalam 4 kelas berdasarkan National Electrical Manufacturers Association (NEMA)
 - Motor kelas D
 - Mempunyai torsi statring yang besar dan arus starting relatif rendah
 - Slip besar
 - Pada slip beban penuh mempunyai efisiensi lebih rendah dibandingkan kelas motor lainnya
 - Torsi starting sekitar 300%

TORQUE-SPEED CURVES OF DIFFERENT NEMA STANDARD MOTORS



Karakteristik motor induksi

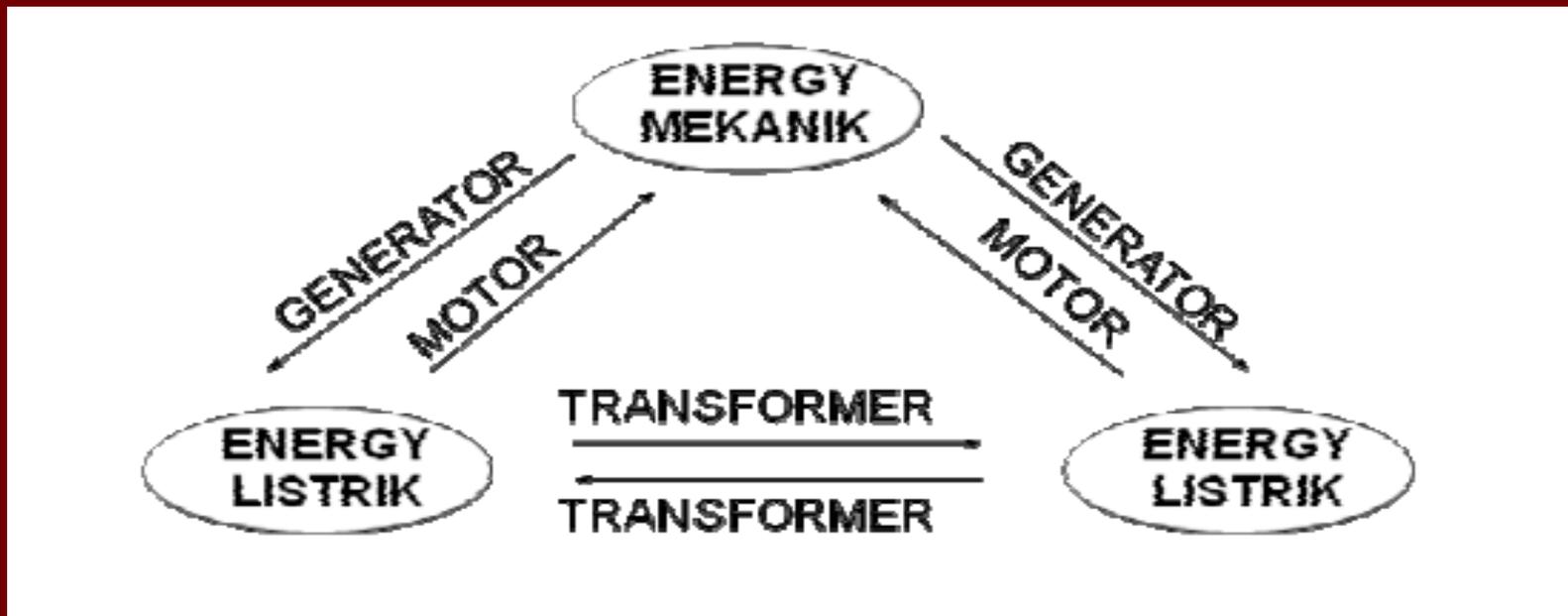


Energy Saving Pada Sistem Transformator



PENGERTIAN TRANSFORMATOR

- Transformer adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik



BEBERAPA ALASAN MENGGUNAKAN TRANSFORMATOR

- Tegangan yang dihasilkan sumber tidak sesuai dengan tegangan pemakai,
- Biasanya sumber jauh dari pemakai sehingga perlu tegangan tinggi (pada jaringan transmisi)
- Kebutuhan pemakai/beban memerlukan tegangan yang bervariasi.

STUDI KASUS

Penyedia daya listrik dalam hal ini generator dituntut mampu menyediakan suplai daya kepada beban dengan kuantitas dan kualitas yang baik dan handal, yang mempunyai standar yang telah ditentukan dan disepakati melalui lembaga standarisasi listrik.

No	Transformator	Daya (KVA)	Tegangan (V)	Beban (A)
1	T1	2000	6000/380	1200
2	T2	2000	6000/380	1400
3	T3A	1000	6000/380	700
4	T3B	1000	6000/380	1200
5	T4	1000	6000/380	600
6	T5	1000	6000/380	700
7	T8	1000	6000/380	800
8	T9	1000	6000/380	600
9	T10	500	6000/380	400
10	T11	1250	6000/380	400
		11750		8000

PERHITUNGAN BEBAN

$$P = \frac{\sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos\phi}{1000} \text{ KW}$$

No	TRAF O	Daya (KVA)	Tegangan (V)	Beban (A)	BEBAN EMPIRIK (KW)
1	T1	2000	6000/380	1200	591,66
2	T2	2000	6000/380	1400	690,27
3	T3A	1000	6000/380	700	345,135
4	T3B	1000	6000/380	1200	591,66
5	T4	1000	6000/380	600	295,83
6	T5	1000	6000/380	700	345,135
7	T8	1000	6000/380	800	394,44
8	T9	1000	6000/380	600	295,83
9	T10	500	6000/380	400	197,22
10	T11	1250	6000/380	400	197,22
		11750		8000-2010	3944,4

