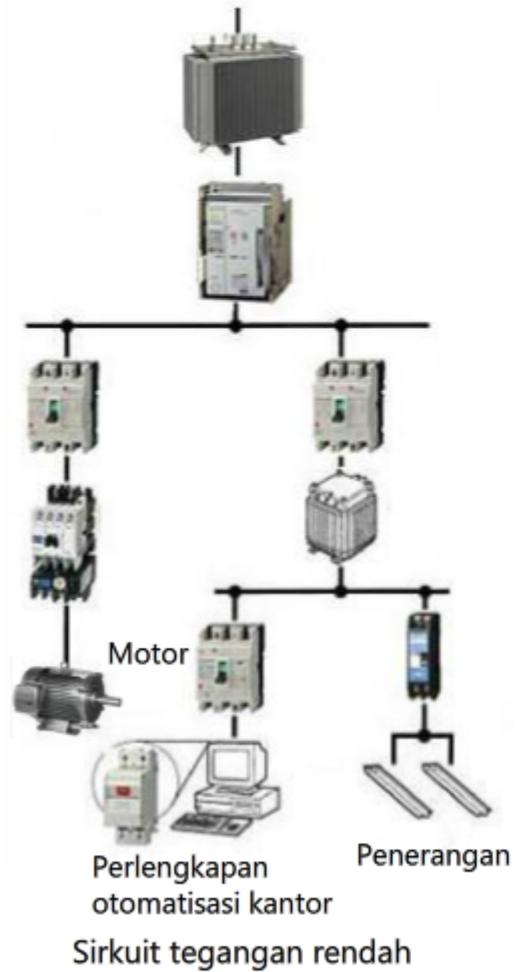


# Peralatan FA untuk Pemula (Produk Kontrol Distribusi Daya)

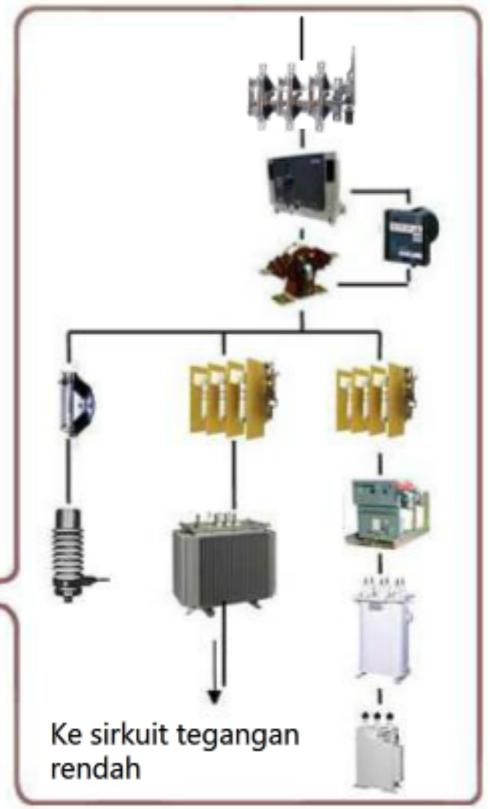
Tujuan pelatihan ini adalah untuk memberikan pengetahuan tentang peralatan kontrol dan distribusi daya listrik dalam waktu singkat kepada individu yang baru mengenal bidang ini.

# Pengantar Tujuan Pelatihan

Pelatihan ini diberikan agar Anda dapat mempelajari pengetahuan dasar yang penting untuk menggunakan peralatan distribusi dan kontrol daya listrik Mitsubishi seperti yang ditunjukkan di bawah. Isi pelatihan ini dibuat berdasarkan standar sistem distribusi daya listrik di Jepang. Standar tegangan listrik atau arus listrik berbeda-beda di tiap negara, jadi dokumen ini adalah satu-satunya referensi pembelajaran bagi Anda.



Peralatan penerima daya tegangan tinggi tipe bilik CB



Bab-bab dalam pelatihan disajikan sebagai berikut.

Kami menyarankan Anda untuk mempelajari bab-bab tersebut secara urut, mulai dari Bab 1.

### **Bab 1 - Dasar-dasar kelistrikan**

Bab ini mengajarkan pemahaman tentang dasar-dasar kelistrikan.

### **Bab 2 - Dari pembangkit listrik ke konsumen**

Bab ini membahas bagaimana daya listrik didistribusi dan disediakan sampai ke konsumen.

### **Bab 3 - Peralatan distribusi dan kontrol daya**

Dalam bab ini, Anda akan memperoleh pemahaman luas tentang peralatan distribusi dan kontrol.

Ke halaman berikutnya		Ke halaman berikutnya.
Ke halaman sebelumnya		Ke halaman sebelumnya.
Buka halaman yang diinginkan		"Daftar Isi" akan ditampilkan, memudahkan Anda untuk berpindah ke halaman yang diinginkan.
Keluar dari pembelajaran		Keluar dari pembelajaran. Layar "Konten/daftar" dan pembelajaran akan ditutup.

**Petunjuk Keselamatan**

Saat Anda belajar dengan menggunakan produk sesungguhnya, bacalah "Petunjuk Keselamatan" dengan seksama seperti yang dijelaskan dalam buku panduan produk, dan gunakan produk dengan benar serta perhatikan baik-baik masalah keselamatan.

**Dalam bab ini, Anda akan mempelajari dasar-dasar tentang kelistrikan yang penting untuk diterapkan pada distribusi dan kontrol daya.**

### Bab 1 Isi Pembelajaran

- 1.1 Apa itu listrik?
- 1.2 Hukum Ohm (Hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan)
- 1.3 Arus listrik Searah dan arus listrik bolak-balik
- 1.4 Elemen-elemen dasar sirkuit arus bolak-balik
- 1.5 Tentang daya listrik dan faktor daya
- 1.6 Daya listrik dan energi listrik di sirkuit satu phase
- 1.7 Daya listrik dan energi listrik dalam sirkuit tiga-phase

## 1.1

## Apa itu listrik?

Ketika kita membicarakan tentang listrik, apa sebenarnya yang kita maksudkan? Kita semua tahu tentang tegangan 100 volt dan arus 10 ampere, tetapi sulit untuk menjelaskan artinya dalam kata-kata. Listrik lebih mudah dipahami jika kita umpamakan menjadi air.

### • Tegangan

Dengan perumpamaan air, tekanan dalam air (tekanan air) sama dengan tekanan dalam listrik (tekanan listrik).

Daya dorong air menjadi lebih kuat ketika tekanan air meningkat, begitu pula dengan listrik, arus listrik yang masuk menjadi lebih kuat karena tekanan listriknya (tegangan listrik) meningkat.

Tekanan di dalam listrik ini (tegangan) diukur dalam satuan **volt [V]**, dan tegangan ditulis seperti 100 V, 200 V, dan seterusnya.

### • Arus Listrik

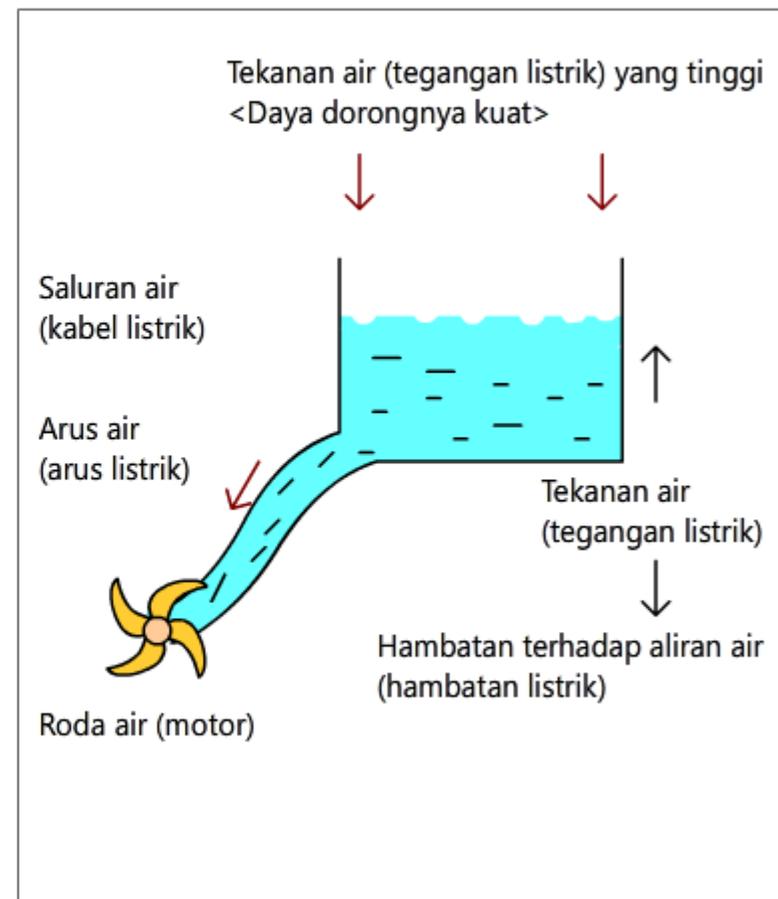
Aliran air disebut arus air, dan aliran listrik disebut arus listrik. Seperti air, arus listrik selalu mengalir dari potensi tinggi ke potensi rendah.

Satuan untuk mengukur arus listrik adalah **ampere [A]**.

### • Hambatan

Jika saluran air sempit atau ditumbuhi ganggang, air akan terhalang (terhambat) sehingga tidak mengalir lancar. Mirip dengan gejala tersebut, hambatan yang menghalangi aliran listrik disebut **hambatan listrik**.

Satuan untuk mengukur hambatan listrik adalah **ohm [ $\Omega$ ]**.



## 1.2 Hukum Ohm (Hubungan antara tegangan, arus, dan hambatan)

Dalam sirkuit listrik, memberikan tegangan kepada hambatan (muatan) akan menghasilkan arus listrik. Besar arus tersebut sebanding dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan hambatan. Pernyataan ini disebut sebagai "**Hukum Ohm**".

Ditunjukkan dengan rumus berikut:

$$I = \frac{E}{R} \text{ [A]}$$

Dalam persamaan ini,

**I** : Arus listrik [A]

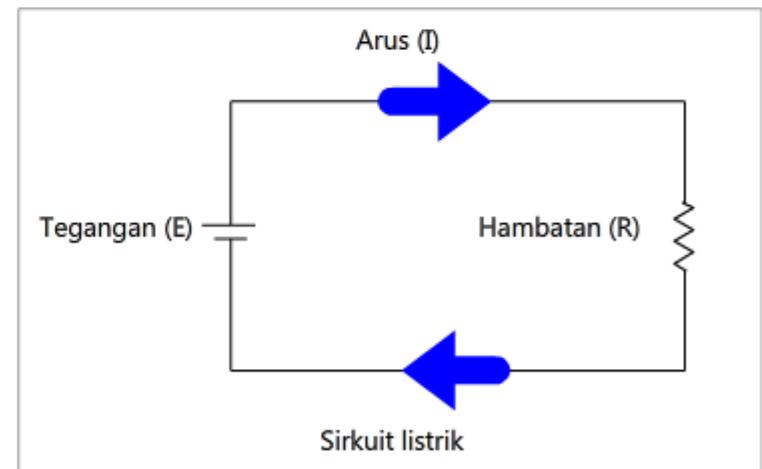
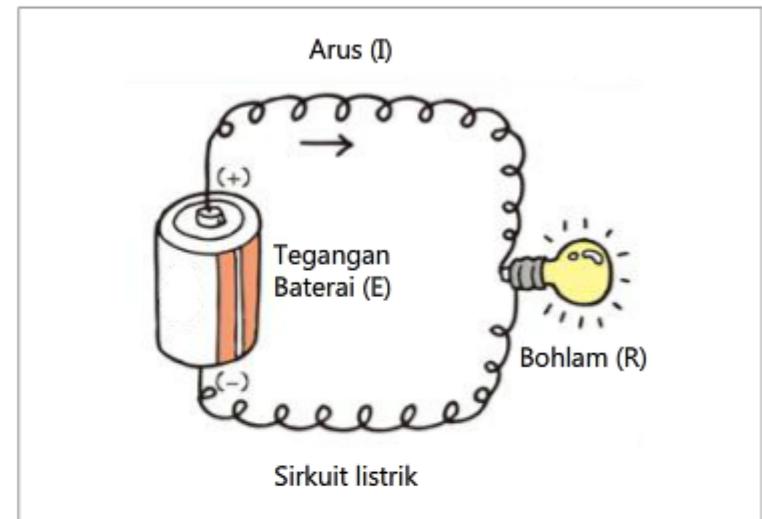
**E** : Tegangan listrik [V]

**R** : Hambatan listrik [ $\Omega$ ]

Jika mengubah persamaan di atas, kita mendapatkan:

$$E = I \times R \text{ [V]}$$

Seperti yang ditunjukkan oleh persamaan di atas, arus membesar saat tegangan meningkat, dan arus naik jika hambatan turun.



## 1.3

## Arus langsung dan arus bolak-balik

- **Arus langsung (Gambar 1 sampai 3)**

Contoh paling umum dari arus searah adalah baterai sel kering. Baterai sel kering memiliki kutub positif (+) dan negatif (-), dan listrik dari suplai daya selalu mengalir satu arah saja.

Ketika baterai terhubung ke bola lampu, arus selalu mengalir dari kutub + dan kembali ke kutub -.

Ini ditemukan saat listrik belum begitu dipahami. Dalam kenyataannya, elektron yang berisi muatan listrik negatif (-) bergerak dalam arah yang berlawanan.

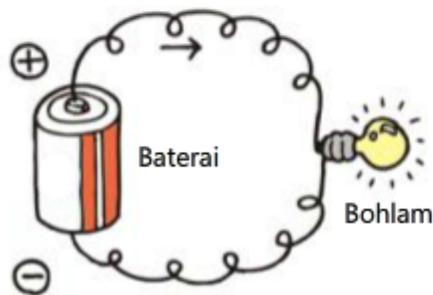
- **Arus bolak-balik**

Arus bolak-balik mengubah arah dan ukurannya sepanjang waktu.

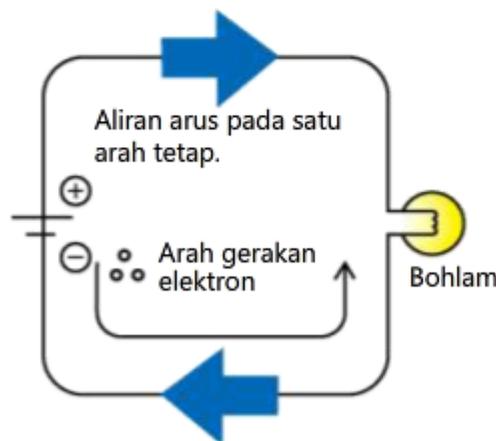
Gambar 4 menunjukkan arus bolak-balik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik yang disebut arus bolak-balik gelombang sinus.

