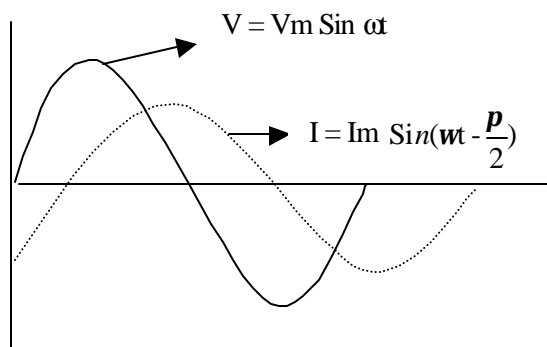




**RANGKAIAN LISTRIK  
ARUS BOLAK-BALIK**

**ELK-DAS.26  
40 JAM**



Penyusun :

TIM FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

**DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**  
EDISI 2001

## KATA PENGANTAR

Modul dengan judul “**RANGKAIAN LISTRIK ARUS BOLAK-BALIK**” merupakan bahan ajar yang digunakan sebagai panduan praktikum peserta diklat (siswa) Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) untuk membentuk salah satu bagian dari kompetensi Penerapan Konsep Dasar Elektro.

Modul ini menguraikan tentang dasar listrik arus bolak-balik baik satu fasa maupun tiga fasa serta rangkaian seri dan paralel dari komponen RLC dalam arus listrik bolak-balik.. Kegiatan Belajar 1 membahas dasar listrik arus bolak-balik (AC).yang mempunyai 4 sub pokok bahasan yaitu tegangan, arus, sudut fasa, dan beda fasa, respon elemen dalam AC. Kegiatan Belajar 2 membahas mengenai rangkaian seri berbeban resistor dan induktor dalam arus bolak-balik. Sedangkan Kegiatan Belajar 3 membahas mengenai rangkaian paralel arus listrik bolak-balik. Selanjutnya Kegiatan Belajar 4 membahas analisis rangkaian listrik arus searah yaitu analisis loop pada Kegiatan Belajar 3 dan analisis simpul pada Kegiatan Belajar 4 menguraikan tentang rangkaian tiga fasa, baik sambungan bintang maupun segitiga. Uraian ini merupakan akhir dari pembahasan rangkaian listrik arusbolak-balik.

Modul ini terkait dengan modul lain yang membahas fisika dasar dan hukum kelistrikan sehingga sebelum menggunakan modul ini siswa diwajibkan telah memahami modul tersebut.

Yogyakarta, Nopember 2001

Penyusun.  
Tim Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Yogyakarta

## DISKRIPSI JUDUL

**RANGKAIAN LISTRIK ARUS BOLAK-BALIK** merupakan modul teori dan atau praktikum yang memuat penerapan dari hukum-hukum kelistrikan, serta memuat kajian atau teori dalam menganalisa rangkaian dalam arus bolak-balik..

Modul ini terdiri dari 4 (empat) kegiatan belajar yang mencakup dasar listrik arus bolak-balik, rangkaian seri arus bolak-balik beban resistor dan induktor, rangkaian paralel arus listrik bolak-balik, serta rangkaian tiga fasa. Dengan menguasai modul ini diharapkan peserta diklat mampu menganalisis rangkaian listrik arus bolak-balik dan menerapkannya dalam praktek.

**PETA KEDUDUKAN**

## **PRASYARAT**

Untuk melaksanakan modul **RANGKAIAN LISTRIK ARUS BOLAK-BALIK** memerlukan kemampuan awal yang harus dimiliki peserta diklat, yaitu :

- Peserta diklat telah memahami konsep dasar fisika teknik.
- Peserta diklat telah memahami komponen-komponen dasar kelistrikan, seperti sumber tegangan, komponen pasif.
- Peserta diklat telah memahami hukum-hukum kelistrikan.
- Peserta diklat dapat menggunakan alat ukur analog.
- Peserta diklat dapat menggunakan CRO.

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DESKRIPSI JUDUL .....	iii
PETA KEDUDUKAN MODUL .....	iv
PRASYARAT .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
PERISTILAHAN/ GLOSSARY .....	viii
PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL .....	ix
<b>TUJUAN</b> .....	<b>x</b>
1. Tujuan Akhir .....	x
2. Tujuan Antara .....	x
<b>KEGIATAN BELAJAR 1</b> .....	<b>1</b>
Lembar Informasi .....	1
Lembar Kerja .....	8
Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	9
Langkah Kerja .....	9
Lembar Latihan .....	12
<b>KEGIATAN BELAJAR 2</b> .....	<b>13</b>
Lembar Informasi .....	13
Lembar Kerja .....	19
Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	19
Langkah Kerja .....	20
Lembar Latihan .....	22
<b>KEGIATAN BELAJAR 3</b> .....	<b>24</b>
Lembar Informasi .....	24
Lembar Kerja .....	27
Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	28

Langkah Kerja .....	28
Lembar Latihan .....	30
<b>KEGIATAN BELAJAR 4 .....</b>	<b>32</b>
Lembar Informasi .....	32
Lembar Kerja .....	34
Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	35
Langkah Kerja .....	35
Lembar Latihan .....	37
<b>LEMBAR EVALUASI .....</b>	<b>39</b>
<b>LEMBAR KUNCI JAWABAN .....</b>	<b>41</b>
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 1 .....	41
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 2 .....	43
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 3 .....	45
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 4 .....	47
Kunci Jawaban Lembar Evaluasi .....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>51</b>



## PERISTILAHAN / GLOSSAARY

*Phasor* merupakan vektor yang digunakan untuk menggambarkan besaran yang nilainya bervariasi menurut fungsi waktu dan membentuk grafik fungsi sinus (gelombang AC) seperti besaran listrik AC.

## **PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL**

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mempelajari modul

1. Persiapkan alat dan bahan yang digunakan pada setiap kegiatan belajar.
2. Pelajari dengan baik lembar informasi sehingga konsep dan persamaan-persamaan dapat dipahami dengan baik.
3. Dalam mempersiapkan alat untuk praktek hitunglah dulu besaran-besar dalam rangkaian, kemudian tentukan batas alat yang digunakan.
4. Rakitlah setiap komponen sesuai dengan gambar rangkaian yang diberikan pada setiap kegiatan belajar.
5. Ceklah kembali rangkaian yang sudah dibuat.
6. Konsultasikan rangkaian kepada instruktur sebelum dihubungkan ke sumber tegangan.
7. Hati-hatilah selama melaksanakan praktik.
8. Kembalikan semua peralatan praktik yang digunakan.

## TUJUAN

### 1. Tujuan Akhir

- Peserta diklat mampu memahami konsep rangkaian listrik arus bolak-balik.
- Peserta diklat mampu menganalisis rangkaian listrik arus bolak-balik.
- Peserta diklat mampu menghitung beban, daya, faktor daya pada listrik arus bolak-balik.
- Peserta diklat mampu membuat rangkaian berbeban pada rangkaian listrik arus bolak-balik.

### 1. Tujuan Antara

- Peserta diklat mampu menghitung tegangan, arus, daya dan faktor daya pada rangkaian listrik arus bolak-balik.
- Peserta diklat mampu menganalisis rangkaian seri arus bolak-balik.
- Peserta diklat mampu menghitung impedansi, faktor daya, serta frekuensi resonansi pada rangkaian seri arus bolak-balik.
- Peserta diklat mampu menggambar diagram fasor impedansi, arus dan tegangan saat resonansi.
- Peserta diklat mampu menghitung impedansi, arus, daya, faktor daya, serta frekuensi resonansi pada rangkaian paralel arus bolak-balik.
- Peserta diklat mampu menghitung tegangan dan arus pada sambungan segitiga maupun bintang.
- Peserta diklat mampu menghitung daya dan faktor daya pada rangkaian tiga fasa.
- Peserta diklat mampu menganalisis rangkaian tiga fasa.

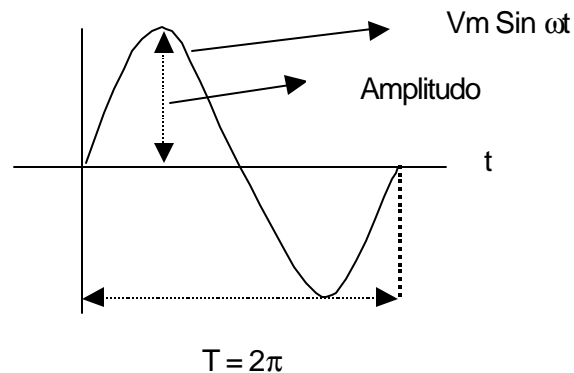
## KEGIATAN BELAJAR 1

### DASAR LISTRIK BOLAK-BALIK (AC)

#### Lembar Informasi

#### 1. Tegangan dan Arus Listrik Bolak-Balik

Suatu bentuk gelombang tegangan listrik bolak-balik dapat digambarkan seperti pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Bentuk Gelombang Tegangan Listrik Bolak-Balik.

Pesamaan tegangan sesaat

$$v = V_m \sin 2\pi f t = V_m \sin \left( \frac{2\pi}{T} t \right) = V_m \sin \omega t$$

Dimana

$v$  = Tegangan sesaat

$V_m$  = Tegangan Maksimum

$f$  = Frekuensi =  $1/t$  (Hz)

$T$  = Periode = waktu untuk satu gelombang

$\omega$  = kecepatan sudut =  $2\pi f = 2\pi/T =$  radian perdetik

Frekuensi dalam listrik AC merupakan banyaknya gelombang yang terjadi dalam satu detik. Jika waktu yang diperlukan oleh satu gelombang disebut periode ( $T$ ) maka.

$$f = \frac{1}{T} \text{ atau } T = \frac{1}{f}$$

jika generator mempunyai P kutub dan berputar sebanyak N kali dalam satu menit, maka frekuensi mempunyai persamaan

$$f = \frac{PN}{120}$$

P = Jumlah kutub generator

N = Jumlah putaran permenit (rpm)

## 2. Sudut Fase dan Beda Fase

Dalam rangkaian listrik arus bolak-balik sudut fase dan beda fase akan memberikan informasi tentang tegangan dan arus. Sedangkan beda fase antara tegangan dan arus pada listrik arus bolak-balik memberikan informasi tentang sifat beban dan penyerapan daya atau energi listrik. Dengan mengetahui beda fase antara tegangan dan arus dapat diketahui sifat beban apakah resistif, induktif atau kapasitif.

