



**DILENGKAPI  
CD-ROM**

Teori dan Teknik  
Penyelesaian Kasus

# Rangkaian Listrik dengan **MATLAB** dan **SIMULINK I**



Oleh :  
Dr. Ir. I Ketut Wirjayati, S.T., M.T., IPU., ASEAN.Eng.  
I Nyoman Wahyu Satiawan, S.T., M.Sc., Ph.D.  
I Made Ari Nrartha, S.T., M.T.  
Ni Made Seniari, S.T., M.T.

Denpasar  
2022

**Teori dan Teknik  
Penyelesaian Kasus Rangkaian  
Listrik dengan  
MATLAB dan SIMULINK I**

## UU No 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta

### **Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4**

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

### **Pembatasan Pelindungan Pasal 26**

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap:

- i. Penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggunaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. Penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

### **Sanksi Pelanggaran Pasal 113**

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

**Teori dan Teknik  
Penyelesaian Kasus Rangkaian  
Listrik dengan  
MATLAB dan SIMULINK I**

Dr. Ir. I Ketut Wirjayati, S.T., M.T., IPU., ASEAN.Eng.

I Nyoman Wahyu Satiawan, S.T., M.Sc., Ph.D.

I Made Ari Nrartha, S.T., M.T.

Ni Made Seniari, S.T., M.T.



*Cerdas, Bahagia, Mulia, Lintas Generasi.*

**TEORI DAN TEKNIK PENYELESAIAN KASUS RANGKAIAN LISTRIK  
DENGAN MATLAB DAN SIMULINK I**

**I Ketut Wirjayati... [et.al.]**

Desain Cover :

**I Ketut Wirjayati... [et.al.]**

Sumber :

I Ketut Wirjayati... [et.al.]

Tata Letak :

**Amira Dzatin Nabila**

Proofreader :

**Meyta Lanjarwati**

Ukuran :

**xxiv, 360 hlm, Uk: 15.5x23 cm**

ISBN :

**978-623-02-4630-2 (no.jil.lengkap)**

**978-623-02-4631-9 (jil.1)**

Cetakan Pertama :

**Mei 2022**

Hak Cipta 2022, Pada Penulis

---

Isi diluar tanggung jawab percetakan

---

**Copyright © 2022 by Deepublish Publisher**

All Right Reserved

Hak cipta dilindungi undang-undang  
Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau  
memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini  
tanpa izin tertulis dari Penerbit.

**PENERBIT DEEPUBLISH  
(Grup Penerbitan CV BUDI UTAMA)**

Anggota IKAPI (076/DIY/2012)

Jl.Rajawali, G. Elang 6, No 3, Drono, Sardonoharjo, Ngaglik, Sleman  
Jl.Kaliurang Km.9,3 – Yogyakarta 55581

Telp/Faks: (0274) 4533427

Website: [www.deepublish.co.id](http://www.deepublish.co.id)

[www.penerbitdeepublish.com](http://www.penerbitdeepublish.com)

E-mail: [cs@deepublish.co.id](mailto:cs@deepublish.co.id)

---

## **KATA PENGANTAR**

### **PENERBIT**

---

Membaca adalah sarana ekspresi diri dalam berkomunitas serta untuk terus maju menuju pencerdasan dan pencerahan. Ini menjadi sebuah motivasi dan dorongan bagi kami di Penerbit Deepublish untuk ikut berikhtiar dalam mencerdaskan dan memuliakan umat manusia, serta memanfaatkan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk menciptakan industri *processing* berbasis sumber daya alam (SDA) Indonesia. Berdasarkan pandangan, sikap dasar, tujuan itu, maka buku yang berjudul Teori dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik dengan MATLAB dan Simulink II ini diterbitkan.

Buku yang berjudul Teori dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik dengan MATLAB dan Simulink II, dirancang agar mudah dipahami oleh para insinyur, peneliti, akademisi, praktisi, mahasiswa sarjana, pascasarjana, diploma, bahkan para siswa umum yang tertarik dengan keilmuan teknik, yang dapat digunakan sebagai bahan referensi maupun bahan ajar pada bidang teknik elektro maupun industri.

Buku ini mengoptimalkan pemrograman dengan pemrograman yang umum dan secara komprehensif tentang konsep, teori dan aplikasi dengan diikuti dengan script dan penggambaran dengan perangkat lunak. Ulasan dengan cara menghitung kasus tiap kasus selanjutnya menjalankan script

## **Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

dan membandingkan dengan hasil manual, sehingga mudah dipahami oleh pembaca.

Kami sadar masih terdapat berbagai kekurangan dalam buku ini. Namun, kami mencoba untuk terus mengembangkan diri, dan mencoba memperkecil kesalahan-kesalahan.

Kami mengucapkan terima kasih kepada penulis yang telah memberikan perhatian, kepercayaan, dan kontribusi demi kesempurnaan buku ini. Dan kepada pihak-pihak lainnya yang terus menjadi inspirasi dan memberikan semangat dalam menerbitkan buku yang berkualitas dan bermanfaat.

Dengan dukungan dari pembaca, kami dapat terus memberikan kontribusi bagi upaya mencerdaskan dan memuliakan umat manusia, serta memanfaatkan ilmu pengetahuan dan teknologi. Semoga buku ini dapat memperkaya khazanah dan memberi manfaat bagi para pembaca.

Hormat Kami,

Penerbit Deepublish

---

## **KATA PENGANTAR**

---

Buku ini menjadi jawaban atas kebutuhan pada mahasiswa diploma, sarjana maupun pascasarjana yang menekuni bidang-bidang yang berkaitan dengan bidang teknik elektro. Buku ini dapat dipergunakan sebagai buku pegangan dan buku yang menemani latihan bagi para siswa-siswa untuk berlatih soal-soal dengan menggunakan *software* MATLAB dan Simulink.

Buku menyajikan teori rangkaian listrik beserta simulasi yang akan membantu pembaca dalam memudahkan memahami penjelasan lebih detail. Secara praktis akan dipandu dengan soal latihan sehingga dapat secara mudah, sistematis dan terstruktur memahami materi ini. Pada buku ini akan disajikan tentang, teori dasar penggunaan MATLAB dan Simulink, Hukum-hukum dasar rangkaian listrik, hukum ohm, rangkaian sinusoidal, rangkaian daya, diagram phasor, Analisis mesh, araus, transformasi sumber, transformasi fourier, dan diberikan penyelesaian matriks, secara detail diuraikan pada Lampiran. Selain itu pula buku ini dilengkapi dengan banyak contoh kasus dengan penyelesaian dan divalidasi dengan pemrograman MATLAB dan simulasi akan dipandu secara bertahap dengan mengikuti langkah demi langkah dan menjalankan secara mandiri.



