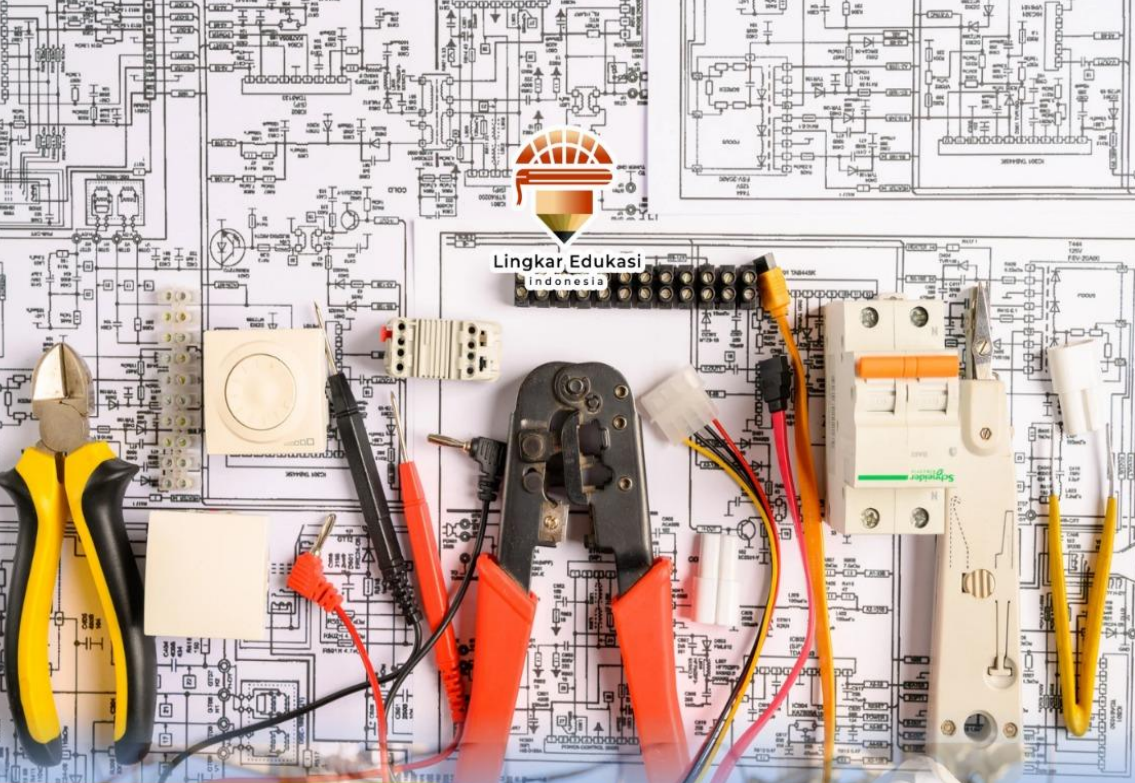




Lingkar Edukasi
Indonesia

Rosalina, S.T., M.T.

PENGANTAR ANALISA RANGKAIAN

Teori Singkat Dan Latihan Soal Untuk
Mahasiswa Fakultas Teknik

PENGANTAR ANALISA RANGKAIAN

**Teori Singkat Dan Latihan Soal Untuk Mahasiswa Fakultas
Teknik**

Penulis:

Rosalina, S.T., M.T.



Lingkar Edukasi
Indonesia

LINGKAR EDUKASI INDONESIA

PENGANTAR ANALISA RANGKAIAN

**Teori Singkat Dan Latihan Soal Untuk Mahasiswa Fakultas
Teknik**

Penulis:

Rosalina, S.T., M.T.

Editor: Weni Yuliani, S.Si., M.M., C.Ed

Penyunting: Rahmi, S.Pd.

Desain Sampul dan Tata Letak: Diana Fitri, S.Ds., M.Sn.

Diterbitkan oleh:

Lingkar Edukasi Indonesia
Anggota IKAPI No. 058/SBA/2024
Kolam Jariah, Nagari Kudu Ganting
Kec. V Koto Timur, Kabupaten Padang Pariaman
Email: lingkaredukasiindonesia.id@gmail.com
Website: www.lingkaredukasiindonesia.com

ISBN: 978-634-288-117-0

Cetakan pertama, April 2026

© Hak cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang keras memperbanyak, memfotokopi, Sebagian atau seluruh
isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Pendidikan adalah pembelajaran, pengetahuan, keterampilan dan kebiasaan sekelompok orang yang diturunkan dari satu generasi ke generasi berikutnya melalui pengajaran, pelatihan atau penelitian. Pendidikan sering terjadi dibawah bimbingan orang lain tetapi juga memungkinkan secara otodidak. Buku ajar pendidik harus melengkapi dengan teori yang menarik disertai dengan gambar, contoh soal, jawaban soal serta soal tugas untuk menguji penguasaan materi anak didik. Buku ini penulis beri judul “Pengantar Analisa Rangkaian: Teori Singkat Dan Latihan Soal Untuk Mahasiswa Fakultas Teknik” penulis dibantu banyak pihak baik secara langsung ataupun tidak langsung, maka dalam kesempatan ini izinkan penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan dari rekan-rekan tenaga pengajar dosen yang telah memberikan dukungannya dalam penyelesaian penulisan buku ini dan juga penulis ucapkan terima kasih kepada penerbit Lingkar Edukasi Indonesia.

Harapan penulis buku ini akan bermanfaat bagi pembaca. Akhirnya penulis mengharapkan saran dan masukan untuk perbaikan buku ini.

Jakarta, April 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL	vi
DESKRIPSI MATA KULIAH	1
BAB 1 DASAR-DASAR RANGKAIAN LISTRIK.....	2
A. Definisi	2
B. Jenis Rangkaian Listrik.....	3
C. Resistor	5
D. Kapasitor	6
E. Induktor	7
F. Arus	9
G. Tegangan	11
H. Energi.....	12
I. Daya	14
J. Prefix dalam SI (Sistem satuan Internasional)	14
K. Latihan Soal.....	15
L. Rangkuman	17
BAB 2 RANGKAIAN RESISTIF SEDERHANA	21
A. Hukum Ohm	21
B. Kirchof 1 (<i>Kirchoff Current Law</i> = KCL)	22
C. Hukum Kirchoff II (<i>Kirchoff Voltage Law</i> = KVL).....	23
D. Hubungan Seri sebagai Pembagi Tegangan	24
E. Hubungan Paralel sebagai Pembagi Arus	25

F.	Latihan Soal	25
G.	Rangkuman	28
BAB 3 BILANGAN KOMPLEK		32
A.	Definisi	32
B.	Bilangan Komplek Bentuk Rectangular (Persegi)	33
C.	Bilangan Komplek Bentuk Polar (Sudut)	34
D.	Bentuk Eksponen dan Trigonometri	35
E.	Bentuk Konjugate (Lawan) Bilangan Komplek.....	36
F.	Aljabar Bilangan Komplek	37
G.	Konversi diantara Bentuk Bilangan Komplek.....	39
H.	Latihan Soal	41
I.	Rangkuman	42
BAB 4 ARUS DAN TEGANGAN TUKAR SINUSOIDA		47
A.	Gelombang Sinusoidal	47
B.	Arus dan Tegangan Gelombang Sinusoidal	48
C.	Impedansi dan Admitansi	49
D.	Sudut Phasa	50
E.	Soal Latihan.....	52
F.	Rangkuman	55
BAB 5 LANJUTAN ARUS DAN TEGANGAN TUKAR SINUSOIDA		58
A.	Rangkaian Seri RL	58
B.	Rangkaian Seri RC.....	60
C.	Rangkaian Seri RLC.....	62
D.	Rangkaian Paralel RL.....	64
E.	Rangkaian Paralel RC	66
F.	Rangkaian Paralel RLC.....	67
G.	Latihan Soal	69

H. Rangkuman	74
DAFTAR PUSTAKA.....	77
BIODATA PENULIS.....	79

DAFTAR GAMBAR

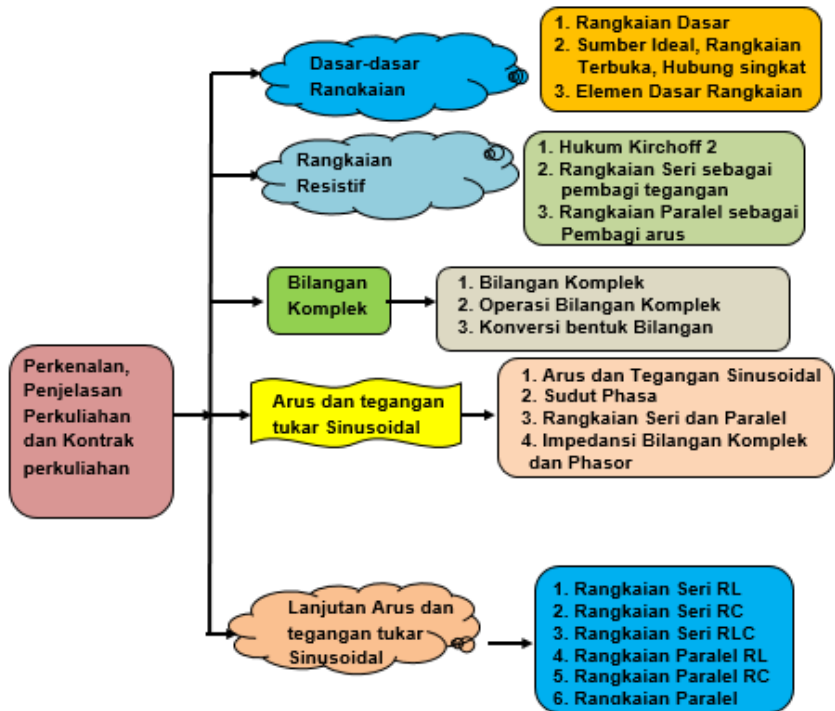
Gambar 1. 1 Komponen listrik pasif dan aktif	5
Gambar 1. 2 Arus Listrik DC dan AC	11
Gambar 1. 3 Potensial Listrik.....	11
Gambar 1. 4 Beda Potensial Titik A dan B (V_{AB}).....	12
Gambar 1. 5 Menyerap energy dan Mengirim energy.....	13
Gambar 2. 1 Hukum Ohm.....	22
Gambar 2. 2 Hukum Kircoff 1	22
Gambar 2. 3 Hukum Kirchoff II	23
Gambar 2. 4 Hubungan Seri Resistor sebagai pembagi tegangan.....	24
Gambar 2. 5 Hubungan Paralel Resistor	25
Gambar 3. 1 Garis bilangan Real	33
Gambar 3. 2 Garis bilangan Imajiner	33
Gambar 3. 3 Kurva dalam bentuk bilangan kompleks	34
Gambar 3. 4 Contoh penggambaran bilangan kompleks dalam kurva rectaguler	34
Gambar 3. 5 Kurva dalam bentuk bilangan kompleks polar.....	35
Gambar 3. 6 Contoh bilangan Komplek dan Konjugatonya.....	36
Gambar 4. 1 Fungsi Sinusoida $v(t)=V_m \sin \omega t$ yang diplot dalam ωt dan t	48

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Macam-macam Resistor	6
Tabel 1. 2 Macam – macam Kapasitor.....	7
Tabel 1. 3 Macam-macam Induktor	9
Tabel 1. 4 Sistem SI.....	14
Tabel 4. 1 Tegangan pada elemen murni jika arus adalah sinusoidal	49
Tabel 4. 2 Arus pada elemen murni jika tegangan adalah sinusoidal	49

DESKRIPSI MATA KULIAH

Peta Kompetensi

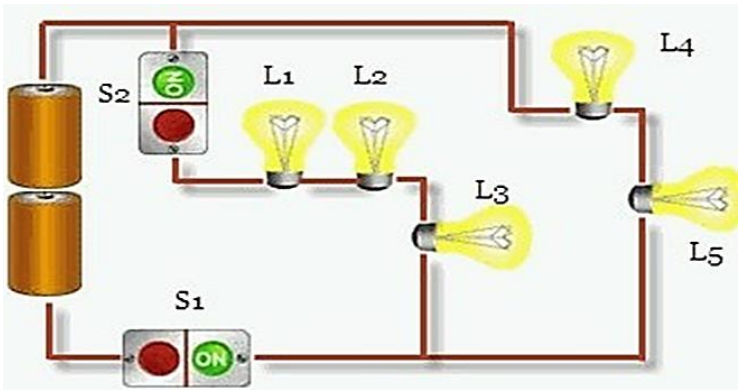


BAB 1

DASAR-DASAR RANGKAIAN LISTRIK

Metode Pembelajaran	Estimasi waktu	Capaian pembelajaran
• Kuliah Interaktif • Diskusi • Question based • Learning	100 menit	• Mampu memahami konsep dasar listrik. • Mampu membedakan elemen aktif dan pasif • Mampu menjelaskan satuan SI dan pengkonversiannya

A. Definisi



Rangkaian Listrik :

Interkoneksi dari sekumpulan elemen atau komponen penyusunnya ditambah dengan rangkaian penghubungnya dimana disusun dengan cara-cara tertentu dan minimal memiliki satu lintasan tertutup.

Lintasan Tertutup :

Suatu lintasan yang dimulai dari titik awal dan akan kembali lagi ke titik tersebut tanpa terputus dan tidak memandang seberapa jauh atau dekat lintasan yang kita tempuh.

Rangkaian listrik telah digunakan pada banyak sistem elektro untuk memenuhi berbagai kebutuhan. Dengan menganalisa rangkaian, kita dapat mempelajari prinsip rangkaian: Bagaimana respon yang diberikan terhadap input? Bagaimana menciptakan interkoneksi pada elemen dan perangkat pada rangkaian yang berhubungan?

Kita memulai pembelajaran kita dengan mendefinisikan beberapa konsep dasar seperti muatan, arus, tegangan, elemen rangkaian, daya, dan energi.

B. Jenis Rangkaian Listrik

Rangkaian listrik sudah banyak kita temukan di dalam kehidupan kita sehari-hari. Berbagai aplikasi rangkaian yang diciptakan menghasilkan jenis rangkaian yang berbeda untuk kenyamanan hidup manusia. Secara garis besar rangkaian listrik dibagi menjadi:

- Rangkaian Listrik ac
- Rangkaian listrik dc

Perbedaan keduanya adalah jenis sumber listrik yang menyuplai rangkaian. Untuk penjelasan sederhana, rangkaian dc akan disuplai listrik tipe dc, sedangkan rangkaian ac akan disuplai listrik ac. Keduanya mirip tetapi membutuhkan metode analisa dan menghasilkan aplikasi yang berbeda pula.

Elemen listrik dapat dikelompokkan berdasarkan jumlah terminalnya, yaitu

1. Elemen listrik dua terminal

- | | | |
|--------------------|---|----------------------|
| a. Sumber Tegangan | } | Disebut Elemen Aktif |
| b. Sumber Arus | | |
| c. Resistor (R) | } | Disebut Elemen Pasif |
| d. Induktor (L) | | |
| e. Kapasitor (C) | | |

2. Elemen listrik lebih dari dua terminal

- a. Transistor
- b. IC

Elemen Aktif adalah Elemen yang menghasilkan energy (Sumber tegangan (V) dan Arus (I)).