## 3. Tegangan Efektif dan Arus Efektif

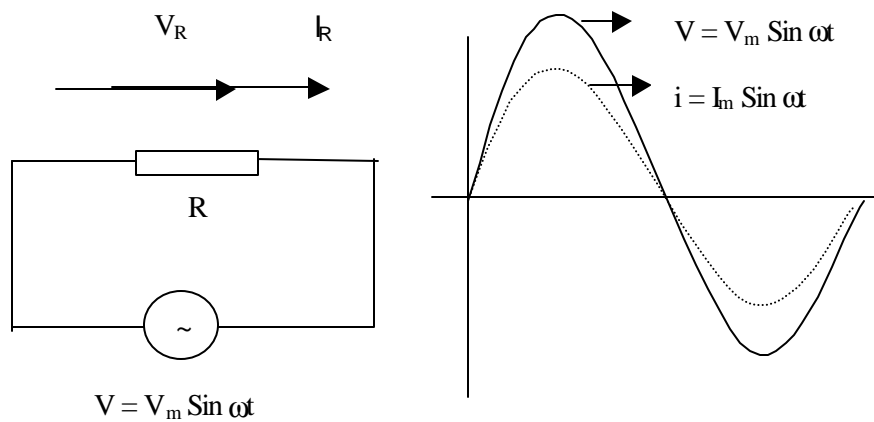
Tegangan listrik arus bolak – balik yang diukur dengan multimeter menunjukkan tegangan efektif. Nilai tegangan dan arus efektif pada arus bolak – balik menunjukkan gejala yang sama seperti panas yang timbul jika dilewati arus searah :

$$\begin{aligned} \text{Tegangan Efektif} &= \frac{\text{Tegangan Maksimum}}{\sqrt{2}} \\ &= 0.707 \text{ Tegangan Maksimum} \\ \text{I ef} &= \frac{\text{I mak}}{\sqrt{2}} \\ &= 0.707 \text{ I max} \end{aligned}$$

## 4. Respon Elemen

a. Resistor dalam arus bolak – balik

Rangkaian yang terdiri dari sebuah sumber tegangan bolak – baliik dan sebuah resistor seperti Gambar 2 di bawah



Gambar 2. Rangkaian R, Bentuk Phasor, dan Bentuk Gelombang Pada AC

Persamaan tegangan sumber

$$v = V_m \sin \omega t$$

Persamaan tegangan pada Resistor R

$$v = i R$$

$v$  = tegangan sesaat

$i$  = arus sesaat

$R$  = resistansi

Sehingga 
$$i = \frac{V_m \sin \omega t}{R}$$

$$i = I_m \sin \omega t$$

Pada beban resistor murni tegangan dan arus mempunyai fasa sama (sefase).

**Daya sesaat (  $p$  )**

$$P = vi = V_m \sin \omega t \cdot I_m \sin \omega t$$

$$= V_m I_m \sin^2 \omega t$$

$$= \frac{V_m I_m}{2} (1 - \cos 2\omega t)$$

$$= \frac{V_m I_m}{2} - \frac{V_m I_m \cos 2\omega t}{2}$$

Untuk satu gelombang nilai rata – rata

$$\frac{V_m I_m}{2} \cos 2\omega t = 0$$

sehingga daya

$$P = \frac{V_m I_m}{2} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \times \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

Atau

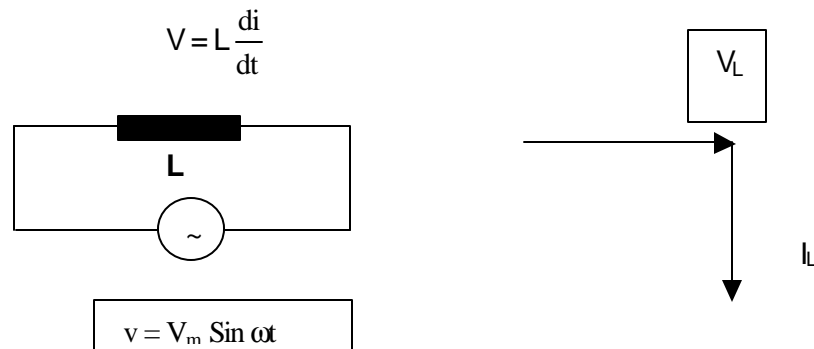
$$P = V I \text{ watt}$$

V = Tegangan Efektif

I = Arus Efektif

b. Induktor murni dalam arus bolak – balik

Bila tegangan bolak – balik dipasang pada induktor murni seperti Gambar 3 di bawah, maka induktor menghasilkan ggl yang melawan sumber yang besarnya



Gambar 3. Rangkaian L dan Bentuk Pashor Pada AC.

**Tegangan Sumber**

$$v = V_m \sin \omega t$$

sehingga

$$V_m \sin \omega t = L \frac{di}{dt}$$

$$di = \frac{V_m}{L} \sin \omega t dt$$

$$i = \frac{V_m}{L} \int \sin \omega t$$

$$i = \frac{V_m}{\omega L} (-\cos \omega t)$$

$$i = \frac{V_m}{\omega L} \sin \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

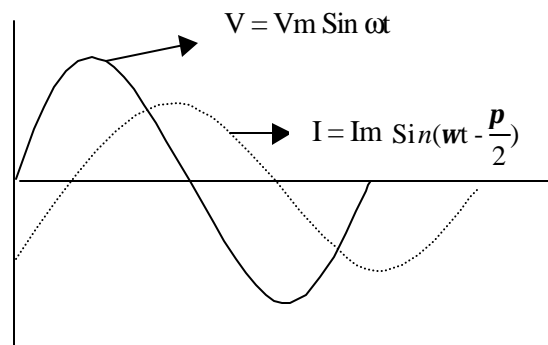
Arus sesaat (  $i$  ) maksimum  $I_m = \frac{V_m}{\omega L}$  jika  $\sin \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right)$  mempunyai nilai 1 maka persamaan arus pada Induktor menjadi

$$I = I_m \sin \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

Arus ketinggalan dengan sudut  $\frac{\pi}{2}$  atau  $90^\circ$ .

### Daya Sesaat

Bentuk gelombang tegangan dan arus pada induktor dapat dilihat dalam Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Bentuk Gelombang Tegangan dan Arus Pada Induktor

$$P = vi$$

$$= V_m I_m \sin \omega t \sin \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

$p$  = daya sesaat



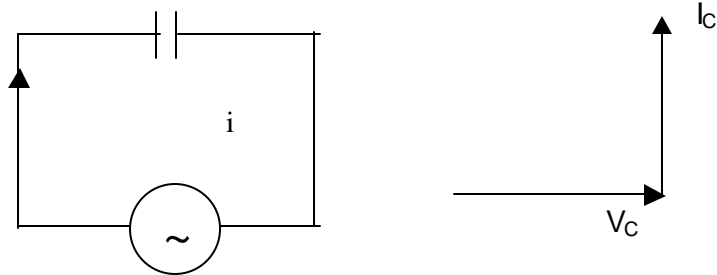
Daya Untuk seluruh siklus

$$P = -\frac{V_m I_m}{2} \int_0^{2\pi} \sin 2\omega t \, dt = 0$$

Dari persamaan di atas dapat dijelaskan bahwa induktor murni tidak menyerap daya listrik hanya menyimpan energi listrik sesaat dalam jumlah terbatas.

c. Kapasitor dalam arus bolak – balik

Rangkaian yang terdiri dari sebuah sumber tegangan bolak – baliik dan sebuah kapasitor seperti Gambar 5 di bawah.



$$v = V_m \sin \omega t$$

Gambar 5. Rangkaian C dan Bentuk Phasor Pada AC

Tegangan sumber mempunyai persamaan

$$v = V_m \sin \omega t$$

**Muatan pada kapasitor**

$$q = Cv$$

q = Muatan pada plat kapasitor

C = Kapasitansi kapas itor

V = Beda potensial/tegangan

### Persamaan Arus

$$\begin{aligned}i &= \frac{dq}{dt} = \frac{dCv}{dt} \\&= \frac{dCvV_m \sin \omega t}{dt} \\&= \omega C V_m \cos \omega t \\&= \frac{V_m}{1/\omega C} \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right) \\i &= I_m \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right)\end{aligned}$$

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa arus mendahului tegangan dengan sudut  $\frac{\pi}{2}$  atau  $90^\circ$

### Daya

Daya sesaat pada kapasitor ( p )

$$\begin{aligned}P &= vi \\&= V_m \sin \omega t I_m \sin \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right) \\&= V_m I_m \sin \omega t \cos \omega t \\&= \frac{1}{2} V_m I_m \sin 2\omega t\end{aligned}$$

daya untuk seluruh siklus

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m \int_0^{2\pi} \sin 2\omega t dt = 0$$

Dari persamaan di atas dapat dilihat bahwa kapasitor tidak menyerap daya listrik

Karakteristik tegangan dan arus dari ketiga elemen pasif tersebut dapat dilihat dalam Tabel 1 berikut .

Tabel 1. Karakteristik tegangan dan arus R, L, dan C

Elemen	Sudut fasa arus Dan tegangan	Diagram	Impedansi
R	Fasa sama		R
L	Arus ketinggalan $90^\circ$ atau $\frac{1}{2}\pi$		$X_L = \omega L = 2\pi$
C	Arus mendahului tegangan $90^\circ$ atau $\frac{1}{2}\pi$		$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi}$

**Lembar Kerja**

**Alat dan bahan :**

- |                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| 1. Trafo isolasi .....                | 1 buah     |
| 2. Trafo step down 220 / 9-18 V ..... | 1 buah     |
| 3. Multimeter / Voltmeter .....       | 2 buah     |
| 4. Variac.....                        | 1 buah     |
| 5. Kabel Penghubung .....             | secukupnya |
| 6. Saklar.....                        | 1 buah     |

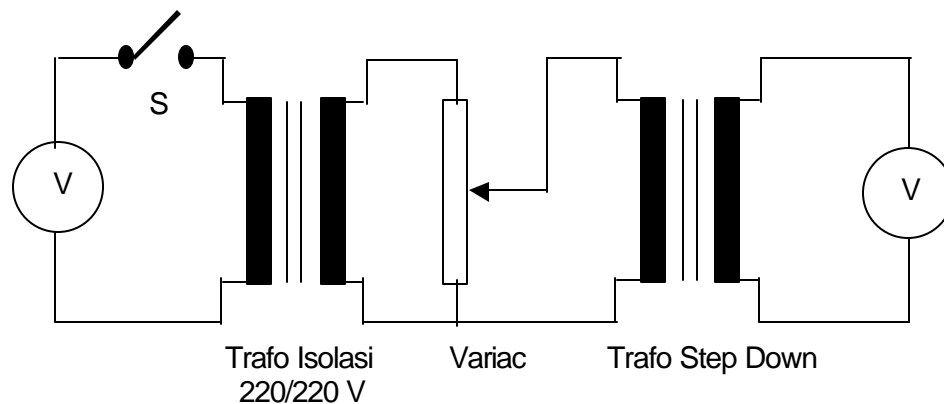
### Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Jangan menghubungkan rangkaian ke sumber tegangan sebelum benar.
2. Jangan membuat sambungan terbuka terutama pada tegangan tinggi
3. Perhatikan batas ukur dan saklar pemilih pada multimeter.
4. Kalibrasikan CRO sebelum digunakan dengan teliti dan hati – hati.
5. Letakkan peralatan pada tempat yang aman dan mudah diamati
6. Jangan menggunakan alat ukur di luar batas kemampuan
7. Pastikan posisi variac dalam kondisi minimum.

### Percobaan I. Tegangan Efektif

#### Langkah Kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang digunakan dalam percobaan ini.
2. Buatlah rangkaian seperti Gambar 6 di bawah ini



Gambar 6. Rangkaian Percobaan

3. Setelah rangkaian benar hubungkan ke sumber tegangan dan tutup saklar .
4. Atur tegangan Variac sehingga multimeter menunjukkan seperti Tabel 2 di bawah. Amati penunjukan CRO setiap perubahan tegangan.
5. Bandingkan hasil pengukuran voltmeter dan CRO dengan teori.