Perhitungan Load Faktor

No	TRAFO	Daya (KVA)	Tegangan (V)	Beban (A)	BEBAN EMPIRIK (KW)	%BEBAN
1	T1	2000	6000/380	1200	591,66	62,80
2	T2	2000	6000/380	1400	690,27	67,84
3	T3A	1000	6000/380	700	345,135	67,84
4	T3B	1000	6000/380	1200	591,66	88,82
5	T4	1000	6000/380	600	295,83	62,80
6	T5	1000	6000/380	700	345,135	67,84
7	T8	1000	6000/380	800	394,44	72,52
8	T9	1000	6000/380	600	295,83	62,80
9	T10	500	6000/380	400	197,22	72,52
10	T11	1250	6000/380	400	197,22	45,87
		11750		8000	3944,4	

TEKNIK PERHITUNGAN

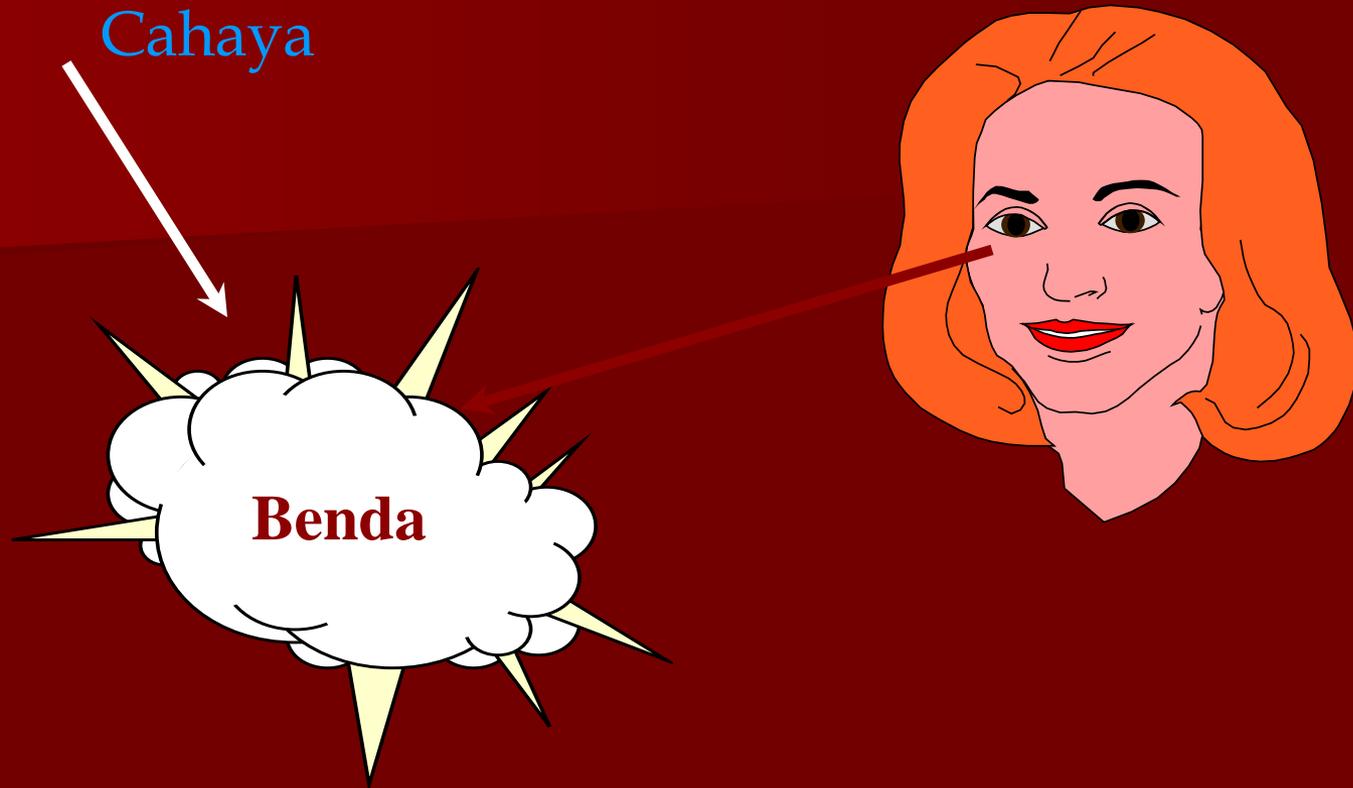
- Arus yang terukur di sisi incoming 8000 A
- Faktor daya awal 0,75
- Tegangan sistem 380
- Faktor daya yang menjadi target adalah 0,9
- $P = (1,73 \times V \times I \times \cos \theta) / 1000$
- dimana :
- $V =$ Tegangan rendah atau 380 V
- $I =$ Arus nominal yang mengalir (ampere)
- Maka didapatkan 3944,4 KW
- $Q_c = P (\tan \phi \text{ awal} - \tan \phi \text{ target})$
- $= 3944,4 * 0,40 = 1577$ atau 1600 KVAR