Arus bolak-balik yang umumnya dikenal merujuk pada arus bolak-balik gelombang sinus ini.

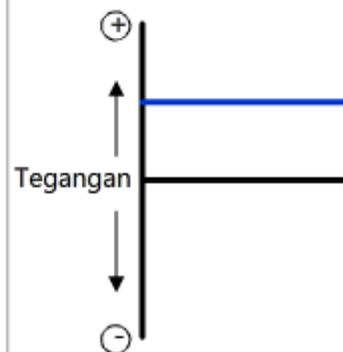
Aliran arus pada satu arah tetap.



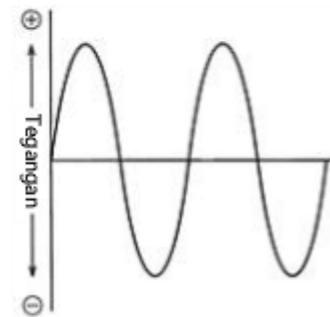
Gb. 1. Aliran arus listrik



Gb. 2. Arah gerakan elektron



Gb. 3. Arus Searah



Gb. 4. Arus bolak-balik gelombang sinus

## 1.3

## Arus langsung dan arus bolak-balik

• **Frekuensi**

Frekuensi adalah jumlah periode yang diulang oleh arus bolak-balik dalam satu detik.

Frekuensi 50 Hz berarti bahwa arus berubah arah alirannya bolak-balik 50 kali per detik seperti yang ditunjukkan dalam gambar di kanan.

• **Nilai Efektif**

Karena tegangan E dari arus bolak-balik berubah terhadap waktu, ada masalah yang timbul yaitu nilai yang secara tepat menunjukkan tegangan 100 volt tidaklah selalu benar.

Biasanya, nilai tersebut dituliskan dengan nilai efektif dari energi yang sama di arus searah.

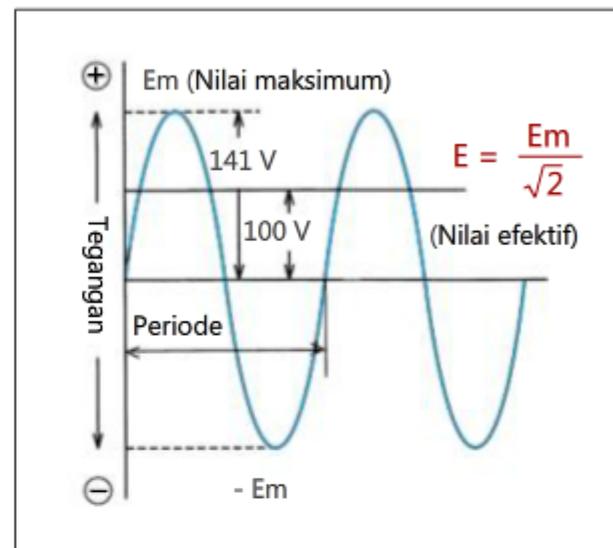
Nilai efektif arus bolak-balik gelombang sinus adalah:

$$E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

di mana E adalah nilai efektif, dan  $E_m$  adalah nilai maksimal.

Umumnya, tegangan 100 volt menunjukkan nilai efektif, dan nilai maksimum  $E_m$  dari arus bolak-balik adalah

$$E_m = 100 \text{ V} \times \sqrt{2} = 100 \text{ V} \times 1.41 = 141 \text{ V}$$

**Note :**

Nilai efektif dari arus bolak-balik dihitung sebagai "akar kuadrat dari rata-rata kuadrat nilai instan dalam 1 periode."

Kita menyebut nilai efektif tersebut "rms" yang diambil dari inisial pertama istilah Root, Mean, dan Square.

Nilai efektif E di atas dapat dihitung dengan rumus berikut, menggunakan nilai instan  $e = E_m \sin \omega t$ .

$$E = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e^2 \cdot dt}$$

## 1.4

## Elemen-elemen dasar sirkuit arus bolak-balik

Dalam sirkuit arus searah, kumparan tidak menghambat aliran arus. Namun, dalam sirkuit arus bolak-balik, selain hambatan murni, dan gulungan, kapasitor bertindak juga sebagai hambatan. Semua jenis hambatan ini disebut sebagai impedansi.

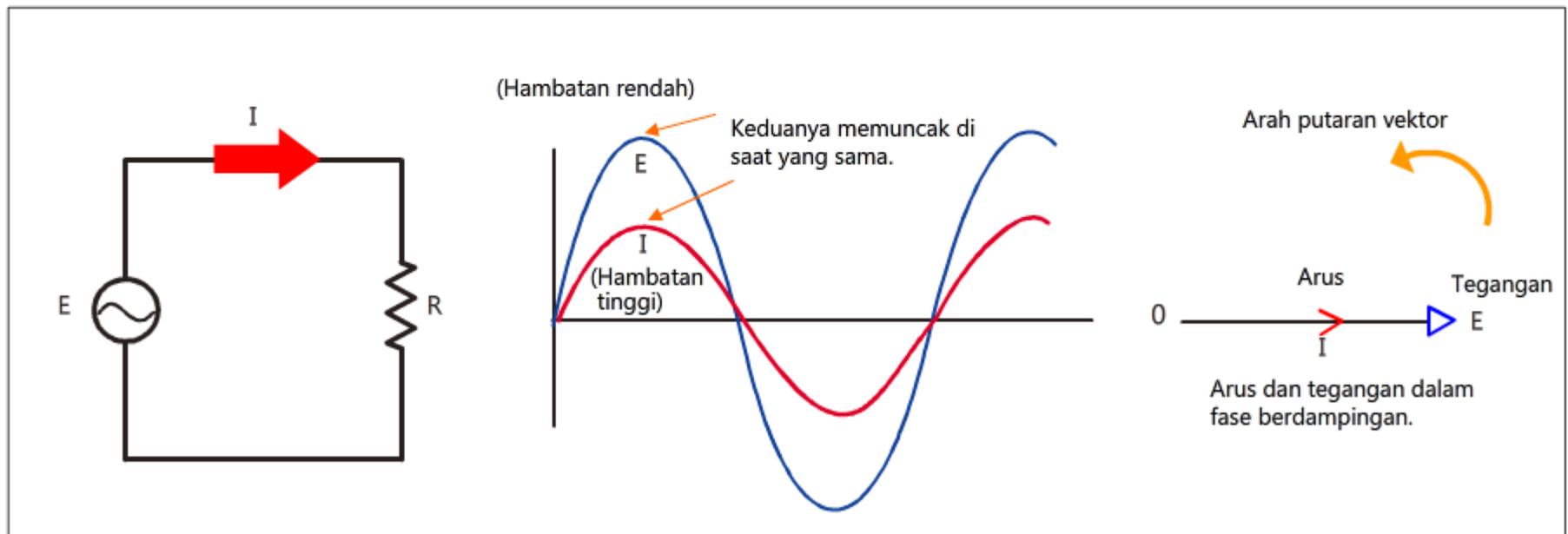
- **Hambatan**

Saat tegangan arus bolak-balik  $E$  diterapkan pada hambatan  $R$  [ $\Omega$ ], arus  $I$  yang mengalir melalui hambatan sirkuit adalah:

$$I = \frac{E}{R}$$

Anda dapat menyamakannya untuk arus searah.

Dalam situasi ini, tegangan dan arus berada dalam fase berdampingan.



# 1.4 Elemen-elemen dasar sirkuit arus bolak-balik

## • Kumparan (Reaktansi induktif)

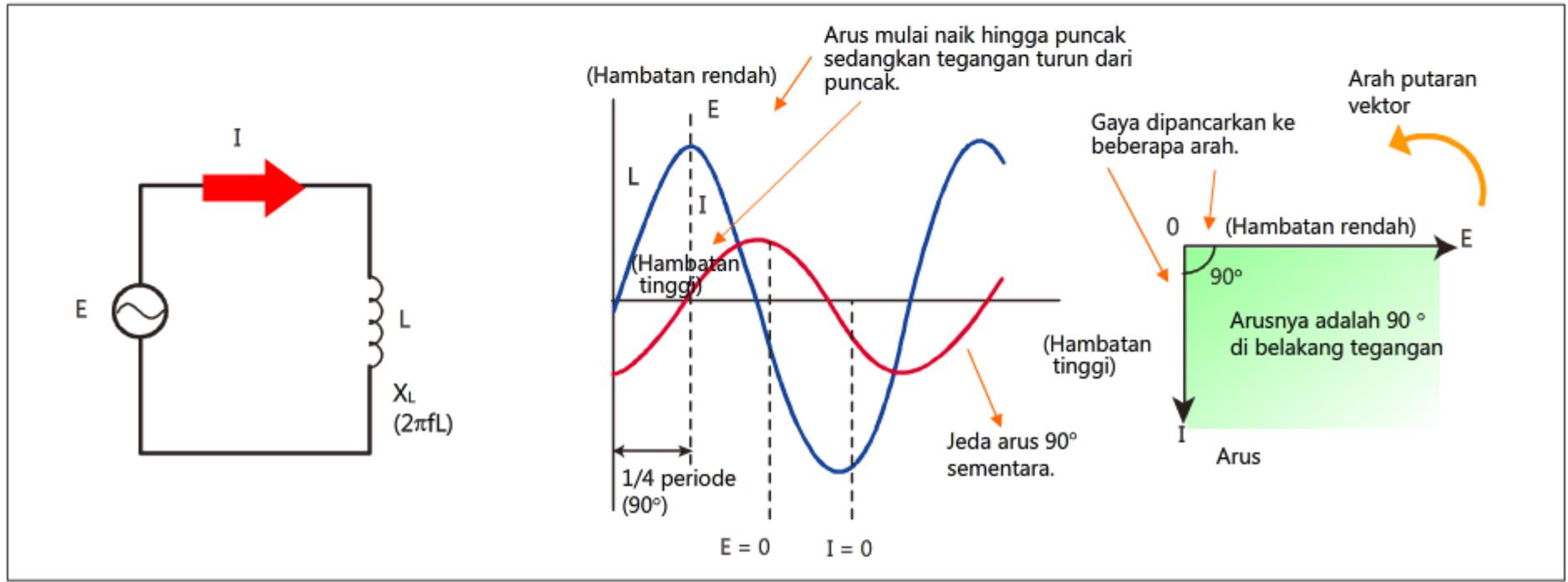
Kumparan bertindak sebagai hambatan terhadap arus bolak-balik. Besar hambatan tersebut ditunjukkan sebagai reaktansi induktif.

$$\text{Reaktansi induktif } X_L = 2\pi fL = \omega L [\Omega]$$

di mana  $\pi$  : Kecepatan angular,  $f$ : Frekuensi,  $L$ : Induksi mandiri.

Arus  $I$  yang mengalir dalam sirkuit adalah 
$$I = \frac{E}{X_L}$$

Maka, hukum Ohm terpenuhi.  
Arusnya adalah  $90^\circ$  belakang tegangan.



# 1.4 Elemen-elemen dasar sirkuit arus bolak-balik

## • Kapasitor (Reaktansi kapasitatif)

Ketika tegangan arus bolak-balik diterapkan pada kapasitor C, arus pengisian dan arus keluar mengalir seperti ditunjukkan dalam diagram.

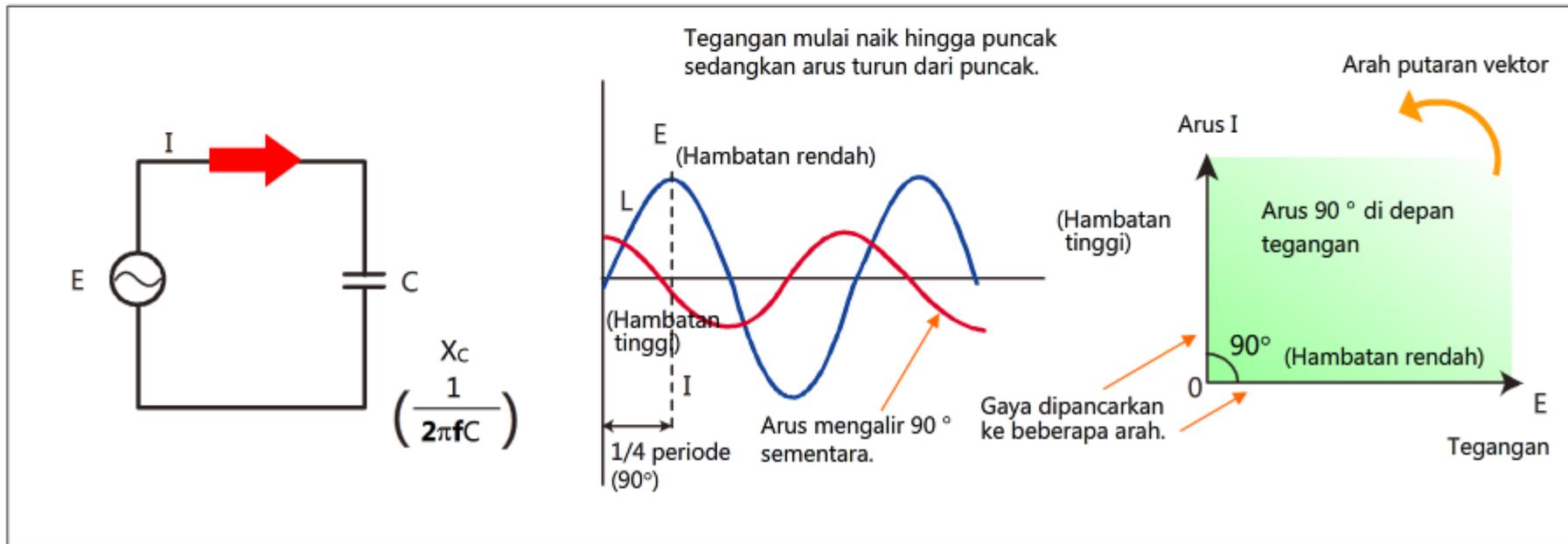
Dan dalam situasi ini, arus tersebut bertindak sebagai hambatan terhadap arus bolak-balik. Ini disebut sebagai reaktansi kapasitatif.

$$\text{Reaktansi kapasitatif } X_c = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{1}{\omega C} \text{ } [\Omega]$$

di mana  $\omega$  : Kecepatan angular, f: Frekuensi, C: Kapasitansi  
 Arus I yang mengalir dalam sirkuit adalah

$$I = \frac{E}{X_c}$$

Maka, hukum Ohm terpenuhi.  
 Arus mengalir 90° di depan tegangan.