## **Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

Penulis menyadari bahwa buku ini walaupun sederhana dan dangkal akan mampu memberikan sumbangsih pengetahuan yang berguna bagi anak bangsa dalam mengembangkan keilmuan khususnya Rangkaian Listrik. Semoga buku ini bermanfaat dan berguna bagi seluruh pembaca. Salam sejahtera dan sehat selalu.

Badung

Penulis

---

## **DAFTAR ISI**

---

KATA PENGANTAR PENERBIT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
<b>BAB 1    MATLAB DAN SIMULINK PADA RANGKAIAN           LISTRIK.....</b>	<b>1</b>
1.1. Pengenalan MATLAB .....	1
1.2. Karakteristik MATLAB .....	2
1.3. Lingkungan Kerja MATLAB.....	3
1.3.1. Command Windows .....	3
1.3.2. Editor Windows .....	4
1.3.3. Figure Windows.....	6
1.3.4. Simulink Windows.....	6
1.3.5. Karakter Spesial MATLAB .....	7
1.3.6. Angka dan Operasi Aritmatika .....	10
1.4. Variabel pada MATLAB.....	11
1.5. Fungsi Dasar Matematika .....	12
1.6. Fungsi Trigonometri .....	13
1.7. Fungsi Analisis Data.....	14
1.8. Vektor dan Matriks dalam MATLAB .....	14

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

1.8.1. Vektor .....	14
1.8.2. Matriks .....	15
1.8.3. Operasi dan Fungsi pada Matriks .....	17
1.9. Grafik MATLAB .....	17
1.9.1. Grafik 2 Dimensi .....	17
1.9.2. Grafik 3 Dimensi .....	27
1.10. Dasar-Dasar Simulink .....	28
1.11. Fungsi Polinomial .....	36
1.12. Simulasi Sistem .....	37
1.12.1. Simulasi dengan M-File .....	37
1.12.2. Simulasi dengan Simulink .....	38
LATIHAN-LATIHAN .....	40

**BAB 2 PENGETAHUAN UMUM PADA RANGKAIAN**

<b>LISTRIK.....</b>	<b>48</b>
2.1. Satuan Sistem Internasional .....	48
2.2. Arus Listrik .....	51
2.3. Tahanan .....	52
2.4. Induktansi .....	54
2.5. Kapasitor .....	55
2.6. Hukum Ohm .....	57
2.7. Sumber Tegangan dan Sumber Arus .....	58
2.8. Daya Listrik .....	61
2.9. Energi listrik .....	63
2.10. Simpul, Lintasan, Loop, dan Cabang .....	64
2.11. Hukum Arus Kirchhoff .....	67
2.12. Hukum Tegangan Kirchhoff .....	70
LATIHAN-LATIHAN .....	93

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

<b>BAB 3</b>	<b>SUMBER TEGANGAN DAN ARUS SINUSOIDAL .....</b>	<b>95</b>
3.1.	Gelombang Sinusoidal .....	95
3.2.	Pengertian Lagging dan Leading .....	97
3.3.	Konversi Gelombang Sinus menjadi Cosinus .....	99
3.4.	Arus-Arus Sinusoidal .....	99
3.5.	Tegangan-Tegangan Sinusoidal.....	100
3.6.	Impedansi.....	100
3.7.	Sudut Fasa .....	101
3.7.1.	Elemen Tahanan Murni (R).....	101
3.7.2.	Elemen Induktor Murni (L) .....	101
3.7.3.	Elemen Kapasitor Murni C .....	102
3.7.4.	Tahanan (R) Seri dengan Kapasitor (C), yaitu (RC). .....	104
3.8.	Rangkaian Seri Paralel.....	110
	LATIHAN-LATIHAN.....	152
<b>BAB 4</b>	<b>NILAI RATA-RATA EFEKTIF DAN FASOR .....</b>	<b>155</b>
4.1.	Pendahuluan.....	155
4.2.	Harga Rata-Rata .....	156
4.3.	Harga Efektif Arus dan Tegangan.....	163
4.4.	Konsep Fasor .....	166
4.5.	Diagram Fasor .....	170
	LATIHAN-LATIHAN.....	184
<b>BAB 5</b>	<b>RANGKAIAN SERI PARALEL DAN CAMPURAN .....</b>	<b>190</b>
5.1.	Pendahuluan.....	190
5.2.	Rangkaian Seri .....	190
5.3.	Rangkaian Paralel .....	205

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

5.4. Rangkaian Campuran .....	215
5.5. Admitansi.....	226
LATIHAN-LATIHAN .....	238
<b>BAB 6 DAYA PADA RANGKAIAN LISTRIK .....</b>	<b>241</b>
6.1. Pendahuluan .....	241
6.2. Daya Sesaat .....	242
6.3. Daya dengan Sumber Sinusoidal.....	243
6.4. Daya Rata-Rata .....	246
6.5. Daya Kompleks.....	250
6.6. Daya Aktif.....	251
6.7. Daya Reaktif.....	251
6.8. Daya Semu.....	252
6.9. Segitiga Daya .....	252
6.10. Perbaikan Faktor Daya .....	319
LAMPIRAN .....	332
DAFTAR PUSTAKA.....	348
RIWAYAT HIDUP PENULIS.....	350
INDEKS .....	353

---

## **DAFTAR TABEL**

---

Tabel 1.1. Operator Matematika MATLAB.....	11
Tabel 1.2. Fungsi Matematika Dasar .....	12
Tabel 1.3. Fungsi Trigonometri .....	13
Tabel 1.4. Fungsi Analisis Data.....	14
Tabel 1.5. Operasi dan Fungsi pada Matriks yang Sering Digunakan .....	17
Tabel 1.6. Tabel Spesifikasi Warna dan Jenis Gambar pada MATLAB.....	22
Tabel 1.7. Fungsi Polinomial yang Sazim.....	37
Tabel 2.1. Satuan Sistem Internasional Dasar .....	49
Tabel 2.2. Awalan Satuan.....	50
Tabel 3.1. Tegangan Pada Elemen-Elemen Murni Jika Arus- Arusnya Adalah Sinusoidal.....	99
Tabel 3.2. Arus Pada Elemen-Elemen Murni Jika Tegangannya Sinusoidal .....	100
Tabel 4.1. Konversi antara Kawasan Waktu ke Fasor.....	169