**TEKNIK PENGHEMATAN
ENERGI PADA SISTEM
ILUMINASI DAN TATA
CAHAYA**



PENDAHULUAN

- Definisi Penerangan : ➤ Penerapan radiasi visibel (sensasi visual) kepada sesuatu obyek.
- Fungsi penerangan : ➤ Agar dapat melihat sesuatu benda dengan jelas.
- Jenis Penerangan : ➤ Penerangan alami
➤ Penerangan buatan



Agar kita dapat melihat sesuatu benda, ada dua syarat pokok :

1. Panca indra mata sehat.
2. Ada cahaya datang dari benda ke mata.

Sumber Cahaya Penerangan Buatan

1. Lampu Pijar

- efisiensi rendah.
- umur lampu tidak panjang (rata-rata 750 jam).
- suasana panas.
- harga rendah.
- cocok untuk penerangan terpusat.

3. Lampu Gas bertekanan tinggi.

- efisiensi cukup tinggi.
- umur lampu agak panjang (rata-rata 3.000 jam).
- cocok untuk penerangan setempat dan terarah.
- memerlukan waktu untuk mencapai kondisi cahaya penuh.
- terdapat rugi-rugi ballast.

2. Lampu Fluorescent (TL).

- efisiensi tinggi.
- umur lampu panjang (rata-rata 10.000 jam).
- suasana sejuk.
- cocok untuk penerangan merata.
- terdapat rugi-rugi ballast.

1. Perencanaan Dan Perancangan Penerangan

☰ Hal-hal yang perlu diperhatikan adalah :

1. Peruntukan ruangan :

- ruang kerja biasa : 250 lux.
- ruang kerja terus menerus : 350 lux.
- ruang kerja sangat teliti : 1000 lux.
- ruang lorong/ parkir : 100 lux.

2. Disain ruangan tersebut :

- warna gelap refleksi cahaya (rp) : 30%.
- warna sedang refleksi cahaya (rp) : 50%.
- warna terang refleksi cahaya ((rp) : 70 %.

3. Interior ruangan yang digunakan :

- interior gelap refleksi cahaya (rw) : 10%.
- interior sedang refleksi cahaya (rw) : 30%.
- interior terang refleksi cahaya (rw) : 50%.

4. Jenis lampu yang digunakan.

5. Jenis Armatur lampu.

Daya Pencahayaan

Jenis Bangunan/Ruangan	Daya pencahayaan Maks Watt/m ²
1. Kantor	15
2. Ruang kelas	15
3. Auditorium	25
4. Pasar swalayan	20
5. Hotel:	
- Kantor tamu	17
- Daerah umum	20
6. Rumah sakit (ruang pasien)	15
7. Gudang	5
8. Kafetarian	10
9. Garasi	2

CARA MENENTUKAN TITIK LAMPU DENGAN DAYA LISTRIK

1. Tentukan peruntukan ruangan untuk melihat pencahayaan maksimum yang diijinkan
2. Tentukan luas ruangan yang akan dipergunakan menurut fungsinya

Contoh:

Sebuah ruangan kantor dengan luas 10 x 20 m perlu dipasang lampu TL 2 x 40 Watt berapakah titik lampu yang diperlukan?

Luas ruangan = $10 \times 20 = 200\text{m}^2$

Dari tabel diperoleh daya penerangan untuk ruang kantor 15 W/m²

Titik lampu = $(15 \text{ W/m}^2 \times 200 \text{ m}^2 / (2 \times 40 \text{ Watt}))$
= 37,5 bh

Sehingga pemasangan titik lampu:

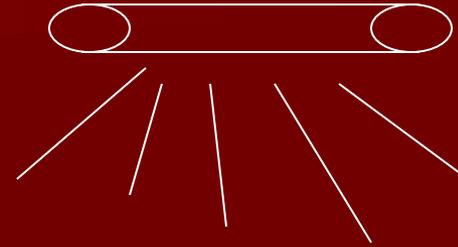
5 baris 7 kolom atau 4 baris 9 kolom atau 6 baris 7 kolom)

Pemakaian lampu perhari 8, untuk 1 bulan 25 hari

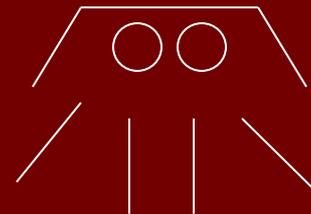
Total energi = $2800 \times 8 \times 25 \text{ Watt jam}$
= 560.000 Watt jam
= 560 kWh

Pemeliharaan Lampu

1. Memperhatikan kondisi lampu
 - a. Keadaan masih nyala / mati
 - b. Kondisi penyalaan lampu
 - c. Kondisi bola lampu kotor / bersih
 - d. Kedudukan lampu baik / tidak



2. Memperhatikan armature
 - a. Kondisi bersih / kotor
 - b. Warna cat armature putih / abu2
 - c. Kedudukan armature baik / tidak



3. Memperhatikan peralatan pendukung lampu
 - a. Ballast lampu
 - b. Pengawatan
 - c. Pengaturan Sakelar dengan titik lampu