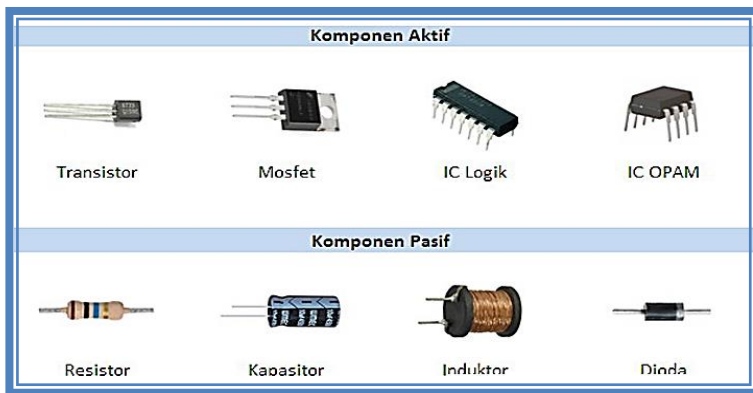
Elemen Pasif adalah Elemen yang tidak menghasilkan energy (R, L, C)

R : Menyerap energi (resistor, tahanan atau hambatan, satuannya Ohm : Ω)

L : Menyerap energi dalam bentuk medan magnet (induktor, lilitan, belitan atau kumparan)

C : Menyerap energi dalam bentuk medan listrik (kapasitor, kondensator).

Dalam kelompok elektronika, pembagian komponen listrik terbagi dalam komponen aktif dan pasif yaitu :



Gambar 1. 1 Komponen listrik pasif dan aktif

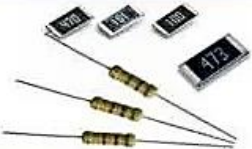
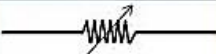
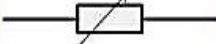
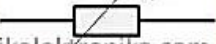
C. Resistor

Ada beberapa jenis Resistor, diantaranya :

- a. Resistor nilai tetap
- b. Resistor yang nilainya dapat diatur = resistor variable = Potensiometer
- c. Resistor yang nilainya dapat berubah sesuai dengan intensitas cahaya. Resistor jenis ini disebut LDR (*Light Dependent Resistor*)
- d. Resistor yang nilainya dapat berubah sesuai dengan perubahan suhu. Resistor jenis ini disebut PTC (*Positive*

Temperature Coefficient) dan NTC (Negative Temperature Coefficient)

Tabel 1. 1 Macam-macam Resistor

Nama Komponen	Gambar	Simbol
Resistor (Nilai Tetap)		 atau 
Variable Resistor		 atau 
LDR (Light Depending Resistor)		 atau 
Thermistor (NTC / PTC)		 atau 

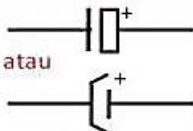
D. Kapasitor

Ada beberapa jenis kapasitor :

1. Kapasitor yang nilainya Tetap dan tidak ber-polaritas. Jika didasarkan pada bahan pembuatannnya.
2. Kapasitor yang nilainya tetap terdiri dari Kapasitor Kertas, Kapasitor Mika, Kapasitor Polyster dan Kapasitor Keramik.

3. Kapasitor yang nilainya Tetap tetapi memiliki Polaritas Positif dan Negatif, Kapasitor tersebut adalah
- Kapasitor Elektrolit atau Electrolyte Condensator (ELCO) dan Kapasitor Tantalum.
 - Kapasitor yang nilainya dapat diatur, Kapasitor jenis ini sering disebut dengan Variable Capacitor.

Tabel 1. 2 Macam – macam Kapasitor

Nama Komponen	Gambar	Simbol
Kapasitor Biasa (Non-Polaritas)		
Kapasitor Elektrolit (memiliki Polaritas)		 atau
Kapasitor Variabel (Variable Capacitor)		

teknikelektronika.com

E. Induktor

Ada beberapa jenis Induktor :

1. Variable Inductor

Variable Inductor adalah jenis induktor yang besar kecilnya nilai induktansi dapat diatur sesuai dengan keinginan. Biasanya induktor yang satu ini menggunakan bahan ferit.

2. *Torroidal Core Inductor* (Induktor Inti Teroid)

Bentuk induktor jenis ini melingkar seperti donat, nilai induktansi dan faktor Q yang dimilikinya sangat tinggi, induktor ini banyak digunakan pada rangkaian power dan switching, Televisi.

3. *Iron Core Inductor* (Induktor dengan Inti Besi)

Sesuai namanya inti pusat induktor ini terbuat dari bahan besi padat, Besarnya inti besi yang digunakan pada sebuah induktor sangat bermacam-macam tergantung kebutuhan. Sayangnya arus eddy dan histerystis yang dihasilkan oleh induktor jenis ini sangat besar sehingga hanya digunakan untuk aplikasi rendah dengan daya tinggi seperti pada power supply, inverter dll. dan nilai induktansi yang tersedia biasanya besar.

4. *Air Core Inductor* (Induktor dengan inti udara)

Tidak memakai material sebagai intinya pada induktor jenis ini, rangkaian RF banyak menggunakan induktor jenis ini karena tidak ada kerugian energi dan memiliki permeabilitas udara yang sangat rendah. Induktor jenis ini tersedia dengan ukuran nilai induktansi yang kecil.

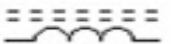
5. *Ferrite Core Inductor* (Induktor dengan Inti Ferit)

Inti ferit terbuat dari bahan bubuk keramik yang dipadatkan. Induktor dengan inti ferit ini paling banyak penggunaannya pada rangkaian elektronik terutama pada rangkaian frekuensi tinggi karena memiliki histeristis yang kecil dan arus eddy yang sangat rendah. Induktor yang satu ini banyak dijumpai di rangkaian-rangkaian elektronika yang cukup rumit.

6. *Laminated Core Induction* (Induktor dengan Inti Besi Laminasi)

Inti induktor ini terbuat dari susunan lembaran baja tipis yang terlaminsi. antar lapisan baja tipis ditempelkan secara kuat agar terbentuk inti yang padat, dan dipisahkan oleh lapisan isolasi untuk mencegah arus eddy. Beberapa jenis logam yang dipakai disambung secara paralel dengan sekat berbahan isolator.

Tabel 1. 3 Macam-macam Induktor

Induktor	Gambar komponen	Simbol
Inti Udara		
Ferrit		
Inti Besi		
Variabel		

F. Arus

Arus merupakan perubahan muatan terhadap waktu atau banyaknya muatan yang melintasi suatu luasan penampang dalam satu satuan waktu.

Arah arus listrik searah dengan arah pergerakan muatan positif atau berlawanan arah dengan arah pergerakan muatan negatif (elektron).

$$i = \frac{dq}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} \rightarrow q = \text{Muatan Listrik}$$

Dalam teori atom modern, Muatan adalah Satuan terkecil dari atom atau sub bagian dari atom. Bahwa atom terdiri dari partikel inti (proton yang bermuatan positif (+) dan neutron yang bersifat netral yang dikelilingi oleh elektron yaitu muatan negatif.

Suatu partikel dapat menjadi bermuatan positif apabila kehilangan elektron, dan akan menjadi bermuatan negatif apabila menerima elektron.

$$\rightarrow 1 \text{ elektron} = -1,6021 \times 10^{-19} \text{ Coulomb}$$

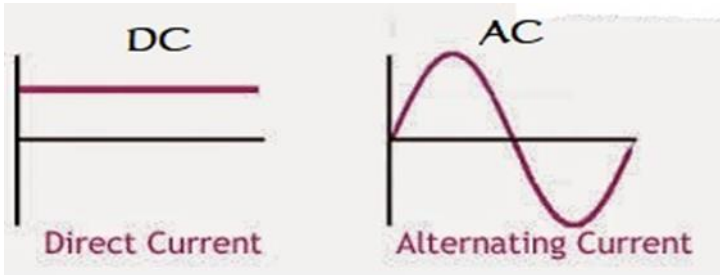
Macam-macam Arus

1. Arus Searah (*Direct Current / DC*)

Arus DC adalah Arus yang mempunyai polaritas yang tetap atau konstan terhadap waktu. Nilai polaritas disini bisa selalu bernilai positif ataupun selalu bernilai negatif.

2. Arus Bolak balik (*Alternating Current / AC*)

Arus AC adalah arus yang mempunyai nilai polaritas yang berubah secara konstan terhadap waktu. Nilai polaritasnya bisa bernilai positif ataupun bisa bernilai negatif.



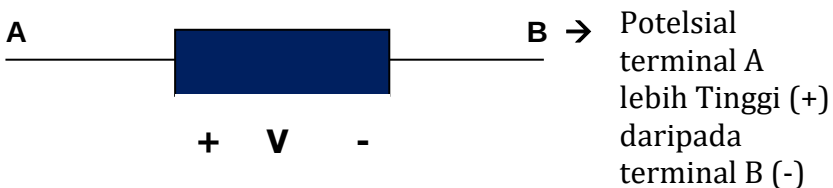
Gambar 1. 2 Arus Listrik DC dan AC

G. Tegangan

Tegangan (*Voltage*) atau sering disebut sebagai beda potensial adalah Kerja yang dilakukan untuk mengerakkan muatan sebesar 1 Coulomb dari satu terminal ke terminal lainnya.

Kerja yang dilakukan sebenarnya adalah energy yang dikeluarkan atau = Tegangan adalah perubahan energy persatuan muatan

$$v = \frac{dw}{dq} \text{ satuannya : Volt (v)}$$



Gambar 1. 3 Potensial Listrik

Dua istilah tegangan dalam rangkaian listrik :

1. Tegangan Turun (*Voltage Drop*)

Jika dipandang dari potensial lebih tinggi ke potensial lebih rendah.

2. Tegangan naik/ (*Voltage Rise*)

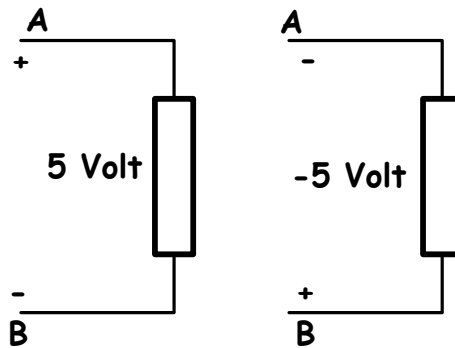
Jika dipandang dari potensial lebih rendah ke potensial lebih tinggi.

Misal : Sesuai notasi polaritas pada gambar, $V = 5$ Volt

Beda potensial antara titik A dengan titik B sebesar 5 V

= Titik A memiliki tegangan 5 Volt lebih tinggi dari titik B.

$$V_A - V_B = V_{AB} = 5 \text{ Volt dan } V_{BA} = V_B - V_A = -5 \text{ Volt}$$



Gambar 1. 4 Beda Potensial Titik A dan B (V_{AB})

H. Energi

Kerja yang dilakukan oleh gaya sebesar satu Newton untuk memindahkan benda sejauh satu meter. Berlaku hukum Kekekalan Energi : “Energi tidak dapat dihasilkan dan tidak dapat dihilangkan Energi hanya berpindah dari satu bentuk ke bentuk yang lainnya”.

Contoh:

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air, energi dari air yang bergerak berubah menjadi energi listrik, energi listrik akan berubah menjadi energi cahaya dan energi panas jika energi listrik tersebut melewati suatu lampu.

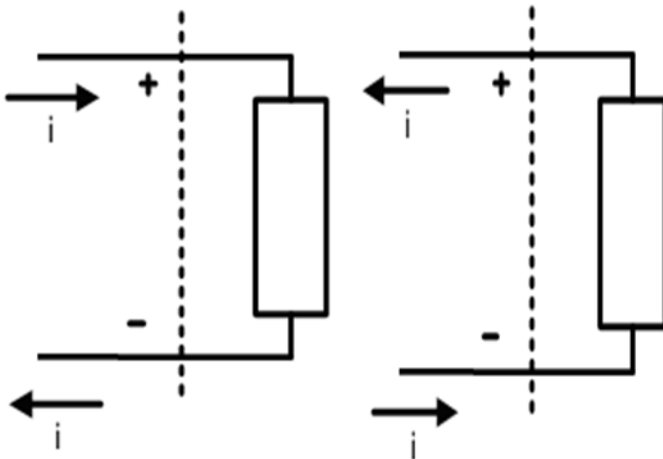
“Pada rangkaian listrik, bila ada suatu elemen yang mengirimkan energi, maka akan ada elemen/komponen lain yang menyerap energi tersebut”.

a. Menyerap Energi

Jika arus positif masuk ke terminal positif elemen atau Meninggalkan terminal negative elemen tersebut.

b. Mengirim Energi

Jika arus positif masuk ke terminal negatif atau meninggalkan terminal positif elemen tersebut.



Gambar 1. 5 Menyerap energy dan Mengirim energy

I. Daya

Daya adalah Rata-rata kerja yang dilakukan

$$P = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \frac{dq}{dt} = vi \rightarrow \text{Satuannya Watt (W)}$$

Hubungan dengan energy : $W = \int P \cdot dt = v \cdot i \cdot t \rightarrow \text{Satuannya Joule (J)}$

Daya dikatakan bernilai positif jika menyerap energy

Daya dikatakan bernilai negative jika mengirim energy.

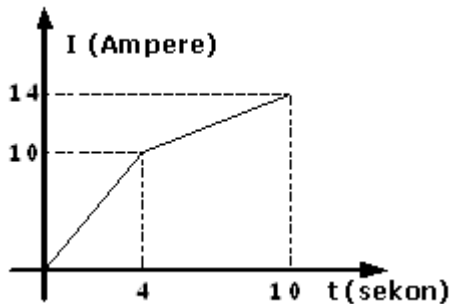
J. Prefix dalam SI (Sistem satuan Internasional)

Tabel 1. 4 Sistem SI

Notasi lengkap	<u>Singkatan</u>	Artinya (terhadap satuan)
Atto	a	10^{-18}
Femto	f	10^{-15}
Pico	p	10^{-12}
Nano	n	10^{-9}
Mikro	μ	10^{-6}
Milli	m	10^{-3}
Centi	c	10^{-2}
Deci	d	10^{-1}
Deka	da	10^1
Hekto	h	10^2
Kilo	k	10^3
Mega	M	10^6
Giga	G	10^9
Tera	T	10^{12}

K. Latihan Soal

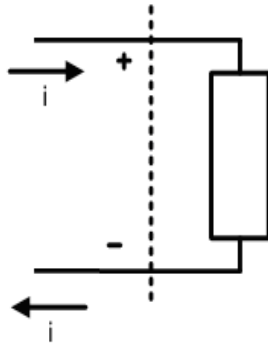
1. Jika terdapat 6A, tentukan v jika elemen menyerap daya 18 watt!
2. Jika tegangan pada elemen adalah 8V dan arus yang melewati terminal positif diperlihatkan pada gambar tentukan daya yang diserap elemen pada saat :
 - a. $t = 4$ sekon
 - b. $t = 7$ sekon



3. Tentukan juga besarnya muatan total pada soal no 2 diatas.
4. Elemen yang dapat diisi ulang atau dimuati kembali jika muatannya habis adalah elemen
5. Jika dalam suatu penghantar mengalir muatan listrik sebesar 6 Coulomb selama 1 menit, hitung kuat arus yang mengalir dalam penghantar tersebut!

Jawaban soal Latihan

1. Elemen menyerap daya, jika arus positif meninggalkan terminal positif.



$$I = 6A$$

$$P = 18W$$

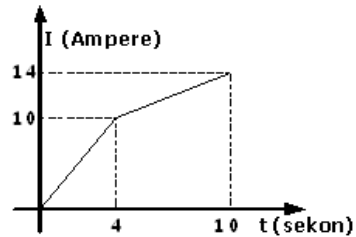
$$V = \frac{P}{I} = \frac{18}{6} = 3volt$$

*) Elemen ini menyerap daya sebesar 18W juga mengirimkan daya sebesar -18 W.

