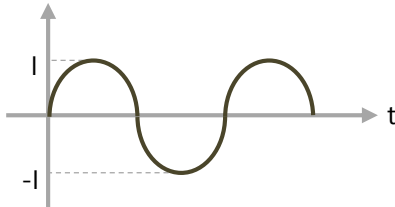


# Listrik Bolak-Balik

## A. PENDAHULUAN

**Listrik bolak-balik (AC)** dihasilkan dari induksi elektromagnetik.

**Arus AC** dan **tegangan AC** adalah arus dan tegangan yang nilainya berubah terhadap waktu secara sinusoidal.



**Grafik** arus dan tegangan AC dapat dilihat menggunakan osiloskop, dan besarnya dapat diukur menggunakan amperemeter, voltmeter dan avometer.

## B. ARUS AC DAN TEGANGAN AC

**Arus AC** dan **tegangan AC** terdiri dari tiga istilah, yaitu nilai sesaat, nilai maksimum, nilai efektif, dan nilai rata-rata.

**Nilai sesaat** adalah besar AC pada suatu waktu tertentu.

**Nilai maks** adalah besar AC maksimum yang dapat terjadi. Nilai maks terbaca pada osiloskop.

**Nilai efektif** adalah besar AC yang setara dengan besar DC yang menghasilkan jumlah kalor yang sama pada waktu yang sama. Nilai efektif terbaca pada alat ukur listrik.

**Hubungan** nilai maks dan nilai efektif:

$$V_m = V_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2} \quad I_m = I_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2} \quad \begin{matrix} m = \text{maks} \\ \text{eff} = \text{efektif} \end{matrix}$$

**Nilai rata-rata** adalah besar AC yang setara dengan besar DC yang memindahkan muatan yang sama pada waktu yang sama.

**Nilai rata-rata** dapat dihitung:

$$V_{\text{rata}} = \frac{2 \cdot V_m}{\pi} \quad I_{\text{rata}} = \frac{2 \cdot I_m}{\pi}$$

**Grafik** arus dan tegangan AC berbentuk grafik sinus, dan digambarkan dalam diagram fasor.

**Diagram fasor** menggambarkan vektor fase arus dan tegangan AC dengan sudut putar berupa sudut fase gelombang sinus.

## C. RANGKAIAN LISTRIK BOLAK-BALIK

**Rangkaian listrik bolak-balik (AC)** dapat dibuat menjadi rangkaian resistif murni, induktif murni, kapasitif murni dan rangkaian RLC.

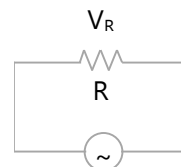
**Persamaan** arus dan tegangan AC secara umum:

$$V = V_m \cdot \sin(\omega t) \quad I = I_m \cdot \sin(\omega t)$$

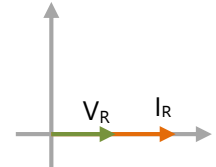
$V$  = tegangan AC (V)       $I$  = kuat arus AC (A)  
 $V_m$  = tegangan maks (V)       $I_m$  = kuat arus maks (A)  
 $\omega$  = frekuensi sudut (rad/s)       $T$  = waktu (/s)

**Rangkaian kapasitif murni** adalah rangkaian AC yang hanya mengandung kapasitor saja.

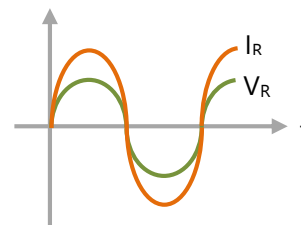
**Rangkaian**



**Diagram fasor**



**Grafik sinusoidal**



Arus dan tegangan pada rangkaian resistor adalah sefase.

**Persamaan arus dan tegangan** pada rangkaian resistif murni:

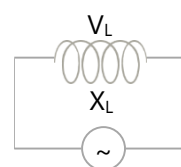
$$V_R = V_m \cdot \sin(\omega t) \quad I_R = I_m \cdot \sin(\omega t)$$

**Hukum Ohm** pada rangkaian resistif:

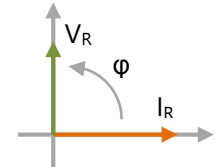
$$V_m = I_m \cdot R \quad V_{\text{eff}} = I_{\text{eff}} \cdot R \quad R = \text{hambatan resistor } (\Omega)$$

**Rangkaian induktif murni** adalah rangkaian AC yang hanya mengandung induktor saja.

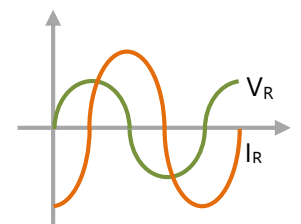
**Rangkaian**



**Diagram fasor**



**Grafik sinusoidal**



Sudut fase arus terlambat 90° dari sudut fase tegangan.