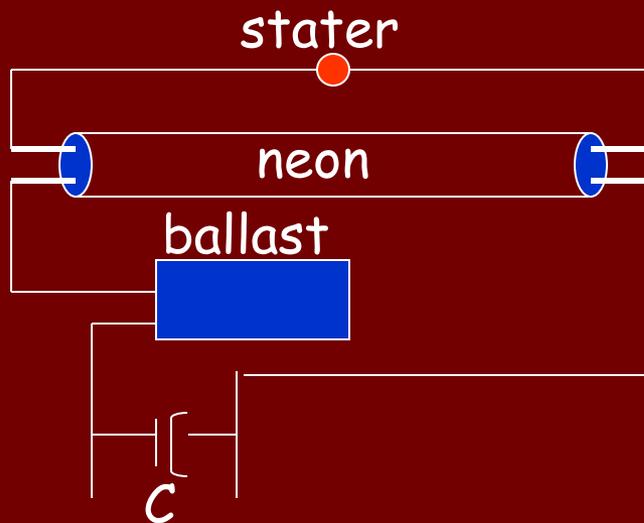




Pengurangan energi listrik

1. Pemakaian time clock/switch foto cell untuk lampu pasangan luar
2. Pemakaian ballast elektronik
3. Pemakaian lampu SL (kalau armature dengan down light)
4. Pemakaian kapasitor shunt untuk ballast kumparan
5. Pengaturan sakelar sesuai dengan jumlah lampu

Pemasangan kapasitor shunt



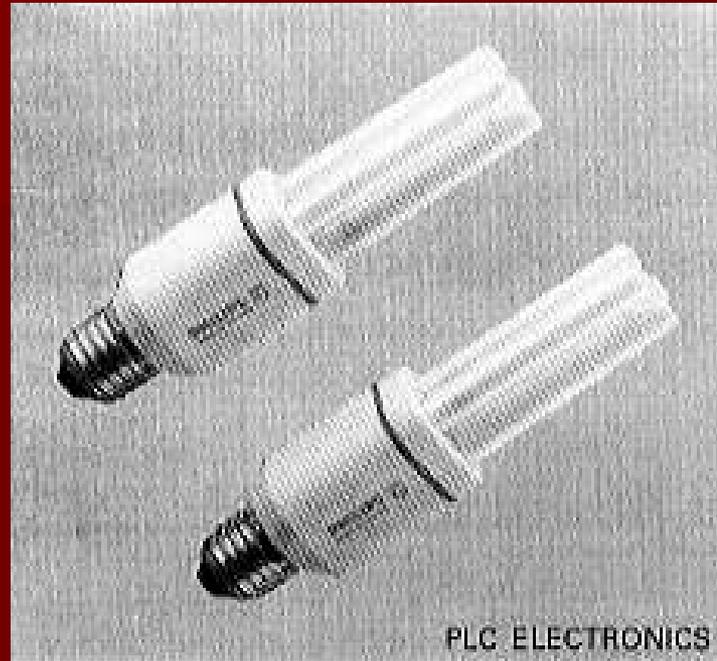
$$Q_c = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \text{ VAr}$$

$$X_c = V^2 / Q_c \text{ ohm}$$

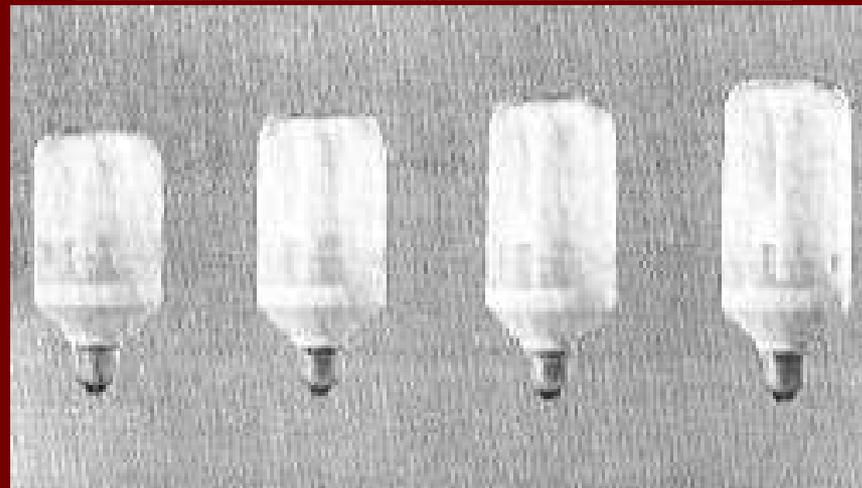
$$C = 1 / 2\pi f X_c \text{ } \mu\text{f}$$

Macam-macam Lampu

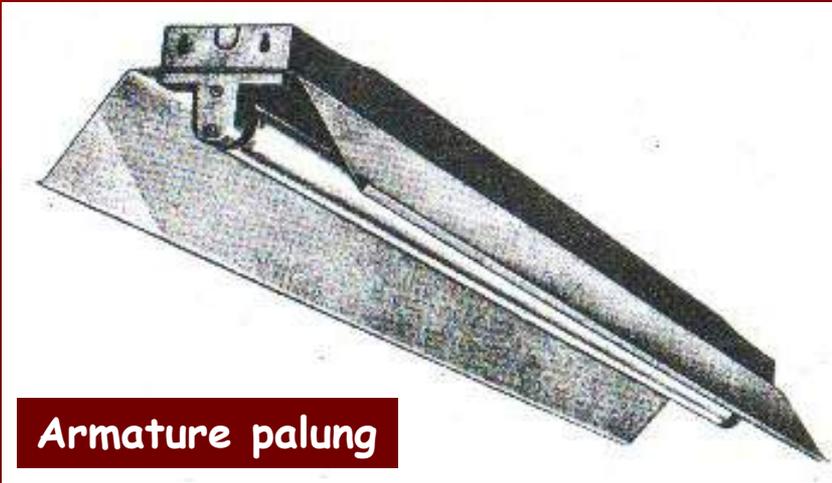
**Bagan Lampu PLC Elektronik
(fluorescent kompak) :**