2. Saat $t = 4s \rightarrow I = 10 A$

Sehingga $P = V \times I = 8 \times 10 = 80$

Watt
Persamaan arus untuk rentang waktu 4 – 10 sekon = persamaan garis lurus



$$\frac{I - I_1}{I_2 - I_1} = \frac{t - t_1}{t_2 - t_1}$$

$$\frac{I - 10}{14 - 10} = \frac{t - 4}{10 - 4} \Rightarrow 6I - 60 = 4t - 16$$

$$\text{Jadi : } I = \frac{4t - 16 + 60}{6} = \frac{4}{6}[t + 11]$$

Maka pada saat $t = 7$ sekon maka

$$i(t) = \frac{4}{6}[7 + 11] = 12 \text{ Ampere}$$

Sehingga : $P = V I = 8 \times 12 = \underline{96 \text{ watt.}}$

3. Besarnya muatan pada soal no 2

$$i = \frac{dq}{dt} \Rightarrow dq = i \cdot dt \rightarrow q = \int i \cdot dt = \int \left[\frac{4}{6}t + \frac{44}{6} \right] dt = \frac{4}{12}t^2 + \frac{44}{6}t$$

$$q(t) = \frac{1}{3}t^2 + \frac{22}{3}t \rightarrow t = 4 \text{ sekon} \Rightarrow q(4) = \frac{1}{3} \times 4^2 + \frac{22}{3} \times 4 = 34,6$$

$$q(10) = \frac{1}{3} \times 10^2 + \frac{22}{3} \times 10 = 106,6 \text{ Coulomb}$$

$$q(\text{total}) = 34,6 + 106,6 = 141,2 \text{ Coulomb}$$

4. Elemen yang dapat diisi ulang atau dapat dinormalkan kembali tegangannya jika sudah rendah adalah elemen sekunder, Contoh elemen sekunder antara lain sel timbal asam atau aki, sel Niked, sel Natrium Sulfida dan Sel Surya.
5. Diketahui : Muatan $Q = 6 \text{ Coulomb}$

Waktu $t = 1 \text{ menit} = 60 \text{ detik}$

Maka Kuat Arus yang mengalir $\rightarrow I = Q / t = 6 / 60 = 0,1 \text{ A}$
 $= 100 \text{ mA}$.

L. Rangkuman

1. Rangkaian Listrik
Interkoneksi dari sekumpulan elemen atau komponen penyusunnya ditambah dengan rangkaian penghubungnya dimana disusun dengan cara-cara tertentu dan minimal memiliki satu lintasan tertutup.
2. Ada 2 jenis elemen dalam rangkaian listrik yaitu elemen pasif dan elemen aktif, Elemen aktif adalah elemen yang bisa menghasilkan energi listrik sedang elemen pasif adalah elemen yang tidak bisa menghasilkan energi listrik.
3. Energi adalah Kerja yang dilakukan oleh gaya sebesar satu Newton untuk memindahkan benda sejauh satu meter.

4. Daya adalah perubahan energi persatuan waktu sama dengan tegangan dikali dengan arus yang mengalir pada rangkaian.

Test Formatif

Pilih jawaban yang paling benar !!!

1. Arus sebesar 2A mengalir pada suatu elemen. Energi untuk memindahkan arus selama 1 s adalah 10 joule, tegangan yang elemen tersebut adalah

- | | |
|-----------|------------|
| a. 5 volt | c. 10 volt |
| b. 7 volt | d. 4 volt |

2. Sebuah arus 10 Ampere dikirim ke elemen selama 5 sekon, tentukan berapa besarnya energi yang diperlukan untuk menghasilkan 10 volt.

- | | |
|--------------|--------------|
| a. 300 joule | c. 500 joule |
| b. 200 joule | d. 100 joule |

3. Tentukan besarnya muatan dalam satuan waktu jika $i = 8t^2 - 4t$ Ampere, $t \geq 0$ saat $q(0) = 0$

- | | |
|------------------|----------------------------|
| a. $8t - 4$ | c. $\frac{8}{3}t^3 - 2t^2$ |
| b. $4t^3 - 4t^2$ | d. $\frac{8}{3}t^2 - 2t$ |

4. Jika $V = -4$ volt dan $i = -10$ Ampere, tentukan daya yang diserap dan dikirimkan :

- a. 30 watt dan -30 volt c. 20 watt dan -20 watt
b. 25 watt d. 40 watt dan -40 watt
5. Sebuah kawat dialiri arus 10 mA, berapa banyak muatan pada kawat tersebut selama 20 sekon
- a. 0,4 Coulomb c. 0,3 Coulomb
b. 0,2 Coulomb d. 0,5 Coulomb

Jawaban Test Formatif

1. a
2. c
3. c
4. d
5. b

Cocokkan jawaban anda dengan kunci jawaban test formatif 1 yang terdapat di bagian modul ini. Hitung jawaban yang benar. Kemudian gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi modul 1 Tingkat

$$\text{Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang benar}}{\text{Jumlah soal}} \times 100 \%$$

Arti tingkat penguasaan :

90 – 100 % = Baik sekali

80 – 89 % = Baik

70 – 79 % = Cukup

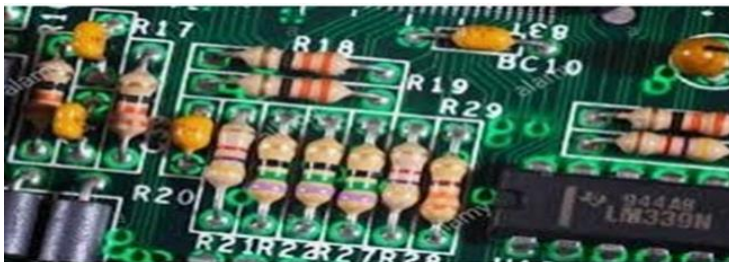
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% > anda dapat meneruskan dengan kegiatan modul 2. Jika masih di bawah 80 %, anda harus mengulangi materi kegiatan modul 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

BAB 2

RANGKAIAN RESISTIF SEDERHANA

Metode Pembelajaran	Estimasi waktu	Capaian pembelajaran
• Kuliah Interaktif • Diskusi • Question based • Learning	100 menit	Mahasiswa mampu memahami Rangkaian resistif sederhana, penggunaan hukum Ohm, hukum Kirchoff I, dan II serta rangkaian seri-paralel.



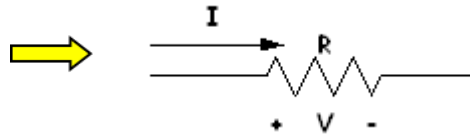
A. Hukum Ohm

Bunyi hukum Ohm :

“ Jika sebuah penghantar / hambatan / resistansi dilewati oleh arus, maka pada kedua ujung penghantar tersebut akan muncul beda potensial, maka beda potensial atau

tegangan tersebut berbanding lurus dengan arus yang mengalir melalui bahan tersebut”.

Secara matematis ditulis : $V = I \times R$



Gambar 2. 1 Hukum Ohm

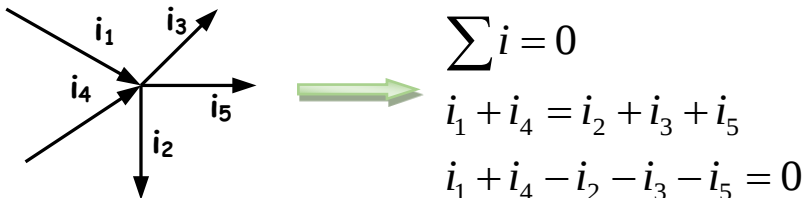
B. Kirchof 1 (*Kirchoff Current Law = KCL*)

Bunyi hukum Kirchoff 1 :

“Jumlah arus yang memasuki suatu percabangan/ node/ Simpul sama dengan arus yang meninggalkan percabangan tersebut. Dengan katalain jumlah aljabar arus yang memasuki percabangan/ Node/ Simpul sama dengan nol”.

Secara matematis ditulis :

$$\sum I = 0 \rightarrow \text{Jumlah arus masuk} = \text{Jumlah arus keluar}$$



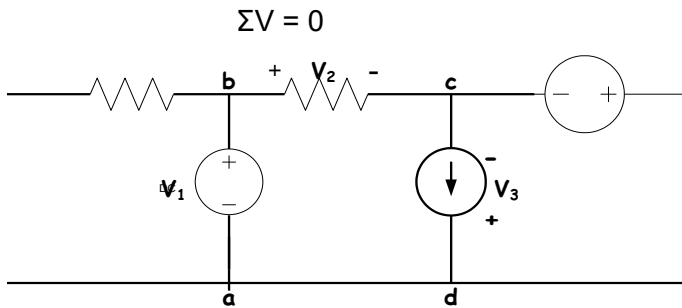
Gambar 2. 2 Hukum Kirchoff 1

C. Hukum Kirchoff II (Kirchoff Voltage Law = KVL)

Bunyi hukum Kirchoff 2 :

“Jumlah tegangan pada suatu lintasan tertutup sama dengan nol. Atau penjumlahan tegangan pada masing-masing komponen penyusun yang membentuk satu lintasan tertutup akan bernilai nol”

Secara matematis dapat ditulis :



Gambar 2. 3 Hukum Kirchoff II

Pada gambar 2.3 diatas diperoleh lintasan :

Lintasan a-b-c-d-a :

$$V_{ab} + V_{bc} + V_{cd} + V_{da} = 0$$

$$-V_1 + V_2 - V_3 + 0 = 0$$

$$V_2 - V_1 - V_3 = 0$$

Lintasan a-d-c-b-a :

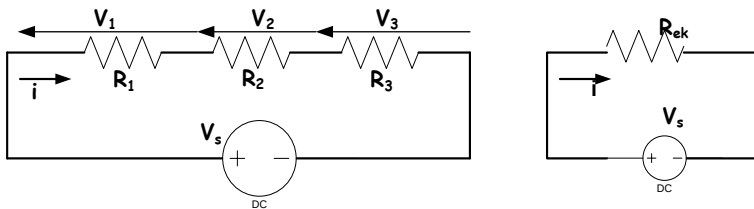
$$V_{ad} + V_{dc} + V_{cb} + V_{ba} = 0$$

$$0 + V_3 - V_2 + V_1 = 0$$

$$V_3 - V_2 + V_1 = 0$$

D. Hubungan Seri sebagai Pembagi Tegangan

Konsepnya : Hubungan seri terjadi jika salah satu dari kedua ujung elemen tersambung pada lintasan tertutup mengakibatkan arus mengalir pada tahanan tersebut.



Gambar 2. 4 Hubungan Seri Resistor sebagai pembagi tegangan

Dari Gambar 2.4 di atas KVL :

$$\sum V = 0$$

$$V_1 + V_2 + V_3 - V = 0$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = iR_1 + iR_2 + iR_3$$

$$V = i(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$\frac{V}{i} = R_1 + R_2 + R_3$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

Pembagi tegangan :

$$V_1 = iR_1$$

$$V_2 = iR_2 \quad \Rightarrow \quad i = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$V_3 = iR_3$$

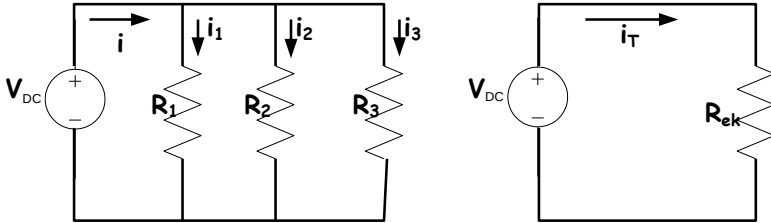
Sehingga :

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} V$$

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} V$$

$$V_3 = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} V$$

E. Hubungan Paralel sebagai Pembagi Arus



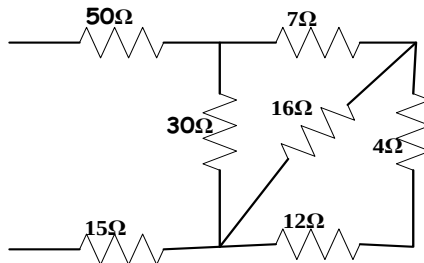
Gambar 2. 5 Hubungan Paralel Resistor

Dari gambar diatas diperoleh hubungan KCL :

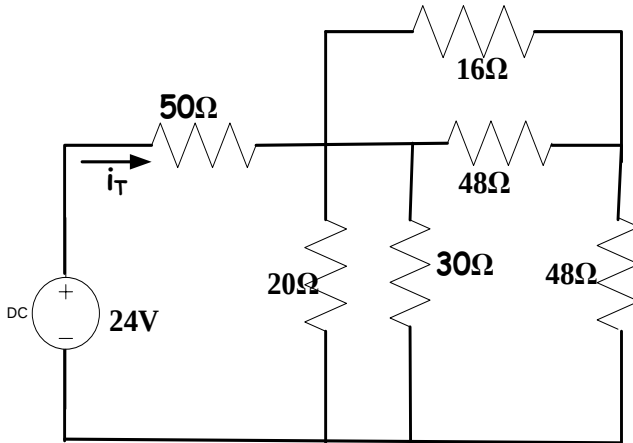
$\sum i = 0$ $i - i_1 - i_2 - i_3 = 0$ $i = i_1 + i_2 + i_3$ $\frac{V}{R_{ek}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$ $\frac{1}{R_{ek}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$	}	Pembagi Arus :	$i_1 = \frac{V}{R_1}$ $i_2 = \frac{V}{R_2}$ $i_3 = \frac{V}{R_3}$	$\Rightarrow$	$i_1 = \frac{R_{ek}}{R_1} i$ $i_2 = \frac{R_{ek}}{R_2} i$ $V = i R_{ek}$ $i_3 = \frac{R_{ek}}{R_3} i$
--	---	----------------	---	---------------	---

F. Latihan Soal

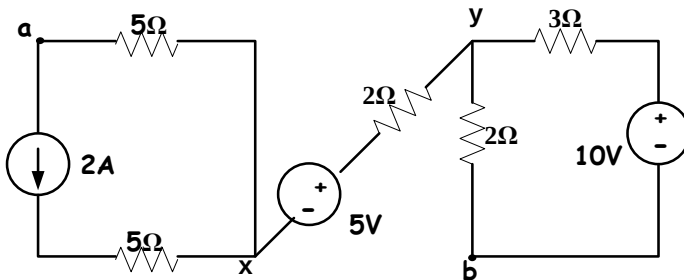
1. Tentukan nilai R_{ek} pada gambar rangkaian berikut ini :



2. Hitung nilai total arus pada rangkaian berikut ini :

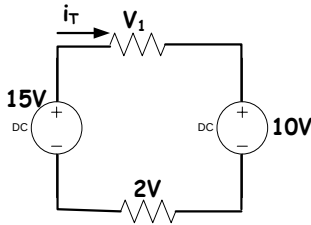


3. Tentukan nilai tegangan V_{AB} !!



4. Pada suatu rangkaian yang tidak diketahui nilai resistansinya, daya pada rangkaian saat diukur dengan wattmeter adalah sebesar 250 W dan tegangan terpasang adalah 50 V, tentukan nilai resistansinya!