- **Impedansi (Kombinasi hambatan dan reaktansi)**

Dalam sirkuit arus bolak-balik, kombinasi hambatan murni dan reaktansi yang bertindak sebagai hambatan seperti kumparan dan kapasitor ditangani sebagai impedansi.

Satuan pengukurannya adalah ohm ( $\Omega$ ), sama seperti hambatan.

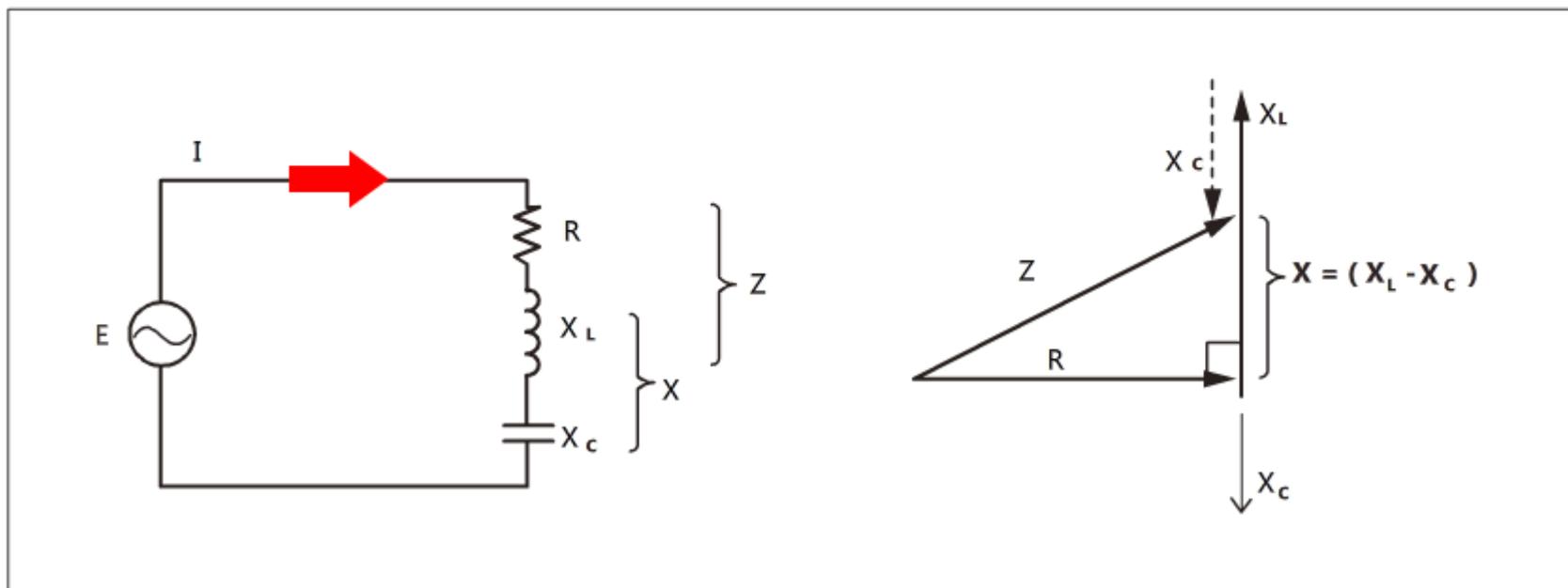
Karena arah vektor berbeda saat menggabungkan hambatan dan reaktansi, daripada sekedar menggunakan penjumlahan, kita perlu menggunakan jumlah vektor, seperti dalam rumus berikut ini.

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$$

$$X = (X_L - X_C)$$

$$I = \frac{E}{Z}$$

di mana Z: Impedansi ( $\Omega$ ), R: Hambatan ( $\Omega$ ), X: Reaktansi ( $\Omega$ ).



### • Daya Listrik

Saat air dialirkan ke kincir air, daya akan memutar roda (tekanan air) x (arus air).

Daya listrik yang sama dengan daya air ini dinamakan daya listrik. Banyaknya daya listrik adalah (tegangan listrik) x (arus listrik), dan satuan untuk mengukurnya adalah [W].

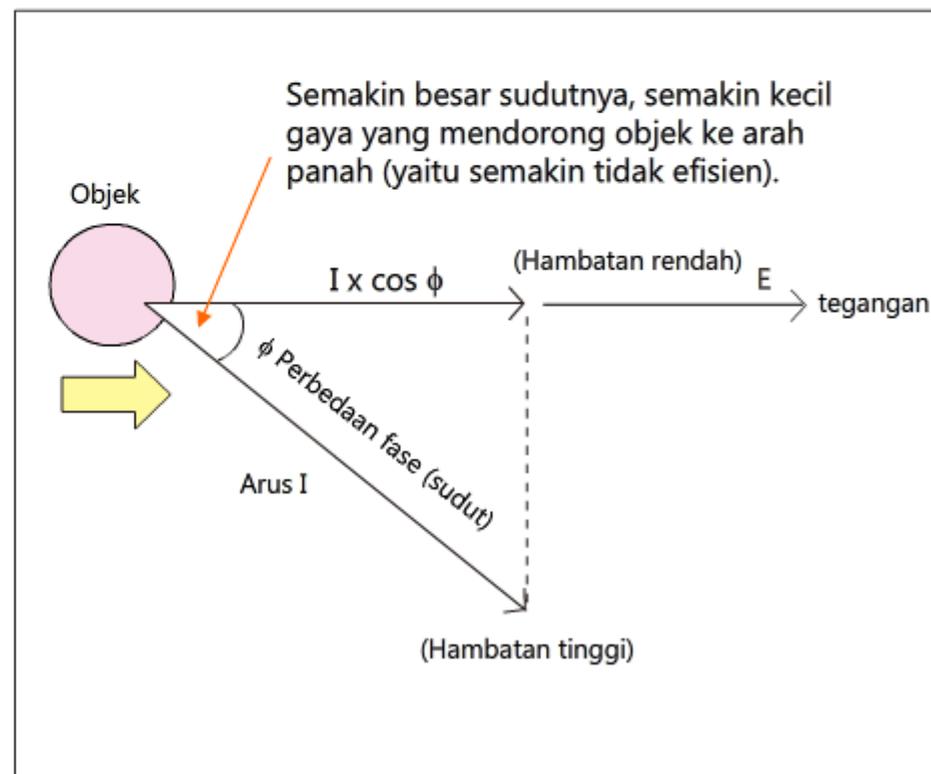
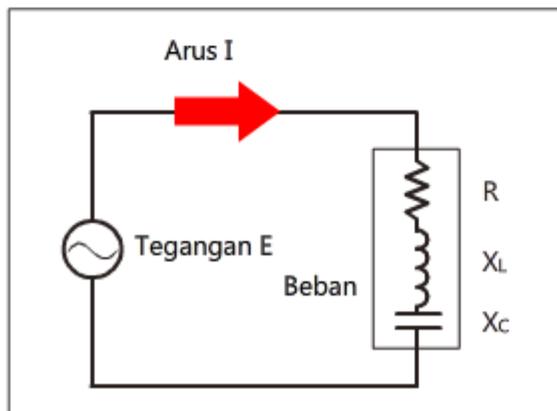
Dengan kata lain,

$$\text{Daya Listrik} = \text{Tegangan} \times \text{Arus}$$

### • Faktor Daya

Dalam sirkuit arus bolak-balik, karena kumparan dan kapasitor, gaya dari tegangan dan arus bekerja ke arah yang berbeda. Saat membicarakan tentang listrik, sudut ini dinamakan perbedaan fase.

Saat perbedaan cosinus fase tersebut (sudutnya), dengan kata lain perbedaan fase, adalah  $\phi$ , maka  $\cos \phi$  dianggap sebagai faktor daya. Jika faktor daya ini rendah (jika perbedaan arah antara tegangan dan arus menjadi lebih besar), semakin kecil gaya yang dihasilkan bahkan dari voltase dan arus yang sama.



## 1.6

## Daya listrik dan energi listrik di sirkuit fase tunggal

Tegangan 100 V yang biasa digunakan di rumah-rumah biasanya adalah fase tunggal. Secara prinsip, ada dua kabel listrik yang keluar dari satu daya fase tunggal. Mengenai daya listrik di sirkuit arus bolak-balik fase tunggal, karena waktu saat gaya terkuat dihasilkan berbeda antara tegangan dan arus, daripada hanya mengalikan tegangan dengan arus, kita menggunakan rumus berikut ini.

Daya listrik arus bolak-balik fase tunggal = Tegangan x Arus x Faktor daya

$$P1 = E \times I \times \cos \phi \text{ [W]}$$

$$P0 = E \times I \text{ [VA]}$$

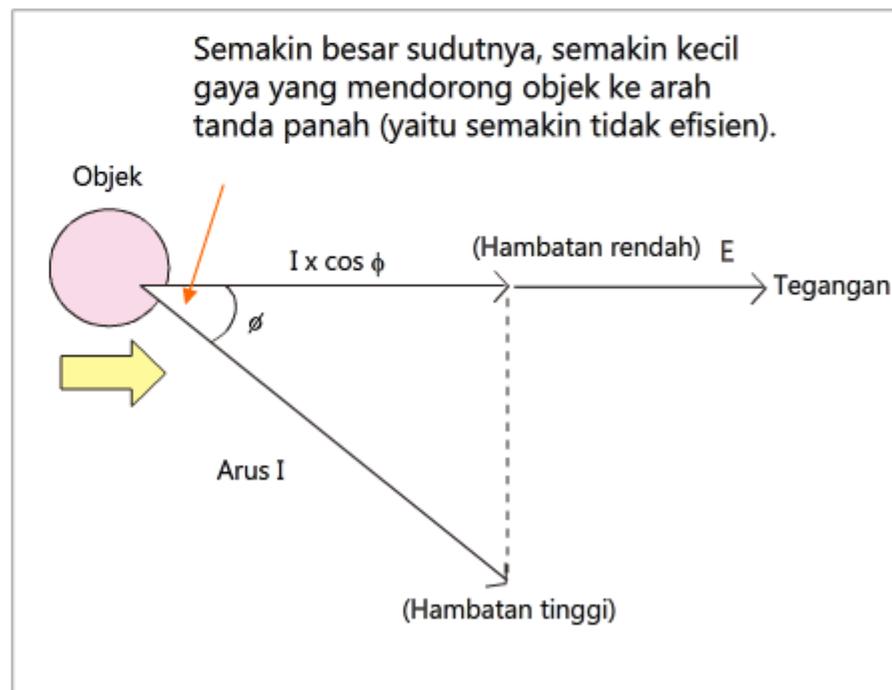
di mana P1: Daya efektif [W], P0: Daya sebenarnya [VA],  $\cos \phi$ : Faktor daya.

Dengan mengalikan waktu, kita akan mendapatkan energi listrik.

Energi listrik arus bolak-balik fase tunggal = Daya x Waktu

$$Ph = P1 \times t = E \times I \times \cos \phi \times t \text{ [Wh]}$$

di mana Ph: Energi listrik [Wh], T: waktu [h].



# 1.7 Daya listrik dan energi listrik dalam sirkuit arus bolak-balik tiga-fase

Motor digunakan untuk memberikan gaya dorong yang secara umum terdiri dari tiga fase. Tiga fase pada prinsipnya menggunakan tiga kawat listrik, meskipun terkadang ada juga yang menggunakan empat, yang mana dinamakan sistem tiga fase empat kawat.

Seperti pada Gambar 1, arus bolak-balik tiga fase memiliki tiga gelombang yaitu **u, v, dan w** di satu catu daya. Gelombang ini memiliki offset 1/3 suatu siklus.

Jika digunakan sebagai catu daya untuk motor seperti pada Gambar 2, arus listrik

**Iu, Iv, and Iw**

akan mengalir melalui ketiga kawat timbal. Setiap nilai instan memiliki bentuk gelombang seperti pada Gambar 1, dan jumlah nilai instannya di beragam titik yang berubah-ubah tetaplah nol.

Daya listrik sirkuit tiga fase ini didapatkan dari rumus di bawah ini.

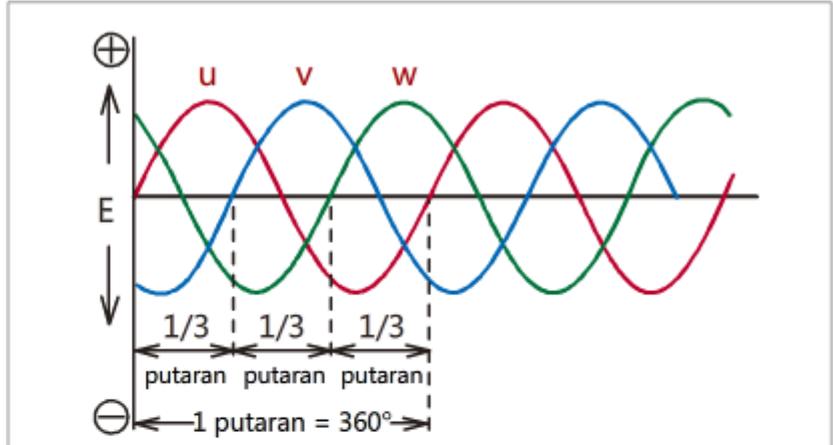
Daya listrik arus bolak-balik tiga fase  
 $= \sqrt{3} \times \text{Tegangan jalur} \times \text{Arus jalur} \times \text{Faktor daya}$   
 $P3 = \sqrt{3} \times E \times I \times \cos \phi \quad [W]$   
 $P03 = \sqrt{3} \times E \times I \quad [VA]$

di mana P3: Daya efektif [W], P03: Daya sebenarnya [VA],  
 $\cos \phi$ : Faktor daya.

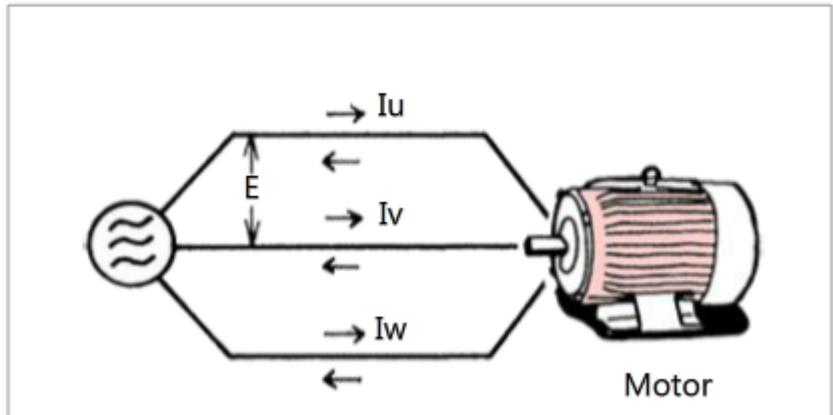
Dengan mengalikan waktu, kita akan mendapatkan energi listrik.  
 Daya listrik arus bolak-balik tiga fase = Daya x Waktu

$Ph = P3 \times t = \sqrt{3} \times E \times I \times \cos \phi \times t \quad [Wh]$

di mana Ph: Energi listrik [Wh], t: Waktu [h].