**Bagan Lampu SL
(fluorescent Kompak) :**



Macam-macam armature



Armature palung



Armature pancaran lebar

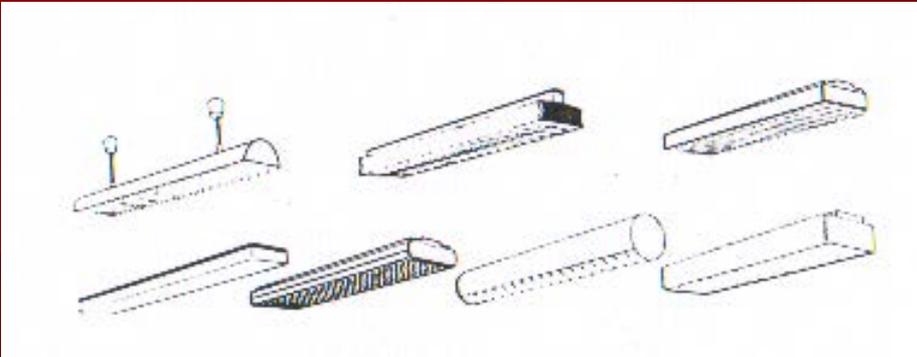


Armature rok

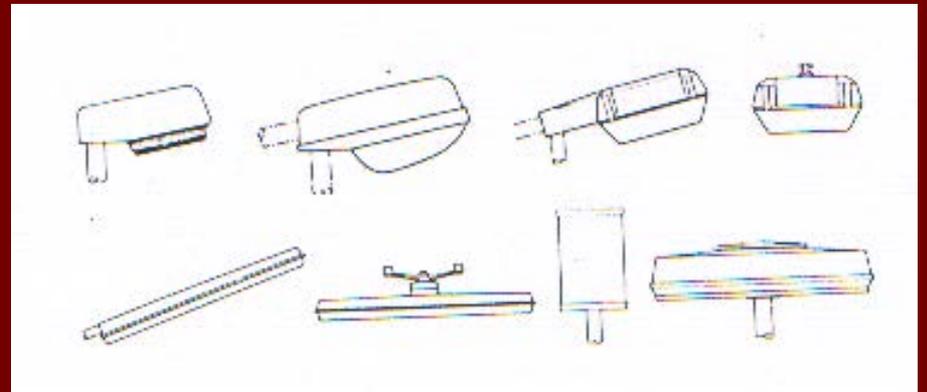


Armature pancaran terbatas

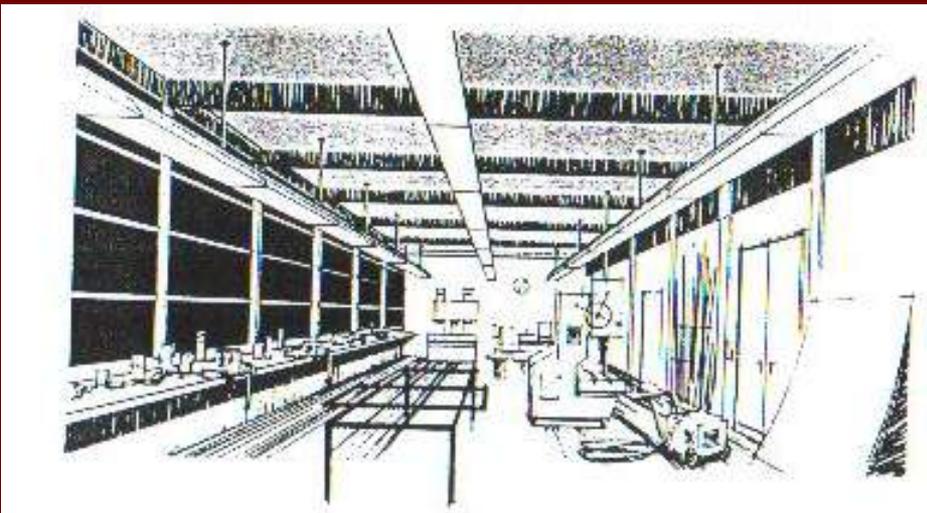
Macam-macam armature



Jenis armature dalam ruangan

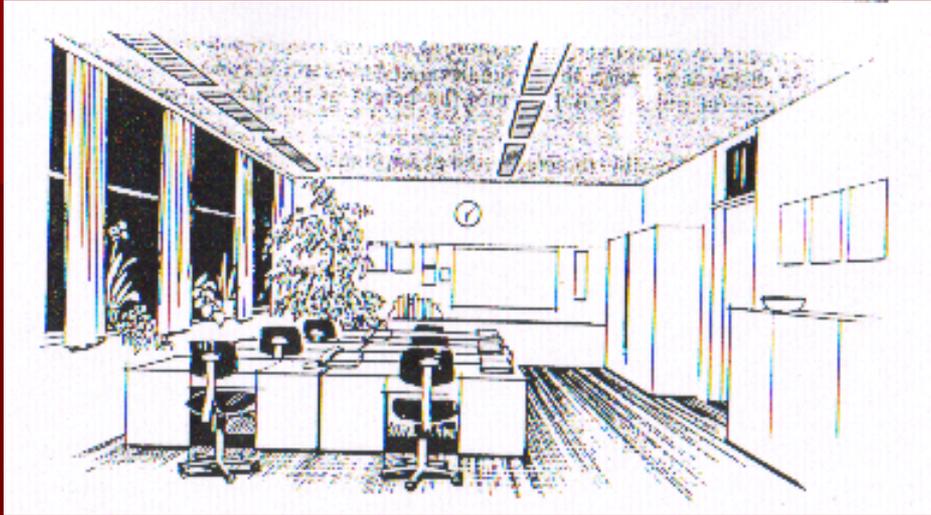


Jenis armature luar ruangan



Ruang bengkel dengan lampu gantung

MACAM-MACAM RUANGAN



Ruang kantor



Ruang kelas untuk belajar

Energy Saving Pada Sistem Penghantar



JENIS BAHAN KONDUKTOR

- Bahan-bahan yang dipakai untuk konduktor harus memenuhi persyaratan-persyaratan sebagai berikut:
 1. Konduktifitasnya harus baik
 2. Kekuatan mekanismenya (kekuatan tarik) cukup tinggi.
 3. Koefisien muai panjangnya kecil.
 4. Modulus kenyalnya (modulud elastisitasnya) cukup besar

Bahan-bahan yang biasanya digunakan adalah :

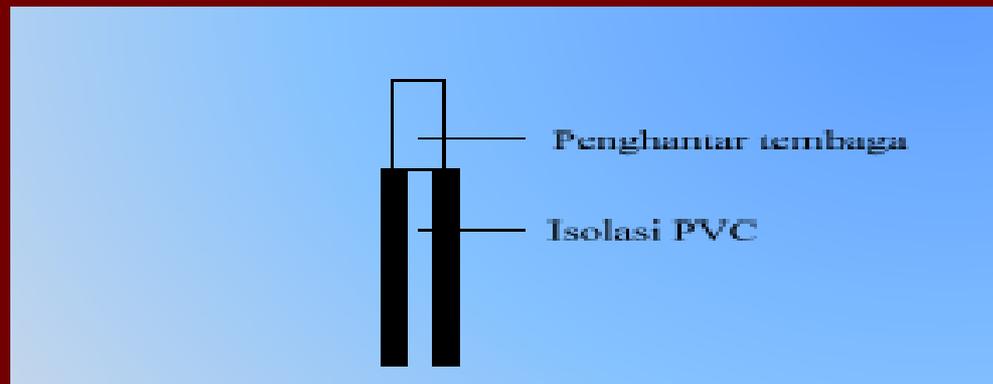
1. Logam biasa, seperti tembaga, aluminium, besi, dsb.
2. Logam campuran (alloy), yaitu sebuah logam dari tembaga atau aluminium yang diberi campuran dalam jumlah tertentu dari logam jenis lain, yang gunanya untuk menaikkan kekuatannya mekanismenya.
3. Logam paduan (composite), yaitu dua jenis logam atau lebih yang dipadukan dengan cara kompresi, peleburan (smelting), atau pengelasan (welding)

DEFINISI PENGHANTAR

- Penghantar ialah suatu benda yang berbentuk logam ataupun non logam yang bersifat konduktor atau dapat mengalirkan arus listrik dari satu titik ke titik yang lain. Penghantar dapat berupa kabel ataupun berupa kawat penghantar.
- Kabel ialah penghantar yang dilindungi dengan isolasi dan keseluruhan inti dilengkapi dengan selubung pelindung bersama contohnya ialah kabel *NYM*, *NYA* dan sebagainya.
- Sedangkan kawat penghantar ialah penghantar yang tidak diberi isolasi contohnya ialah *BC (Bare Conductor)*, penghantar berlubang (*Hollow Conductor*), *ACSR (Alluminium Conductor Steel Reinforced)*. dsb.