5. Tentukan nilai V_1 pada rangkaian berikut :



Jawaban Soal Latihan

1. Diketahui :

$$R_{s1} = 12 + 4 = 16\Omega$$

$$R_{p1} = \frac{R_{s1} \times R_{16}}{R_{s1} + R_{16}} = \frac{16 \times 16}{16 + 16} = \frac{256}{32} = 8\Omega$$

$$R_{s2} = R_{p1} + R_7 = 8 + 7 = 15\Omega$$

$$R_{p2} = \frac{R_{s2} \times R_{30}}{R_{s2} + R_{30}} = \frac{15 \times 30}{15 + 30} = \frac{450}{45} = 10\Omega$$

$$R_{ek} = R_{s3} = R_{50} + R_{p2} + R_{15} = 50 + 10 + 15 = 75\Omega$$

2. Diketahui :

$$R_{p1} = \frac{R_{48} \times R_{16}}{R_{48} + R_{16}} = \frac{48 \times 16}{48 + 16} = \frac{768}{64} = 12\Omega$$

$$R_{s1} = R_{p1} + R_{48} = 12 + 48 = 60\Omega$$

$$\frac{1}{R_{p2}} = \frac{1}{R_{p1}} + \frac{1}{R_{20}} + \frac{1}{R_{30}} = \frac{1}{60} + \frac{1}{20} + \frac{1}{30}$$

$$\frac{1}{R_{p2}} = \frac{20 \times 30 + 60 \times 30 + 60 \times 20}{60 \times 20 \times 30} = \frac{3600}{36000} \Omega$$

$$R_{p2} = \frac{36000}{3600} = 10\Omega$$

$$R_{ek} = R_{s2} = R_{50} + R_{p2} = 6 + 10 = 16\Omega$$

$$i_T = \frac{V_s}{R_{ek}} = \frac{24}{16} = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ Ampere}$$

3. Diketahui :

$$V_{ab} = V_{ax} + V_{xy} + V_{yb} = -I_2 \times R_5 + V_{xy} + R_2 \times \frac{V_{10}}{R_2 + R_3}$$

$$V_{ab} = (-2 \times 5) + (-5) + \left[2 \times \frac{10}{2 + 3} \right] = \underline{\underline{-11 \text{ Volt}}}$$

4. Diketahui:

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

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{50^2}{250} = 10 \Omega$$

5. Gunakan hukum Kirchoff II (searah dengan arah arus)

$$\sum V = 0$$

$$V_1 + 10 + 2 - 15 = 0$$

$$V_1 = 3 \text{ Volt}$$

G. Rangkuman

1. Hukum Ohm menyatakan : “Jika sebuah penghantar/hambatan dilewati oleh sebuah arus maka pada kedua ujung penghantar tersebut akan muncul beda potensial”, yang berbanding lurus dengan arus yang mengalir pada bahan:

$$V = I \cdot R$$

2. Hukum Kirchoff I (KCL) menyatakan : “Jumlah arus yang memasuki suatu percabangan (Node / simpul) sama dengan arus yang meninggalkan percabangan”

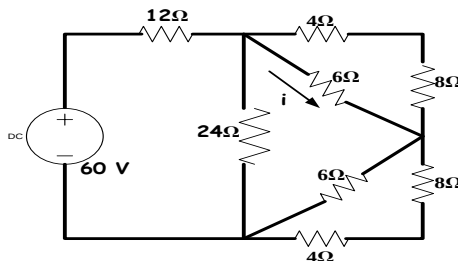
$$\Sigma I_{\text{masuk}} = \Sigma I_{\text{keluar}}$$

3. Hukum Kirchoff II (KVL) menyatakan : “Jumlah tegangan pada suatu lintasan tertutup sama dengan nol”

$$\Sigma V = 0$$

Test Formatif

- Sebuah pemanggang listrik akan menjadi panas ketika arus melewatinya. Jika pemanggang mendisipasikan daya 960 watt pada tegangan 120 volt, tentukan arus dan resistansinya!!
 - 5 A, 15 Ohm
 - 10 A, 15 Ohm
 - 6 A, 10 Ohm
 - 3 A, 10 Ohm
- Resistor 20Ω , 30Ω , dan R, dihubungkan paralel dan membentuk resisransi ekuivalen 4Ω , tentukan besarnya R dan arus yang melewatinya, jika sumber arus sebesar 6 Ampere dipasang pada kombinasi tersebut.
 - R = 5 Ohm, I = 4 Ampere
 - R = 6 Ohm, I = 4 Ampere
 - R = 5 Ohm, I = 6 Ampere
 - R = 6 Ohm, I = 6 Ampere
- Tentukan besarnya arus i pada rangkaian berikut !



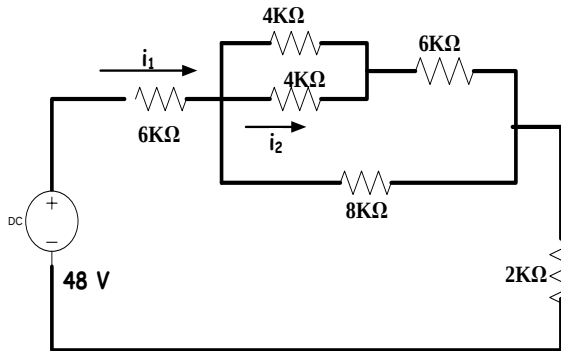
a. 10/6 Ampere

c. $\frac{1}{4}$ Ampere

b. 2/3 Ampere

d. 2/5 Ampere

4. Tentukan besarnya arus i_1 dan i_2 pada rangkaian berikut :



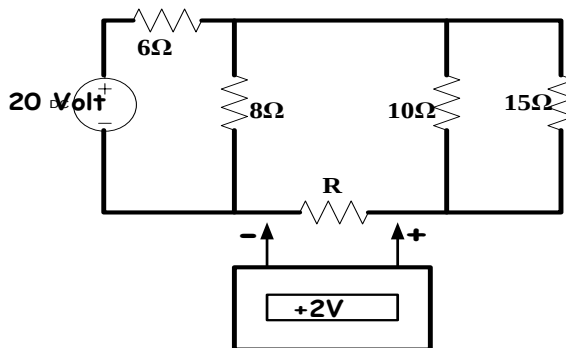
a. 2 A dan 3 A

c. 4 A dan 1 A

b. 4A dan 2 A

d. 3A dan 1A

5. Hitung R pada rangkaian berikut :



a. 4 Ω

c. 3 Ω

b. 1 Ω

d. 2 Ω

Jawaban Test Formatif

1. a 2. B 3. A 4. C 5. d

Cocokkan jawaban anda dengan kunci jawaban test formatif 2 yang terdapat di bagian modul ini. Hitung jawaban yang benar. Kemudian gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi modul 2 Tingkat

$$\text{Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang benar}}{\text{Jumlah soal}} \times 100 \%$$

Arti tingkat penguasaan :

90 – 100 % = Baik sekali

80 – 89 % = Baik

70 – 79 % = Cukup

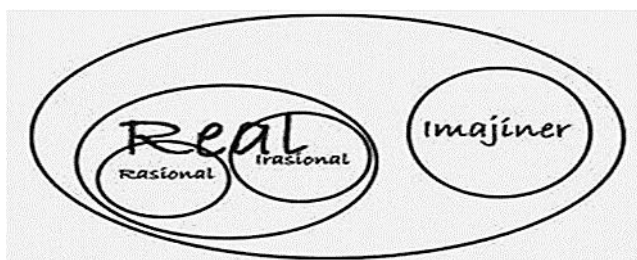
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% > anda dapat meneruskan dengan kegiatan modul 3. Jika masih di bawah 80 %, anda harus mengulangi materi kegiatan modul 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

BAB 3

BILANGAN KOMPLEK

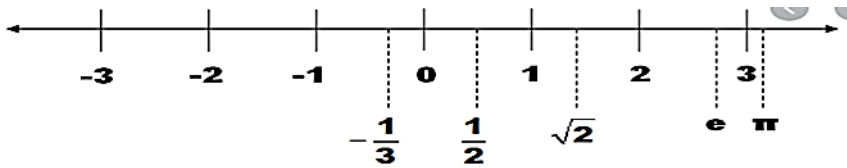
Metode Pembelajaran	Estimasi waktu	Capaian pembelajaran
• Kuliah Interaktif • Diskusi • Question based • Learning	100 mnt	Mahasiswa mampu memahami bilangan Real dan Imaginer kompleks, Bentuk bilangan kompleks Cartesian, Polar, Eksponen, Trigonometri, Aljabar Bilangan kompleks, Serta konversi antar bentuk bilangan.



A. Definisi

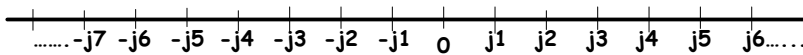
Bilangan kompleks adalah Bilangan yang terdiri dari bilangan Real dan bilangan Imaginer.

Sistem bilangan *Real* terdiri dari angka Rasional dan Irrasional, dapat direpresentasikan dalam bentuk garis bilangan:



Gambar 3. 1 Garis bilangan Real

Sedang Akar – akar negative Sistem Bilangan *Imajiner* direfresentasikan dalam operator $j = \sqrt{-1} \Rightarrow j^2 = -1$, semua bilangan imajiner dapat direfresantikan dalam garis bilangan berikut :



Gambar 3. 2 Garis bilangan Imajiner

Bilangan kompleks dapat dinyatakan dalam empat bentuk:

1. Bentuk Persegi (Rectangular)
2. Bentuk Polar
3. Bentuk Ekponensial
4. Bentuk Trigonometri

B. Bilangan Komplek Bentuk Rectangular (Persegi)

Rumus Dasar : $z = x + jy$

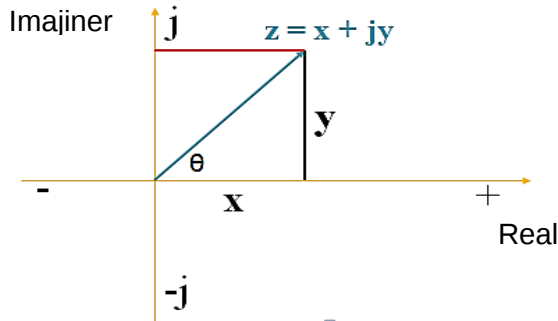
Dimana :

x = bilangan riil

j = tanda operator imajiner

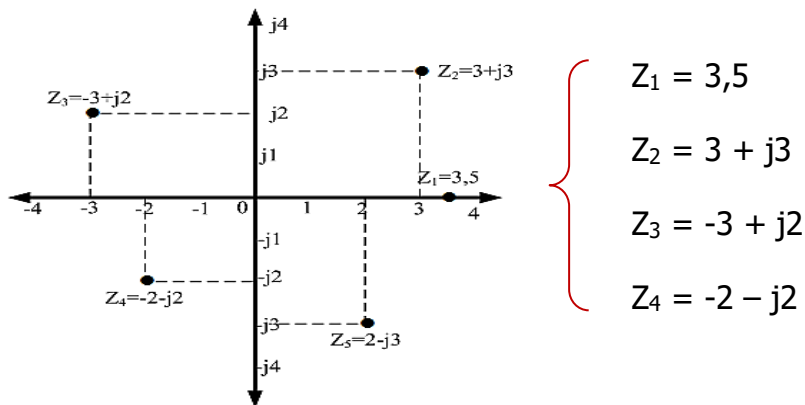
y = bilangan imajiner

Dalam bentuk Kurva digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3. 3 Kurva dalam bentuk bilangan kompleks

Sebagai contoh dalam bentuk bilangan kompleks $Z = x + jy$ digambarkan dalam kurva koordinat rectaguler:



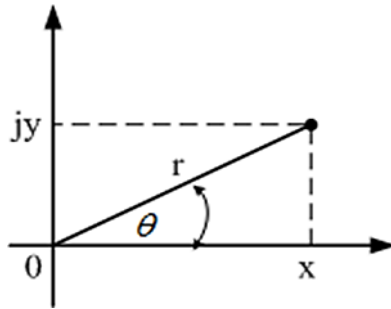
Gambar 3. 4 Contoh pengambaran bilangan kompleks dalam kurva rectaguler

C. Bilangan Komplek Bentuk Polar (Sudut)

Format bentuk Polar :

$$z = r \angle \theta$$

Dalam bentuk kurva :



Gambar 3. 5 Kurva dalam bentuk bilangan kompleks polar

Dimana :

$$r = \sqrt{x^2 + y^2}$$

Dan

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{y}{x} \right]$$

D. Bentuk Eksponen dan Trigonometri

Format dalam bentuk Eksponen :

$$Z = r.e^{j\theta}$$

Format dalam bentuk Trigonometri :

$$Z = r(\cos\theta + j \sin \theta)$$

Jadi bilangan kompleks dalam penulisannya ada 4 bentuk yaitu :

Rectangular : $z = x + jy$

Polar : $z = r\angle\theta$

Eksponen : $z = r .e^{j\theta}$

Trigonometri : $z = r (\cos\theta + j \sin\theta)$

E. Bentuk Konjugate (Lawan) Bilangan Komplek

Konjugate (lawan) ditandai dengan tanda bintang diatas $\rightarrow z^*$.

Dalam bentuk Rectanguler bilangan komplek ditulis :

$$z = x + jy \rightarrow \text{Konjugatannya ditulis } z^* = x - jy$$

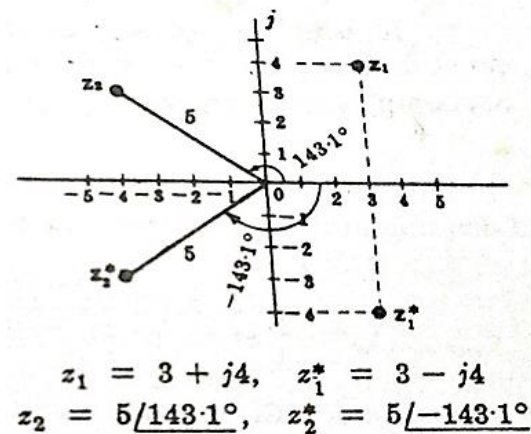
$$z = x - jy \rightarrow \text{Konjugatannya ditulis } z^* = x + jy$$

Dalam bentuk yang lainnya conjugate bilangan komplek ditulis menjadi :

$$z = x + jy \quad z = r \angle \theta \quad z = r \cdot e^{j\theta} \quad z = r (\cos \theta + j \sin \theta)$$

$$z^* = x - jy \quad z = r \angle -\theta \quad z = r \cdot e^{-j\theta} \quad z = r (\cos \theta - j \sin \theta)$$

Sebagai contoh bentuk konplek dan konjugatannya dalam kurva :



Gambar 3. 6 Contoh bilangan Komplek dan Konjugatannya

F. Aljabar Bilangan Komplek

1. Penambahan dan Pengurangan

Misal : $z_1 = x_1 + jy_1$ dan $z_2 = x_2 + jy_2$

Maka :

$$z_1 + z_2 = (x_1 + x_2) + j(y_1 + y_2)$$

$$z_1 - z_2 = (x_1 + x_2) - j(y_1 + y_2)$$

Contoh : $z_1 = 3 + j5$ dan $z_2 = 5 + j10$

$$z_1 + z_2 = (3+5) + j(5+10)$$

$$= 8 + j15$$

2. Perkalian dan Pembagian

Bilangan kompleks dalam bentuk Perkalian :

a. Rectanguler

Misal : $z_1 = x_1 + jy_1$ dan $z_2 = x_2 + jy_2$

Maka :

$$z_1 \cdot z_2 = (x_1 + jy_1) \cdot (x_2 + jy_2) = x_1x_2 + jx_1y_2 + jx_2y_1 + j^2y_1y_2$$

$$z_1 \cdot z_2 = (x_1x_2 - y_1y_2) + j(x_1y_2 + x_2y_1)$$

b. Polar

Misal : $z_1 = 5\angle 30^\circ$ dan $z_2 = 3\angle 60^\circ$

Maka :

$$\begin{aligned} z_1 \cdot z_2 &= 5\angle 30^\circ \cdot 3\angle 60^\circ = (5 \times 3) \angle (30 + 60)^\circ \\ &= 15 \angle 90^\circ \end{aligned}$$

c. Eksponen

$$\begin{aligned} \text{Misal : } z_1 &= e^{j\pi/3} \quad \text{dan} \quad z_2 = e^{-j\pi/6} \\ \text{Maka : } z_1 \cdot z_2 &= e^{j\pi/3} x e^{-j\pi/6} = e^{j(\pi/3 - \pi/6)} \\ &= e^{j(2/6\pi - 1/6\pi)} = e^{j\pi/6} \end{aligned}$$