Gb. 1 Bentuk gelombang tegangan



Gb. 2 Sirkuit motor

Di dalam bab ini, Anda telah mempelajari poin-poin berikut ini.

- **Apa itu listrik** – Tegangan, arus, dan hambatan

- **Hukum Ohm**

Arus  $I$  mengalir saat tegangan  $E$  diberikan ke hambatan  $R$ . Ukuran arus seperti ini sebanding dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan hambatan.

Ini dapat ditulis dalam salah satu formula berikut:  $I = \frac{E}{R}$  [A] atau  $E = I \times R$  [V]

- **Dasar-dasar sirkuit bolak-balik**

Hambatan, kumparan, kapasitor, dan impedansi

- **Apa itu listrik dan faktor listrik**

Daya = Tegangan x Arus

Faktor daya:  $\cos \phi$

- **Daya listrik dan energi listrik di sirkuit fase tunggal**

Daya efektif  $P_1 = E \times I \times \cos \phi$  [W]

Energi listrik  $Ph = P_1 \times t = E \times I \times \cos \phi \times t$  [Wh]

- **Daya listrik dan energi listrik dalam sirkuit arus bolak-balik tiga-fase**

Daya efektif  $P_3 = \sqrt{3} \times E \times I \times \cos \phi$  [W]

Energi listrik  $Ph = P_3 \times t = \sqrt{3} \times E \times I \times \cos \phi \times t$  [Wh]

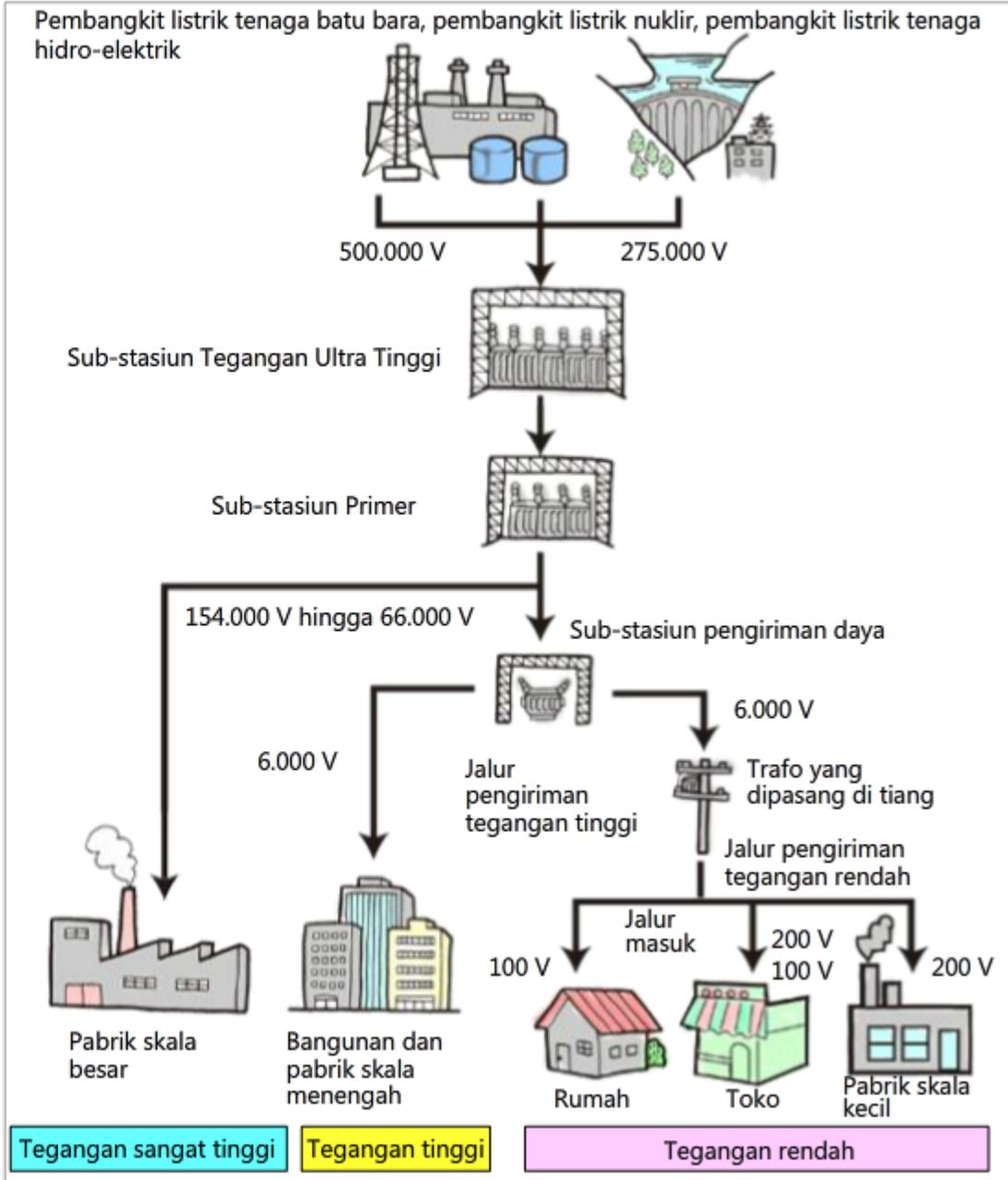
## Bab 2 Dari pembangkit listrik ke konsumen

Listrik diproduksi dari pembangkit listrik tenaga batu bara, pembangkit listrik tenaga nuklir dan pembangkit listrik tenaga hidro-elektrik dikirim ke pabrik dan perumahan melalui beragam proses.

Listrik yang digunakan di pabrik dan perumahan dengan tegangan 100 V atau 200 V, sementara listrik yang dikirim dari sub-stasiun trafo di luar kota via jalur distribusi listrik ke tiang telepon (trafo yang dipasang di tiang) memiliki tegangan yang lebih tinggi yaitu 6600 V. Jika kita melihat jauh ke atas, jalur pengiriman listrik yang menghubungkan pembangkit listrik ke sub-stasiun mengirimkan listrik dengan tegangan yang sangat amat besar yaitu 60 kV, 275 kV, dan bahkan sebesar 500 kV. Tegangan tinggi ini digunakan untuk memperkecil kehilangan daya listrik selama pengiriman.

Kehilangan daya listrik (jumlah panas yang dilepaskan oleh hambatan listrik) sebanding dengan arus kuadrat. Maka dari itu, arus dapat dikurangi dengan menaikkan tegangan, yang kemudian dapat mengirimkan listrik secara efisien melalui kabel dengan diameter terbatas, sembari mengirimkan listrik (daya listrik) melalui kabel tersebut yang setara dengan tegangan yang digunakan.

Bab ini menjabarkan tentang bagaimana listrik yang dikirim dari sub-stasiun distribusi daya diubah sehingga dapat digunakan pada tegangan 100 V atau 200 V di pabrik dan perumahan, juga bagaimana cara membuatnya aman digunakan.



## 2.1 Klasifikasi tegangan dan tegangan standar (tegangan nominal)

Tegangan dibagi ke dalam tiga kelas; tegangan rendah, tegangan tinggi, dan tegangan sangat tinggi seperti di bawah ini.

- Tegangan rendah: Arus langsung 750 V atau kurang, atau arus bolak-balik 600 V atau kurang
- Tegangan tinggi: Arus langsung 750 V atau lebih, atau arus bolak-balik 600 V atau lebih, keduanya maks 7.000 V atau kurang.
- Tegangan sangat tinggi: Tegangan 7.000 V atau lebih.

Tegangan standar (tegangan nominal) jalur pengiriman daya listrik ditetapkan dalam JEC 0222 sebagai berikut.

Bagan A. Tegangan standar jalur listrik 1.000 V atau lebih

Tegangan nominal [V]	
3.300	110.000
6.600	154.000
11.000	187.000
22.000	220.000
33.000	275.000
66.000	500.000
77.000	

Bagan B. Tegangan standar jalur listrik 1.000 V atau kurang

Tegangan nominal [V]	
100	230/400
200	400
100/200	

**Catatan:** Perwakilan tegangan jalur di jalur listrik dinamakan tegangan nominal.

Jika konsumen menerima supply listrik, jumlah daya akan tergolong sebagai tegangan rendah, tegangan tinggi, atau tegangan sangat tinggi tergantung pada jumlahnya (watt), peralatan yang diperlukan dan administrasinya yang berbeda di tiap kelas seperti tabel di bawah ini.

Jumlah Daya	Listrik yang Diterima	Metode Administrasi
Kurang dari 50 kW	Tegangan rendah (biasanya 200 V)	Peralatan listrik penggunaan umum (Perusahaan listrik)
50 kW atau lebih dan kurang dari 2.000 kW	Tegangan tinggi (tingkat 6 kV)	Peralatan listrik penggunaan pribadi (Dapat disubkontrak ke perusahaan)
2.000 kW atau lebih	Tegangan sangat tinggi (termasuk beberapa tegangan tinggi)	Peralatan listrik penggunaan pribadi (Kepala Insinyur)

#### • Tegangan rendah

Tegangan kurang dari 50 kW tergolong sebagai tegangan rendah. Trafo yang dipasang di tiang digunakan untuk menurunkan tegangan 6,6 kV menjadi 200 V tiga fase atau 100 V/200 V satu fase tiga kawat. Administrasi ditangani oleh perusahaan listrik.

#### • Tegangan tinggi

Tegangan 50 kW atau lebih dan kurang dari 2.000 kW tergolong sebagai tegangan tinggi. Peralatan listrik pribadi dipasang dan kepala insinyur mengelolanya. Dalam kasus ini, kepala insinyur dapat disewa dari luar. Tegangan ini adalah target pembelajaran ini

#### • Tegangan sangat tinggi

Tegangan 2.000 kW atau lebih tergolong sebagai tegangan sangat tinggi. Peralatan listrik pribadi dipasang dan kepala insinyur mengelolanya. Mohon diingat bahwa kepala teknisi harus dipilih di antara karyawan konsumen.

Alat penerima tegangan tinggi diperlukan untuk menerima pasokan listrik tegangan tinggi dari perusahaan listrik. Listrik tegangan tinggi dapat diterima dengan cara berikut ini:

- Memasang trafo penerima listrik di luar ruangan dan memasang panel sakelar di dalam ruangan
- Memasang trafo penerima listrik dan panel sakelar di dalam ruangan
- Menyimpan trafo penerima listrik dan panel sakelar berada di dalam panel

Alat penerima listrik tegangan tinggi jenis panel adalah alat yang menyimpan seperangkat alat penerima untuk tegangan tinggi yang masuk dalam wadah logam. Alat ini juga disebut panel.

Ada kecenderungan baru untuk menggunakan "alat penerima listrik tegangan tinggi jenis panel" untuk alat penerima listrik kapasitas kecil hingga sedang karena kelebihanannya berikut ini:

- Memerlukan sedikit ruang
- Tidak ada batasan pada lokasi peralatan
- Sangat andal karena pemasangan peralatan dan pemeliharaan yang mudah

Alat penerima listrik tegangan tinggi jenis bilik sebagaimana ditentukan oleh JIS C4620 digunakan untuk **sirkuit yang memiliki tegangan nominal 6,6 kV dan kapasitas sistem arus pendek 12,5 kA, dan berlaku untuk alat penerima yang memiliki kapasitas penerimaan 4.000 kVA atau kurang.**

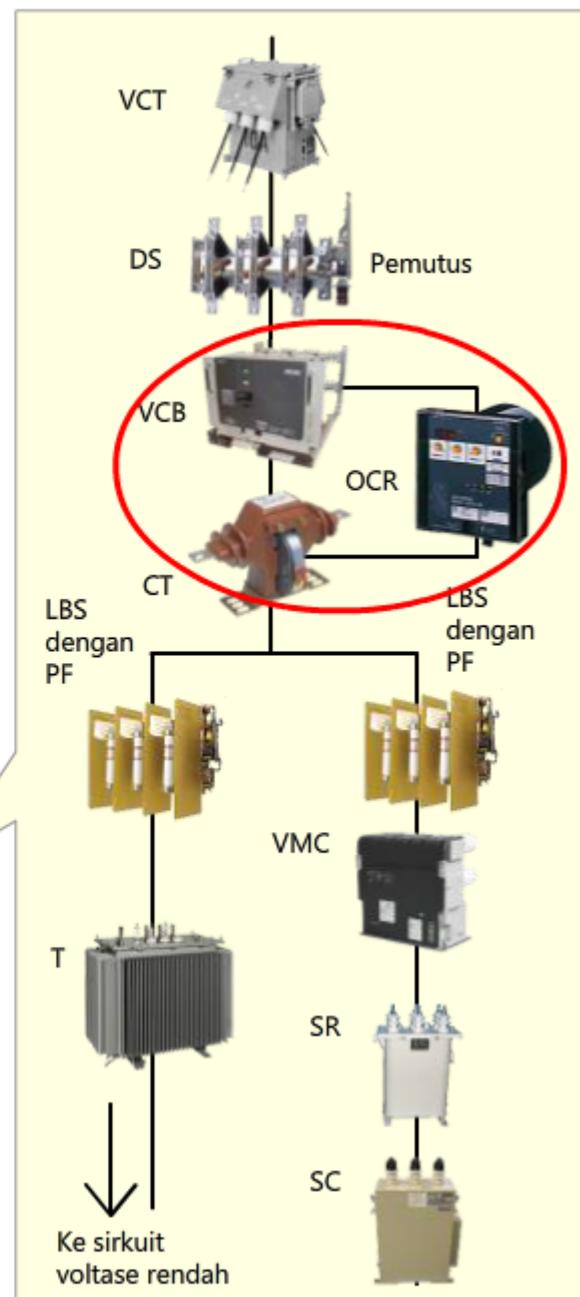
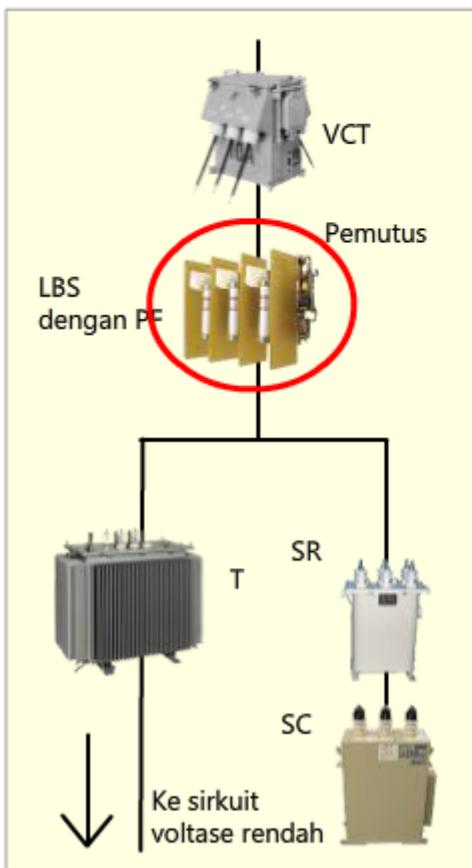


Alat penerima listrik tegangan tinggi jenis panel

## 2.3 Alat penerima listrik tegangan tinggi jenis Panel

Alat penerima listrik tegangan tinggi jenis bilik dibagi ke dalam kelas berikut ini berdasarkan jenis alat pemutusnya. Jenis bilik ditentukan dalam JIS C4620.