**Persamaan arus dan tegangan** pada rangkaian induktif murni:

$$V_L = V_m \cdot \sin(\omega t) \quad I_L = I_m \cdot \sin(\omega t - 90^\circ)$$

**Reaktansi induktif** adalah nilai hambatan yang terdapat pada induktor, dapat dirumuskan:

$$X_L = \omega \cdot L = 2\pi f \cdot L$$

$X_L$  = reaktansi induktif ( $\Omega$ )  
 $\omega$  = frekuensi sudut (rad/s)  
 $f$  = frekuensi (Hz)  
 $L$  = induktansi diri (H)

**Hukum Ohm** pada rangkaian induktif:

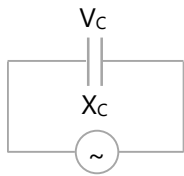
$$V_m = I_m \cdot X_L$$

$$V_{\text{eff}} = I_{\text{eff}} \cdot X_L$$

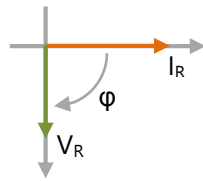
$X_L$  = reaktansi induktif ( $\Omega$ )

**Rangkaian kapasitif murni** adalah rangkaian AC yang hanya mengandung kapasitor saja.

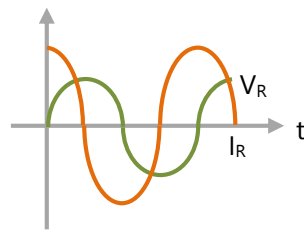
**Rangkaian**



**Diagram fasor**



**Grafik sinusoidal**



Sudut fase arus mendahului 90° dari sudut fase tegangan.

**Persamaan arus dan tegangan** pada rangkaian kapasitif murni:

$$V_C = V_m \cdot \sin(\omega t)$$

$$I_C = I_m \cdot \sin(\omega t + 90^\circ)$$

**Reaktansi kapasitif** adalah nilai hambatan yang terdapat pada kapasitor, dapat dirumuskan:

$$X_C = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2\pi f \cdot C}$$

$X_C$  = reaktansi kapasitif ( $\Omega$ )  
 $\omega$  = frekuensi sudut (rad/s)  
 $f$  = frekuensi (Hz)  
 $C$  = kapasitansi (F)

**Hukum Ohm** pada rangkaian kapasitif:

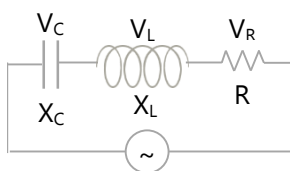
$$V_m = I_m \cdot X_C$$

$$V_{\text{eff}} = I_{\text{eff}} \cdot X_C$$

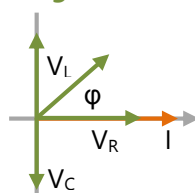
$X_C$  = reaktansi kapasitif ( $\Omega$ )

**Rangkaian RLC** adalah rangkaian AC yang mengandung resistor, induktor dan kapasitor seri.

**Rangkaian**



**Diagram fasor**



**Tegangan total (V)** adalah tegangan gabung total rangkain RLC.

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

**Impedansi total (Z)** adalah hambatan gabungan total rangkaian RLC.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

**Kuat arus listrik** yang mengalir pada rangkaian dapat dirumuskan:

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V_R}{R} = \frac{V_L}{X_L} = \frac{V_C}{X_C}$$

**Beda sudut fase** yang terjadi antara kuat arus listrik (I) dengan tegangan total (V) dapat dihitung:

$$\tan \phi = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{X_L - X_C}{R}$$

**Sifat-sifat rangkaian RLC:**

1) **Induktif**

- Fase arus terlambat dari fase tegangan sebesar  $0^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$ .
- Nilai  $X_L > X_C$ .

2) **Kapasitif**

- Fase arus mendahului fase tegangan sebesar  $0^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$ .
- Nilai  $X_C > X_L$ .

3) **Resistif** (resonansi)

- Arus dan tegangan adalah sefase.
- Nilai  $X_L = X_C$ .

Impedansi total rangkaian bernilai minimum ( $Z = R$ ), sedangkan kuat arus listrik bernilai maksimum ( $I = \frac{V}{R}$ ).


**Frekuensi sudut** yang dihasilkan rangkaian RLC yang bersifat resistif:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

**Frekuensi resonansi** yang dihasilkan rangkaian RLC yang bersifat resistif:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

**D. DAYA RANGKAIAN LISTRIK BOLAK-BALIK**

 **Daya** pada rangkaian AC terjadi pada rangkaian resistif. Pada rangkaian induktif dan kapasitif, daya rata-rata adalah nol.

 **Daya rangkaian AC** dapat dihitung:

**Hubungan dengan tegangan**

$$P = V_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \cos\varphi$$

**Hubungan dengan impedansi**

$$P = I_{\text{eff}}^2 \cdot Z \cdot \cos\varphi$$

$$P = I_{\text{eff}}^2 \cdot R$$

dengan nilai  $\cos\varphi$ ,

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{V_R}{V}$$