Bilangan kompleks dalam bentuk Pembagian :

a. Rectanguler

$$\text{Misal : } z_1 = x_1 + jy_1 \quad \text{dan} \quad z_2 = x_2 + jy_2$$

Maka :

$$\begin{aligned} \frac{z_1}{z_2} &= \frac{x_1 + jy_1}{x_2 + jy_2} = \frac{x_1 + jy_1}{x_2 + jy_2} \left[\frac{x_2 - jy_2}{x_2 - jy_2} \right] \\ &\rightarrow = \frac{(x_1x_2 + y_1y_2) + j(x_2y_1 - x_1y_2)}{x_2^2 + y_2^2} \end{aligned}$$

$$\text{Misal : } z_1 = 4-j5 \quad \text{dan} \quad z_2 = 1+j2$$

Maka :

$$\begin{aligned} \frac{z_1}{z_2} &= \frac{4-j5}{1+j2} = \frac{4-j5}{1+j2} \left[\frac{1-j2}{1-j2} \right] = \frac{(4-10) + j(-8-5)}{1+4} \\ &\rightarrow = \frac{-6+j-13}{5} = -\frac{6}{5} - j\frac{13}{5} \end{aligned}$$

b. Polar

$$\text{Misal : } z_1 = 5\angle 30^\circ \quad \text{dan} \quad z_2 = 3\angle 60^\circ$$

Maka :

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{5\angle 30^\circ}{3\angle 60^\circ} = \frac{5}{3} \angle (30 - 60)^\circ = \frac{5}{3} \angle -30^\circ$$

c. Eksponen

Misal : $z_1 = e^{j\pi/3}$ dan $z_2 = e^{-j\pi/6}$

Maka :

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{e^{j\pi/3}}{e^{-j\pi/6}} = e^{j(\pi/3 - (-\pi/6))}$$
$$= e^{j(2/6\pi + 1/6\pi)} = e^{j(3/6\pi)} = e^{j(\pi/2)}$$

Bilangan Komplek dalam Bentuk Logaritma

Logaritma dalam bentuk bilangan komplek dalam dinyatakan :

$$\ln z = \ln r \cdot e^{j(\theta+2\pi n)} = \ln r + j(\theta + 2\pi n)$$

Misal :

Jika : $z = 3e^{j\pi/6}$ maka $\rightarrow \ln z = \ln 3 \cdot e^{j(\pi/6)} = \ln 3 + j(\pi/6)$

$$\ln z = 1,099 + j0,523$$

G. Konversi diantara Bentuk Bilangan Komplek

1. Polar ke Rectangular

$$z = r\angle\theta \quad \longrightarrow \quad z = x + jy$$

Dimana :

$$x = r \cos \theta$$

$$y = r \sin \theta$$

Misal : $z = 5\angle 30^\circ \longrightarrow z = r (\cos \theta + j \sin \theta)$

Maka : $z = 5 (\cos 30^\circ + j \sin 30^\circ)$

$$z = 5 (0,866 + j 0,5) = 4,33 + j2,5$$

2. Rectanguler ke Polar

$$z = x + jy \quad r \xrightarrow{\text{orange arrow}} z = r \angle \theta$$

Dimana :

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \text{dan} \quad x = r \cos \theta$$

$$y = r \sin \theta$$

$$\theta = \tan^{-1}(y/x)$$

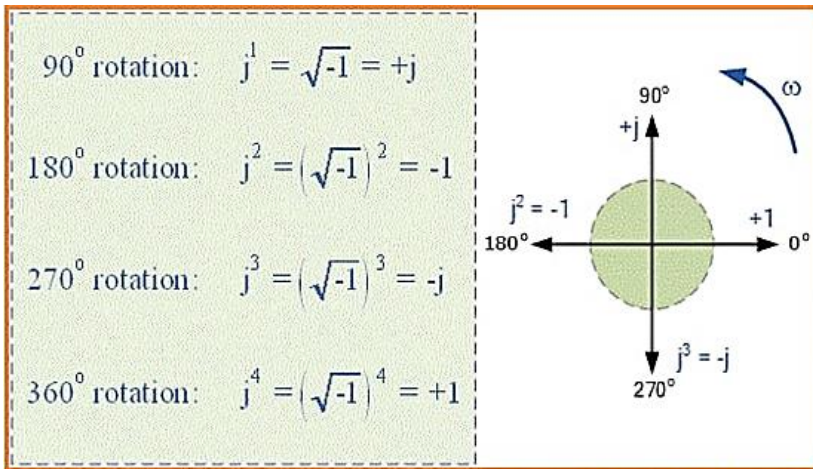
Misal : $z = 3 + j4 \xrightarrow{\text{orange arrow}} r = \sqrt{3^2 + 4^2} = \sqrt{25} = 5$

$$\theta = \tan^{-1}(4/3) = 53^\circ$$

$$Z = 5 \angle 53^\circ$$

3. Nilai Operator Bilangan Komplek J

Nilai Operator Bilangan Komplek J Mengikuti Tabel Berikut :



Misal : $j^{123} = j^{120} \times j^3 \rightarrow 123 : 4 = 30 \text{ sisa } 3$

Nilai 3 menjadi $\rightarrow j^3 = -j$

Maka $j^{123} = -j$

H. Latihan Soal

1. Sederhanakan bentuk aljabar bilangan kompleks :

a. $(3+j4)+(-2+j3) = \dots$

b. $(2-j3) / (4-j) = \dots$

c. $J^{123}-j4^9-j4 = \dots$

d. $(2+j4) / (1-j^2)$

e. $(j^{-3}) / (2-j2)$

2. Konversikan bentuk Polar ke Rectanguler

a. $53 \angle 60^\circ$ c. $25 \angle 45^\circ$

b. $86 \angle 115^\circ$ d. $0,5 \angle 120^\circ$

Jawab :

1. a. $(3+j4) + (-2+j3) = (3-2) + j(4+3) = 1+j7$

$$\frac{2-j3}{4-j} = \frac{2-j3}{4-j} \times \frac{4+j}{4+j} = \frac{8+j2-j12-j^23}{16-j4+j4-j^2} = \frac{(8+3) + j(2-12)}{16+1}$$

$$= \frac{11-j10}{17} = 0,647 - j0,588$$

b.

$$j^{123} - j4^9 - j4 = (j^{120} \times j^3) - j4^9 - j4 = (1 \times (-j)) - j4^9 - j4$$

c. $= -j(1+4+4^9) = -j(5+4^9)$

d. $\frac{2+j4}{1-j^2} = \frac{2+j4}{2} = 1+j2$

$$\frac{j^{-3}}{2-j2} = \frac{1}{j^3(2-j2)} = \frac{1}{-j(2-j2)} = \frac{1}{-j2+j^22} = \frac{1}{-2-j2} \times \frac{-2+j2}{-2+j2}$$

$$= \frac{-2+j2}{4+4} = \frac{-2+j2}{8} = -0,25 + j0,25$$

e.

2. a. $z = 53 \angle 60^\circ \rightarrow \begin{cases} x = 53 \cos 60^\circ = 26,5 \\ y = 53 \sin 60^\circ = 45,89 \end{cases} \left. \begin{array}{l} z = x + jy \\ \\ \end{array} \right\} = 26,5 + j 45,89$

b. $z = 86 \angle 115^\circ \rightarrow \begin{cases} x = 86 \cos 115^\circ = -36,34 \\ y = 86 \sin 115^\circ = 78 \end{cases} \left. \begin{array}{l} z = -36,34 + j 78 \\ \\ \end{array} \right\}$

c. $z = 25 \angle 45^\circ \rightarrow \begin{cases} x = 25 \cos 45^\circ = 17,67 \\ y = 25 \sin 45^\circ = 17,67 \end{cases} \left. \begin{array}{l} z = 17,67 + j17,67 \\ \\ \end{array} \right\}$

d. $z = 0,5 \angle 120^\circ \rightarrow \begin{cases} x = 0,5 \cos 120^\circ = -0,25 \\ y = 0,5 \sin 120^\circ = 0,433 \end{cases} \left. \begin{array}{l} z = -0,25 + j 0,433 \\ \\ \end{array} \right\}$

I. Rangkuman

1. Bilangan kompleks adalah bilangan yang bernilai real dan imajiner

2. Ada 4 bentuk macam bilangan kompleks yaitu Rectangular, Polar, Eksponen dan Trigonometri.
3. Masing-masing bentuk bilangan kompleks dapat dikonversi ke bentuk satu sama lain.

Test Formatif

1. Konversikan bentuk bilangan kompleks berikut dalam bentuk polar :

$$\begin{array}{ll} a) 15e^{j\pi/4} & V_1 = iR_1 \\ b) 5e^{-j2\pi/3} & V_2 = iR_2 \\ c) -4e^{j5\pi/6} & V_3 = iR_3 \end{array}$$

2. Hitung aljabar bilangan kompleks berikut :

$$\begin{array}{ll} a) \frac{5 + j5}{1 - j1} \\ b) (j2)(4 - j3) \\ c) \frac{-5 - j10}{2 + j4} \\ d) (2,83 \angle 45^\circ) - (2 - j8) \\ e) (2 + j2)(2 - j2) \end{array}$$

3. Bentuklah operasi bilangan kompleks berikut dengan konjugatannya :

$$a) z = 3 - j4 \rightarrow zz^* = \dots??$$

$$b) z = 2,5e^{-j\pi/3} \rightarrow z - z^* = \dots??$$

$$c) z = 20\angle 53,1^\circ \rightarrow z + z^* = \dots??$$

$$d) z = 2 + j8 \rightarrow z - z^*$$

$$e) z = 10\angle -40^\circ \rightarrow zz^*$$

4. Tentukan nilai akar bilangan kompleks berikut :

$$a) \sqrt{5 + j8}$$

$$c) \sqrt{150\angle -60^\circ}$$

$$b) \sqrt[3]{4}$$

$$d) \sqrt[3]{27e^{j3\pi/2}}$$

$$e) \sqrt[4]{1}$$

5. Dari beberapa data berikut hitung $(z_1 z_2) / (z_1 + z_2)$

$$a) z_1 = 10 + j5, z_2 = 20\angle 30^\circ$$

$$b) z_1 = 5\angle 45^\circ, z_2 = 10\angle -70^\circ$$

$$c) z_1 = 6 - j2, z_2 = 1 + j8$$

$$d) z_1 = 20, z_2 = j40$$

Jawaban Test Formatif

1. a) $15\angle 45^\circ$

b) $5\angle 120^\circ$

c) $4\angle -30^\circ$

d) $5\angle 0^\circ$

e) $5,657\angle 45^\circ$

f) $6\angle 90^\circ$

2. a) $j5$
b) $6+j8$
c) $-2,5$
d) $j10$
e) 8
3. a) 25
b) $6,25$
c) 24
d) $j16$
e) 100
4. a) $3,07 \angle 29^\circ$; $3,07 \angle 209^\circ$
b) $1,587$
c) $12,25 \angle -30^\circ$; $12,25 \angle 150^\circ$
d) $3e^{j\pi/2}$
e) $1 \angle 0^\circ$; $1 \angle 90^\circ$; $1 \angle 180^\circ$; $1 \angle 270^\circ$
5. a) $7,18 \angle 27,8^\circ$
b) $10 \angle -70^\circ$
c) $5,52 \angle 23,81^\circ$
d) $17,9 \angle 26,6^\circ$

Cocokkan jawaban anda dengan kunci jawaban test formatif 3 yang terdapat di bagian modul ini. Hitung jawaban yang benar.

Kemudian gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi modul 3 Tingkat

$$\text{Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang benar}}{\text{Jumlah soal}} \times 100 \%$$

Arti tingkat penguasaan :

90 – 100 % = Baik sekali

80 – 89 % = Baik

70 – 79 % = Cukup

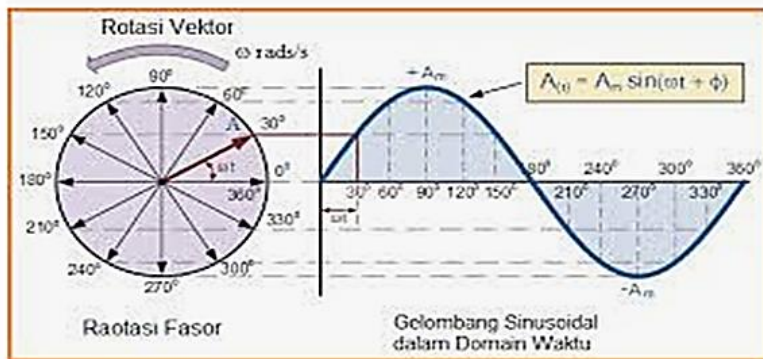
< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% > anda dapat meneruskan dengan kegiatan modul 4. Jika masih di bawah 80 %, anda harus mengulangi materi kegiatan modul 3, terutama bagian yang belum dikuasai.

BAB 4

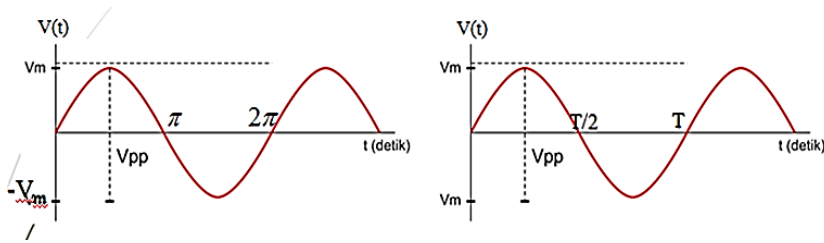
ARUS DAN TEGANGAN TUKAR SINUSOIDA

Metode Pembelajaran	Estimasi waktu	Capaian pembelajaran
• Kuliah Interaktif • Diskusi • Question based • Learning	100 menit	Mahasiswa mampu memahami gelombang sinusoida yang mempersentasikan nilai arus dan tegangan dari rangkaian komponen RLC.



A. Gelombang Sinusoidal

Sebuah tegangan yang harganya berubah-ubah secara sinusoidal ditulis $v(t) = V_m \sin \omega t$. Seperti gambar berikut ;



Gambar 4. 1 Fungsi Sinusoida $v(t)=V_m \sin \omega t$ yang diplot dalam ωt dan t

Amplitudo gelombang sinusoida adalah V_m terhadap ωt . Frekuensi dalam radian atau dalam sudut adalah ω , Fungsi ini berulang dalam setiap 2π radian. Karena itu periode gelombang adalah 2π radian.