---

## **DAFTAR GAMBAR**

---

Gambar 1.1.	Tampilan Windows dari MATLAB.....	4
Gambar 1.2.	Tampilan Editor dari Windows dari MATLAB.....	5
Gambar 1.3.	Tampilan <i>figures Windows</i> dari MATLAB.....	6
Gambar 1.4.	Tampilan Simulink windows dari MATLAB.....	7
Gambar 1.5.	Plot dari sinus dengan batas $-\pi(-3.14)$ sampai dengan $\pi(3.14)$ .....	18
Gambar 1.6.	Gambar 1.6. Hasil plot loglog dengan batas- 1 sampai 2 .....	19
Gambar 1.7.	Hasil Plot Semilogy.....	20
Gambar 1.8.	Hasil Plot Grafik Sinus dengan Judul .....	22
Gambar 1.9.	Hasil plot MATLAB menampilkan 1(satu) grafik sinus(t) dalam (satu) bidang .....	23
Gambar 1.10.	Hasil plot MATLAB menampilkan 2 grafik sinus(t) dalam 1 bidang .....	24
Gambar 1.11.	Hasil plot MATLAB menampilkan 3 grafik dalam 2 bidang (terpisah): .....	25
Gambar 1.12.	Hasil plot MATLAB menampilkan 2 grafik dalam 2 bidang (terpisah) .....	26
Gambar 1.13.	Hasil plot MATLAB menampilkan grafik 3 dimensi dalam 1 bidang.....	27
Gambar 1.14.	Hasil plot MATLAB menampilkan grafik 3 dimensi dalam 1 bidang.....	28
Gambar 1.15.	Jendela Kerja MATLAB.....	29

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

Gambar 1.16.	Pustaka Simulink.....	30
Gambar 1.17.	Jendela kerja Simulink yang siap di isi .....	31
Gambar 1.18.	Rangkaian listrik dengan RL.....	31
Gambar 1.19.	Jendela kerja Simulink dengan blok pustaka.....	32
Gambar 1.20.	Jendela kerja Simulink dengan blok integrator.....	33
Gambar 1.21.	Jendela kerja Simulink dengan blok integrator dan gain .....	33
Gambar 1.22.	Blok fungsi dengan perubahan parameter .....	34
Gambar 1.23.	Sinyal Keluaran Pada Osiloskop .....	36
Gambar 1.24.	Gambar respon Simulink .....	38
Gambar 1.25.	Penggambaran sebuah Fungsi pada Simulink.....	38
Gambar 1.26.	Respon Sebuah Fungsi pada Sistem Simulink.....	39
Gambar 1.27.	Hasil plot persamaan $A = (3x+2)^3$ di mana: $n = 5$ .....	45
Gambar 1.28.	Hasil plot persamaan $B = 5x^3+4x = 0$ : $1/n: 10$ .....	46
Gambar 1.29.	Hasil Plot Persamaan $B=(5*x.^3)+4$ , $D=\cos(B)$ , dengan: $n = 5$ x maks =10; .....	47
Gambar 2.1.	Potongan dari Sebuah Kawat Bermuatan Listrik .....	52
Gambar 2.2.	Bentuk Fisik Tahanan .....	53
Gambar 2.3.	Simbol Tahanan .....	53
Gambar 2.4.	Simbol Induktor .....	55
Gambar 2.5.	Bentuk Fisik dari Beberapa Tipe Kapasitor.....	56
Gambar 2.6.	Simbol Kapasitansi .....	56



**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

Gambar 2.7.	Rangkaian Listrik dengan Beban Resistor.....	57
Gambar 2.8.	Simbol Sumber Tegangan DC, (b) Simbol Baterai, (c) Simbol Sumber Tegangan AC.....	60
Gambar 2.9.	Simbol untuk Sumber Arus .....	60
Gambar 2.10.	Resistor untuk Kasus 2.2 .....	62
Gambar 2.11.	Resistor untuk Kasus 2.3 .....	63
Gambar 2.12.	(a) Rangkaian dengan Tiga Buah Simpul dan Lima Buah Cabang, (b) Penggambaran Pemekaran Simpul Simpul .....	66
Gambar 2.13.	Simpul untuk Mengilustrasikan Penerapan Hukum Arus Kirchhoff .....	68
Gambar 2.14.	Gambar Penerapan Hukum Arus Kirchhoff.....	69
Gambar 2.15.	Gambar Penerapan Hukum Arus Kirchhoff.....	69
Gambar 2.16.	Beda Potensial Antara titik A dan B Tidak Tergantung Pada Lintasan yang Dipilih .....	71
Gambar 2.17.	Rangkaian Penerapan Hukum Tegangan Kirchhoff .....	72
Gambar 2.18.	Polaritas Tegangan BC.....	73
Gambar 2.19.	Rangkaian Listrik untuk Kasus 2.6 .....	75
Gambar 2.20.	Rangkaian Listrik dengan Loop untuk Kasus 2.6.....	76
Gambar 2.21.	Aliran Arus Tiap-Tiap Elemen.....	79
Gambar 2.22.	Tegangan pada Tiap-Tiap Elemen .....	80
Gambar 2.23.	Rangkaian untuk Kasus 2.7 .....	81
Gambar 2.24.	Gambar Arah Arus Pada Setiap Cabang .....	81
Gambar 2.25.	Arus Setiap Cabang dan Tegangan Setiap Simpul .....	83
Gambar 2.26.	Rangkaian Listrik untuk Kasus 2.8.....	85

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

Gambar 2.27.	Rangkaian Listrik untuk Kasus 2.8.....	85
Gambar 2.28.	Arah Arus pada Setiap Elemen .....	87
Gambar 2.29.	Tegangan pada Setiap Simpul .....	88
Gambar 2.30.	Tegangan Pada Setiap Simpul dengan Simulink.....	88
Gambar 2.31.	Rangkaian untuk Kasus 2.10.....	89
Gambar 2.32.	Gambar Arah Arus Pada Setiap Cabang.....	89
Gambar 2.33.	Arus Setiap Cabang dan Tegangan Setiap Simpul.....	91
Gambar 2.34.	Rangkaian Listrik untuk Soal Latihan 1 .....	93
Gambar 2.35.	Rangkaian Listrik untuk Soal Latihan 2 .....	93
Gambar 2.36.	Rangkaian Listrik untuk Soal Latihan 3.....	94
Gambar 2.37.	Rangkaian Listrik untuk Soal Latihan 4.....	94
Gambar 3.1.	Fungsi sinusoidal $v(t)=V_m \sin[\omega t]$ pada $t = \omega t$ dan $T$ .....	95
Gambar 3.2.	Gelombang sinusoidal $v_t = V_m \sin(\omega t)$ leading dari $i_t = I_m \sin(\omega t + \phi)$ sejauh radian.....	98
Gambar 3.3.	Gelombang sinusoidal $i_t = I_m \sin(\omega t - \phi)$ lagging dari $v_t = V_m \sin \omega t$ sejauh radian .....	98
Gambar 3.4.	Arus dan tegangan adalah sefasa untuk tahanan murni .....	102
Gambar 3.5.	Arus tertinggal terhadap tegangan sebesar sudut fasa $90^\circ$ atau $\pi/2$ untuk kapasitor murni .....	102