Jenis	Pemutus	Kapasitas Penerimaan
Jenis CB	Sekering sirkuit (CB)	4.000 kVA atau kurang
Jenis PF-S	Sekering listrik yang dilengkapi sakelar pemutus beban (LBS dengan PF)	300 kVA atau kurang

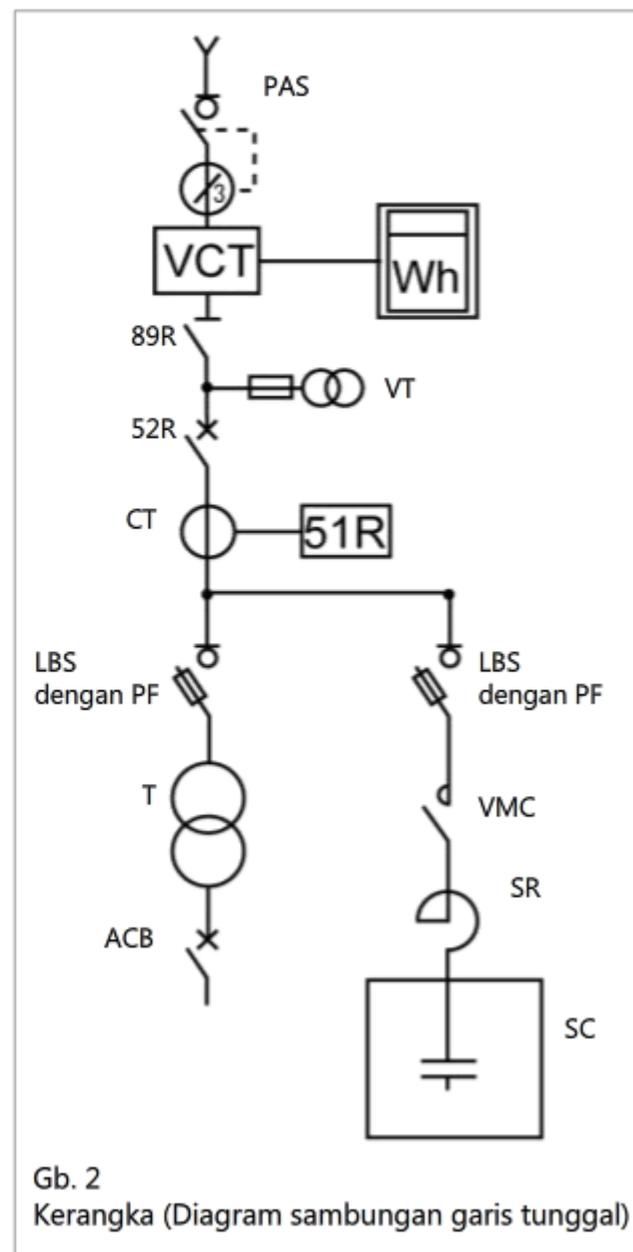
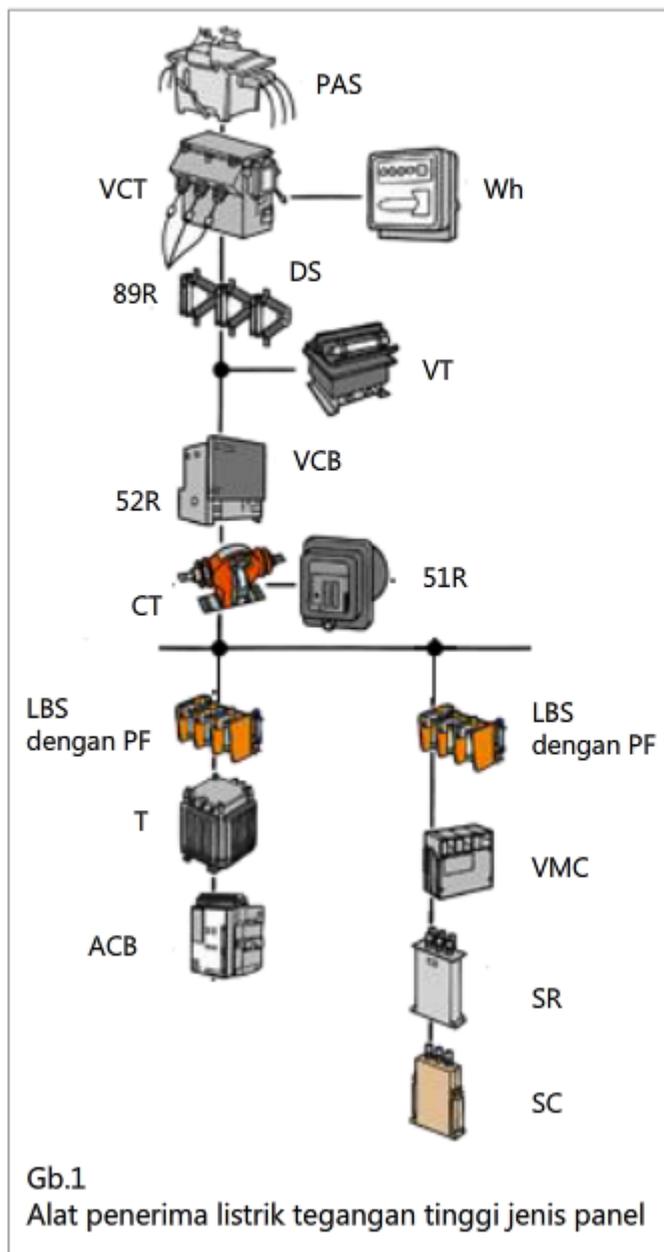


## 2.4

## Kerangka

Kerangka adalah jenis diagram garis tunggal yang menunjukkan diagram sirkuit listrik. Sirkuit listrik pada alat penerima konsumen digambarkan dengan simbol yang digunakan untuk menunjukkan perangkat seperti sekering, isolator, trafo, alat ukur, relai proteksi. Gambar ini menggunakan diagram garis untuk menunjukkan bagaimana setiap perangkat terhubung.

Contohnya, peralatan tegangan tinggi jenis CB pada Gambar 1 ditunjukkan dalam simbol pada Gambar 2.



Dalam kerangka, setiap perangkat ditunjukkan menggunakan Simbol, Kode Peralatan, dan Kode Karakter.

- **Simbol**

Juga disebut simbol. Perangkat listrik ditunjukkan sebagai diagram.

- **Kode Peralatan**

Perangkat listrik ditunjukkan sebagai nomor.

- **Kode Karakter**

Perangkat disingkat dan ditunjukkan sebagai simbol. Banyak di antaranya berasal dari huruf pertama dari nama Bahasa Inggris.

Foto Tampak Luar	Sketsa	Nama	Simbol	Kode Perlengkapan	Kode Karakter	Nama Dalam Inggris
		Penggunaan trafo luar ruangan		—	PAS	Pole Air-Break Switch, atau Pole-Mounted Air Switch
		Pemutus		89	DS	Disconnecting Switch, atau Disconnecter
		Pemutus Sirkuit Vakum		52	VCB	Vacuum Circuit Breaker
		Relai Arus lebih		51	OCR	Over Current Relay

**Catatan:** Foto tampak luar produk Mitsubishi Electric dan diagram sketsa telah disiapkan untuk pelatihan ini.

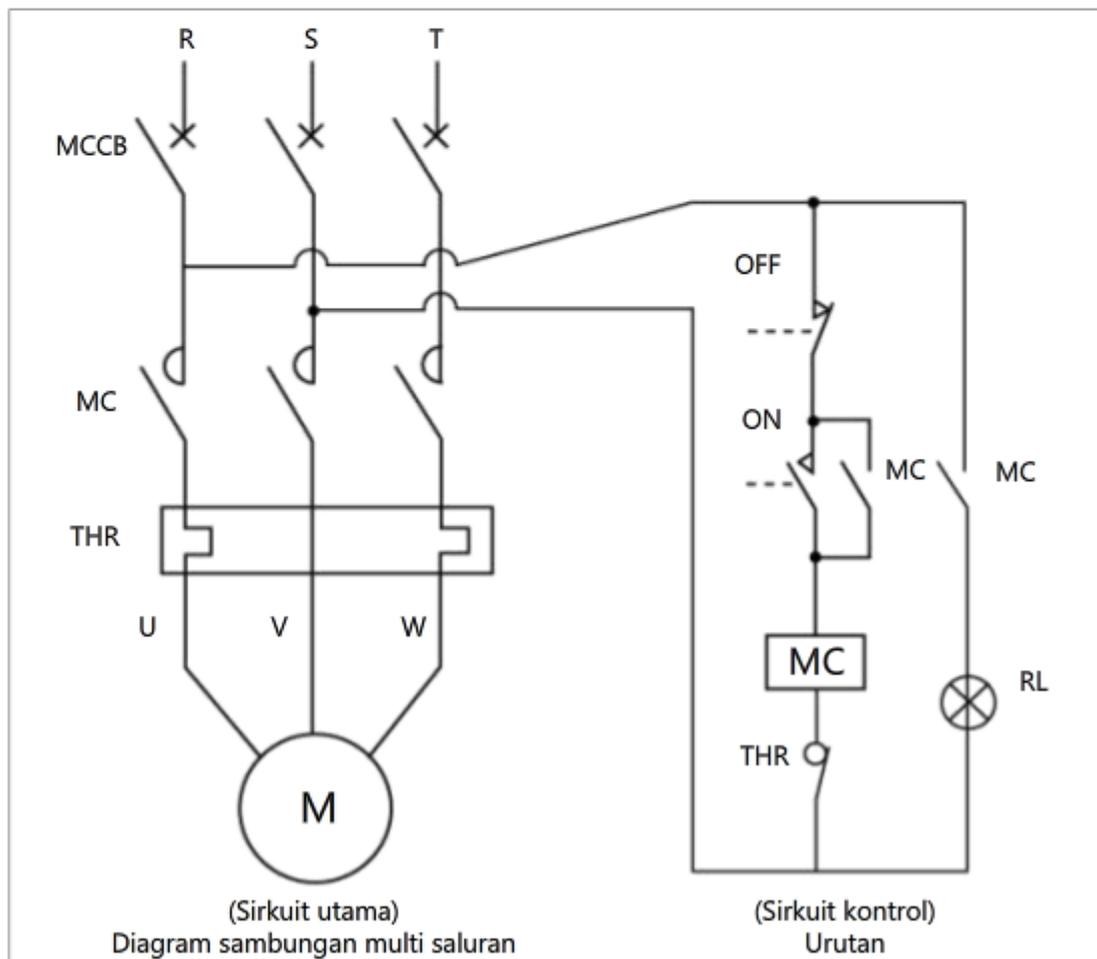
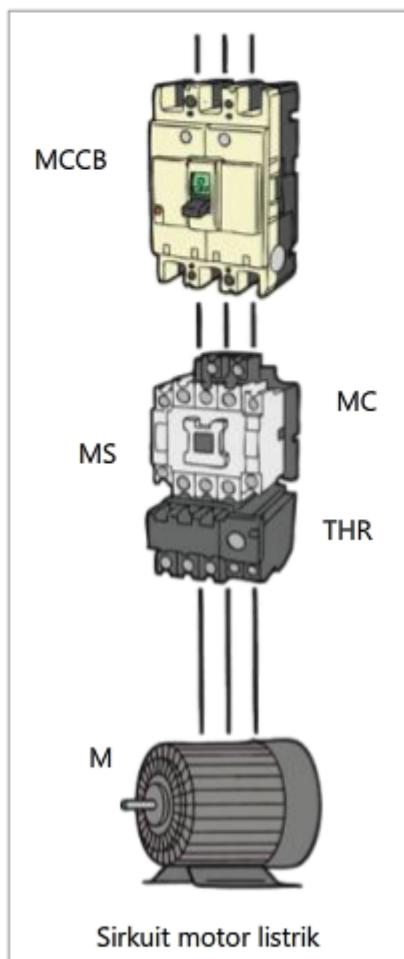
## 2.6

## Urutan

Salah satu jenis diagram elektro adalah diagram sambungan pelepasan, yang akan kami jelaskan di sini.

Diagram sambungan pelepasan disebut juga urutan, dan digunakan untuk menunjukkan perlengkapan dan kontrol distribusi daya sirkuit kontrol switch elektromagnetik, dan sebagainya.

Secara berurutan, Simbol dan Kode Karakter digunakan untuk menunjukkan berbagai jenis perangkat listrik dan komponennya seperti kontak, coil, hambatan, dan sekering. Selain itu, Anda harus memahami bahwa urutan di sini adalah diagram sambungan yang digambar sekedar untuk menunjukkan sambungan listrik menurut urutan pengoperasian, dan tidak ada kaitannya dengan posisi sebenarnya dari komponen.



Di dalam bab ini, Anda telah mempelajari poin-poin berikut ini.