Sebuah gelombang sinusoidal memiliki periode T dan siklusnya $1/T$ dalam setiap detik dan ini merupakan satuan frekuensi gelombang dalam satuan hertz. $f = 1/T$ dan $\omega T = 2\pi$ maka $\omega = 2\pi f$.

B. Arus dan Tegangan Gelombang Sinusoidal

Pada rangkaian yang terdiri dari elemen murni R , L , dan C akan mengalir arus sinusoidal dengan tegangan dan arus yang mengalir di rangkaian tersebut seperti pada tabel berikut :

Tabel 4. 1 Tegangan pada elemen murni jika arus adalah sinusoidal

Elemen	Tegangan dengan arus $i(t)$	Tegangan dengan arus $i(t) = I_m \sin \omega t$	Tegangan dengan arus $i(t) = I_m \cos \omega t$
Resistansi R	$V_R = Ri$	$V_R = RI_m \sin \omega t$	$V_R = RI_m \cos \omega t$
Induktansi L	$V_L = L \frac{di}{dt}$	$V_L = \omega LI_m \cos \omega t$	$V_L = \omega LI_m (-\sin \omega t)$
Kapasitansi C	$V_C = \frac{1}{C} \int i dt$	$V_C = \frac{I_m}{\omega C} (-\cos \omega t)$	$V_C = \frac{I_m}{\omega C} \sin \omega t$

Tabel 4. 2 Arus pada elemen murni jika tegangan adalah sinusoidal

Elemen	Arus dengan tegangan $v(t)$	Arus dengan Tegangan $v(t) = V_m \sin \omega t$	Arus dengan Tegangan $v(t) = V_m \cos \omega t$
Resistansi R	$i_R = \frac{v}{R}$	$i_R = \frac{V_m}{R} \sin \omega t$	$i_R = \frac{V_m}{R} \cos \omega t$
Induktansi L	$i_L = \frac{1}{L} \int v dt$	$i_L = \frac{V_m}{\omega L} (-\cos \omega t)$	$i_L = \frac{V_m}{\omega L} \sin \omega t$
Kapasitansi C	$i_C = C \frac{dv}{dt}$	$i_C = \omega CV_m \cos \omega t$	$i_C = \omega CV_m (-\sin \omega t)$

C. Impedansi dan Admitansi

Nilai Impedansi dalam satu rangkaian cabang elemen adalah perbandingan tegangan terhadap arus :

Impedansi = Fungsi Tegangan (Ohm)
Fungsi arus



$$Z = \frac{V}{I} \text{ (Ohm)}$$

$$Z = R \pm jX$$

Dimana : R = Resistansi

X = Reaktansi

Sedang nilai Admitansi adalah perbandingan Arus terhadap tegangan :

**Admitansi = Fungsi Arus (Mho)
Fungsi Tegangan**



$$Y = \frac{I}{V} = \frac{1}{Z} \text{ (Mho)}$$

$$Y = G \pm jB$$

Dimana : G = Konduktansi

B = Suseptansi

D. Sudut Phasa

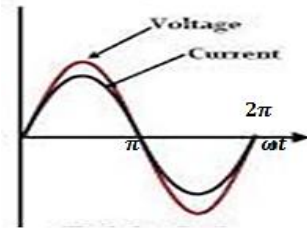
Dilihat dari pembentukan sudut antara gelombang tegangan dan gelombang arus dalam fungsi waktu diantara kedua jika berada dalam elemen listrik yaitu :

1. Pure R

Tegangan dan arus yang mengalir dalam tahanan Resistor murni mempunyai phasa yang sama yaitu :

$$i = I_m \sin \omega t \Rightarrow I = I_m \angle 0^\circ$$

$$V_R = RI_m \sin \omega t \Rightarrow V_R = RI_m \angle 0^\circ$$



2. Pure L

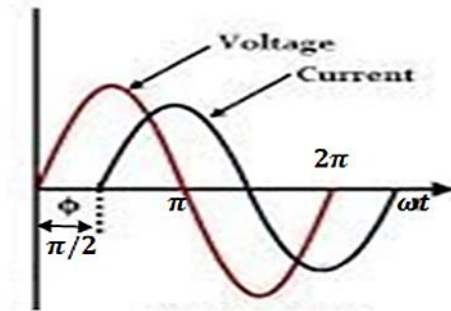
Gelombang Arus Lagging Tegangan sebesar 90° atau $\pi/2$ dengan besaran Induktor murni L dimana besaran Impedansi

$$Z = \omega L.$$

$$i = I_m \sin \omega t \Rightarrow I = I_m \angle 0^\circ$$

$$V_L = \omega L I_m \cos \omega t = \omega L I_m \sin(\omega t + 90^\circ) \Rightarrow V_L = \omega L I_m \angle 90^\circ$$

Arus tertinggal dibandingkan dengan tegangan sebesar $90^\circ \rightarrow$
Arus lagging.



3. Pure C

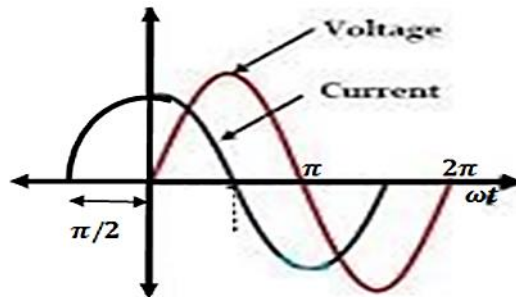
Gelombang Arus Leading terhadap Tegangan sebesar 90° atau $\pi/2$ dengan besaran kapasitor murni C dimana besaran

Impedansi $Z = \frac{1}{\omega C}.$

$$i = I_m \sin \omega t \Rightarrow I = I_m \angle 0^\circ$$

$$\frac{I_m}{\omega C} (-\cos \omega t)(-\cos \omega t) = \frac{I_m}{\omega C} \sin(\omega t - 90^\circ) \Rightarrow V_C = \frac{I_m}{\omega C} \angle -90^\circ$$

Arus mendahului dibandingkan dengan tegangan sebesar 90°
 $\rightarrow$ **Arus Leading**



E. Soal Latihan

1. Suatu Induktansi murni $L = 0,01\text{H}$ dilalui arus $i(t) = 5 \cos 2000t$ A, tentukan tegangan pada induktansi tersebut.
2. Suatu kapasitansi murni $C = 30 \mu\text{F}$ dilalui arus $i(t) = 12 \sin 2000t$ A, tentukan tegangan pada kapasitansi tersebut.
3. Jika diketahui suatu gelombang untuk mencapai bentuk gelombang yang sempurna (1 periode) memerlukan waktu selama $0,001$ detik, maka berapakah nilai frekuensi gelombang tersebut??
4. Cari sudut phasa antara $i_1 = -4 \sin (377t + 25^\circ)$ dan $i_2 = 5 \cos (377t - 40^\circ)$ Apakah i_1 Leading atau Lagging terhadap i_2 ??
5. Suatu Induktansi murni $L = 0,05 \text{ H}$ dengan tegangan pada induktansi sebesar $V_L(t) = 150 \sin 5000t$, tentukan arus yang mengalir pada induktansi tersebut!

Jawaban Soal Latihan

1. Diketahui : $L = 0,01 \text{ H}$

$$i(t) = 5 \cos 2000t \text{ Ampere.}$$

$$\text{Ditanya : } V_L(t) = ??$$

Pada $i(t) = I_m \cos \omega t \rightarrow V_L(t) = \omega L I_m (-\sin \omega t) \rightarrow \textbf{(Tabel 4.1)}$

$$\begin{aligned} V_L(t) &= \omega L I_m (-\sin \omega t) = \omega L I_m \cos (\omega t + 90^\circ) \\ &= 2000 \times 0,01 \times 5 \cos (2000t + 90^\circ) \\ &= \underline{100 \cos (2000t + 90^\circ)} \end{aligned}$$

Catatan :

Rumus : $\cos (A+B) = \cos A \cos B - \sin A \sin B$

$$\begin{aligned} \cos (2000t + 90) &= \cos 2000t \cos 90 - \sin 2000t \sin 90 \\ &= 0 - \sin 2000t = -\sin 2000t \end{aligned}$$

$$\cos (\omega t + 90^\circ) = -\sin \omega t$$

2. Diketahui : $C = 30 \mu\text{F}$.

$$i(t) = 12 \sin 2000t \quad \text{Ampere}$$

Ditanya : $V_C(t) = ??$

Pada $i(t) = I_m \sin \omega t \rightarrow V_C = \frac{I_m}{\omega C} (-\cos \omega t) \rightarrow \textbf{Tabel 4.1.}$

$$V_C = \frac{12}{2000 \times 30 \times 10^{-6}} (-\cos 2000t) = \frac{12}{6 \times 10^{-2}} \sin(2000t - 90) = \underline{200 \sin(2000t - 90) \text{ Volt}}$$

Catatan :

Rumus : $\sin (A-B) = \sin A \cos B - \cos A \sin B$

$$\begin{aligned} \sin (2000t - 90^\circ) &= \sin 2000t \cos 90 - \cos 2000t \sin 90 \\ &= 0 - \cos 2000t = -\cos 2000t \end{aligned}$$

$$\sin (\omega t - 90^\circ) = -\cos \omega t$$

3. Diketahui : $T = 0,001 \text{ detik} = 10^{-3} \text{ Sekon}$.

Ditanya : $f = ??$

$$f = 1/T = 1 / 10^{-3} \text{ sekon} = 10^3 \text{ Herzt} = 1000 \text{ Hz.}$$

4. Diketahui : $i_1 = -4 \sin (377t + 25^\circ)$

$$i_2 = 5 \cos (377t - 40^\circ)$$

Ditanya : Bagaimana i_1 dan i_2 terhadap tegangan apakah Leading ataukah lagging?

Teori :

- *Leading* = Mendahului (Fasa lebih besar)
- *Lagging* = Tertinggal (fasa lebih kecil)
- $\sin (A+B) = \sin A \cos B + \cos A \sin B$

$$\sin (\omega t + 90) = \sin \omega t \cos 90 + \cos \omega t \sin 90$$

$$= 0 + \cos \omega t \rightarrow \cos \omega t = \sin (\omega t + 90)$$

Dimisalkan : $\omega t = 377t - 40 \rightarrow$

Jadi $i_2 = \cos (377t - 40) = \sin (377t - 40 + 90) = \sin (377t + 50)$

Dan : $-\sin \omega t = \sin (\omega t + 180) \rightarrow i_1 = -4 \sin (377t+25) = \sin (377t+25+180)$

$i_1 = \sin (377t+205^\circ) \rightarrow$ Maka i_1 terhadap $i_2 = \text{Leading } (205^\circ - 50^\circ = 155^\circ)$

5. Diketahui ; $L = 0,05 \text{ H}$

$$V_L(t) = 150 \sin 5000t$$

Ditanya : $i_L = ??$

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

➔ Tabel 4.2.

Maka :

$$i_L = \frac{150}{5000 \times 0,05} (-\cos 5000t) = \frac{150}{250} \sin(5000t - 90^\circ)$$
$$i_L = 0,6 \sin(5000t - 90^\circ)$$

Karena : **$-\cos \omega t = \sin(\omega t - 90^\circ)$**

F. Rangkuman

1. Gelombang sinusoidal adalah gelombang yang berubah-ubah secara periodic dan menampilkan kurva sinus.
2. Dalam rangkaian resistor murni gelombang arus akan sefasa dengan tegangan karena komponen Resistor (R) hanya bersifat menghambat sehingga bernilai Riel atau konstan.
3. Dalam rangkaian Induktor murni (L) gelombang arus akan tertinggal (lagging) terhadap tegangan karena sifat Induktor (Lilitan) menyimpan arus yang akan membentuk medan magnit.
4. Dalam rangkaian Kapasitor murni (C) gelombang arus akan mendahului (Leading) terhadap tegangan karena sifat komponen kapasitor menyimpan tegangan yang akan membentuk medan Listrik.

Test Formatif

1. Suatu Induktansi murni $L = 0,05H$ dilalui arus $i(t) = 5 \cos(5000t - 45^\circ)$ A, tentukan tegangan pada induktansi tersebut.
2. Suatu kapasitansi murni $C = 50 \mu F$ dilalui arus $i(t) = 100 \sin 1000t$ A, tentukan tegangan pada kapasitansi tersebut.

3. Suatu Induktansi murni $L = 0,01 \text{ H}$ dengan tegangan pada induktansi sebesar $V_L(t) = 100 \sin 2000t$, tentukan arus yang mengalir pada induktansi tersebut!
4. Suatu kapasitansi murni C dilalui arus $i(t) = 10 \sin 1000t$ Ampere, tegangan pada kapasitansi tersebut $V_C = 100 \sin (1000t - 90^\circ)$ Volt, tentukan besarnya harga kapasitansi tersebut !!
5. Jika tegangan $V(t) = 6 \cos (100t - 30^\circ)$ dipasang ke kapasitor $50 \mu\text{F}$, hitung arus $i(t)$ yang melalui kapasitor !!

Jawaban Test Formatif

1. $V_L = 1250 \cos (5000t + 45^\circ)$
2. $V_C = 2000 \sin (1000t - 90^\circ)$
3. $5 \sin (2000t - 90^\circ)$
4. $100 \mu\text{F}$
5. $30 \cos (100t + 60^\circ)$

Cocokkan jawaban anda dengan kunci jawaban test formatif 4 yang terdapat di bagian modul ini. Hitung jawaban yang benar. Kemudian gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi modul 4 Tingkat

$$\text{Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang benar}}{\text{Jumlah soal}} \times 100 \%$$

Arti tingkat penguasaan :

90 – 100 % = Baik sekali

80 – 89 % = Baik

70 – 79 % = Cukup

$< 70\%$ = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan $80\% >$ anda dapat meneruskan dengan kegiatan modul 5. Jika masih di bawah 80% , anda harus mengulangi materi kegiatan modul 4, terutama bagian yang belum dikuasai.

BAB 5

LANJUTAN ARUS DAN TEGANGAN TUKAR SINUSOIDA

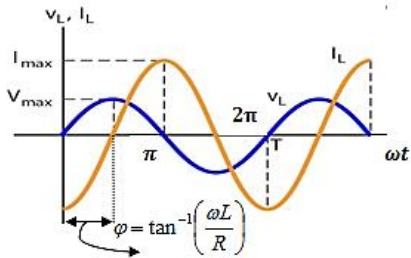
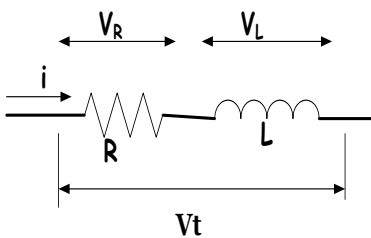
Metode Pembelajaran	Estimasi waktu	Capaian pembelajaran
• Kuliah Interaktif • Diskusi • Question based • Learning	100 menit	Mahasiswa mampu memahami rangkaian seri dan paralel gelombang sinusoida serta rangkaian seri paralel komponen RLC.