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

Gambar 3.6.	Arus mendahului tegangan sebesar sudut fasa $90^\circ$ atau $\pi/2$ untuk induktor murni(L), yaitu (L).....	103
Gambar 3.7.	Arus ketinggalan terhadap tegangan sebesar sudut fasa ( $\omega t R$ ) untuk rangkaian seri RL.....	104
Gambar 3.8.	Vektor impedansi seri untuk R dan L .....	104
Gambar 3.9.	Arus mendahului tegangan sebesar sudut fasa ( $1 \omega CR$ ) untuk rangkaian seri RC .....	105
Gambar 3.10.	Vektor impedansi seri untuk R dan C .....	105
Gambar 3.11.	Hasil Pengujian Sinusoidal Pada Beban Induktor .....	107
Gambar 3.12.	Hasil Pengujian Sinusoidal Pada Beban Kapasitor Ga .....	109
Gambar 3.13.	Elemen-elemen rangkaian yang terhubung: (a) Seri, (b) Paralel .....	110
Gambar 3.14.	Rangkaian Listrik untuk Kasus 3.3 .....	111
Gambar 3.15.	Bentuk Diagram Beda Phase untuk Kasus 3.3.....	115
Gambar 3.16.	Bentuk Gelombang Arus, Tegangan untuk Kasus 3.3.....	115
Gambar 3.17.	Bentuk Gelombang Arus, Tegangan untuk Kasus 3.4.....	119
Gambar 3.18.	Rangkaian Listrik untuk Kasus 3.5 .....	120
Gambar 3.19.	Hubungan Paralel Elemen R dan C untuk Kasus 3.5.....	121
Gambar 3.20.	Bentuk gelombang arus, tegangan untuk Kasus 3.5.....	124

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

Gambar 3.21. Bentuk Gelombang Arus, Tegangan untuk Kasus 3.6.....	127
Gambar 3.22. Rangkaian Listrik untuk Kasus 3.7.....	128
Gambar 3.23. Diagram Fasor untuk Kasus 3.7.....	128
Gambar 3.24. Bentuk Gelombang Arus, Tegangan untuk Kasus 3.7.....	131
Gambar 3.25. Rangkaian Listrik untuk Kasus 3.8.....	132
Gambar 3.26. Bentuk Gelombang Arus, Tegangan Untuk Kasus 3.7.....	135
Gambar 3.27. Rangkaian Listrik untuk Kasus 3.9.....	136
Gambar 3.28. Bentuk Gelombang Arus, Tegangan untuk Kasus 3.9.....	139
Gambar 3.29. Rangkaian Listrik untuk Kasus 3.10.....	140
Gambar 3.30. Bentuk Gelombang Arus, Tegangan untuk Kasus 3.10 .....	143
Gambar 3.31. Rangkaian Listrik untuk Kasus 3.11 .....	144
Gambar 3.32. Bentuk Gelombang Arus, Tegangan untuk Kasus 3.11 .....	147
Gambar 3.33. Rangkaian Listrik untuk Kasus 3.12.....	148
Gambar 3.34. Bentuk Gelombang Arus, Tegangan untuk Kasus 3.12 .....	151
Gambar 3.35. Untuk Soal Latihan 8 .....	153
Gambar 3.36. Untuk Soal Latihan 9 .....	154
Gambar 4.1. Representasi Harga Sesaat dari Sebuah Gelombang.....	155
Gambar 4.2. Diagram Sinusoidal untuk Kasus 4.1.....	157
Gambar 4.3. Diagram Sinusoidal untuk Kasus 4.1.....	158
Gambar 4.4. Diagram Sinusoidal untuk Kasus 4.2.....	159

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

Gambar 4.5.	Diagram Hasil Sinus untuk Kasus 4.2 .....	160
Gambar 4.6.	Diagram untuk Kasus 4.3 .....	161
Gambar 4.7.	Diagram Hasil Sinus untuk Kasus 4.3 .....	162
Gambar 4.8.	Diagram hasil sinus untuk Kasus 4.4.....	166
Gambar 4.9.	Representasi Fasor Pada Gelombang Sinusoidal .....	167
Gambar 4.10.	Diagram Fasor untuk Kasus 4.5 .....	172
Gambar 4.11.	Diagram Fasor Kasus 4.5 .....	174
Gambar 4.12.	Diagram Fasor untuk Kasus 4.6 .....	175
Gambar 4.13.	Hasil Simulasi Fasor Kasus 4.6 .....	177
Gambar 4.14.	Diagram Fasor untuk Kasus 4.7 .....	178
Gambar 4.15.	Hasil Simulasi Fasor Kasus 4.7 .....	180
Gambar 4.16.	Diagram Fasor untuk Kasus 4.8 .....	181
Gambar 4.17.	Hasil Simulasi Fasor Dari Kasus 4.8 .....	183
Gambar 4.18.	Diagram untuk Soal Latihan 1 .....	184
Gambar 4.19.	Diagram untuk Soal Latihan 2.....	184
Gambar 4.20.	Diagram untuk Soal Latihan 3.....	185
Gambar 4.21.	Diagram untuk Soal Latihan 4.....	185
Gambar 4.22.	Diagram untuk Soal Latihan 5.....	186
Gambar 4.23.	Diagram untuk Soal Latihan 6.....	186
Gambar 4.24.	Diagram untuk Soal Latihan 7.....	187
Gambar 4.25.	Diagram untuk Soal Latihan 8.....	187
Gambar 4.26.	Diagram untuk Soal Latihan 15.....	188
Gambar 4.27.	Diagram untuk Soal Latihan 16.....	189
Gambar 5.1.	Rangkaian Listrik Seri.....	191
Gambar 5.2.	Rangkaian Listrik untuk Kasus 5.1 .....	192
Gambar 5.3.	Diagram Fasor Kasus 5.1 .....	195
Gambar 5.4.	Gelombang dari Kasus 5.1 .....	195