6. Lanjutkan dengan percobaan kedua.

Tabel 2. Pengamatan CRO

Voltmeter	CRO (p-p)
2 V	
4 V	
6 V	
8 V	
10 V	

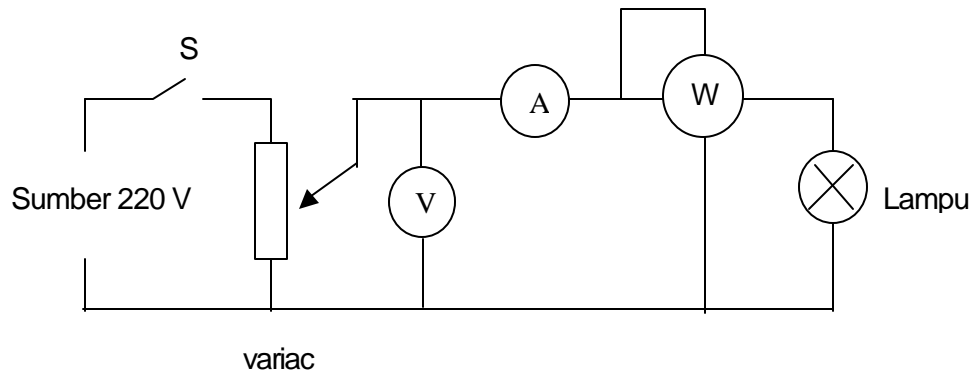
### Percobaan II. Respon Elemen RLC

#### Alat dan bahan :

1. Lampu Pijar ..... 1 buah
2. Ballas lampu TL ..... 1 buah
3. Kapasitor non polar 250 V ..... 1 buah
4. Saklar..... 1 buah
5. Variac..... 1 buah
6. Voltmeter ..... 1 buah
7. Amperemeter ..... 1 buah
8. Wattmeter ..... 1 buah
9. Kabel Penghubung ..... secukupnya.

#### Langkah Kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang digunakan dalam percobaan ini.
2. Buatlah rangkaian seperti Gambar 7 di bawah ini.
3. Setelah rangkaian benar hubungkan dengan sumber tegangan kemudian tutup saklar.
4. Atur variac sehingga diperoleh tegangan seperti nilai dalam Tabel 3.
5. Catatlah penunjukan wattmeter dan amperemeter setiap perubahan tegangan.



Gambar 7. Rangkaian Percobaan.

6. Gantilah lampu pijar dengan ballas, atur tegangan seperti langkah 3.
7. Catatlah penunjukan amperemeter dan wattmeter ke dalam Tabel 3.
8. Gantilah ballas dengan kapasitor atur tegangan seperti langkah 3
9. Hentikanlah kegiatan dan kembalikan semua peralatan ke tempat semula. Kemudian buat kesimpulan secara keseluruhan berdasarkan percobaan tadi.
10. Bandingkan daya, arus dan tegangan pada masing–masing percobaan.
11. Hitung faktor daya dari lampu, ballas dan kapasitor.

Tabel 3. Pengamatan Arus dan Daya

Tegangan	Lampu		Ballas		Kapasitor	
	I	P	I	P	I	V
50 V						
100 V						
150 V						
200 V						

### Lembar Latihan

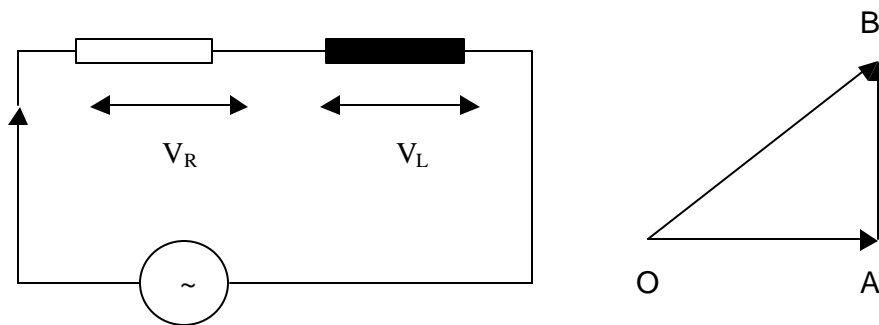
1. Hitunglah banyak putaran generator setiap detik bila diketahui sebuah pembangkit listrik tenaga air ( PLTA ) mempunyai generator dengan 20 kutub, untuk menghasilkan frekuensi 50 Hz !
2. Hitunglah penunjukan voltmeter dari suatu tegangan bolak – balik gelombang sinus yang menunjukkan 200 volt puncak - puncak jika dilihat CRO !
3. Hitunglah arus yang mengalir pada lampu dan tahanan lampu bila lampu pijar 220 – 230 volt, 100 watt dipasang pada tegangan 225 volt. !
4. Sebuah kompor listrik 225 volt, 900 watt mempunyai elemen pemanas 5 m. hitunglah arus dan tahanan elemen. Jika elemen pemanas putus, kemudian disambung sehingga panjangnya menjadi 4,8 m. hitunglah besar tahanan, arus dan daya kompor yang dipasang pada tegangan 225 volt !
5. Hitunglah arus dan daya yang diserap oleh kapasitor, jika dua buah kapasitor 60  $\mu\text{F}$  dan 40  $\mu\text{F}$  diseri dan dipasang pada tegangan 220 V, 50 HZ !

## KEGIATAN BELAJAR 2

### RANGKAIAN SERI ARUS BOLAK – BALIK BEBAN RESISTOR DAN INDUKTOR

#### Lembar Informasi

Sebuah resistor R ohm dan Induktor L henry diseri dan dihubungkan dengan sebuah sumber tegangan arus bolak – balik seperti Gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Rangkaian Dengan Beban R dan L

Drop tegangan seperti terlihat pada  $\Delta$  OAB . Drop tegangan pada R =  $V_R$  digambarkan oleh vektor OA, dan drop tegangan pada L =  $V_L$  digambarkan oleh vektor AB. Tegangan Sumber V merupakan jumlah secara vektor dari  $V_R$  dan  $V_L$

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

$$V = \sqrt{(IR)^2 + (IX_L)^2} = I\sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

Besaran  $\sqrt{R^2 + X_L^2}$  disebut impedansi ( Z ) dari rangkaian, yaitu :

$$Z^2 = R^2 + X_L^2$$



Dari gambar di atas terlihat bahwa arus ketinggalan terhadap tegangan dengan sudut  $\phi$  adalah :

$$\text{tg}\phi = \frac{X_L}{R} = \frac{\omega L}{R} = \frac{\text{reaktansi}}{\text{resistansi}}$$

### Daya (P)

Daya rata-rata yang diserap rangkaian RL merupakan hasil kali V dengan komponen I yang searah V

$$P = VI \cos \phi$$

$\cos \phi$  disebut faktor daya rangkaian

$$\text{Daya} = \text{Volt Ampere (VA)} \times \text{Faktor Daya}$$

$$\text{Watt} = \text{VA} \times \cos \phi$$

Jika daya dalam kilowatt maka

$$\text{KW} = \text{K VA} \times \cos \phi$$

$$P = VI \cos \phi = VI \times (R/Z)$$

$$= V/2 \times I \times P$$

$$= I^2 R$$

$$P = I^2 R \text{ watt}$$

### FAKTOR DAYA (Pf = Power Faktor)

Faktor daya dapat dirumuskan

1. Kosinus beda fase antara arus dan tegangan.

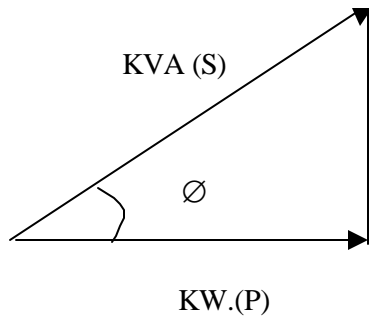
$$2. \frac{\text{resistansi}}{\text{impedansi}} = \frac{R}{Z}$$

$$3. \frac{\text{watt}}{\text{Volt.Ampere}} = \frac{W}{VA} = \frac{kW}{kVA}$$

Sehingga

$$\text{Pf} = \cos \phi = \frac{R}{Z} = \frac{W}{VA} = \frac{kW}{kVA}$$

Jika digambarkan dengan segitiga daya seperti ditunjukkan oleh Gambar 9 berikut ini.



- Daya dapat dibedakan menjadi :
- Daya aktif = P = kW
  - Daya reaktif = Q = k VAR
  - Daya semu = S = kVA
  - Hubungan ketiga jenis daya

Gambar 9. Segitiga Daya

Hubungan Ketiga jenis daya adalah sebagai berikut :

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

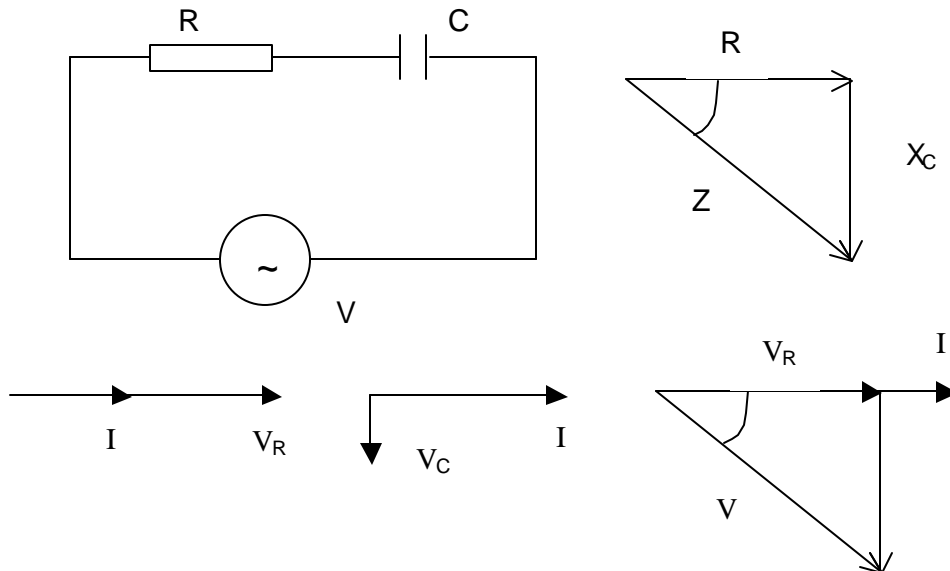
$$kVA^2 = kW^2 + kVAR^2$$

$$kW = kVA \cos \emptyset$$

$$kVAR = kVA \sin \emptyset$$

### Beban Resistor dan Kapasitor

Sebuah resistor R dan kapasitor C diseri dan diberi tegangan bolak-balik, seperti ditunjukkan oleh Gambar 10.



Gambar 10. Rangkaian RC Seri dan Diagram Phasornya.

$V_R = I R$  = drop tegangan pada R (fasa sama dengan nol).

$V_C = I X_C$  = drop tegangan pada C (ketinggalan terhadap I dengan sudut  $\pi/2$ )

$X_C$  = reaktansi kapasitif (diberi tanda negatif) karena arah  $V_C$  pada sudut negatif  $\pi/2$

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_C^2}$$

$$V = \sqrt{(IR)^2 + (-IX_C)^2} = I\sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$$I = \frac{V}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

$Z^2 = R^2 + X_C^2$  disebut impedensi rangkaian.