A. Rangkaian Seri RL

Pada rangkaian seri antara resistor dan inductor Maka arus akan tertinggal (Laging) terhadap tegangan dengan besar sudut phasa :

$$\varphi = \tan^{-1}\left(\frac{\omega L}{R}\right) \text{ dengan Impedansi magnitude ;}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$



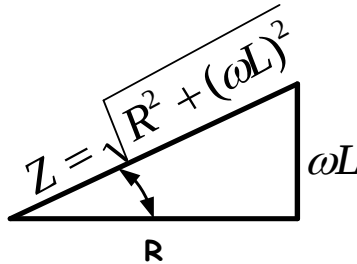
Persamaan Rangkaian

Jika arus yang mengalir pada rangkaian :

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

Dan Persamaan Tegangan :

$$\begin{aligned} V_t &= V_R + V_L \\ &= RI_m \sin \omega t + \omega L I_m \cos \omega t \dots\dots(1) \end{aligned}$$



Jumlah sinus dan cosinus dari besaran diatas pada frekuensi yang sama dapat dikombinasikan menjadi satu besaran sinus atau cosinus dengan amplitude A dan sudut fase ϕ , sehingga :

$$V_t = A \sin(\omega t + \phi) = A \sin \omega t \cos \phi + A \cos \omega t \sin \phi \dots\dots\dots(2)$$

Dari kedua persamaan (1) dan (2) dicari kesamaan antara sudut yaitu

$\cancel{RI_m \sin \omega t} = A \cancel{\sin \omega t} \cos \phi$ $RI_m = A \cos \phi$	Dan	$\cancel{\omega LI_m \cos \omega t} = A \cancel{\cos \omega t} \sin \phi$ $\omega LI_m = A \sin \phi$
---	-----	---

Maka dapat diperoleh :

$$\tan \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = \frac{\omega L I_m}{R I_m} = \frac{\omega L}{R}$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}$$

$$A = \frac{R I_m}{\cos \varphi} = \frac{R I_m}{\frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}} = I_m \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

Sehingga

$$V_t = A \sin(\omega t + \varphi) = I_m \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \sin(\omega t + \tan^{-1}(\omega L/R))$$

Jika :

$R \gg \omega L$ dan $\omega L/R \rightarrow 0$ maka $\varphi = 0$ akan diperoleh resistansi murni.

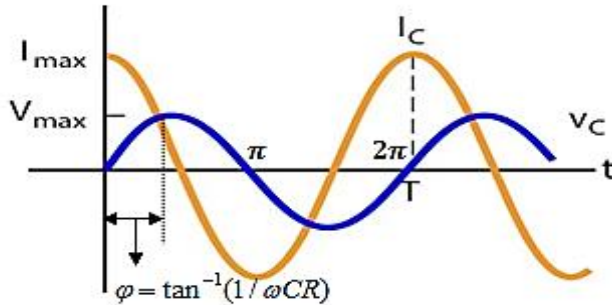
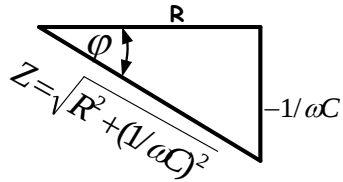
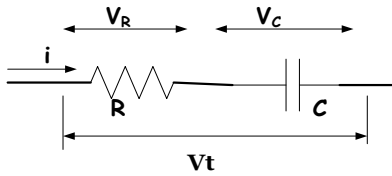
$R \ll \omega L$ dan $\omega L/R \rightarrow \infty$ maka $\varphi = \pi/2$ akan diperoleh induktansi murni.

B. Rangkaian Seri RC

Pada rangkaian seri antara resistor dan kapasitor Maka arus akan mendahului (Leading) terhadap tegangan dengan besar sudut fasa :

$$\varphi = \tan^{-1}\left(-\frac{1}{\omega CR}\right) \text{ dengan Impedansi magnitude ;}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}$$



Persamaan Rangkaian

Jika arus yang mengalir pada rangkaian : $i = I_m \cos \omega t$

Dan Persamaan Tegangan : $V_t = V_R + V_C$

$$V_t = RI_m \cos \omega t + (1/\omega C) I_m \sin \omega t \dots\dots(1)$$

Jumlah sinus dan cosinus dari besaran diatas pada frekuensi yang sama dapat dikombinasikan menjadi satu besaran sinus atau cosinus dengan amplitude A dan sudut fasa ϕ , sehingga :

$$V_t = A \cos(\omega t + \varphi) = A \cos \omega t \cos \varphi - A \sin \omega t \sin \varphi \dots\dots\dots(2)$$

Dari kedua persamaan (1) dan (2) dicari kesamaan antara sudut yaitu :

$$\begin{aligned} RI_m \cancel{\cos \omega t} &= A \cancel{\cos \omega t} \cos \varphi \\ RI_m &= A \cos \varphi \end{aligned}$$

dan

$$\begin{aligned} (1/\omega C) I_m \cancel{\sin \omega t} &= -A \cancel{\sin \omega t} \sin \varphi \\ (1/\omega C) I_m &= -A \sin \varphi \end{aligned}$$

Maka dapat diperoleh :

$$\tan \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = \frac{-(1/\omega C) I_m}{RI_m} = -\frac{1}{\omega CR}$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}}$$

$$A = \frac{RI_m}{\cos \varphi} = \frac{RI_m}{\frac{R}{\sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}}} = I_m \sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}$$

Sehingga

$$V_t = A \cos(\omega t + \varphi) = I_m \sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2} \cos(\omega t - \tan^{-1}(1/\omega CR))$$

Jika :

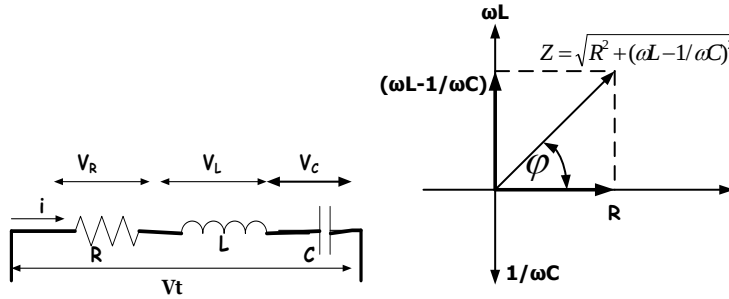
$R \gg \omega C$ dan $1/\omega CR \rightarrow 0$ maka $\varphi = 0$ akan diperoleh resistansi murni.

$R \ll 1/\omega C$ dan $1/\omega CR \rightarrow \infty$ maka $\varphi = \pi/2$ akan diperoleh Pure kapasitansi

C. Rangkaian Seri RLC

Pada rangkaian seri RLC dengan arus yang mengalir sebesar $i = I_m \sin \omega t$ maka :

$$V_t = V_R + V_L + V_C = RI_m \sin \omega t + (\omega L - 1/\omega C)I_m \cos \omega t \dots\dots (1)$$



Jika dinyatakan V_t dalam fungsi tunggal sinus dengan Amplitudo A dan sudut fasa φ , maka : $V_t = A \sin(\omega t + \varphi) = A \sin \omega t \cos \varphi + A \cos \omega t \sin \varphi \dots\dots (2)$

Persamaan (1) dan (2) di substitusi maka akan didapat nilai :

$RI_m \sin \omega t = A \sin \omega t \cos \varphi$ $RI_m = A \cos \varphi$	
---	--

dan

$$(\omega L - 1/\omega C)I_m \cos \omega t = A \cos \omega t \sin \varphi$$

$$(\omega L - 1/\omega C)I_m = A \sin \varphi$$

Maka dapat diperoleh :

$$\tan \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = \frac{(\omega L - 1/\omega C)I_m}{RI_m} = \frac{\omega L - 1/\omega C}{R}$$

$$\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}}$$

$$A = \frac{RI_m}{\cos \varphi} = \frac{RI_m}{\frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}}} = I_m \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}$$

Sehingga :

$$V_t = A \sin(\omega t + \varphi) = I_m \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} \sin\left(\omega t + \tan^{-1}\left(\frac{\omega L - 1/\omega C}{R}\right)\right)$$

Dimana $\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}$ adalah harga absolute dari impedansi.

Jika :

$\omega L > 1/\omega C$ maka sudut fasa φ adalah positif dan arus lagging terhadap tegangan dikarenakan efek induktansi lebih besar.

$\omega L < 1/\omega C$ maka sudut fasa φ adalah negative dan arus leading terhadap tegangan dikarenakan efek konduktansi lebih besar.

$\omega L = 1/\omega C$ maka sudut fasa $\varphi = 0$ dan arus sephasa dengan tegangan sehingga nilai impedansi = R → Disebut Resonansi seri.

D. Rangkaian Paralel RL

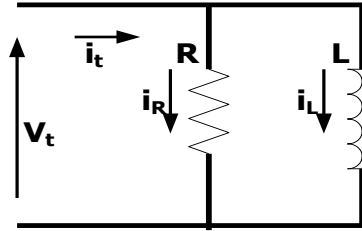
Pada rangkaian paralel kombinasi R dan L dimisalkan mempunyai tegangan

$V = V_m \cos \omega t$, maka arus yang mengalir pada masing-masing cabang mempunyai total arus i_T dalam fungsi cosinus yaitu :

$$i_T = i_R + i_L = \frac{1}{R}V + \frac{1}{L} \int V dt$$

$$i_T = \frac{V_m}{R} \cos \omega t + \frac{V_m}{L} \int \cos \omega t dt \quad \Rightarrow$$

$$i_T = \frac{V_m}{R} \cos \omega t + \frac{V_m}{\omega L} \sin \omega t$$



Persamaan umum arus :

$$i_t = A \cos(\omega t + \phi) = A \cos \omega t \cos \phi - A \sin \omega t \sin \phi$$

Jadi :

$$\frac{V_m}{R} \cos \omega t = A \cos \omega t \cos \phi$$

$$A \cos \phi = \frac{V_m}{R}$$

Dan

$$\frac{V_m}{\omega L} \sin \omega t = -A \sin \omega t \sin \phi$$

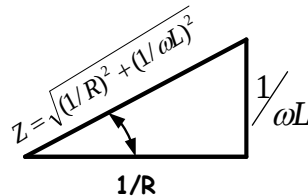
$$-A \sin \phi = \frac{V_m}{\omega L}$$

Maka akan diperoleh :

$$1. \quad \tan \phi = \frac{\sin \phi}{\cos \phi} = \frac{-V_m / \omega L}{V_m / R} = \frac{-R}{\omega L}$$

$$2. \quad \cos \phi = \frac{1/R}{\sqrt{(1/R)^2 + (1/\omega L)^2}}$$

$$3. \quad A = \frac{V_m / R}{\cos \phi} = \frac{V_m / R}{\frac{1/R}{\sqrt{(1/R)^2 + (1/\omega L)^2}}} = V_m \sqrt{(1/R)^2 + (1/\omega L)^2}$$



Sehingga :

$$i_t = A \cos(\omega t + \varphi) = V_m \sqrt{(1/R)^2 + (1/\omega L)^2} \cos(\omega t - \tan^{-1} \frac{R}{\omega L})$$

Jika : , $R \gg \omega L$ dan $\varphi \rightarrow 90^\circ$ maka $i_t \approx \frac{V_m}{\omega L} \cos(\omega t - 90^\circ)$

$R \ll \omega L$ dan $\varphi \rightarrow 0^\circ$ maka $i_t \approx \frac{V_m}{R} \cos \omega t$.

E. Rangkaian Paralel RC

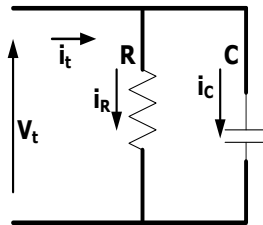
Pada rangkaian paralel kombinasi R dan C dimisalkan mempunyai tegangan

$V = V_m \sin \omega t$, maka arus yang mengalir pada masing-masing cabang mempunyai total arus i_T dalam fungsi cosinus yaitu :

$$i_T = i_R + i_C = \frac{1}{R} V + C \frac{dV}{dt}$$

$$i_T = \frac{V_m}{R} \sin \omega t + C \frac{d}{dt} (V_m \sin \omega t) \Rightarrow$$

$$i_T = \frac{V_m}{R} \sin \omega t + \omega C V_m \cos \omega t$$



Persamaan umum arus :

$$i_t = A \sin(\omega t + \varphi) = A \sin \omega t \cos \varphi + A \cos \omega t \sin \varphi$$

Jadi :

$$\frac{V_m}{R} \sin \omega t = A \sin \omega t \cos \varphi$$

$$A \cos \varphi = \frac{V_m}{R}$$

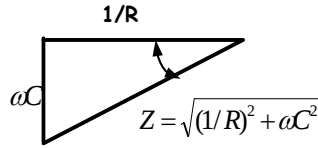
Dan

$$\omega C V_m \cos \omega t = A \cos \omega t \sin \varphi$$

$$A \sin \varphi = \omega C V_m$$

Maka akan diperoleh :

$$\begin{aligned}
 1. \quad \tan \varphi &= \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = \frac{\omega C V_m}{V_m / R} = \omega C R \\
 2. \quad \cos \varphi &= \frac{1/R}{\sqrt{(1/R)^2 + (\omega C)^2}} \\
 3. \quad A &= \frac{V_m / R}{\cos \varphi} = \frac{V_m / R}{\frac{1/R}{\sqrt{(1/R)^2 + (\omega C)^2}}} = V_m \sqrt{(1/R)^2 + (\omega C)^2}
 \end{aligned}$$



Sehingga :

$$i_t = A \sin(\omega t + \varphi) = V_m \sqrt{(1/R)^2 + (\omega C)^2} \sin(\omega t + \tan^{-1} \omega C R)$$

Jika : $R \gg 1/\omega C$, dan $\varphi \rightarrow 90^\circ$ maka

$$i_t \approx i_C = \omega C V_m \sin(\omega t + 90^\circ)$$

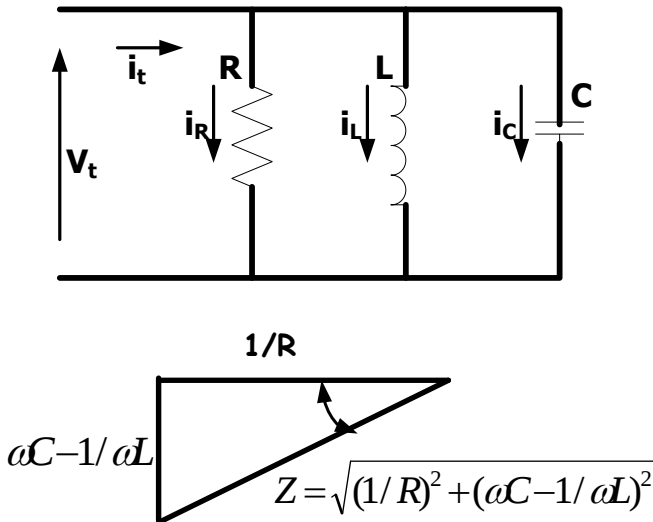
$R \ll 1/\omega C$ dan $\varphi \rightarrow 0^\circ$

maka -
$$i_t \approx i_R = \frac{V_m}{R} \sin \omega t.$$

F. Rangkaian Paralel RLC

Pada rangkaian paralel kombinasi R, L,C dimisalkan mempunyai tegangan

$V = V_m \sin \omega t$, maka arus yang mengalir pada masing-masing cabang mempunyai total arus i_T dalam fungsi cosinus yaitu :



$$i_T = i_R + i_L + i_C = \frac{1}{R}V + \frac{1}{L}\int V dt + C \frac{dV}{dt}$$

$$i_T = \frac{V_m}{R} \sin \omega t + \frac{1}{L} \int V_m \sin \omega t + C \frac{d}{dt} (V_m \sin \omega t)$$

$$i_T = \frac{V_m}{R} \sin \omega t - \frac{V_m}{\omega L} \cos \omega t + \omega C V_m \cos \omega t = \frac{V_m}{R} \sin \omega t + (\omega C - 1/\omega L) V_m \cos \omega t$$