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

Gambar 5.5.	Rangkaian Listrik untuk Kasus 5.2.....	196
Gambar 5.6.	Rangkaian Penyederhanaan Kasus 5.2.....	196
Gambar 5.7.	Diagram Fasor Kasus 5.2.....	199
Gambar 5.8.	Diagram Sinusoidal Kasus 5.2 .....	200
Gambar 5.9.	Rangkaian untuk Kasus 5.3.....	201
Gambar 5.10.	Diagram Fasor Kasus 5.3.....	203
Gambar 5.11.	Diagram Sinusoidal Kasus 5.3 .....	204
Gambar 5.12.	Rangkaian Listrik Paralel .....	205
Gambar 5.13.	Rangkaian Listrik untuk Kasus 5.4.....	206
Gambar 5.14.	Diagram Fasor Kasus 5.4.....	209
Gambar 5.15.	Diagram Sinusoidal Kasus 5.4 .....	210
Gambar 5.16.	Rangkaian Listrik untuk Kasus 5.5.....	211
Gambar 5.17.	Diagram Sinusoidal Kasus 5.5 .....	214
Gambar 5.18.	Diagram Fasor Kasus 5.5.....	215
Gambar 5.19.	(a) Rangkaian Listrik Paralel, (b) Rangkaian Listrik Pengganti ke Seri .....	216
Gambar 5.20.	Rangkaian Listrik untuk Kasus 5.6.....	217
Gambar 5.21.	Diagram Fasor untuk Kasus 5.6.....	220
Gambar 5.22.	Diagram Sinusoidal untuk Kasus 5.6.....	221
Gambar 5.23.	Rangkaian Listrik untuk Kasus 5.7.....	222
Gambar 5.24.	Diagram Fasor untuk Kasus 5.7.....	224
Gambar 5.25.	Diagram Sinusoidal untuk Kasus 5.7.....	225
Gambar 5.26.	Tiga Buah Admitansi Paralel, $Y_1$ , $Y_2$ , dan $Y_3$ .....	226
Gambar 5.27.	Rangkaian Listrik untuk Kasus 5.8.....	227
Gambar 5.28.	Diagram Fasor Kasus 5.8.....	231
Gambar 5.29.	Diagram Sinusoidal Kasus 5.8 .....	231
Gambar 5.30.	Rangkaian Listrik untuk Kasus 5.9.....	232
Gambar 5.31.	Diagram Fasor untuk Kasus 5.9.....	237

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

Gambar 5.32.	Diagram Sinus untuk Kasus 5.9 .....	237
Gambar 5.33.	Rangkaian Listrik untuk Soal Latihan 1 .....	238
Gambar 5.34.	Rangkaian Listrik untuk Soal Latihan 2 .....	238
Gambar 5.35.	Rangkaian Listrik untuk Soal Latihan 3 .....	239
Gambar 5.36.	Rangkaian Listrik untuk Soal Latihan 4 .....	239
Gambar 5.37.	Rangkaian Listrik untuk soal Latihan 5.....	240
Gambar 5.38.	Rangkaian Listrik untuk Soal Latihan 6 .....	240
Gambar 6.1.	Representasi Daya Listrik .....	242
Gambar 6.2.	Diagram Fasor dan Frekuensi Domain Rangkaian Induktif .....	244
Gambar 6.3.	Diagram Fasor dan Frekuensi Domain Rangkaian Kapasitif.....	245
Gambar 6.4.	Diagram Fasor dan Frekuensi Domain Rangkaian Resistif .....	246
Gambar 6.5.	Diagram Daya Sesaat untuk Kasus 6.1 .....	250
Gambar 6.6.	Segitiga Daya yang Bersifat Induktif.....	253
Gambar 6.7	Segitiga Daya yang Bersifat Reaktif .....	253
Gambar 6.8.	Segitiga Daya untuk Kasus 6.2 .....	254
Gambar 6.9.	Diagram Segitiga Daya Pada Kasus 6.2 .....	259
Gambar 6.10.	Diagram Fasor Daya Pada Kasus 6.2 .....	259
Gambar 6.11.	Diagram Daya Sesaat Pada Kasus 6.2 .....	260
Gambar 6.12.	Rangkaian Listrik untuk Kasus 6.3 .....	261
Gambar 6.13.	Segitiga Daya untuk Kasus 6.3 .....	261
Gambar 6.14.	Fasor untuk Segitiga Daya untuk Kasus 6.3 .....	265
Gambar 6.15.	Diagram Fasor untuk Kasus 6.3 .....	266
Gambar 6.16.	Diagram Daya Sesaat untuk Kasus 6.3.....	267
Gambar 6.17.	Rangkaian Listrik untuk Kasus 6.4 .....	268
Gambar 6.18.	Segitiga Daya untuk Kasus 6.4 .....	269

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

Gambar 6.19.	Segitiga Daya untuk Kasus 6.4.....	272
Gambar 6.20.	Diagram Fasor V dan I untuk Kasus 6.4 .....	272
Gambar 6.21.	Diagram Daya sesaat untuk Kasus 6.4.....	273
Gambar 6.22.	Rangkaian Listrik untuk Kasus 6.5.....	274
Gambar 6.23.	Diagram Segitiga Daya untuk Kasus 6.5 .....	278
Gambar 6.24.	Diagram Fasor untuk Kasus 6.5.....	278
Gambar 6.25.	Diagram Daya Sesaat untuk Kasus 6.5 .....	279
Gambar 6.26.	Rangkaian Listrik untuk Kasus 6.6.....	280
Gambar 6.27.	Rangkaian Pengganti dari Gambar 6.26 .....	280
Gambar 6.28.	Segitiga Daya untuk Kasus 6.6.....	282
Gambar 6.29.	Segitiga Daya untuk Kasus 6.6.....	286
Gambar 6.30.	Diagram Fasor untuk Kasus 6.6.....	287
Gambar 6.31.	Segitiga Daya untuk Kasus 6.6.....	288
Gambar 6.32.	Rangkaian Listrik untuk Kasus 6.7.....	288
Gambar 6.33.	Rangkaian Pengganti dari Gambar 6.32 .....	289
Gambar 6.34.	Segitiga Daya untuk Kasus 6.7.....	290
Gambar 6.35.	Segitiga Daya untuk Kasus 6.7.....	295
Gambar 6.36.	Diagram Fasor untuk Kasus 6.7.....	295
Gambar 6.37.	Diagram Daya Sesaat untuk Kasus 6.7 .....	296
Gambar 6.38.	Tiga Impedansi dan Tegangan Sumbernya. ....	296
Gambar 6.39.	Segitiga Daya untuk Kasus 6.8.....	298
Gambar 6.40.	Segitiga Daya untuk Kasus 6.8.....	303
Gambar 6.41.	Diagram Fasor untuk Kasus 6.8.....	304
Gambar 6.42.	Diagram Daya Sesaat untuk Kasus 6.8 .....	304
Gambar 6.43.	Rangkaian Listrik Tiga Impedansi untuk Kasus 6.9.....	305
Gambar 6.44.	Segitiga Daya untuk Kasus 6.9.....	307
Gambar 6.45.	Segitiga Daya untuk Kasus 6.9.....	311