Dari gambar di atas terlihat bahwa I mendahului V dengan sudut di mana

$$\text{tg } \phi = \frac{-X_C}{R}$$

Jika tegangan sumber dinyatakan dengan

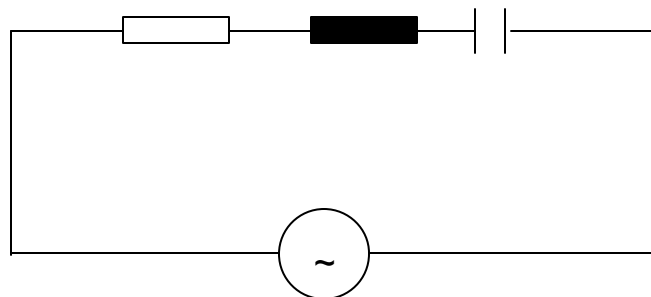
$$V = V_m \sin \omega t$$

Maka arus dalam rangkaian R – C seri dapat dinyatakan dengan

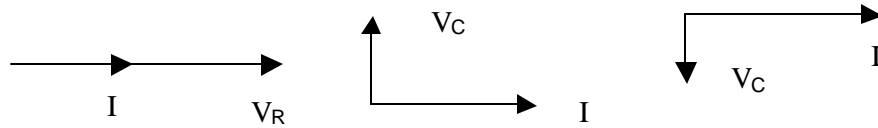
$$I = I_m \sin (\omega t + \phi)$$

### Beban R – L – C Seri

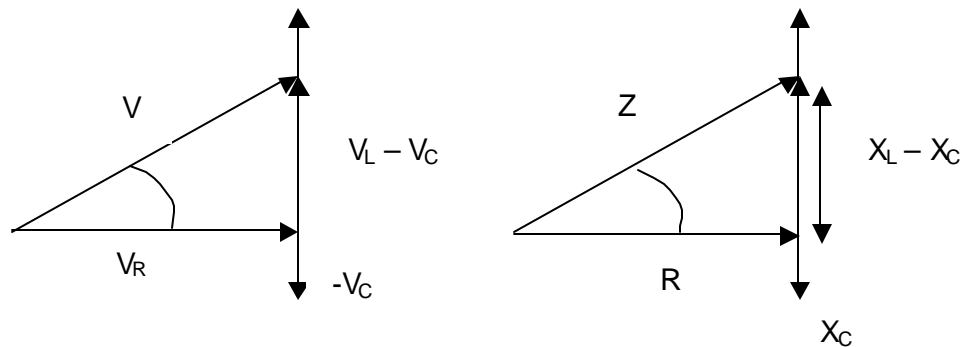
Sebuah rangkaian seri R-L-C diberi tegangan V seperti Gambar 11 di bawah ini.



Gambar 11. Gambar R-L-C Seri



- $V_R = I R$  = drop tegangan pada R sefasa dengan I  
 $V_L = I X_L$  = drop tegangan pada L mendahului I dengan sudut 90  
 $V_C = I X_C$  = drop tegangan pada C ketinggalan terhadap dengan sudut 90  
 $V$  = tegangan sumber yang merupakan jumlah secara vektor dari  $V_R$ ,  $V_L$  dan  $V_C$ , seperti terlihat dalam Gambar 12 berikut ini. Perhatikan Gambar 12 berikut ini.



Gambar 12. Diagram Phasor

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

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

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

Beda fasa antara tegangan dan arus :

$$\text{Tg} = \frac{(X_L - X_C)}{R} = \frac{X}{R}$$

Sedangkan faktor daya :

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

Jika sumber tegangan diberikan

$$V = V_m \sin \omega t$$

Sehingga arus mempunyai persamaan :

$$I = I_m \sin (\omega t - \phi)$$

Tanda negatif bila arus ketinggalan terhadap tegangan,  $X_L > X_C$  atau beban bersifat induktif.

Tanda positif bila arus mendahului tegangan,  $X_L < X_C$  atau beban bersifat kapasitif.

### **Resonansi RLC Seri.**

Resonansi pada rangkaian RLC seri terjadi jika reaktansi sama dengan nol. Hal ini terjadi bila  $X_L = X_C$ . Frekuensi saat resonansi disebut  $f_0$ , maka :

$$\begin{aligned} X_L &= X_C \\ 2\pi f_0 L &= \frac{1}{2\pi f_0 C} \\ f_0 &= \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \end{aligned}$$

### **Faktor Kualitas J**

Faktor kualitas dalam rangkaian seri RLC adalah tegangan magnetisasi saat rangkaian beresonansi.

Pada saat resonansi arus maksimum :

$$I_m = \frac{V}{R}$$

Tegangan pada induktor atau kapasitor =  $I_m X_L$

Tegangan sumber adalah  $V = I_m R$

Jadi tegangan magnetisasi adalah sebagai berikut :

$$\frac{I_m X_L}{I_m R} = \frac{X_L}{R} = \frac{2\pi f_0 L}{R}$$

Faktor kualitas

$$Q = \frac{2pfoL}{R} \quad \text{di mana} \quad fo = \frac{1}{2p\sqrt{LC}}$$

Sehingga

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Faktor kualitas juga dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$Q = 2\pi \frac{\text{energi maksimal yang disimpan}}{\text{energi yang diserap dalam 1 perioda}}$$

Sedangkan lebar band :

$$\beta = \frac{w_0}{Q_0}$$

### Lembar Kerja

#### Alat dan bahan :

- |   |             |
|---|-------------|
| 1. Trafo isolasi 220 V / 220 V.....       | 1 buah      |
| 2. Fuction Generator / AFG .....          | 1 buah      |
| 3. Amperemeter AC .....                   | 1 buah      |
| 4. Voltmeter AC .....                     | 1 buah      |
| 5. Rheostat 500 $\Omega$ / 1 A.....       | 1 buah      |
| 6. Ballast lampu TL 20 watt / 220 V ..... | 1 buah      |
| 7. Decade Capasitor .....                 | 1 buah      |
| 8. Decade ilduktor .....                  | 1 buah      |
| 9. Saklar .....                           | 1 buah      |
| 10. Kabel penghubung .....                | secukupnya. |

#### Kesehatan dan Keselamatan Kerja :

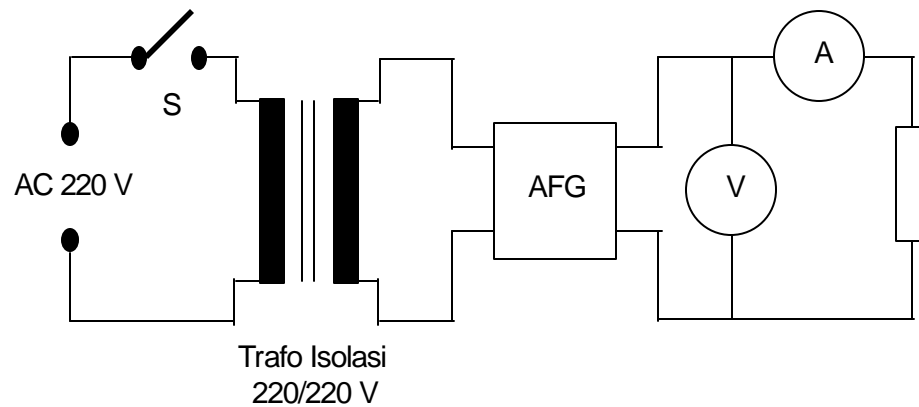
1. Jangan menghubungkan rangkaian ke sumber tegangan sebelum rangkaian benar.
2. Perhatikan batas ukur dari alat yang digunakan, jangan melebihi batas kemampuan.
3. Perhatikan kapasitas dari resistor, ballast, dan kapasitor.

4. Jangan membuat sambungan kabel yang terbuka.

### Percobaan I

#### Langkah kerja

1. Siapkan alat yang digunakan dalam percobaan ini.
2. Buatlah rangkaian seperti Gambar 13 di bawah ini.



Gambar 13. Rangkaian Percobaan

3. Setelah rangkaian benar hubungkan ke sumber tegangan dan tutuplah saklar S.
4. Atur frekuensi *function generator* hingga 50 Hz, atur keluaran sehingga 10 V p – p dan usahakan agar tegangan ini tetap selama percobaan.
5. Aturlah frekuensi seperti nilai dalam Tabel 4.
6. Catatlah besarnya arus setiap perubahan frekuensi.
7. Gantilah resistor dengan ballast kemudian ulangi langkah 3, 4 dan 5.
8. Gantilah ballast dengan kapasitor kemudian ulangi langkah 3, 4 dan 5.
9. Setelah percobaan I selesai lanjutkan percobaan berikutnya.

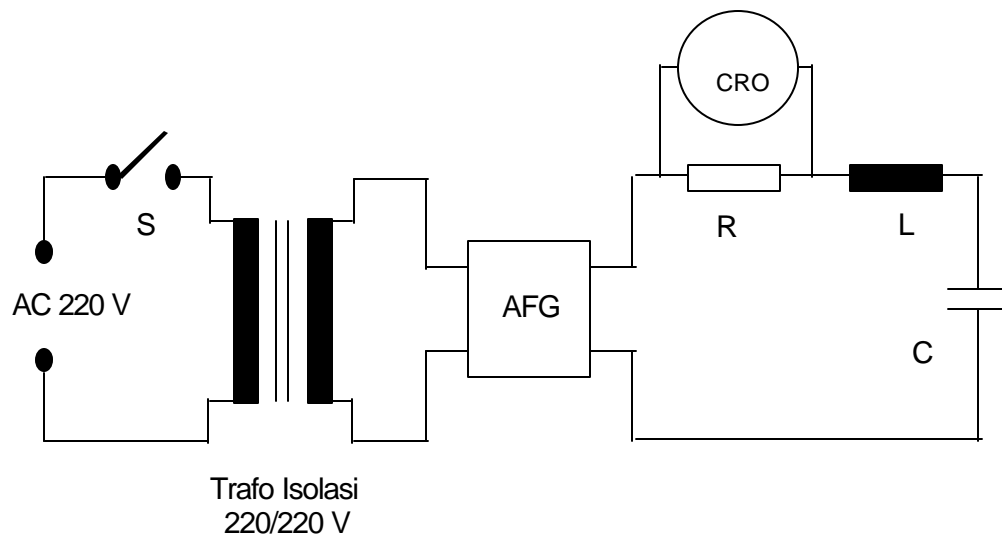
Tabel 4. Pengamatan Perubahan Arus Oleh Perubahan Frekuensi

Frekuensi (Hz)	Arus (ampere)		
	Resistor	Ballast	Kapasitor
50			
100			
200			
400			
500			
1000			

## Percobaan II

### Langkah kerja

1. Siapkan alat yang digunakan dalam percobaan ini.
2. Buatlah rangkaian seperti Gambar 14 di bawah ini.



Gambar 14. Rangkaian Percobaan

3. Setelah rangkaian benar, hubungkan dengan sumber tegangan dan tutup saklar S.
4. Aturlah keluaran CRO pada saat tanpa beban pada frekuensi 50 Hz, hubungkan beban ke *function generator*, kemudian atur frekuensi *function generator* dan amati tegangan pada CRO.



Carilah frekuensi pada *function generator* sehingga tegangan pada CRO menunjukkan harga tertinggi.

5. Bandingkan hasil pengukuran dengan analisa teori.
6. Setelah selesai semua. Hentikan kegiatan dan kembalikan peralatan yang digunakan ke tempat semula, kemudian buat kesimpulan dari keseluruhan percobaan tersebut.

### Lembar Latihan

1. Sebuah kumparan mempunyai resistansi  $80 \Omega$  dan induktor  $0,192 \text{ H}$  dipasang pada tegangan  $225 \text{ V}$ ,  $50 \text{ Hz}$ . Hitunglah :
  - a. Arus yang mengalir
  - b. Faktor daya
  - c. Daya aktif, reaktif dan daya semu.
2. Sebuah rangkaian seri jika dihubungkan dengan tegangan  $100 \text{ V}$  DC menyerap daya  $500 \text{ W}$  jika dihubungkan dengan  $100 \text{ V AC}$ ,  $50 \text{ Hz}$  menyerap daya  $200 \text{ watt}$ . Hitung besar resistensi dan induktansi.
3. Sebuah kapasitor  $10 \mu\text{F}$  diseri dengan resistor  $120 \Omega$  dan dipasang pada tegangan  $100 \text{ V}$ ,  $50 \text{ Hz}$ .  
Hitunglah :
  - a. Arus
  - b. Beda fasa antara arus dan tegangan.
  - c. Daya yang diserap
4. Hitunglah besar  $R$  dan  $C$  dari suatu rangkaian seri  $R - c$  yang dihubungkan dengan tegangan  $125 \text{ V}$ ,  $60 \text{ Hz}$ . Arus yang mengalir  $2,2 \text{ A}$  dan daya yang diserap  $96,8 \text{ watt}$  !
5. Hitunglah besar  $C$  agar lampu pijar  $750 \text{ watt}$ ,  $100 \text{ V}$  mendapat tegangan yang sesuai, bila lampu tersebut digunakan pada tegangan  $230 \text{ V}$ ,  $60 \text{ Hz}$  diseri dengan kapasitor. !