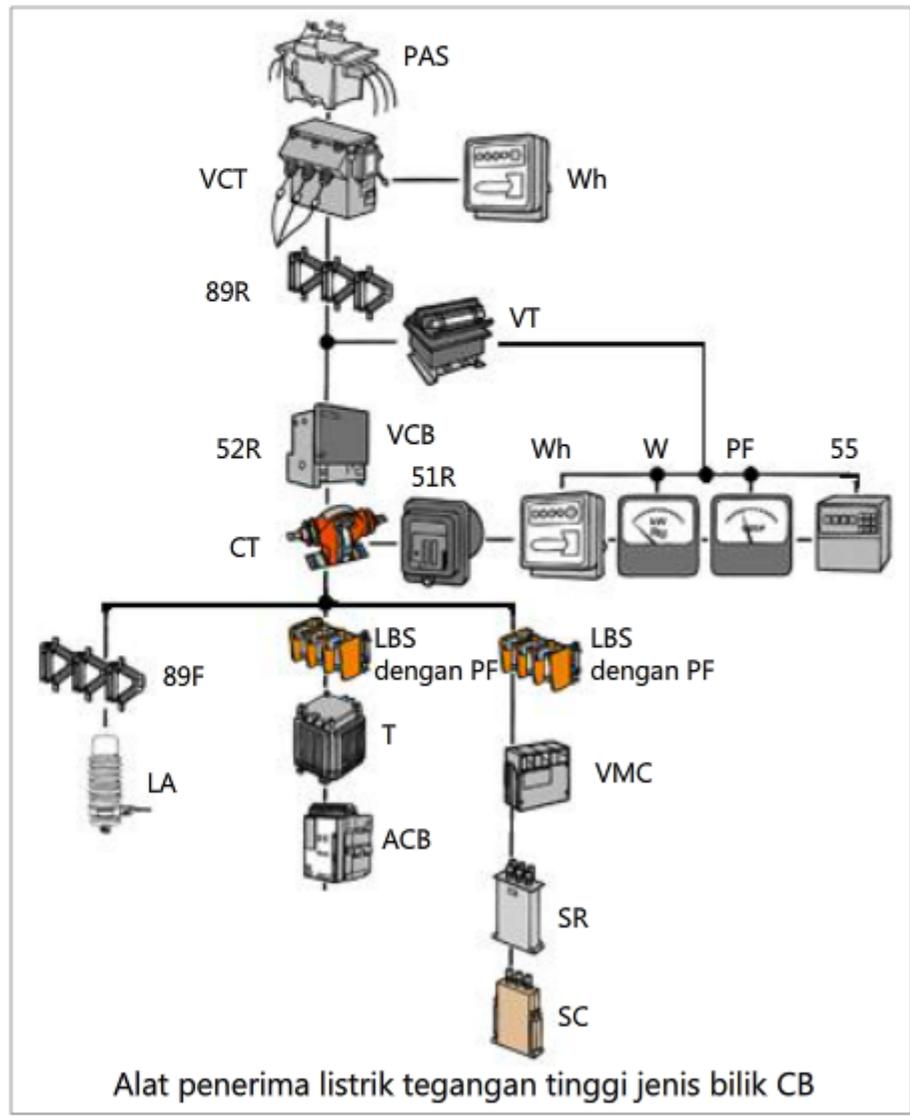
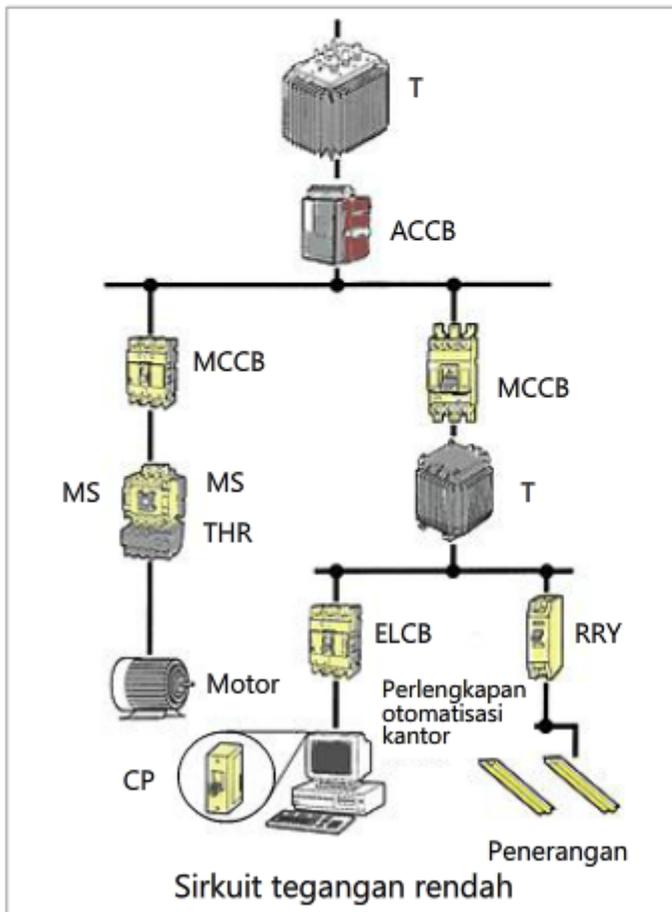
- Listrik yang digunakan di pabrik-pabrik dan rumah dikirim dari pembangkit listrik dengan tegangan yang sangat tinggi seperti 60 kV, 275 kV, dan 500 kV.
- Listrik yang dipasok ke konsumen digolongkan menurut jumlah daya (watt) ke dalam tiga kelas tegangan rendah, tegangan tinggi, dan tegangan sangat tinggi, dan peralatan yang diperlukan serta administrasinya berbeda di setiap kelas.
- Saat listrik dipasok dari perusahaan listrik dalam tegangan tinggi, maka diperlukan alat penerima listrik tegangan tinggi. Baru-baru ini, ada kecenderungan untuk menggunakan alat penerima listrik tegangan tinggi jenis panel.
- Alat penerima listrik tegangan tinggi jenis panel dibagi ke dalam kelas jenis CB (4.000 kVA atau kurang) dan jenis PF-S (300 kVA atau kurang) berdasarkan pada jenis alat pemutusannya.
- Kerangka adalah jenis gambar garis tunggal yang menunjukkan diagram listrik. Sirkuit listrik dari alat penerima konsumen digambarkan dengan simbol yang digunakan untuk menunjukkan peralatannya seperti sekering, isolator, trafo, alat ukur, relai pelindung. Jenis gambar ini menggunakan garis tunggal untuk menunjukkan bagaimana setiap perangkat terhubung.
- Dalam kerangka, setiap perangkat ditunjukkan menggunakan Simbol, Kode Perlengkapan, dan Kode Karakter.
- Salah satu jenis diagram sirkuit listrik adalah diagram sambungan penyebaran, juga dikenal sebagai urutan, yang digunakan untuk menunjukkan sirkuit kontrol dari sakelar elektromagnetik distribusi listrik dan peralatan kontrol, dan sebagainya.
- Secara berurutan, Simbol dan Kode Karakter digunakan untuk menunjukkan berbagai perangkat listrik dan komponennya seperti kontak, kumparan, hambatan, dan sekering. Selain itu, Anda harus memahami bahwa urutan adalah diagram sambungan yang dibuat hanya untuk menunjukkan sambungan listrik sesuai dengan urutan pengoperasian, dan tidak ada hubungannya dengan posisi komponen yang sebenarnya.

# Bab 3 Pelengkapan distribusi dan kontrol daya

Peralatan distribusi listrik dan kontrol adalah alat penerima tegangan tinggi, serta perangkat untuk sirkuit tegangan rendah seperti sekering tegangan rendah dan sakelar elektromagnetik.

Dalam bab ini, kita membagi peralatan distribusi listrik dan peralatan kontrol ke dalam empat kategori berikut dan menjelaskannya secara terpisah.

- (1) Peralatan tegangan tinggi
- (2) Alat ukur
- (3) Breaker tegangan rendah
- (4) Sakelar elektromagnetik



# 3.1 Peralatan tegangan tinggi

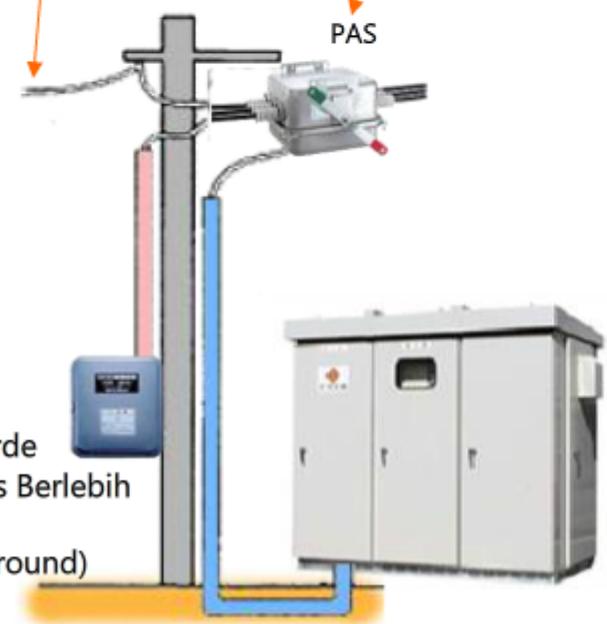
Di sini kita akan membahas peralatan distribusi listrik dan perangkat kontrol yang digunakan dalam alat penerima listrik tegangan tinggi.

Saluran transmisi dari perusahaan listrik

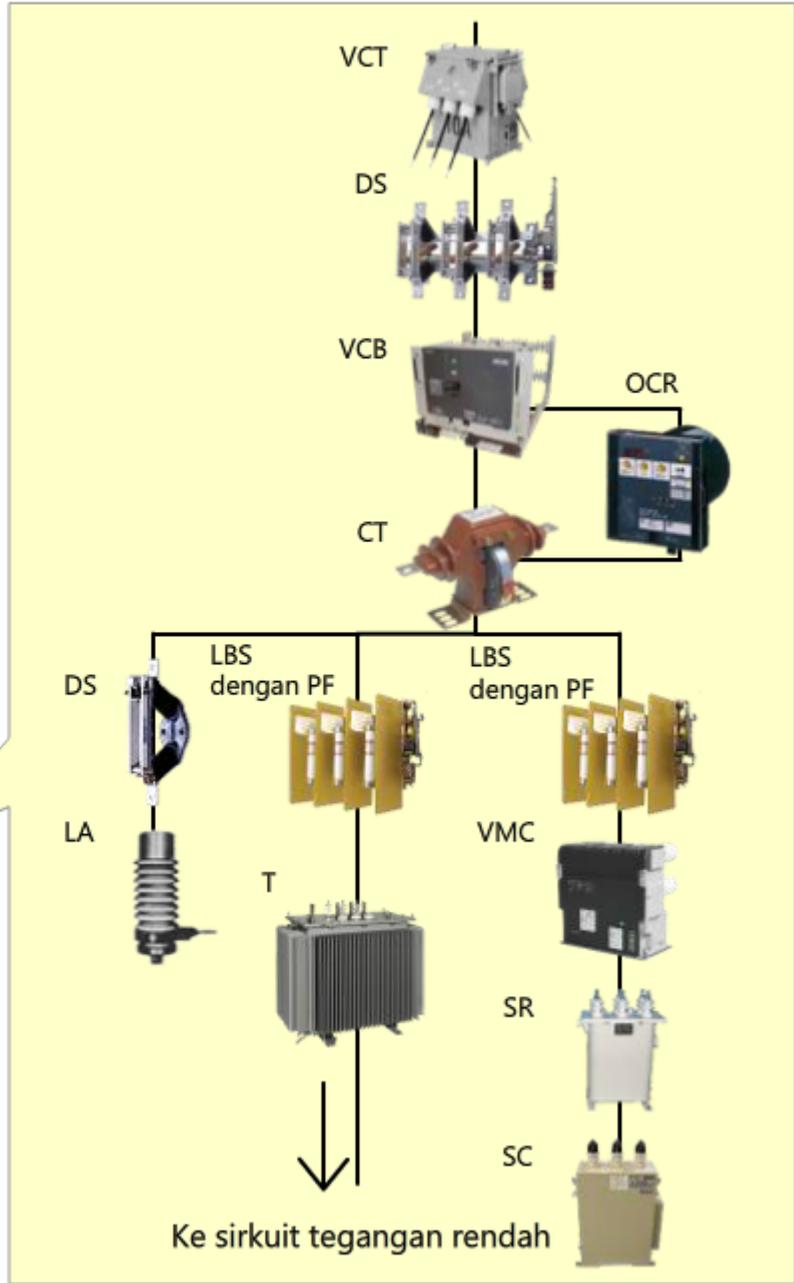
Sakelar zona pada titik yang membatasi pemisahan tanggung jawab keselamatan. Mencegah kecelakaan dari kelebihan arus dan melindungi dari kerusakan arde.

PAS

Alat kontrol Arde  
 Simpanan Arus Berlebih  
 SOG (Storage  
 Overcurrent Ground)



Alat penerima listrik tegangan tinggi jenis panel CB



Berikut adalah jenis peralatan tegangan tinggi yang digunakan dalam alat penerima listrik tegangan tinggi jenis panel/cubicle.

### (1) Sakelar Udara Dipasang di Tiang (PAS)

Juga disebut Sakelar Pemutus Udara Tiang. Perangkat ini diletakkan di batas pemisah antara sisi perusahaan listrik dan konsumen, yang disebut titik pemisahan tanggung jawab. Jika terjadi kecelakaan di area tanggung jawab konsumen, perangkat secara otomatis akan memutus sirkuit berdasarkan sinyal dari alat kontrol Arde Simpanan Arus Berlebih SOG (Storage Overcurrent Ground), yang memutus sirkuit dari saluran transmisi perusahaan listrik untuk menghindari kecelakaan arus lebih di jaringan listrik lainnya. Juga disebut zona pemutus.

### (2) Gabungan Trafo Tegangan & Trafo Arus (VCT)

Meliputi instrumen trafo tegangan (VT) dan trafo arus (CT). VCT adalah milik perusahaan listrik, namun dipasang di dalam panel. VCT mengukur jumlah pemakaian listrik, dan digunakan untuk menghitung biaya penggunaan listrik.

### (3) Sakelar Pemutus/Disconnecting Switch (DS)

Disebut juga sebagai pemutus. Perangkat ini digunakan untuk mematikan semua aliran listrik di area konsumen untuk tujuan perawatan/pemeliharaan peralatan listrik di zona tersebut.



Sakelar Udara Dipasang di Tiang

Tali terhubung ke tuas ini sehingga dapat dioperasikan dari bagian bawah tiang telepon.



Alat kontrol Arde Simpanan Arus Berlebih SOG (Storage Overcurrent Ground)



Gabungan Trafo Tegangan & Arus



Sakelar Pemutus tiang tunggal



Sakelar Pemutus tiga tiang

## 3.1

## Peralatan tegangan tinggi

**(4) Trafo Arus (CT)**

Trafo arus akan mengubah arus primer dari beberapa ampere hingga beberapa ratus ampere menjadi tingkat input 5 A yang digunakan oleh relai pelindung dan alat ukur.