**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

Gambar 6.46. Diagram Fasor untuk Kasus 6.9 .....	313
Gambar 6.47. Diagram Daya Sesaat untuk Kasus 6.9.....	313
Gambar 6.48. Gambar Segitiga Daya untuk Kasus 6.10 .....	315
Gambar 6.49. Gambar Segitiga Daya untuk Kasus 6.10 .....	319
Gambar 6.50. Pemasangan Kapasitor ( $Q_k$ ) untuk Perbaikan Faktor Daya .....	320
Gambar 6.51. Penentuan Kapasitor dengan Daya Kompleks .....	321
Gambar 6.52. Gambar Segitiga Daya untuk Kasus 6.11 .....	324
Gambar 6.53. Segitiga Daya untuk Kasus 6.12 .....	326
Gambar 6.54. Segitiga Daya untuk Kasus 6.12 .....	328
Gambar 6.55. Untuk Soal Latihan 3.....	329
Gambar 6.56. Untuk Soal Latihan 4.....	330
Gambar 6.57. Untuk Soal Latihan 6.....	330

**BAB**

**1**

**MATLAB DAN SIMULINK  
PADA RANGKAIAN LISTRIK**

**1.1. Pengenalan MATLAB**

MATLAB adalah kepanjangan dari **MAT**rix **LAB**oratory, merupakan bahasa pemrograman yang dikembangkan oleh The Mathwork Inc. yang hadir dengan fungsi dan karakteristik yang berbeda dengan bahasa pemrograman lain seperti Delphi, Basic maupun C++. MATLAB merupakan bahasa pemrograman level tinggi yang dikhususkan untuk kebutuhan komputasi teknis, visualisasi dan pemrograman, komputasi matematik, analisis data, pengembangan algoritma, simulasi dan pemodelan dan grafik-grafik perhitungan. Saat ini MATLAB memiliki ratusan fungsi yang dapat digunakan sebagai alat untuk menyelesaikan persamaan di bidang teknik mulai dari masalah yang sederhana sampai masalah-masalah yang kompleks dari berbagai disiplin ilmu. Dalam lingkungan perguruan tinggi khusus pada bidang sains dan teknik, MATLAB merupakan perangkat standar yang memperkenalkan untuk mengembangkan penyajian materi matematika, rekayasa dan keilmuan. Di industri, MATLAB merupakan perangkat pilihan untuk penelitian dengan produktivitas yang tinggi, pengembangan dan analisisnya.

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Kegunaan MATLAB secara umum adalah sebagai berikut.

- a) Matematika dan komputasi,
- b) Perkembangan algoritma,
- c) Pemodelan, simulasi, dan pembuatan prototype,
- d) Analisis data, eksplorasi dan visualisasi,
- e) Pembuatan aplikasi, termasuk pembuatan antara muka secara grafis.

### 1.2. Karakteristik MATLAB

Bahasa pemrogramannya didasarkan pada matriks (baris dan kolom).

1. Lambat (dibandingkan dengan Fortran atau C) karena bahasanya langsung eksekusi tanpa melalui proses kompilasi.
2. *Automatic memory management*, artinya kita tidak harus mendeklarasikan *arrays* terlebih dahulu.
3. Pemrogramannya tersusun secara sistematis.
4. Waktu pengembangannya lebih cepat dibandingkan dengan Fortran atau C.
5. Dapat diubah ke bahasa C lewat MATLAB Compiler.
6. Tersedia banyak toolbox untuk aplikasi-aplikasi khusus.

Beberapa kelebihan MATLAB jika dibandingkan dengan program lain adalah:

1. Mudah dalam memanipulasi struktur matriks dan perhitungan berbagai operasi matriks yang meliputi penjumlahan, pengurangan, perkalian, invers dan fungsi matriks lainnya.

## **Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

2. Menyediakan fasilitas untuk memplot struktur gambar (kekuatan fasilitas grafik tiga dimensi yang sangat memadai).
3. Script program yang dapat diubah sesuai dengan keinginan user.
4. Jumlah routine-routine powerful yang berlimpah yang terus berkembang.
5. Kemampuan interface (misal dengan bahasa C, word dan matematika).
6. Dilengkapi dengan toolbox, Simulink, stateflow dan sebagainya, serta mulai melimpahnya source code di internet yang dibuat dalam MATLAB (contoh toolbox misalnya: signal processing, control system, neural networks dan sebagainya).

### **1.3. Lingkungan Kerja MATLAB**

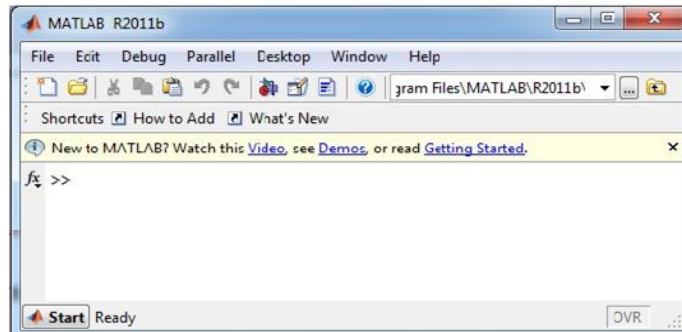
Secara umum lingkungan kerja MATLAB terdiri dari tiga bagian yang penting yaitu:

#### **1.3.1. Command Windows**

Windows ini muncul pertama kali ketika kita menjalankan program MATLAB. Command windows digunakan untuk menjalankan perintah-perintah MATLAB, memanggil tool MATLAB seperti editor, fasilitas help, model Simulink, dan lain-lain. Ciri dari windows ini adalah adanya prompt (tanda lebih besar) yang menyatakan MATLAB siap menerima perintah. Perintah tersebut dapat berupa fungsi-fungsi bawaan (*toolbox*)

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

dari MATLAB itu sendiri, *command window* akan siap menerima perintah akan terlihat seperti pada Gambar 1.1.