6. Hitunglah kapasitansi kapasitor, induktansi, dan resistansi, jika diketahui sebuah resistor, kapasitor dan induktor variabel diseri dan dihubungkan dengan sumber tegangan 200 V, 50 Hz. Arus maksimum 314 mA dan tegangan pada kapasitor 300 V !

### KEGIATAN BELAJAR 3

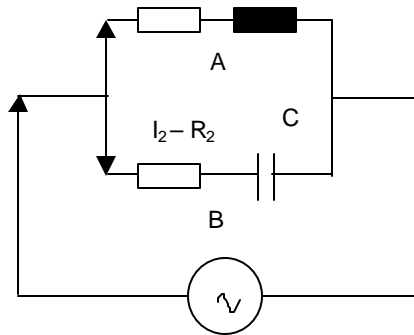
## RANGKAIAN PARALEL ARUS LISTRIK BOLAK-BALIK

### Lembar Informasi

Dalam rangkaian arus bolak-balik apabila beban diparalel maka untuk menganalisis rangkaian tersebut dapat diselesaikan dengan beberapa cara, antara lain :

#### 1. Metode Vektor

Misalkan rangkaian paralel terdiri dari dua cabang seperti Gambar 15 di bawah ini



Gambar 15. Rangkaian AC dengan Beban Diparalel.

Dari Cabang A diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$Z_1 = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

$$I_1 = \frac{V}{Z_1} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

$$\cos \phi_1 = \frac{R_1}{Z_1} \text{ atau } \phi_1 = \cos^{-1}\left(\frac{R_1}{Z_1}\right)$$

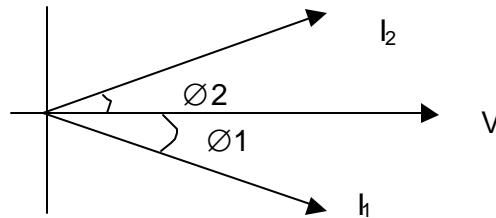
Dari cabang B diperoleh persamaan :

$$Z_2 = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

$$I_2 = \frac{V}{Z_2} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

$$\cos \phi_2 = \frac{R_2}{Z_2} \text{ atau } \phi_2 = \cos^{-1}\left(\frac{R_2}{Z_2}\right)$$

Pada cabang A arus ketinggalan terhadap tegangan dengan sudut  $\phi_1$ . Sedang pada cabang B arus mendahului tegangan dengan sudut  $\phi_2$  dan arus I merupakan jumlah vektor dari  $I_1$  dan dapat dijelaskan dengan Gambar 16 berikut ini.



Gambar 16. Gambar Vektor dari Rangkaian RLC Paralel.

Arus  $I_1$  dan  $I_2$  mempunyai komponen ke sumber X (komponen aktif) dan komponen ke sumber Y (komponen reaktif).

Jumlah komponen aktif  $I_1$  dan  $I_2 = I_1 \cos \phi_1 + I_2 \cos \phi_2$

Jumlah komponen reaktif =  $I_2 \sin \phi_2 - I_1 \sin \phi_1$

Sehingga arus total I

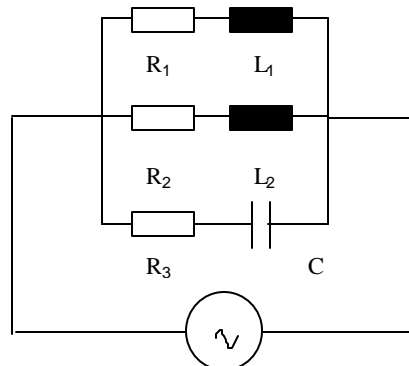
$$I = \sqrt{(I_1 \cos \phi_1 + I_2 \cos \phi_2)^2 + (I_2 \sin \phi_2 - I_1 \sin \phi_1)^2}$$

Sedangkan sudut fase antara V dan I

$$\phi = \tan^{-1} \frac{I_2 \sin \phi_2 - I_1 \sin \phi_1}{I_1 \cos \phi_1 + I_2 \cos \phi_2}$$

## 2. Metode Admitansi.

Rangkaian seperti Gambar 17 dapat dianalisis dengan metode admintasi.



Gambar 17. Rangkaian dengan Beban Paralel.

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_L^2}$$

$$Y_1 = \frac{1}{Z_1} = \sqrt{g_1^2 + (-b_1)^2}$$

$$Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_{L2}^2}$$

$$Y_2 = \frac{1}{Z_2} = \sqrt{g_2^2 + (-b_2)^2}$$

$$Z_3 = \sqrt{R^2 + X_C^2}$$

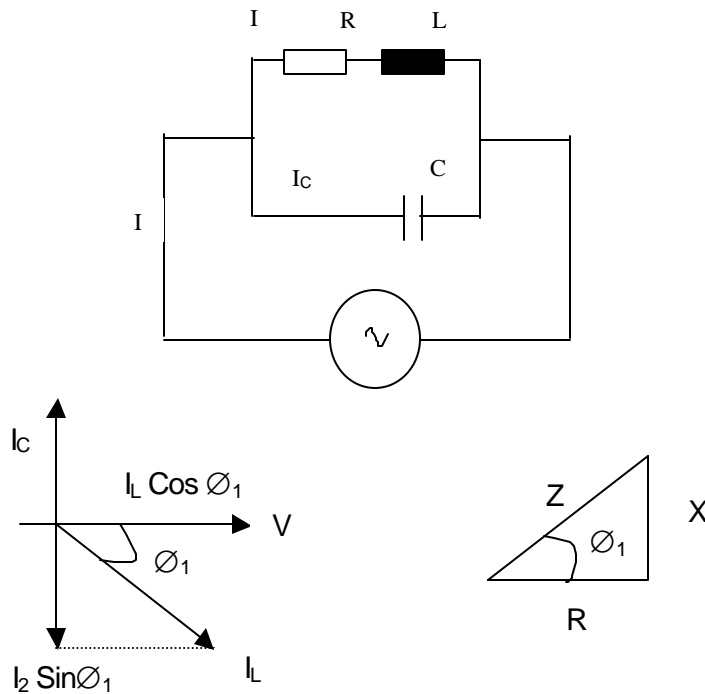
$$Y_3 = \frac{1}{Z_3} = \sqrt{g_3^2 + (b_3)^2}$$

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3$$

$$Z = \frac{1}{Y}$$

### Resonansi Pada Rangkaian Paralel

Jika rangkaian paralel dihubungkan dengan sumber yang frekuensinya berubah-ubah, maka pada frekuensi tertentu komponen arus reaktif jumlahnya akan nol. Pada kondisi ini rangkaian disebut beresonansi. Perhatikan Gambar 18 berikut ini.



Gambar 18. Rangkaian RLC Paralel dan Diagram Phasor.

Rangkaian beresonansi saat  $I_C - I_L \sin \phi = 0$

$$I_L \sin \phi = I_C$$

$$I_L = \frac{V}{Z} \sin \phi$$

$$= \frac{X_L}{Z}$$

$$I_C = \frac{V}{X_C}$$

$$\frac{V}{Z} \times \frac{X_L}{Z} = \frac{V}{X_C} \text{ atau } X_L \times X_C = Z^2$$

$$X_L = \omega L \quad \text{dan} \quad X_C = \frac{1}{\omega C} \quad \text{maka} \quad \frac{\omega L}{\omega C} = Z^2$$

$$\frac{L}{C} = R^2 + X_L^2$$

$$= R^2 + (2\pi f_0 L)^2$$

$$2\pi f_0 = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}} \quad \text{sehingga} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}$$

Jika R diabaikan maka frekuensi resonansi menjadi

$$f = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi} \text{ sama seperti Resonansi Seri.}$$

### Lembar Kerja

#### Alat dan bahan :

- |                                     |        |
|-------------------------------------|--------|
| 1. Variac.....                      | 1 buah |
| 2. Trafo isolasi 220 V / 220 V..... | 1 buah |
| 3. CRO.....                         | 1 buah |
| 4. Function generator (AFG) .....   | 1 buah |
| 5. Amperemeter AC .....             | 1 buah |
| 6. Wattmeter AC.....                | 1 buah |
| 7. Voltmeter AC.....                | 1 buah |
| 8. Lampu pijar.....                 | 1 buah |

- |                            |             |
|----------------------------|-------------|
| 9. Lampu TL .....          | 1 buah      |
| 10. Kapasitor .....        | 1 buah      |
| 11. Kabel penghubung ..... | secukupnya. |

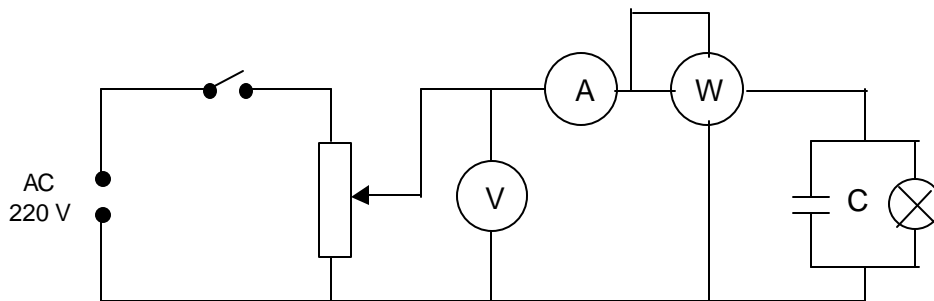
**kesehatan dan keselamatan kerja**

1. Jangan menghubungkan rangkaian ke sumber tegangan sebelum rangkaian benar.
2. Perhatikan batas ukur alat yang digunakan, hitunglah dulu arus, tegangan dan daya supaya tidak melebihi batas ukur alat yang digunakan.
3. Jangan membuat sambungan kabel terbuka.
4. Kalibrasi CRO dengan benar.
5. Letakkan alat ukur yang teratur dan rapi serta mudah diamati.
6. Kosongkan kapasitor yang telah dipakai dengan menggunakan resistor yang sesuai.

**Percobaan I**

**langkah kerja**

1. Siapkan alat dan bahan yang digunakan dalam percobaan ini.
2. Buatlah rangkaian seperti Gambar 19 di bawah ini.



Gambar 19. Rangkaian Percobaan

3. Setelah rangkaian benar hubungkan dengan sumber tegangan dan tutup saklar S.

4. Atur tegangan mulai dari nilai kecil sampai besarnya mendekati sama dengan tegangan kerja lampu dan kapasitor.
5. Catatlah arus dan daya setiap perubahan tegangan pada Tabel 5.
6. Gantilah lampu dan kapasitor dengan kapasitas yang lain, seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengamatan Arus dan daya Kapasitor.

V	C = 1,5 $\mu$ F L= 40 W		C = 3,25 L = 40 W	
	I	P	I	P
50				
100				
150				
200				
220				

7. Gantilah lampu pijar dengan lampu TL aturlah tegangan tetap 220 V.
8. Catatlah besar arus serta daya ke dalam Tabel 5.
9. Matikan sumber tegangan dan ganti kapasitor dengan yang lain sesuai dengan Tabel 6 di bawah.