JENIS KABEL

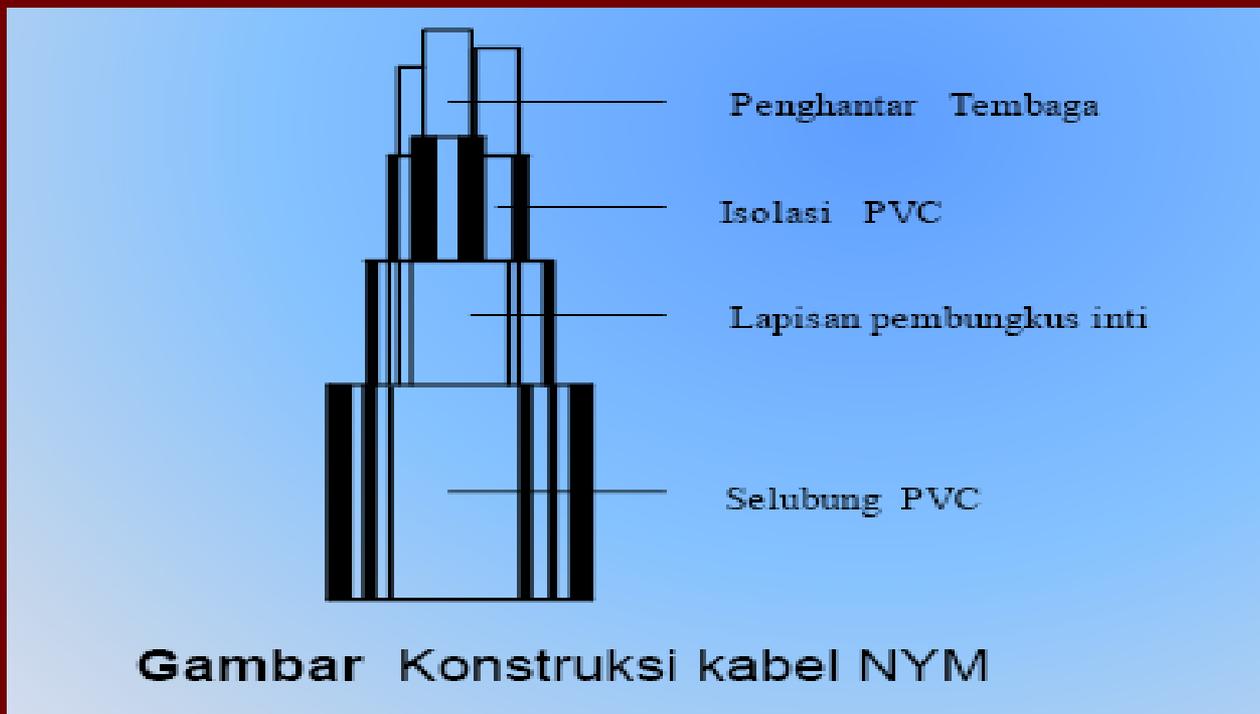
- ***Kabel Instalasi***, Kabel instalasi biasa digunakan pada instalasi penerangan, jenis kabel yang banyak digunakan dalam instalasi rumah tinggal untuk pemasangan tetap ialah NYA dan NYM. Pada penggunaannya kabel NYA menggunakan pipa untuk melindungi secara mekanis ataupun melindungi dari air dan kelembaban yang dapat merusak kabel tersebut



- **Gambar** Konstruksi kabel NYA

LANJUTAN

- Kabel NYA hanya memiliki satu penghantar berbentuk pejal, kabel ini pada umumnya digunakan pada instalasi rumah tinggal, sedangkan kabel NYM adalah kabel yang memiliki beberapa penghantar dan memiliki isolasi luar sebagai pelindung. Konstruksi dari kabel NYM terlihat pada gambar



2. Kabel Tanah

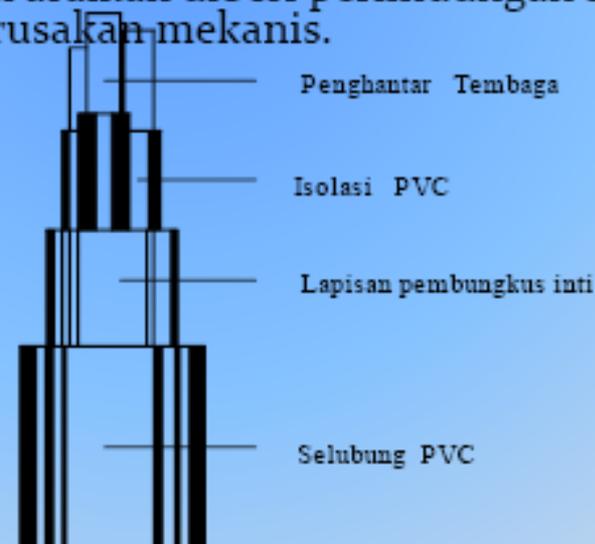
- Kabel tanah terbagi menjadi dua yaitu :

Kabel tanah thermoplastik tanpa perisai

Kabel tanah thermoplastik tanpa perisai seperti NYY, biasanya digunakan untuk kabel tenaga pada industri. Kabel ini juga dapat ditanam dalam tanah, dengan syarat diberikan perlindungan terhadap kemungkinan kerusakan mekanis. Pada prinsipnya susunan NYY ini sama dengan susunan NYM. Hanya tebal isolasi dan selubung luarnya serta jenis PVC yang digunakan berbeda. Warna selubung luarnya hitam. Untuk kabel tegangan rendah tegangan nominalnya 0,6/1 kV dimana maksudnya yaitu 0,6 kV = Tegangan nominal terhadap tanah.

1,0 kV = Tegangan nominal antar penghantar.