**Gambar 1.1. Tampilan Windows dari MATLAB**

### 1.3.2. Editor Windows

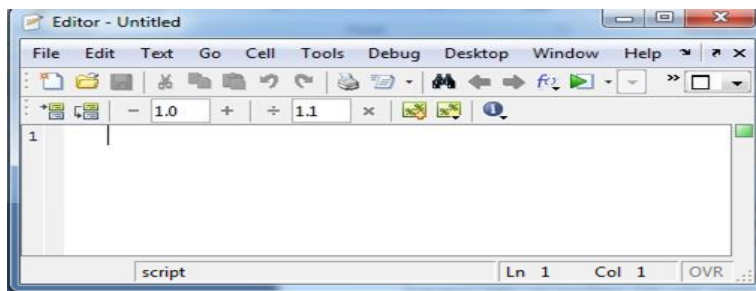
Untuk memulai sebuah perintah dari MATLAB anda harus masuk dalam menu seperti pada gambar di bawah ini dengan cara memilih **File** pilih dan pilih **Edit** pilih **Script** dan klik kiri selanjutnya tampil seperti pada gambar di bawah dan siap untuk menuliskan script-script yang diinginkan. Windows ini merupakan tool yang disediakan oleh MATLAB yang berfungsi sebagai editor script MATLAB (listing perintah-perintah yang harus dilakukan oleh MATLAB). Ada dua cara untuk membuka editor ini, yaitu:

1. Klik: **File**, lalu New dan kemudian M-File
2. Ketik pada command windows: "**Edit**" atau **Ctrl N**

Secara formal suatu script merupakan suatu file eksternal yang berisi tulisan perintah MATLAB. Tetapi script tersebut

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

bukan merupakan suatu fungsi. Ketika anda menjalankan suatu script, perintah di dalamnya dieksekusi seperti ketika dimasukkan langsung pada MATLAB melalui keyboard. M-file selain dipakai sebagai penamaan file juga bisa dipakai untuk menamakan fungsi, sehingga fungsi fungsi yang kita buat di jendela editor bisa disimpan dengan ekstensi.m sama dengan file yang kita panggil di jendela editor. Saat kita menggunakan fungsi MATLAB seperti `inv`, `abs`, `cos`, `sin` dan `sqrt`, MATLAB menerima variabel berdasarkan variabel yang kita berikan.



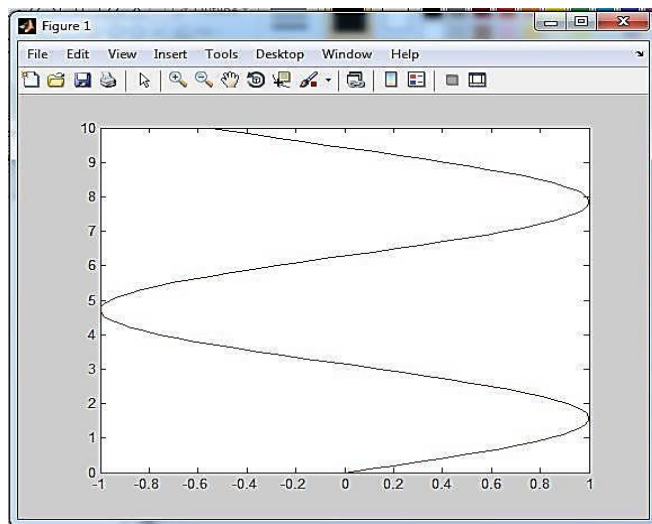
**Gambar 1.2. Tampilan Editor dari Windows dari MATLAB**

Saat kita menggunakan fungsi MATLAB seperti `inv`, `abs`, `cos`, `sin` dan `sqrt`, MATLAB menerima variabel berdasarkan variabel yang kita berikan. Fungsi M-file mirip dengan script file di mana keduanya merupakan file teks dengan ekstensi.m. Sebagaimana script M-file, fungsi m-file tidak dimasukkan dalam jendela command window tetapi file tersendiri yang dibuat dengan window editor teks.

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### 1.3.3. Figure Windows

Windows ini merupakan hasil visualisasi dari script MATLAB. MATLAB memberikan kemudahan bagi programmer untuk mengedit windows ini sekaligus memberikan program khusus untuk itu, sehingga selain berfungsi sebagai visualisasi output yang berupa grafik juga sekaligus menjadi media input yang interaktif.




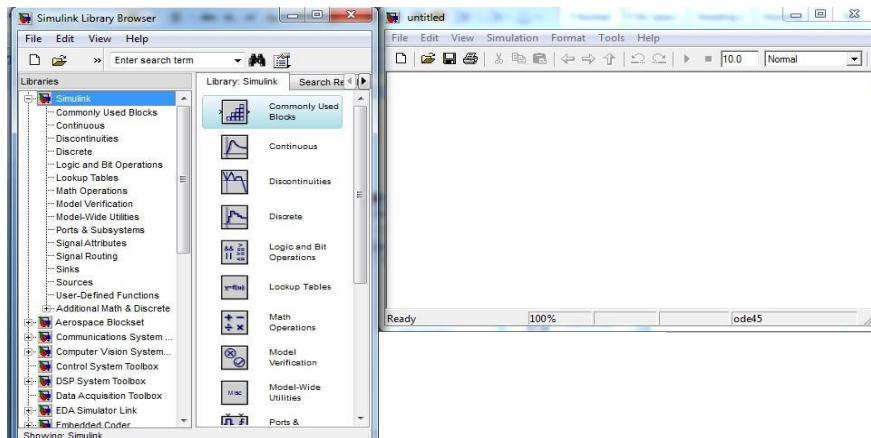
Gambar 1.3. Tampilan *figures Windows* dari MATLAB

### 1.3.4. Simulink Windows

Windows ini umumnya digunakan untuk mensimulasikan sebuah persamaan atau rangkaian yang berdasarkan blok diagram yang telah diketahui. Untuk mengoperasikannya ketik "**Simulink**" pada command windows. Atau dengan klik pada

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

icon  tunggu beberapa saat dan klik **File** selanjutnya klik **New** maka muncul tampilan seperti pada gambar di bawah, dan Simulink siap untuk menerima perintah kerja selanjutnya lebih detail akan dibahas pada bagian berikutnya pada bab ini dengan contoh kasus.



Gambar 1.4. Tampilan Simulink windows dari MATLAB

### 1.3.5. Karakter Spesial MATLAB

Tanda % merupakan penanda komentar. Keterangan setelah tanda tersebut akan diabaikan dalam proses perhitungan.