Tabel 6. Pengamatan Arus dan Daya Lampu TL

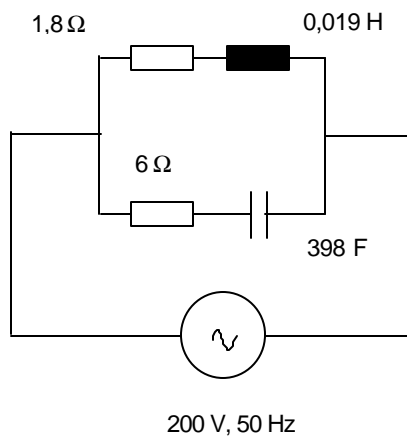
C ( $\mu$ F)	TL = 10 W		TL = 15 W		TL = 20 W	
	I	P	I	P	I	P
1,5						
3,25						
4,5						
6,5						
Tanpa C						



10. Bandingkan hasil pengukuran dengan teori dan tentukan besar kapasitor yang tepat untuk masing-masing lampu TL dengan menganalisa tegangan, arus dan daya tanpa C.

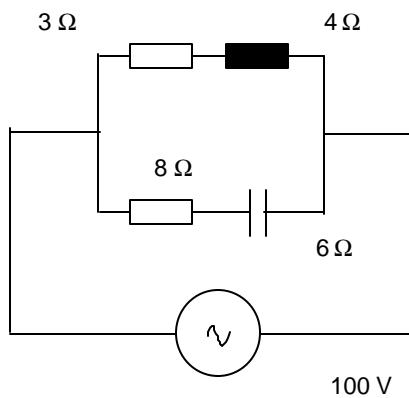
**Lembar latihan**

1. Sebuah kumparan mempunyai resistansi  $8 \Omega$  dan induktansi  $0,0191 \text{ H}$  diparalel dengan kapasitor  $398 \mu\text{F}$  dan resistansi  $6 \Omega$  serta dihubungkan dengan tegangan  $200 \text{ V}$ ,  $50 \text{ Hz}$ .



Hitunglah:

- Arus masing-masing cabang.
  - Daya masing-masing cabang
  - Arus total
  - Sudut fase antara arus dan tegangan
2. Hitunglah arus total dan faktor daya dari rangkaian di bawah ini !



3. Hitunglah frekuensi resonansi dari sebuah induktor yang mempunyai induktansi 0,25 H dan resistansi 50 ohm dan di paralel dengan kapasitor 4  $\mu\text{F}$

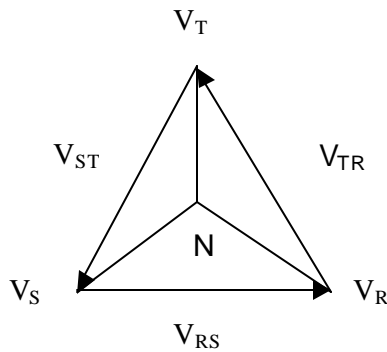
## KEGIATAN BELAJAR 4

### RANGKAIAN TIGA FASE

#### Lembar Informasi

#### Tegangan dan Arus pada Hubungan Bintang ( Y )

Tegangan sistem tiga fase hubungan bintang terdiri dari empat terminal salah satunya titik nol. Urutan fase ada yang menyebut RST , a b c , atau fase I , II , III. Dalam hubungan bintang sumber tegangan tiga fase ditunjukkan oleh Gambar 20 di bawah ini.



$$V_R = V_{ef} \angle 0$$

$$V_S = V_{ef} \angle -120^0$$

$$V_T = V_{ef} \angle +120^0$$

$V_R$ ,  $V_S$  dan  $V_T$  disebut dengan tegangan fase

$$V_{RS}$$

Gambar 20. Diagram Phasor Sambungan Bintang

Sedangkan  $V_{RS} = V_R - V_S$

$$V_{ST} = V_S - V_T$$

$$V_{TR} = V_T - V_R$$

Disebut dengan tegangan line ( $v_L$ )

$$V_L = V_{fase} \times \sqrt{3}$$

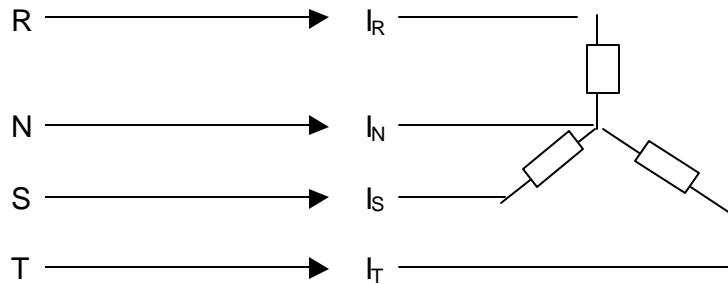
Berdasarkan gambar phasor di atas

$$V_{RS} = V_L \angle 30^0$$

$$V_{TR} = V_L \angle 150^0$$

$$V_{ST} = V_L \angle 90^0$$

Jika sumber tiga fase hubungan bintang dihubungkan dengan beban seimbang, sambungan bintang dapat digambarkan sebagai berikut ( Gambar 21).



Gambar 21. Hubungan Bintang dengan Beban Seimbang

Pada Hubungan Y – Y

$$V_L = V_f \times \sqrt{3} \quad I = I_f$$

Pada beban seimbang  $I_R + I_S + I_T = I_N = 0$

$$P = 3 \times V_f I_f \cos \phi$$

Daya total

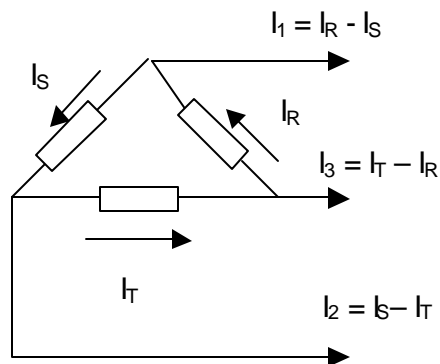
$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \quad I_f = I_L$$

sehingga

$$P = 3 \times \left( \frac{V_L}{\sqrt{3}} \right) \times I_L \times \cos \phi$$

**Arus dan Tegangan pada Sambungan Segitiga (  $\Delta$  )**

Sambungan segitiga dapat ditunjukkan oleh Gambar 22 di bawah.



Gambar 21. Sambungan Segitiga.

Pada sambungan segitiga

Tegangan line = tegangan fase

$$V_L = V_f$$

Arus line =  $\sqrt{3}$  arus fase

$$I_L = \sqrt{3} I_f$$

Jika beban seimbang besar arus line akan sama

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_L$$

tetapi sudut fase berbeda  $120^\circ$  listrik.

### Daya pada sambungan segitiga

Daya setiap fase

$$P_f = V_f I_f \cos \phi$$

Daya total

$$P = 3 \times V_f I_f \cos \phi$$

karena  $V_f = V_L$        $I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$  maka

$$P = \sqrt{3} V_f I_f \cos \phi$$

### Lembar Kerja

#### Alat dan Bahan :

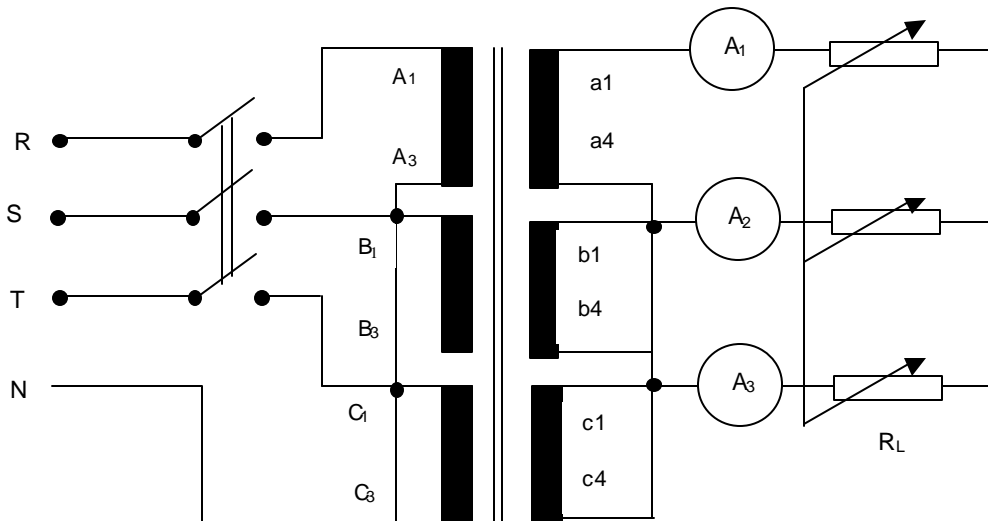
- |   |            |
|---|------------|
| 1. Multimeter .....   | 1 buah     |
| 2. Amperemeter AC .....   | 4 buah     |
| 3. Transformator 3 phase .....                                  | 1 buah     |
| 4. Rheostat $500 \Omega / 1,1 \text{ A}$ .....                  | 1 buah     |
| 5. Loading Resistor $300 \Omega / 5 \text{ A}$ .....            | 1 buah     |
| 6. Saklar 3 phasa .....   | 1 buah     |
| 7. Capacitor non polar $3,25 \mu\text{F} / 250 \text{ V}$ ..... | 1 buah     |
| 8. Box dan kabel penghubung .....                               | secukupnya |

### Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Jangan menghubungkan rangkaian ke sumber tegangan sebelum rangkaian benar.
2. Perhatikan batas ukur alat yang digunakan, hitunglah dulu arus, tegangan dan daya supaya tidak melebihi batas ukur alat yang digunakan.
3. Jangan membuat sambungan kabel terbuka.
4. Letakkan alat ukur yang teratur dan rapi serta mudah diamati.
5. Hati-hatilah dalam melaksanakan praktik.

### Langkah Kerja

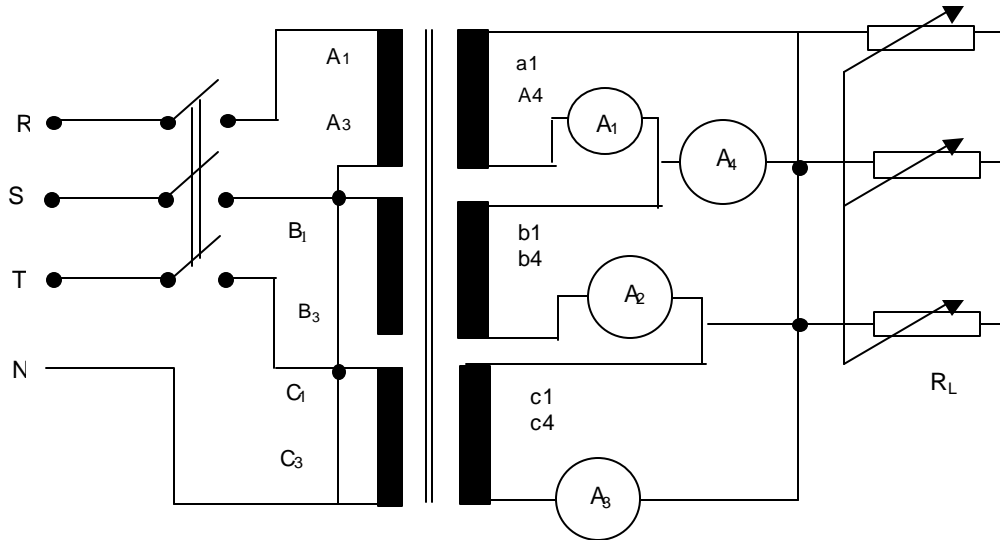
1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam percobaan ini.
2. Buatlah rangkaian seperti Gambar 22 di bawah ini.