Dalam pemasangan jenis-CB, trafo arus digunakan sebagai sensor arus, dan jika terjadi kerusakan, relai pelindung akan mengetahui ketidaknormalan arus dan mengirim sinyal trip ke vakum CB untuk memutus sirkuit.

**(5) Relai Arus Berlebih/Over Current Relay (OCR)**

Perangkat relai arus berlebih memutuskan apakah terjadi kerusakan atau tidak berdasarkan arus dari trafo arus, dan jika telah terjadi kerusakan, perangkat ini akan mengirim sinyal korsleting ke sekering vakum, yang akan memutus sambungan untuk melindungi rangkaian.

Relai selain OCR meliputi relai under voltage (UVR), relai ground (GR), relai directional ground (DGR), dan sebagainya.

**(6) Vakum Circuit Breaker (VCB)**

Arus listrik dihidupkan dan dimatikan di tombol kontak vakum. Jika terjadi kesalahan fungsi pemakaian, perangkat ini menerima sinyal trip dari relai arus berlebih atau perangkat lain dan memutus sirkuit.

Dalam pemasangan jenis-CB, peralatan nomor (4) sampai (6) di atas digabungkan dan berfungsi untuk melindungi sirkuit saat arus berlebih mengalir karena kelebihan beban listrik, korsleting, atau kecelakaan lainnya.



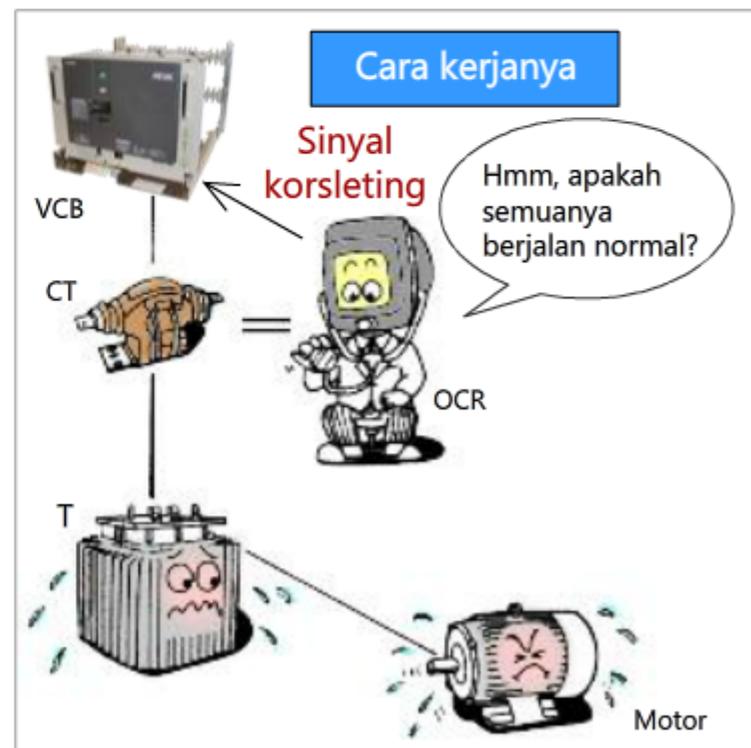
Trafo arus



Sekering vakum



Relai pelindung



## 3.1

## Peralatan tegangan tinggi

**(7) Sakelar Pemutus Beban/Load Break Switch (LBS)**

Sakelar pemutus beban dapat menghidupkan dan mematikan arus listrik atau mengalirkan arus listrik. Perangkat ini biasanya digunakan dengan sekering listrik, dan disebut sekering listrik yang dilengkapi sakelar pemutus beban (LBS dengan PF).

Sekering listrik yang dilengkapi sakelar pemutus beban, karena karakteristik sekering, digunakan untuk perlindungan trafo tegangan, perlindungan kapasitor, dan perlindungan motor.

Alat penerima listrik tegangan tinggi jenis panel PF-S menggunakannya sebagai pemutus utama primer.

**(8) Sekering Listrik/Power Fuse (PF)**

Jika terjadi korsleting, elemen sekering di dalam sekering meleleh untuk memutus sirkuit, sehingga mencegah peralatan dan rangkaian listrik terbakar.

**(9) Trafo (T)**

Trafo mengubah tegangan tinggi seperti 6,6 kV menjadi tegangan rendah seperti 100 V/200 V/400 V.

Ada trafo yang bisa digunakan untuk satu fase dan tiga-fase.



Sekering listrik yang dilengkapi sakelar pemutus beban (Tanpa hambatan)



Sekering listrik yang dilengkapi sakelar pemutus beban (Dengan hambatan)



Sekering Listrik



Trafo minyak  
Tiga-fase 500 kVA 50 Hz



Trafo berbentuk  
Tiga-fase 500 kVA 50 Hz

**(10) Vakum Magnetic Kontactor (VMC)**

Sama dengan sekering vakum/Vakum CB, perangkat ini menghidupkan dan mematikan arus listrik dengan lampu vakum.

Elektromagnet bekerja dengan membuka dan menutup kontak, sehingga memiliki umur pemakaian yang lebih awet dan dapat sering menghidupkan serta mematikan motor dan kapasitor.



Kontaktor vakum elektromagnetik

**(11) Kapasitor Statis/Static Capacitor (SC)**

Kapasitor statis digunakan untuk meningkatkan fasa dalam sirkuit arus bolak-balik.

Beban induktif dalam perangkat seperti motor dan tungku listrik merupakan faktor daya lagging. SC digunakan untuk meningkatkan faktor daya tersebut sehingga mendekati faktor daya 1.

Jika kita meningkatkan faktor daya, kita dapat menerima diskon pada tagihan dasar bulanan.



Kapasitor statis berisi minyak



Kapasitor statis berisi gas

**(12) Reaktor Seri/Series Reactor (SR)**

Reaktor seri dipasang secara seri dengan sebuah kapasitor statis dan mengurangi distorsi tegangan yang disebabkan oleh frekuensi tinggi dalam sirkuit. Perangkat ini melindungi kapasitor dengan membatasi arus balik saat kapasitor dihidupkan.

Perangkat di atas (10) sampai (12) digabungkan untuk meningkatkan faktor daya.



Reaktor seri minyak



Reaktor seri berbentuk

## 3.1

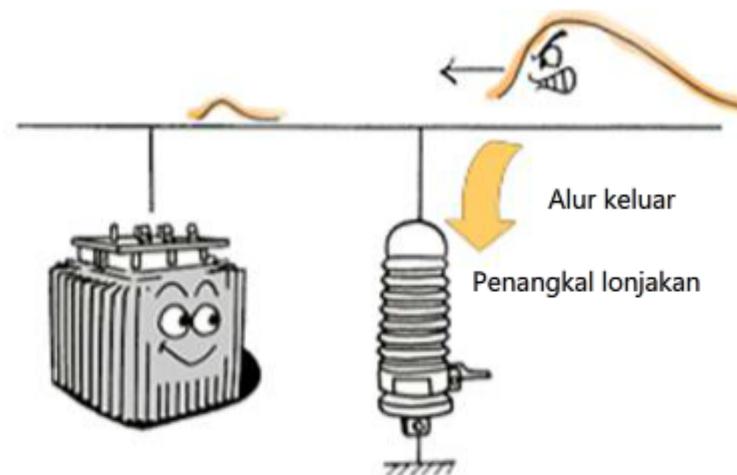
## Peralatan tegangan tinggi

**(13) Penangkal Lonjakan/Surge Arrester (SAR)**

Juga disebut Penangkal Petir (LA).

Perangkat ini melindungi perangkat listrik seperti motor dan trafo, yang tegangannya selalu ada, dari kebakaran atau pemadaman yang disebabkan oleh tegangan tinggi yang tidak normal yang diakibatkan petir atau insiden lainnya.

Peralatan dapat dilindungi dari tegangan tidak normal dengan melepaskannya melalui penangkal lonjakan/surge arrester.

**Catatan Samping****Penangkal petir**

Penangkal petir digunakan untuk disambar langsung oleh petir untuk mencegah bangunan tersambar petir.



## 3.2

## Alat ukur

Jika menggunakan listrik, maka kita perlu mengukur jumlah listrik dan mengetahui berapa besar yang telah digunakan. Namun, listrik itu sendiri tidak dapat dilihat oleh mata manusia. Berbagai alat ukur digunakan untuk melihat dan mengukur jumlahnya untuk pengaturan.

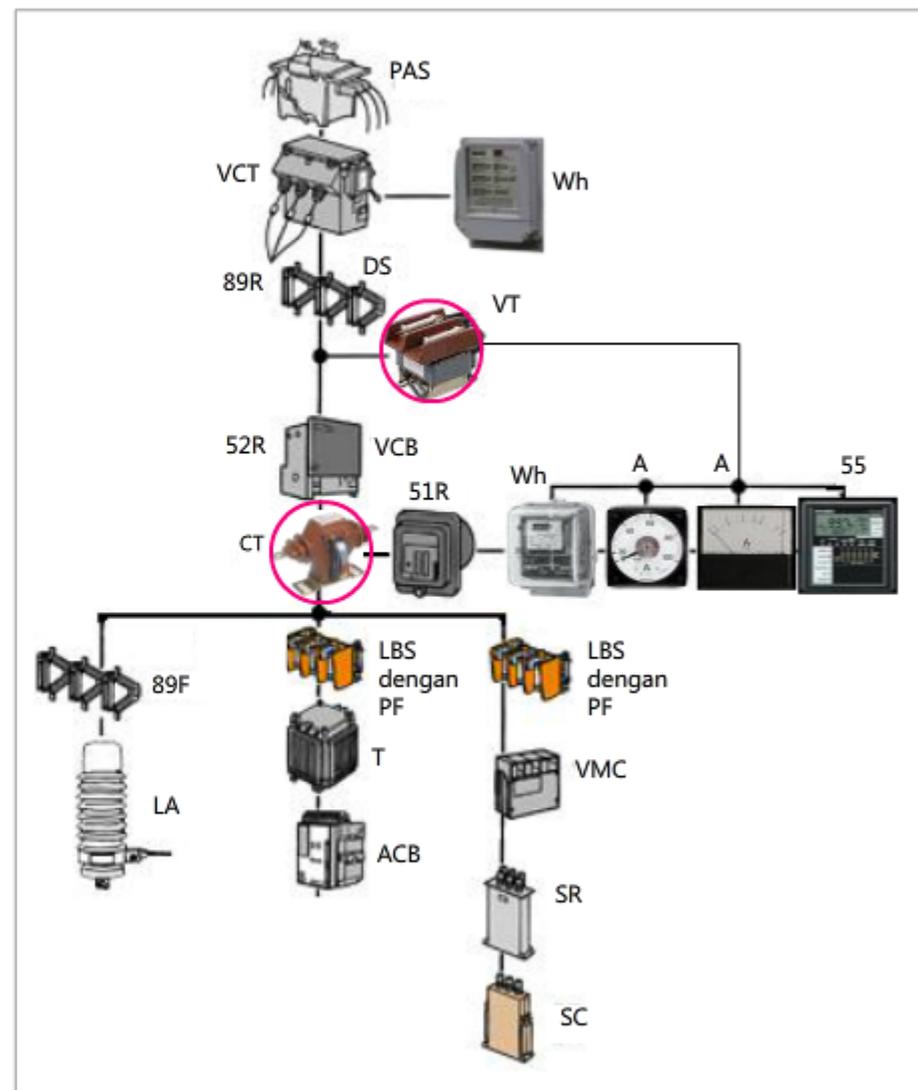
Alat ukur, disebut juga sebagai meteran, dapat digunakan untuk mengukur tegangan rendah dan tinggi. Mitsubishi Electric mengelompokkannya sebagai peralatan bertegangan rendah.

Alat ukur terutama digunakan untuk:

- ▶ Mendeteksi (trafo instrumen)
- Menghitung (meteran listrik)
- Mengukur (meter-meter listrik, transduser)

Fungsi tambahan meliputi:

- Meningkatkan kualitas faktor (alat penyesuai faktor daya secara otomatis)
- Mengatur kontrak daya listrik (memantau dan mengontrol peralatan)



## 3.2

## Alat ukur



Instrumen Trafo adalah istilah umum yang mencakup peralatan pengukuran trafo tegangan dan trafo arus. Perangkat ini digunakan untuk mengukur tegangan listrik tinggi dan arus listrik yang besar dengan aman dan akurat.

### (1) Trafo Tegangan (VT)

Trafo tegangan digunakan untuk mengukur tegangan listrik tinggi. Perangkat ini mengubah 6,6 kV menjadi 110 V.



Trafo tegangan

### (2) Trafo Arus (CT)

Trafo arus digunakan untuk mengukur arus listrik yang besar. Mengubah dari puluhan hingga ratusan ampere menjadi 5 A.



Trafo arus

### (3) Meteran Watt-hour (WHM)

Meteran watt-hour digunakan untuk mengukur jumlah daya listrik.

Ada jenis mekanis dan elektronik WHM.



Meteran watt-hour mekanis



Meteran watt-hour elektronik



Meteran watt-hour elektronik jenis permukaan

**(4) Meter Petunjuk Listrik**

Juga disebut meter, peralatan ini mengukur dan menampilkan besaran listrik seperti tegangan dan ampere.

Contohnya, tegangan diukur dengan voltmeter (V), arus (ampere) diukur dengan ammeter (A), daya diukur dengan wattmeter (W), dan faktor daya diukur dengan meteran faktor-daya (PF).

Dengan meteran multi indikator jenis mekanik dan elektronik, berbagai jenis besaran listrik dapat diukur.

**(5) Transduser (TD)**

Sinyal listrik, baik arus bolak atau arus searah, yang kemudian diubah menjadi tegangan searah proporsional atau arus searah, dimasukkan ke transduser, dan kemudian keluarannya/outputnya ke alat pantau dan kontrol seperti meter indikator atau komputer.



Voltmeter



Ammeter



Meteran multi-indikator elektronik



Transduser

### (6) Pengontrol Faktor Daya Otomatis/Automatic Power Factor Controller (APFC)

Perangkat ini mengeluarkan sinyal yang dapat menghidupkan atau mematikan kapasitor statis secara otomatis, untuk menjaga faktor daya dalam batas yang ditentukan.



Pengontrol faktor listrik otomatis

### (7) Meteran Permintaan/Demand Meter (DM)

Demand Meter adalah peralatan untuk memantau dan mengontrol permintaan.

Permintaan berarti jumlah rata-rata daya listrik yang digunakan dalam 30 menit.