Persamaan umum arus :

$$i_t = A \sin(\omega t + \phi) = A \sin \omega t \cos \phi + A \cos \omega t \sin \phi$$

Jadi :

$$\frac{V_m}{R} \sin \omega t = A \sin \omega t \cos \phi$$

$$A \cos \phi = \frac{V_m}{R}$$

dan

$$(\omega C - 1/\omega L) V_m \cos \omega t = A \cos \omega t \sin \phi$$

$$A \sin \phi = (\omega C - 1/\omega L) V_m$$

Maka akan diperoleh :

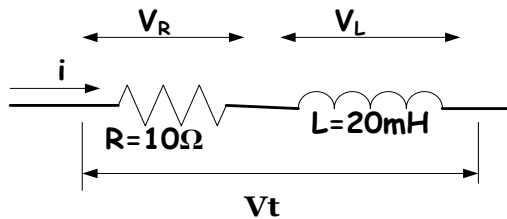
$$\begin{aligned}
 1. \quad \tan \varphi &= \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = \frac{(\omega C - 1/\omega L)V_m}{V_m/R} = \frac{(\omega C - 1/\omega L)}{1/R} = (\omega C - 1/\omega L)R \\
 2. \quad \cos \varphi &= \frac{1/R}{\sqrt{(1/R)^2 + (\omega C - 1/\omega L)^2}} \\
 3. \quad A &= \frac{V_m/R}{\cos \varphi} = \frac{V_m/R}{\frac{1/R}{\sqrt{(1/R)^2 + (\omega C - 1/\omega L)^2}}} = V_m \sqrt{(1/R)^2 + (\omega C - 1/\omega L)^2}
 \end{aligned}$$

Sehingga

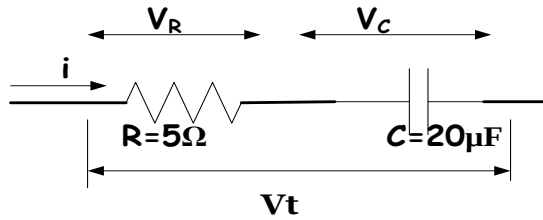
$$i_t = A \sin(\omega t + \varphi) = V_m \sqrt{(1/R)^2 + (\omega C - 1/\omega L)^2} \sin[\omega t + \tan^{-1}(\omega C - 1/\omega L)R]$$

G. Latihan Soal

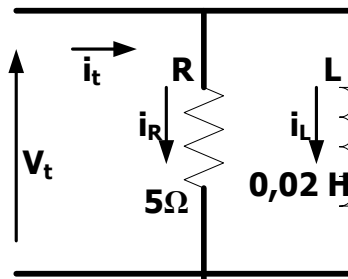
1. Pada rangkaian seri RL berikut diketahui : $i = 2 \sin 500t$ Ampere, hitung total tegangan yang mengalir dalam rangkaian tersebut.



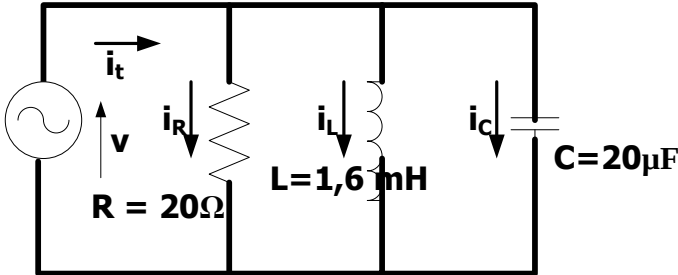
2. Pada rangkaian seri RC berikut diketahui : $i = 2 \cos 5000t$ Ampere, hitung total tegangan yang mengalir dalam rangkaian tersebut.



3. Pada rangkaian seri RLC, Resistor $R=5\text{ Ohm}$, $L=0,02\text{ Hendri}$, $C=80\mu F$, mempunyai frekuensi variable tegangan sinusoidal, tentukan harga besaran sudut (ω) untuk posisi arus yang mendahului tegangan sebesar 45° .
4. Pada rangkaian paralel RL dibawah ini, mempunyai fungsi tegangan $v=100\sin(1000t + 50^\circ)\text{ Volt}$, Tentukan besar total arus dalam fungsi sinus.



5. Pada rangkaiain paralel RLC diketahui : $v = 50\sin(5000t + 45^\circ)$ tentukan semua arus cabang dan total arus.



Jawaban Latihan Soal

1. Diketahui : $i = 2\sin 500t$ Ampere, $R = 10 \Omega$, $L = 20 \text{ mH}$

Ditanya : $V_t = ??$

Rangkaian seri RL maka

$$V_t = A \sin(\omega t + \phi) = I_m \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \sin\left[\omega t + \tan^{-1}\left(\frac{\omega L}{R}\right)\right]$$

$$V_t = 2\sqrt{10^2 + (500 \times 20 \times 10^{-3})^2} \sin\left[500t + \tan^{-1} \frac{500 \times 20 \times 10^{-3}}{10}\right]$$

$$V_t = 2\sqrt{10^2 \times 2} \sin[500t + 45^\circ] = 20\sqrt{2} \sin[500t + 45^\circ] = 28,28 \sin[500t + 45^\circ]$$

2. Diketahui : $i = 2 \cos 5000t$ Ampere, $R = 5 \Omega$, $C = 20 \mu\text{H}$

Ditanya : $V_t = ??$

Rangkaian seri RC maka tegangan V_t adalah

$$V_t = A \cos(\omega t + \phi) = I_m \sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2} \cos\left[\omega t - \tan^{-1}\left(\frac{1}{\omega CR}\right)\right]$$

$$V_t = 2\sqrt{5^2 + (1/(5000 \times 20 \times 10^{-6}))^2} \cos[5000t - \tan^{-1}(1/5000 \times 20 \times 10^{-6} \times 5)]$$

$$V_t = 2\sqrt{25 + 100} \cos[5000t - \tan^{-1}(2)] = \underline{\underline{22,36 \cos(5000t - 63,4^\circ)}}$$

3. Diketahui rangkaian seri RLC, Resistor $R=5 \text{ Ohm}$, $L=0,02 \text{ Hendri}$, $C=80\mu\text{F}$,

Ditanya : Besarnya ω pada saat arus leading terhadap tegangan sebesar 45° .

Karena seri RLC arus leading terhadap tegangan maka $\omega L < 1/\omega C$ maka sudut fasa φ adalah negative dan arus leading terhadap tegangan dikarenakan efek konduktansi lebih besar.

$$V_t = A \sin(\omega t + \varphi) = I_m \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2} \sin \left[\omega t - \tan^{-1} \left(\frac{\omega L - 1/\omega C}{R} \right) \right]$$

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{\omega L - 1/\omega C}{R} \right) = -45^\circ \rightarrow \tan(-45^\circ) = \left(\frac{\omega L - 1/\omega C}{R} \right) = \left(\frac{\omega 0,02 - 1/\omega 80 \times 10^{-6}}{5} \right)$$

$$4 \times 10^{-3} \omega - (10^4 / 4\omega) = -1 \rightarrow 0,004 \omega^2 + \omega - 2500 = 0 \rightarrow \omega_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\omega_{1,2} = \frac{-1 \pm \sqrt{1^2 - 4 \times 0,004 \times (-2500)}}{2 \times 0,004} = \frac{-1 \pm \sqrt{1 + 40}}{0,008} \Rightarrow \omega = \frac{-1 + \sqrt{41}}{0,008} = 675$$

4. Diketahui : $v = 100 \sin(1000t + 50^\circ) \text{ Volt}$,

$$R = 5 \Omega, L = 0,02 \text{ H}$$

Ditanya : Arus $i(t) = ??$

$$i_T = i_R + i_L = \frac{1}{R} V + \frac{1}{L} \int V dt = \frac{100}{5} \sin(1000t + 50^\circ) + \frac{100}{0,02} \int \sin(1000t + 50^\circ) dt$$

$$i_T = 20 \sin(1000t + 50^\circ) - \frac{100}{1000 \times 0,02} \cos(1000t + 50^\circ)$$

$$= 20 \sin(1000t + 50^\circ) - 5 \cos(1000t + 50^\circ)$$

$$= A \sin(1000t + 50^\circ) \cos \varphi + A \cos(1000t + 50^\circ) \sin \varphi$$

Dari kedua persamaan diatas didapatkan beberapa nilai :

$$20 = A \cos \varphi, -5 = A \sin \varphi,$$

$$i_t = 2,5 \sin(5000t + 45^\circ) - 1,25 \cos(5000t + 45^\circ)$$

$$i_t = \sqrt{(-1,25)^2 + (2,5)^2} \sin(5000t + 45^\circ + \tan^{-1} \left[\frac{2,5}{-1,25} \right])$$

$$i_t = 2,8 \sin(5000t + 45^\circ - 63,4^\circ) = 2,8 \sin(5000t - 18,4^\circ)$$

Maka arus lagging terhadap tegangan sebesar : $45 - 18,4 = 26,6^\circ$.

Dan total arus maksimal = 2,8 Ampere.

H. Rangkuman

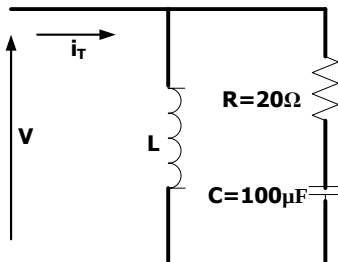
1. Rangkaian seri RL, RC, RLC dalam bentuk sinusoidal akan bisa dihitung dengan menyertakan pemahaman tentang persamaan aljabar trigonometri.
2. Rangkaian paralel RL, RC, dan RLC harus lincah dalam pengetrapan persamaan trigonometri dalam penyelesaian soal.
3. Elemen-elemen dalam rangkaian hubungan seri, total tegangannya adalah jumlah dari tegangan tiap elemen yaitu $V_t = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$
4. Elemen-elemen rangkaian dalam hubungan paralel, arus totalnya adalah jumlah arus dari setiap elemen yaitu $i_t = i_1 + i_2 + i_3 + \dots$

Test Formatif

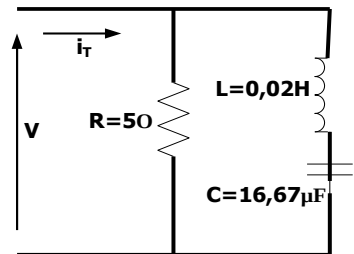
1. Dalam satu rangkaian seri RL, dimana $R = 5\Omega$, dan $L = 0,06H$ Hendry, dan tegangan yang keluar pada induktansi adalah $V_L = 15 \sin 200t$ Volt, Tentukan total tegangan, Total

Arus, sudut phasa dimana arus lagging V_t serta besarnya magnitude Impedansi.

2. Rangkaian seri RC, dengan $R = 12 \text{ Ohm}$, $C = 31,3 \text{ } \mu\text{F}$, dialiri tegangan rangkaian : $V = 100 \cos (2000t - 20^\circ)$ volts, Dua elemen ini (RC) juga diganti menjadi hubungan paralel, tentukan total arus rangkaian pada kondisi hubungan seri dan paralel.
3. Tentukan total arus pada rangkaian paralel $L = 0,05 \text{ H}$ dan $C = 0,667 \text{ } \mu\text{F}$, dengan tegangan pada rangkaian : $v = 100 \sin 5000t$ volts.
4. Pada rangkaian paralel gambar (a) di bawah ini, Tentukan besarnya nilai L , jika arus dan tegangan yang mengalir ke rangkaian adalah $v_T = 100 \sin 500t$ volts, dan arus $i_T = 2,5 \sin 500t$ Ampere.
5. Pada rangkaian paralel gambar (b) diketahui tegangan yang mengalir pada rangkaian $v = 50 \sin (2000t - 90^\circ)$, Tentukan total arus pada rangkaian = ...!!



(a) Soal no 4



(b) Soal no 5

Jawaban Test Formatif

1. $i = 1,25 \sin(200t - 90^\circ)$ Ampere.

$$V_t = 16,25 \sin(200t - 22,65^\circ) \text{ volts}$$

$$\varphi = 67,35^\circ$$

$$Z = V_m/I_m = 13 \text{ Ohm}$$

2. Series : $i = 5 \cos(2000t + 33,2^\circ)$ Ampere

$$\text{Paralel : } i = 10,4 \cos(2000t + 16,8^\circ) \text{ Ampere}$$

3. $i_T = 0,067 \sin(5000t - 90^\circ)$ Ampere.

4. $L = 0,08$ Hendry

5. $i_T = 11,2 \sin(2000t - 116,6^\circ)$ Ampere.

Cocokkan jawaban anda dengan kunci jawaban test formatif 5 yang terdapat di bagian modul ini. Hitung jawaban yang benar. Kemudian gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan anda terhadap materi modul 5 Tingkat

$$\text{Penguasaan} = \frac{\text{Jumlah jawaban yang benar}}{\text{Jumlah soal}} \times 100 \%$$

Arti tingkat penguasaan :

$$90 - 100 \% = \text{Baik sekali}$$

$$80 - 89 \% = \text{Baik}$$

$$70 - 79 \% = \text{Cukup}$$

$$< 70\% = \text{kuang}$$

DAFTAR PUSTAKA

- Bird, J. (2003). *Electrical and electronic principles and technology* (3rd ed.). Newnes.
- Cekdin, C., & Barlian, T. (2013). *Rangkaian listrik*. Andi Offset.
- Edminister, J. A. (1972). *Theory and problems of electrical circuits* (Schaum's Outline Series). McGraw-Hill.
- Fitzgerald, A. E. (1981). *Basic electrical engineering* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Hayt, W. H., & Kemmerly, J. E. (1993). *Engineering circuit analysis* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Johnson, D. E., Hilburn, J. L., Johnson, J. R., & Scott, P. D. (1995). *Basic electric circuit analysis* (5th ed.). Prentice Hall.
- Lister, E. C. (1984). *Electric circuits and machines*. McGraw-Hill.
- Mismail, B. (1995). *Rangkaian listrik* (Jilid 1 & 2). Penerbit ITB.
- Spiegel, M. R. (1986). *Teori dan soal-soal analisis Fourier dengan penerapan soal-soal nilai batas* (A. Imron, Trans.). Erlangga. (Karya asli diterbitkan tanpa tahun diketahui)
- Theraja, B. L. (1982). *Advanced problems in electrical engineering*. S. Chand & Company.

Tipler, P. A. (2001). *Fisika untuk sains dan teknik* (B. Soegijono, Trans.; Edisi ke-3). Erlangga.

BIODATA PENULIS



Rosalina, S.T., M.T.

Dosen Teknologi Rekayasa Mekatronika Fakultas Teknologi
Industri dan Informatika (FTII) Uhamka, Jakarta Timur

Penulis lahir di Palembang (Sumatera Selatan) tanggal 04 Januari 1970. penulis adalah dosen tetap pada program studi Teknologi Rekayasa Mekatronika, FTII UHAMKA Jakarta Timur. Menyelesaikan Program studi Teknik S1 pada jurusan Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya (UNSRI) Palembang dan melanjutkan S2 pada jurusan Teknik Elektro, Peminatan Control Engginering di Universitas Indonesia (UI) depok jakarta. Sekarang penulis sedang melaksanakan pendidikan S3 Program studi Teknik Informatika di Universitas Ahmad Dahlan (UAD) Yogyakarta. Penulis menekuni bidang menulis buku-buku bidang

Elektro, terutama buku-buku ilmu dasar Rangkaian Listrik dan Buku Sistem Pengaturan (Kontrol).

---000---