Gambar 22. Rangkaian Percobaa

3. Letakkan posisi R pada harga maksimum ( 300 ohm).
4. Setelah rangkaian benar, hubungkan ke sumber tegangan 3 phasa.kemudian aturlah beban  $R_L$  hingga diperoleh arus  $I_1$  sebesar 0,5 A.
5. Catatlah penunjukkan amperemeter yang lain ke dalam Tabel 7.

6. Matikan sumber tegangan dan gantilah rangkaian pada sisi sekundernya seperti Gambar 23 di bawah ini tanpa merubah beban.



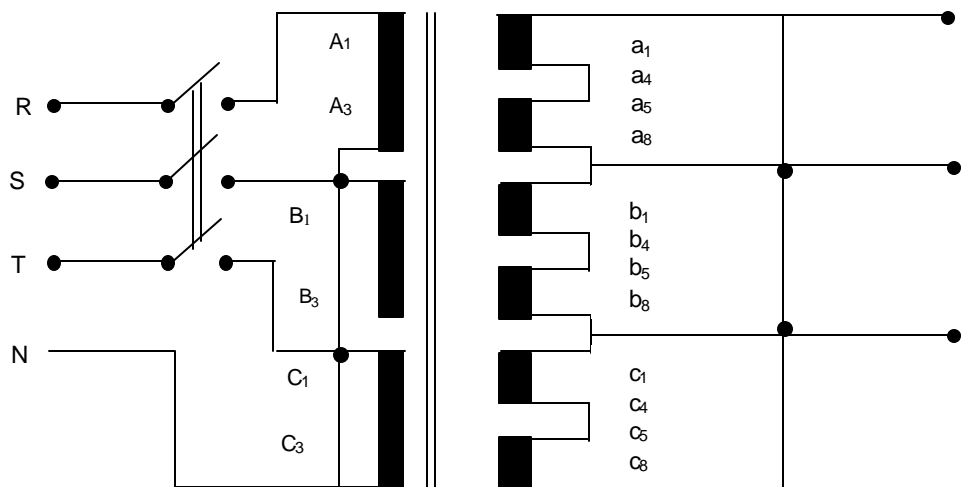
Gambar 23. Rangkaian Percobaan.

7. Setelah rangkaian benar, hubungkan ke sumber tegangan 3 phasa.  
 8. Catatlah penunjukkan masing-masing amperemeter ke dalam Tabel 7.

Tabel 7. Pengamatan Arus

Percobaan I		Percobaan II			
$I_2$ (A)	$I_3$ (A)	$I_1$ (A)	$I_2$ (A)	$I_3$ (A)	$I_4$ (A)

9. Matikan sumber tegangan dan gantilah rangkaian pada sisi sekundernya dengan rangkaian seperti Gambar 24 di bawah ini.  
 10. Setelah rangkaian benar, hubungkan ke sumber tegangan 3 phasa.



Gambar 24. Rangkaian Percobaan

11. Ukurlah tegangan sesuai dengan Tabel 8. dan masukkan data yang anda peroleh ke Tabel 8.

Sambungan	Tegangan (V)
a. $U_{a1 - a8}$	
b. $U_{b1 - b8}$	
c. $U_{c1 - c8}$	
d. $U_{a8 - b8}$	
e. $U_{a8 - c8}$	
f. $U_{b8 - c8}$	

12. Setelah selesai semua, matikan sumber tegangan, kemudian lepas semua rangkaian dan kembalikan semua alat dan bahan yang digunakan ke tempat semula dengan rapi.

13. Buatlah kesimpulan dari percobaan di atas.

**Lembar Latihan**

1. Bagaimanakah hubungan antara tegangan phasa dengan tegangan line dari data yang diperoleh ?



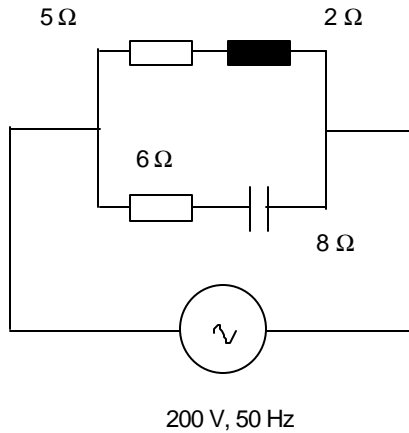
2. Bagaimanakah hubungan antara arus phasa dengan arus line untuk percobaan di atas ?
3. Sumber tegangan tiga fase hubungan bintang dengan tegangan line 400 V dihubungkan dengan beban seimbang sambungan bintang yang setiap fase terdiri dari  $R = 40 \Omega$  dan  $X_L = 30 \Omega$ .  
Hitunglah :
  - a. Arus line
  - b. Total daya yang diserap
4. Tiga buah kumparan yang sama masing–masing mempunyai resistansi  $20 \Omega$  dan induktansi 5 H
  - a. Hitunglah arus dan daya yang diserap jika kumparan disambung bintang dan dihubungkan dengan tegangan tiga fase dengan tegangan line 400 V, 50 Hz. !
  - b. Hitunglah arus dan daya yang diserap jika kumparan disambung segitiga.

## LEMBAR EVALUASI

### A. Pertanyaan

1. Suatu sumber tegangan mempunyai persamaan sebagai berikut  $v = 311 \sin 314 t$ . jika sumber tegangan tersebut diukur dengan multimeter, berapa besar tegangan yang ditunjukkan multimeter ?
2. Hitunglah arus dari sumber tegangan  $v = 311 \sin 314 t$  yang dihubungkan dengan tahanan 100 ohm serta tentukan beda fase antara arus dan tegangan !
3. Hitunglah arus yang mengalir dan beda fase antara arus dengan tegangan dari sumber tegangan  $v = 311 \sin 314 t$  yang dihubungkan dengan kapasitor 3,25  $\mu\text{F}$  !
4. Sebuah sumber tegangan  $v = 100 \sin 314 t$  diberi beban kapasitor, arus yang mengalir 0,4 ampere, hitunglah kapasitansi dari kapasitor !
5. Sebuah kumparan mempunyai resistansi 10 ohm dan induktansi 0,125 H. Jika kumparan dihubungkan dengan sumber tegangan 220 V, 25 Hz. Hitunglah impedansi, arus yang mengalir, dan daya yang diserap serta faktor daya !
6. Hitunglah resistansi dan induktansi sebuah kumparan yang dihubungkan dengan tegangan 250 v, 50 Hz dan mengalirkan arus 10 A serta faktor daya 0,8 !
7. Sebuah rangkaian seri terdiri dari  $R = 10 \text{ Ohm}$ ,  $L = 100\text{mH}/\pi$ ,  $C = 500 \mu\text{F}/\pi$ . Hitunglah
  - a. Arus yang mengalir jika diberi tegangan 100 V, 50 Hz.
  - b. Faktor daya rangkaian.
  - c. Frekuensi yang menghasilkan resonansi.
8. Rangkaian seri terdiri dari  $R = 15 \text{ ohm}$ ,  $L = 4 \text{ H}$  dan  $C = 25\mu\text{F}$ .  
Dihubungkan dengan tegangan 230 V. Hitunglah!
  - a. Frekuensi resonansi
  - b. Arus pada saat resonansi

9. Hitunglah arus total dan faktor daya dari rangkaian di bawah ini !



10. Sebuah sumber tiga fase yang mempunyai tegangan 400 V dihubungkan dengan beban tiga fase hubungan bintang yang tiap fase terdiri dari  $R = 4\Omega$  dan  $X_L = 3\Omega$ . Hitunglah arus jaringan dan daya yang diserap!

**B. Kriteria Kelulusan**

Kriteria	Skor (1 – 10)	Bobot	Nilai	keterangan
Nomor Soal :				
▪ 1		1		WL (Wajib Lulus) $\geq 70$
▪ 2		1		
▪ 3		1		
▪ 4		1		
▪ 5		1		
▪ 6		1		
▪ 7		1		
▪ 8		1		
▪ 9		1		
▪ 10		1		
		<b>Nilai akhir</b>		

## LEMBAR KUNCI JAWABAN

### Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 1

1. Banyak putaran generator setiap detik adalah

$$F = \frac{PN}{120}$$

$$N = \frac{120f}{P} = \frac{120 \times 50}{20} = 300 \text{ rpm}$$

2. Penunjukan voltmeter adalah sebagai berikut :

Tegangan puncak – puncak ( $V_{p-p}$ ) = 200 volt

$$\text{Tegangan maksimum ( } V_m) = \frac{V_{p-p}}{2} = \frac{200}{2} = 100 \text{ volt}$$

$$\text{Tegangan Efektif ( } V) = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{100}{\sqrt{2}} = 70,7 \text{ volt}$$

3. Arus yang mengalir pada lampu dan tahanan lampu adalah :

Lampu pijar menyerap daya 100 watt (bila dipasang pada tegangan nilai tengah dari tegangan yang tercantum). Karena lampu sudah dipasang pada nilai tengah maka daya lampu adalah 100 watt

$$P = VI$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{100}{225} = 0,44 \text{ A}$$

Arus yang mengalir pada lampu = 0,44 A

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$= \frac{V^2}{P} = \frac{225^2}{100} = 506,25 \Omega$$

Jadi tahanan lampu pijar pada tegangan 225 v adalah 506,25  $\Omega$

4. Arus dan tahanan elemen adalah :

Sebelum elemen putus.

$$P = VI$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{900 \text{ watt}}{225 \text{ volt}} = 4 \text{ A}$$

∴ Arus pada kompor = 4 A

$$P = VI \quad I = \frac{V}{R}$$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(225)^2}{900} = 56,25 \Omega$$

∴ Tahanan elemen pemanas = 56,25 Ω

setelah putus dan disambung

$$R = \frac{4,8}{5} \times 56,25 = 55 \Omega$$

∴ Besar tahanan kompor 55 Ω

$$I = \frac{V}{R} = \frac{225}{55} = 4,1 \text{ A}$$

∴ Arus pada kompor = 4,1 A

$$P = VI = 225 \times 4,1 = 92,5 \text{ watt}$$

∴ daya pada kompor menjadi 92,5 watt

5. Arus dan daya yang diserap oleh kapasitor adalah

Kapasitor ekivalen dari susunan seri.

$$C = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} = \frac{60 \times 40}{60 + 40} = 24 \mu\text{F}$$

Besar reaktansi

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 24 \times 10^{-6}}$$
$$= \frac{10^6}{2\pi \times 50 \times 24} = 132,7 \Omega$$

$$I = \frac{V}{X_c} = \frac{220}{132,7} = 1,67$$

arus yang mengalir = 1,67 A

daya yang diserap kapasitor = 0

### Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 2

$$6. X_L = 2\pi f L = 2\pi \times 50 \times 0,192 = 60\pi$$

$$Z = \sqrt{80^2 + 60^2} = 100\pi$$

$$I = \frac{V}{S} = \frac{225}{100} = 2,25$$

Arus yang mengalir 2,25 Ampere

$$\text{Faktor daya} = \cos \varnothing = \frac{R}{Z} = \frac{80}{100} = 0,8$$

$$\text{Daya aktif (P)} = I^2 R = 2,25^2 \times 80 = 405 \text{ awtt}$$

$$\text{Daya semu (S)} = VI = 225 \times 2,25 = 506,25 \text{ VA}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya reaktif (Q)} &= \sqrt{S^2 - P^2} \\ &= \sqrt{506,2^2 - 405^2} = \end{aligned}$$

### 7. Besar resistensi dan induktansi

dihubungkan 100 V DC

$$I = \frac{P}{V} = \frac{500}{100} = 5 \text{ A}$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{100}{5} = 20\Omega$$