Misalnya, jika konsumen berlangganan, maka biaya penggunaan listrik yang dihitung adalah jumlah sebenarnya yang digunakan berdasarkan daya kontrak kurang dari 500 kW.

Di sini, jika nilai permintaan melebihi daya listrik yang dikontrak, maka nilai kelebihan permintaan tersebut dianggap sebagai nilai kontrak untuk tahun berikutnya, dan konsumen harus membayar kelebihan biaya pemakaian listrik tersebut.

Demand Meter menghitung perkiraan permintaan dan peringatan output atau sinyal kontrol beban untuk mengatur nilai permintaan masih di dalam batas kontrak.

Demand Meter meliputi seri DEMACON dan Seri E-Energy memungkinkan pemantauan lewat akses internet.



Meteran permintaan (seri DEMACON)



Server pemantau permintaan dengan akses internet (Seri E-Energy)

### (8) Sakelar Waktu/Time Switch

Peralatan ini adalah sakelar yang dikombinasikan dengan waktu. Sakelar akan menghidupkan atau mematikan pada waktu yang telah ditetapkan.



Sakelar waktu

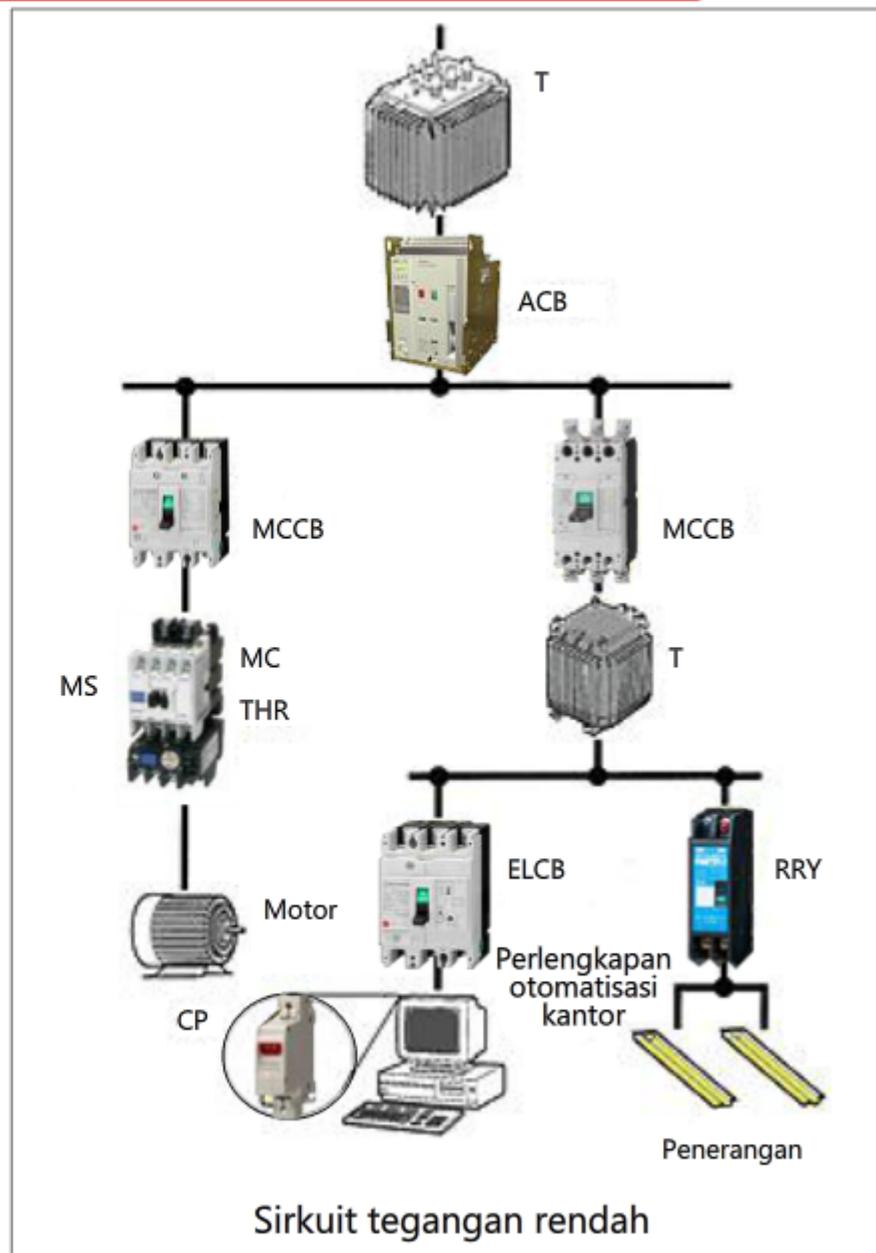
## 3.3

## Circuit Breaker tegangan rendah

Circuit Breaker tegangan rendah adalah istilah umum yang digunakan untuk Breaker, fungsi utamanya untuk melindungi kabel dan peralatan pada sirkuit tegangan rendah.

Circuit Breaker tegangan rendah meliputi:

- MCCB (Molded Case Circuit Breaker) untuk kabel
- ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker)
- ACB (Air Circuit Breaker)
- Perangkat remote control seperti relai remote control (RRY)
- Proteksi sirkuit (Circuit Protector)



# 3.3 Circuit Breaker tegangan rendah

## (1) Sekering Berbentuk (MCCB)

Perangkat ini melindungi kabel dari kelebihan beban dan korsleting.

## (2) Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB)

ELCB melindungi terhadap kejutan listrik, arus bocor, dan kerusakan kabel jika terjadi kecelakaan atau kerusakan seperti kelebihan beban, korsleting, dan kerusakan pentanahan.



## 3.3

## Circuit Breaker tegangan rendah

**(3) Air Circuit Breaker (ACB)**

ACB digunakan di bangunan, pabrik, dan kapal laut. Dua fungsi utama adalah untuk perlindungan sirkuit listrik dan generator listrik. ACB adalah pemutus utama dengan skala yang lebih besar daripada MCCB.



Bangunan dan pabrik



Kapal laut



ACB jenis AE1600-SW

**(4) Perangkat remote control**

Perangkat ini digunakan untuk mengendalikan (pengendalian jarak jauh) untuk menghidupkan dan mematikan lampu di bangunan, sekolah, rumah sakit, dan lokasi lainnya dari jarak jauh.

Perangkat ini terdiri dari relai remote control, remote control breaker, ELCB remote control, sakelar remote control, dan trafo remote control.



Pemutus jarak jauh



ELCB remote control



Relai remote control



Trafo remote control



Sakelar remote control

**(5) Proteksi Sirkuit**

Perangkat ini meliputi proteksi sirkuit (CP) dan breaker untuk peralatan (CBE).

Perangkat ini adalah Breaker ultra-kecil yang memiliki fungsi seperti sakelar dan karakteristik perlindungan sekering untuk melindungi peralatan.



Proteksi sirkuit

## 3.4

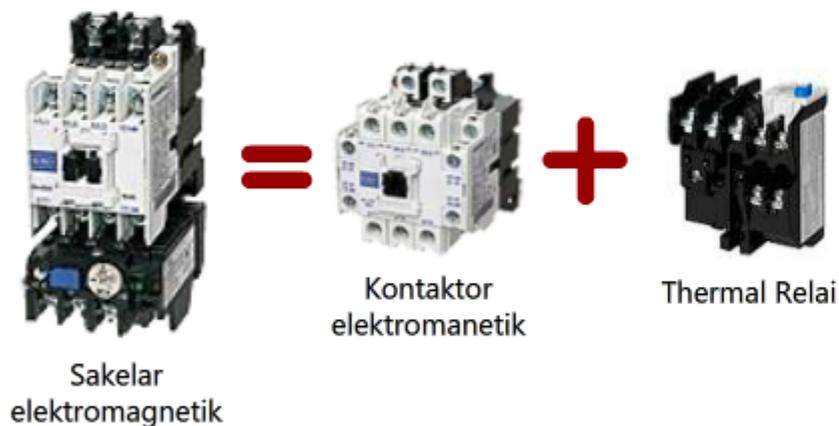
## Sakelar elektromagnetik

Peralatan pabrik dan berbagai mesin serta perangkat di pabrik menggunakan beragam jenis motor. Motor ini dihidupkan dan dimatikan dengan dilindungi oleh sakelar elektromagnetik.

**(1) Sakelar Elektromagnetik (MS)**

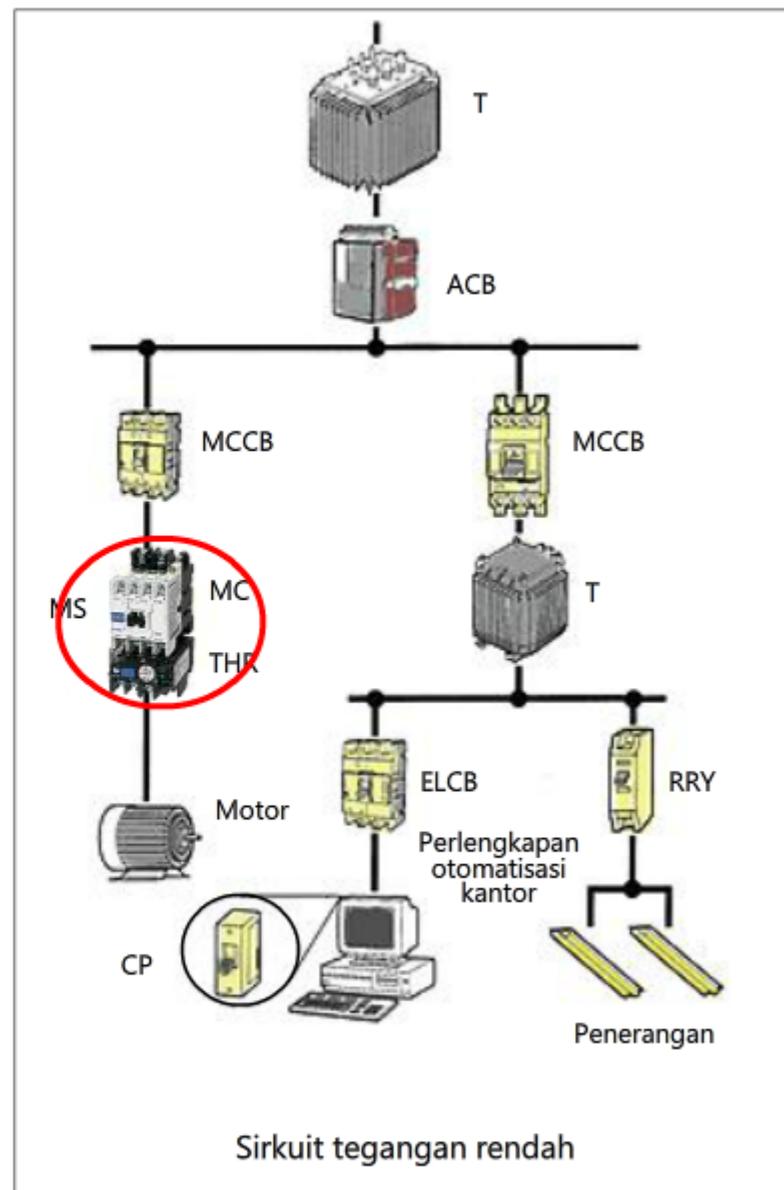
Perangkat ini dibuat dengan menggabungkan kontaktor elektromagnetik dan thermal relai.

Type-type utamanya, type tidak dapat dibalik, yang menjalankan motor ke satu arah; type dapat dibalik, yang dapat menjalankan motor arah maju dan mundur.



Sakelar elektromagnetik digunakan untuk tujuan berikut:

- Menyalakan dan mematikan motor
- Mencegah motor terbakar



**(2) Kontaktor Elektromagnetik (MC)**

Perangkat ini membuka dan menutup kontak melalui pengoperasian elektromagnet, sehingga memiliki umur pemakaian yang lebih lama dan dapat sering digunakan untuk membuka atau menutup misalnya untuk pengoperasian motor.

Perangkat ini meliputi kontaktor sensitivitas tinggi yang dapat dikendalikan oleh output transistor dari sekuenser dan kontaktor solid state tanpa kontak.

**(3) Thermal Relai (THR)**

Perangkat ini terutama digunakan untuk melindungi motor terhadap kelebihan beban. Jika terjadi kelebihan beban, bimetalnya merespon panas yang disebabkan oleh arus listrik berlebih dan membuka kontak internalnya. Tindakan ini menghentikan eksitasi kumparan yang terhubung ke kontak, membuka kontaktor elektromagnetik sehingga dapat melindungi motor.



Kontaktor elektromagnetik



Kontaktor sensitivitas tinggi



Kontaktor solid state



Kontaktor solid state



Thermal Relai

Di dalam bab ini, Anda telah mempelajari poin-poin berikut ini.

- Peralatan distribusi listrik dan kontrol Mitsubishi dikelompokkan ke dalam perangkat tegangan tinggi, alat ukur, breaker tegangan rendah, dan sakelar elektromagnetik.
- Perangkat tegangan tinggi terutama digunakan dalam alat penerima listrik tegangan tinggi jenis cubicle, dan meliputi sakelar udara dipasang di tiang (PAS), trafo gabungan tegangan dan arus (VCT) untuk memasok dan menerima listrik, disconnect switch (DS), trafo arus (CT), relai arus berlebih (OCR), vakum Breaker (VCB), switch pemutus beban dengan sekering listrik (LBS dengan PF), power fuse (PF), trafo (T), vakum kontaktor elektromagnetik (VMC), kapasitor statis (SC), reaktor seri (SR), dan penangkal petir (LA).
- Selain gabungan trafo tegangan dan trafo arus (VT, CT), meteran watt-hour (WHM), meteran penunjuk (M), dan transduser (TD), alat ukur juga meliputi pengontrol faktor daya otomatis (APFC), demand meter (DM) untuk monitor dan kontrol, serta sakelar waktu/time switch (TS).
- Breaker tegangan rendah meliputi Breaker berbentuk (MCCB) untuk kabel, Breaker arus bocor (ELCB), Breaker udara (ACB), perangkat remote control seperti relai remote control (RRY), dan proteksi sirkuit (CP).
- Sakelar elektromagnetik (MS) dibuat dengan menggabungkan kontaktor elektromagnetik (MC) dan thermal relai (THR).

>>

Anda telah menyelesaikan Pelatihan **Peralatan FA untuk Pemula (Produk Kontrol Distribusi Daya)**.

Terima kasih Anda telah mengikuti kursus ini.

Kami harap pelajarannya menyenangkan dan informasi yang diperoleh dalam pelatihan ini akan berguna di masa mendatang.

Anda boleh membaca kursus ini sesering mungkin.

Ulang

Tutup