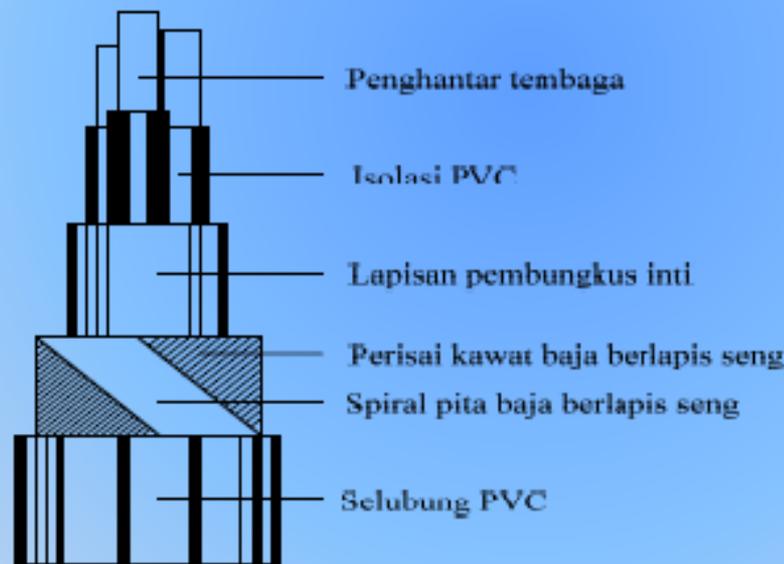
Penggunaan utama NYY sebagai kabel tenaga adalah untuk instalasi industri di dalam gedung maupun di alam terbuka, di saluran kabel dan dalam lemari hubung bagi, apabila diperkirakan tidak akan ada gangguan mekanis. NYY dapat juga ditanam di dalam tanah asalkan diberi perlindungan secukupnya terhadap kemungkinan terjadinya kerusakan mekanis.



Konstruksi kabel NYY

- Kabel tanah thermoplastik berperisai

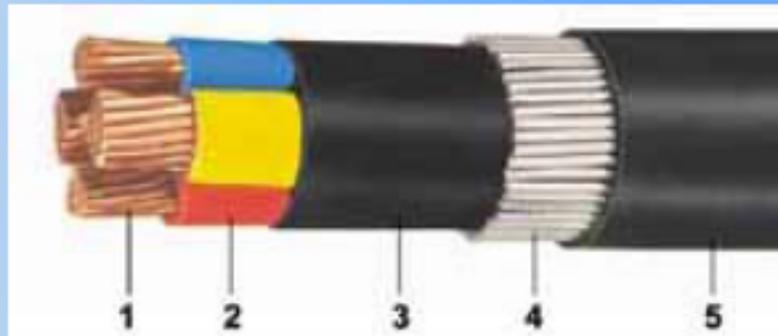
Kabel tanah thermoplastik berperisai seperti NYFGbY, biasanya digunakan apabila ada kemungkinan terjadi gangguan kabel secara mekanis, kabel NYFGbY intinya tersiri dari penghantar tembaga, dengan isolasi PVC, penggabungan dua atau lebih inti dilengkapi selubung atau pelindung yang terdiri dari karet dan perisai kawat baja bulat. Perisai dan pembungkus diikat dengan spiral pita baja, untuk menghindari korosi pada pita baja, maka kabel di selubungi pelindung PVC warna hitam.



Konstruksi kabel NYFGbY

Kabel XLPE

- Kabel XLPE banyak digunakan pada instalasi indoor, outdoor, saluran pipa kabel (bus duct), dan sistem bawah tanah (underground). Kabel XLPE juga dapat atau biasa digunakan pada tegangan tinggi seperti pada pembangkit listrik, proses industri, dan lainnya. Selain itu kabel XLPE juga dapat digunakan pada berbagai kondisi seperti pada saat suhu tinggi.



Gambar. Kabel XLPE

1. copper conductor, stranded
2. XLPE core insulation
3. extruded or lapped PVC bedding
4. galvanized steel wire armour
5. outer PVC sheath, black

PEMILIHAN PENGHANTAR

- Dalam pemilihan jenis penghantar yang akan digunakan dalam suatu instalasi dan luas penghantar yang akan di pakai dalam instalasi tersebut ditentukan berdasarkan pertimbangan :
- Kemampuan hantar arus.
- Kondisi suhu.
- Jatuh tegangan.
- Kondisi lingkungan.
- Kekuatan mekanis
- Kemungkinan perluasan

Konduktivitas listrik

- **Konduktivitas listrik** adalah ukuran dari kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Jika suatu beda potensial listrik ditempatkan pada ujung-ujung sebuah konduktor, muatan-
muatan bergerakaknya akan berpindah, menghasilkan arus listrik. Konduktivitas listrik didefinisikan sebagai ratio dari rapat arus terhadap kuat medan listrik : **$J = \sigma E$**

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama	Dwi Junianto
TTL	Mojokerto, 25 Juni 1978
Hobi	Badminton, Programming

DATA PENDIDIKAN

1985-1991	SDN Maumere Flores NTT
1991-1994	SMP Negeri I Maumere Flores NTT
1994-1997	SMU Negeri I Maumere Flores NTT
1997-2003	T. Elektro Fakultas Teknik UGM

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

PENGALAMAN KERJA

2000	KP. Di P.T Elnusa tentang Pengolahan Citra Digital
2001	Asisten Sistem Mikroprosesor Program S-1 UGM
2001	Asisten Teknik Kendali Program S-1 UGM
2002	Asisten Komputasi Dasar Program S-1 UGM
2002	Instruktur Komputer di BSC
2002	Instruktur Komputer di GMA Infikom

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

KEAHLIAN

MS-Office	Word, Excel, Power Point, Access
Visual	Delphi, VB, Matlab
WEB	HTML, Front Page
Saat ini	Server Side Scripting : PHP, MySQL, JAVA

Terima Kasih