Dihubungkan 100 V AC, 50 Hz

$$P = I^2 R \quad I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{200}{20}} = 3,16$$

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{100}{3,16} = 31,64\Omega$$

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

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{31,64^2 - 20^2} = 24,5\Omega$$

$$X_L = 2\pi fL$$

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} = \frac{24,5}{2\pi \times 50} = 78 \text{ mH}$$

8. Penyelesaian :

$$X_C = \frac{1}{2\text{pf}C} = \frac{10^6}{2\text{p} \times 50 \times 10} = 318,3\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{120^2 + 318,3^2} = 340 \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{100}{340} = 0,294 \text{ A}$$

a. Arus yang mengalir = 0,294 A

$$\text{Tg } \phi = \frac{-X_C}{R} = \frac{318,3}{120}$$

$$\phi = \text{tg}^{-1} \left( \frac{318,3}{120} \right) = 69,20^\circ$$

b. Beda fasa antara arus dan tegangan = 69,20 °

c. Daya yang diserap

$$P = I^2 R = (0,294)^2 \times 120 = 10,4 \text{ watt}$$

9. Besar R dan C adalah

$$P = I^2 R$$

$$R = \frac{P}{I^2} = \frac{96,8}{(2,2)^2} = 20 \Omega$$

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{125}{2,2} = 56,82 \Omega$$

$$X_C = \sqrt{Z^2 - R^2} = \sqrt{(56,82)^2 - 20^2} = 53,2 \Omega$$

$$X_C = \frac{1}{2\text{pf}C}$$

$$C = \frac{1}{2\text{pf}X_C} = \frac{1}{6,28 \times 60 \times 53,2} = 0,00005 \text{ F} = 50 \mu\text{F}$$

10. Besar C agar lampu mendapat tegangan yang sesuai adalah :

$$V = \sqrt{V^2 - V_R^2}$$
$$= 207,1 \text{ V}$$

Arus pada lampu :

$$I = \frac{P}{V} = \frac{750}{100} = 7,5 \text{ A}$$

$$C = \frac{1}{\omega V_C} = \frac{7,5}{6,28 \times 60 \times 207,1} = 96 \mu\text{F}$$

Jadi kapasitor yang diperlukan adalah 98  $\mu\text{F}$

11. kapasitansi kapasitor, induktansi, dan resistansi adalah

Saat resonansi, arus maksimum sama dengan  $\frac{V}{R}$

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

$$R = \frac{V}{I} = 637 \text{ ohm}$$

Saat resonansi, tegangan induktor dan kapasitor sama.

$$V_C = I X_C$$

$$X_C = \frac{V_C}{I} = \frac{300}{314 \cdot 10^{-3}} \quad \text{di mana} \quad X_C = \frac{1}{2\pi f_0 C}$$

$$\text{Maka } \frac{300}{314 \cdot 10^{-3}} = \frac{1}{314 C}$$

$$C = \frac{1}{300 \times 10^3}$$

$$= 3,33 \mu\text{F}$$

$$X_L = \frac{V_L}{I} = \frac{300}{314 \cdot 10^{-3}} \quad \text{di mana} \quad X_L = 2\pi f_0 L$$

$$L = \frac{300}{314 \times 314 \times 10^{-3}} = 3,04 \text{ H}$$

### Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 3

1. Penyelesaian :

a. Cabang I

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \times 50 \times 0,0191 = 6\Omega$$

$$Z_1 = \sqrt{R_1^2 + X_L^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10\Omega$$



$$I_1 = \frac{V}{Z_1} = \frac{200}{10} = 20 \text{ A}$$

Arus I ketinggalan terhadap tegangan dengan sudut

$$\cos \phi^{-1} = \frac{R_1}{Z_1} = \cos^{-1}\left(\frac{8}{10}\right) = 36,520$$

$$\cos \phi = 0,8$$

$$\sin \phi = 0,6$$

b. Cabang II

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2\pi \times 50 \times 398 \times 10^{-6}} = 8 \Omega$$

$$Z_2 = \sqrt{R_1^2 + X_C^2} = \sqrt{6^2 + 8^2} = 10 \Omega$$

$$I_2 = \frac{V}{Z_2} = \frac{200}{10} = 20 \text{ A}$$

$$\text{Arus yang mendahului } V \text{ dengan sudut } \cos \phi_2 = \frac{R}{Z} = \frac{6}{10} = 0,6$$

$$Q_2 = \sin \phi_2 = \frac{X_C}{Z} = \frac{8}{10} = 0,8$$

c. Daya pada masing-masing cabang.

$$P_1 = I_1^2 R_1 = 20^2 \cdot 8 = 3200 \text{ Watt} = 3,2 \text{ kW}$$

$$P_2 = I_2^2 R_2 = 20^2 \cdot 6 = 2400 \text{ Watt} = 2,4 \text{ kW}$$

d. Arus total

$$\text{Komponen aktif} = I_1 \cos \phi_1 + I_2 \cos \phi_2 = 20 \cdot 0,8 + 20 \cdot 0,6 = 28$$

$$\text{Komponen reaktif} = I_1 \sin \phi - I_2 \sin \phi_2 = 20 \cdot 0,8 - 20 \cdot 0,6 = 4$$

$$I_{\text{Total}} = \sqrt{28^2 + 4^2} = 28,3 \text{ A}$$

e. Sudut fase

$$\phi = \text{Tg}^{-1} \frac{4}{28} = \dots$$

2. Arus total dan faktor daya dari rangkaian tersebut :

$$g_1 = \frac{R_1}{R_1^2 + X_1^2} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,12 \text{ mho}$$

$$b_1 = \frac{X_1}{R_1^2 + X_1^2} = \frac{4}{3^2 + 4^2} = 0,16 \text{ mho}$$

$$g_2 = \frac{R_2}{R_2^2 + X_2^2} = \frac{8}{8^2 + 6^2} = 0,08 \text{ mho}$$

$$b_2 = \frac{X_2}{R_2^2 + X_2^2} = \frac{6}{8^2 + 6^2} = 0,06 \text{ mho}$$

$$G = g_1 + g_2 = 0,12 + 0,08 = 0,20 \text{ mho}$$

$$b = b_1 + b_2 = -0,16 + 0,06 = -0,10 \text{ mho}$$

$$Y = \sqrt{G^2 + B^2}$$

$$Y = \sqrt{0,2^2 + 0,1^2} = 0,223 \text{ mho}$$

$$I = VY = 100 \times 0,223 \text{ A}$$

$$\text{Arus total} = 22,3 \text{ A}$$

$$\text{Faktor Daya } \cos \phi = \frac{G}{Y} = \frac{0,2}{0,223} = 0,9$$

3. Frekuensi resonansi :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{0,25 \times 4 \times 10^{-6}} - \frac{50^2}{0,25^2}}$$

$$= 156 \text{ Hz}$$

#### Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 4

1. Hubungan antara tegangan fasa dan tegangan line

a. Sambungan bintang =  $V_{\text{line}} = V_{\text{fasa}} \sqrt{3}$

b. Sambungan segitiga =  $V_{\text{line}} = V_{\text{fasa}}$

2. Hubungan antara arus fasa dan arus line

a. Sambungan bintang =  $I_{\text{line}} = I_{\text{fasa}}$

b. Sambungan segitiga =  $I_{\text{line}} = I_{\text{fasa}}$

3. Penyelesaian :

$$\begin{aligned}Z_f &= \sqrt{R^2 + X_L} \\&= \sqrt{40^2 + 30^2} \\&= 50\Omega\end{aligned}$$

$$\cos\phi = \frac{R}{Z} = \frac{40}{50} = 0,8$$

$$V_L = 400\text{ V}$$

$$V_f = \frac{400}{\sqrt{3}}\text{ V}$$

$$\begin{aligned}I_f &= \frac{V_f}{Z_f} \\&= \frac{400/\sqrt{3}}{50} = \frac{80}{\sqrt{3}}\text{ A}\end{aligned}$$

$$I_L = \frac{8}{\sqrt{3}}\text{ A}$$

$$\begin{aligned}P &= \sqrt{3} V_L I_L \cos\phi \\&= \sqrt{3} \cdot 400 \cdot \frac{8}{\sqrt{3}} \cdot 0,8 \\&= 2560\text{ watt}\end{aligned}$$

4.  $R_{\text{fase}} = 20\ \Omega$

$$X_L = 2\pi fL = 2\pi \times 50 \times 0,5 = 157\ \Omega$$

$$Z_{\text{fase}} = \sqrt{20^2 + 157^2} = 158,2\ \Omega$$

$$\cos\phi = \frac{R_{\text{fase}}}{Z_{\text{fase}}} = \frac{20}{158,2} = 0,1264$$

a. Hubungan Bintang

$$V_{\text{fase}} = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 231\text{ V}$$

$$= \frac{V_{\text{fase}}}{Z_{\text{fase}}} = \frac{231}{158,2} = 1,46\text{ A} \quad I_L = 1,46\text{ A}$$

Daya yang diserap

$$P = \sqrt{3} \times 400 \times 1,46 \times 0,1264 \\ = 127,8 \text{ Watt}$$

b. Hubungan segi tiga

$$V_{\text{fase}} = V_2 = 400 \text{ V} \quad Z_{\text{fase}} = 158,2 \Omega$$

$$I_{\text{fase}} = \frac{V_{\text{fase}}}{Z_{\text{fase}}} = \frac{400}{158,2}$$

$$I = \sqrt{3} I_{\text{fase}} = \frac{820}{2,158} \times \frac{400}{158,2} = 4,38 \text{ A}$$

Daya yang diserap

$$P = \sqrt{3} V_L I \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 400 \times 4,38 \times 0,1264$$

$$P = 383,4 \text{ Watt}$$

Arus hubungan segitiga 3 kali hubungan bintang daya yang diserap hubungan segitiga 3 kali daya yang diserap hubungan bintang.

### Kunci Jawaban Lembar Evaluasi

1. Tegangan yang ditunjukkan oleh multimeter adalah 220 V
2. Besar arus adalah 2,2 Ampere dan beda fasa antara arus dan tegangan adalah  $0^\circ$
3. Arus yang mengalir adalah 0,225 A, beda fasa arus dan tegangan adalah  $90^\circ$  arus mendahului.
4. Kapasitansi dari kapasitor adalah 36  $\mu\text{F}$
5. Impedansi = 22  $\Omega$   
Arus yang mengalir = 10 A  
Daya yang diserap = 1000 W  
Faktor daya = 0,4545
6. Resistansi kumparan = 20  $\Omega$

Induktansi kumparan = 0,048 H.

7. Arus yang mengalir jika diberi tegangan 100 V, 50 Hz = 7,07 A

Faktor daya rangkaian = 0,707

Frekuensi yang menghasilkan resonansi = 70,71 Hz

8. Frekuensi resonansi = 15,9 Hz

Arus pada saat resonansi = 15,33 A

9. Arus total = 46,5 A

Faktor daya = 0,9987

10. Arus jaringan =  $\frac{80}{\sqrt{3}}$  A

Daya yang diserap = 25.600 Watt.

## DAFTAR PUSTAKA

Edminister, Joseph A, Ir Soket Pakpahan, *Teori dan soal-soal Rangkaian Listrik*, Erlangga, Jakarta, 1988.

Hayat, William H, Kemmerly, Jack E, Pantur Silaban PhD, *Rangkaian Listrik jilid I*, Erlangga, Jakarta 1982.

Hayat, William H, Kemmerly, Jack E, Pantur Silaban PhD, *Rangkaian Listrik jilid II*, Erlangga, Jakarta 1982.

Theraja, *Fundamental of Electrical Engineering and Electronics*, S Chand & Co (PUT) LTD, New Delhi, 1976.