Contoh:

```
>>y = 2:2:8 % y = [2468];  
>>y = 2.00 4.00 6.00 8.00
```



## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Tanda; merupakan perintah pembatas yang tidak ditampilkan di jendela kerja, tanda ini juga berarti sebagai pemisah kolom dan baris dalam matriks.

Contoh:

```
>>A = [1 3 5; 5 3 1];
```

Tanda: merupakan pembatas jangkauan atau sering juga disebut dengan increment, contohnya:

```
>>B = [0:2:8]
```

```
>>B = 0.00 2.00 4.00 6.00 8.00
```

Tanda ` merupakan transpose matriks yang merupakan suatu vektor kolom

```
>>X = [3 2 4 5;7 6 5 8]
```

```
>>X= 3.00 2.00 4.00 5.00
```

```
7.00 6.00 5.00 8.00
```

```
>>X=X`
```

```
>>X= 3.00 7.00
```

```
2.00 6.00
```

```
4.00 5.00
```

```
5.00 8.00
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Tanda... digunakan untuk menuliskan baris perintah yang panjang contohnya:

```
>>P=sin(1)-sin(2)+sin(3)-sin(4)+sin(5)+cos(6)+...cos(7)cos(8)+cos(9)-  
cos(10)+cos(11)+cos(12)  
>>P = 1.0273
```

Contoh dan fungsi kode yang dapat diketik pada command windows:

```
>> help % Menunjukkan semua help topic di MATLAB  
>> what general % Menunjukkan instruksi-instruksi yang tersedia  
di direktori general, salah satunya adalah  
instruksi clear  
>> help general % Menunjukkan instruksi-instruksi yang tersedia  
di direktori general, dan fungsinya secara  
umum  
>> help clear % Menunjukkan penjelasan detail untuk instruksi  
clear. (Fungsinya untuk apa, syntaxnya untuk  
apa, fungsi lain yang terkait apa)  
>> help ops % Menunjukkan penulisan operator2 di dalam  
MATLAB  
>> clc % Digunakan untuk membersihkan layar, tetapi  
nilai variabel yang tersimpan di memori tidak  
akan hilang sehingga dapat ditampilkan  
kembali ke layer dengan memanggil nama  
variabelnya  
>> clear % Digunakan untuk membersihkan layer  
sekaligus menghapus variabel dari memori  
sehingga kita tidak dapat menampilkan nilai  
variable ke layer. (muncul pesan ??? Undefined  
function or variable 'x'.)  
>> clc % Membersihkan layar kerja  
>> x=4;  
>> y=5;  
>> z=x+y;  
>> z %Merupakan contoh barisan instruksi untuk  
melakukan penjumlahan antara variabel x dan  
variabel y yang hasilnya di simpan dalam  
variabel z
```

### **1.3.6. Angka dan Operasi Aritmatika**

Ada tiga jenis angka di MATLAB yaitu:

1. Bilangan bulat, yaitu bilangan yang tidak mengandung desimal.

Contohnya:

```
>> xi = 10
```

2. Bilangan real, yaitu bilangan yang mengandung desimal contohnya:

```
>> xr = 12.6054
```

```
>> realmax % batas atas bilangan real di MATLAB  
ans = 1.7977e+308
```

```
>> realmin % batas minimum bilangan real di MATLAB  
ans = 2.2251e-308
```

3. Bilangan kompleks

```
>> i
```

```
ans = 0 + 1.0000i
```

```
>> x = 1 + sqrt(3)*i
```

```
x = 1.0000 + 1.7321i
```

```
>> A = [1 j; -j*5 2]
```

```
A = 1.0000 0 + 1.0000i
```

```
0-5.0000i 2.0000
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Beberapa penggunaan operator aritmatika antara dua operand (A dan B) ditunjukkan pada tabel berikut ini:

**Tabel 1.1. Operator Matematika MATLAB**

Operasi	Simbol	Operasi	Simbol
Penambahan	+	Perkalian	*
Pengurangan	-	Pembagian	/atau \
perpangkatan			^

### 1.4. Variabel pada MATLAB

MATLAB memiliki tiga variabel sebagai nonnumbers yaitu:

1. -Inf (Negative Infinity)
2. Inf (Infinity)
3. Nan (Not an number)

MATLAB hanya memiliki dua jenis tipe data yaitu Numeric dan String. Dalam MATLAB setiap variabel akan disimpan dalam bentuk matriks. User dapat langsung menuliskan variabel baru tanpa harus mendeklarasikannya terlebih dahulu pada command window.

Contoh pembuatan variabel pada MATLAB:

```
>> VarA=1000
VarA =
    1000
>> VarB=[1 3 2 5 6 7]
VarB =
     1     3     2     5     6     7
>> VarC='Wiryajati'
VarC =
Wiryajati
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Penamaan variabel pada MATLAB bersifat caseSensitif karena itu perlu diperhatikan penggunaan huruf besar dan kecil pada penamaan variabel. Apabila terdapat variabel lama dengan nama yang sama maka MATLAB secara otomatis akan *replace* variabel lama tersebut dengan variabel baru yang dibuat user.

### 1.5. Fungsi Dasar Matematika

Tabel 1.2. Fungsi Matematika Dasar

Fungsi	Keterangan
abs	Menghitung nilai absolut
exp	Memperoleh nilai dari e pangkat bilangan tertentu (e = 2.718282)
log	Menghitung logaritma natural (ln) suatu bilangan
sqrt	Menghitung akar pangkat 2 dari suatu bilangan
ceil	Membulatkan bilangan ke bilangan bulat terdekat menuju plus tak berhingga.
fix	Membulatkan bilangan ke bilangan bulat terdekat menuju nol
floor	Membulatkan bilangan ke bilangan bulat terdekat menuju minus tak terhingga
gcd	Menghitung nilai faktor pembagi terbesar
isprime	Menghasilkan true jika merupakan bilangan prima
log10	Menghitung logaritma suatu bilangan untuk dasar 10
mod	Menghitung nilai modulus
primes	Menghasilkan daftar bilangan
rem	Menghitung nilai remainder
round	Membulatkan bilangan ke bilangan bulat terdekat

### **1.6. Fungsi Trigonometri**

Fungsi trigonometri banyak digunakan terkait dengan sudut. Nilai perhitungan yang dalam fungsi trigonometri sudut dalam *radian*.

**Tabel 1.3. Fungsi Trigonometri**

<b>Fungsi</b>	<b>Keterangan</b>
sin	Menghitung sinus suatu bilangan, di mana bilangan dalam radian
cos	Menghitung cosinus suatu bilangan, di mana bilangan dalam radian
tan	Menghitung tangen suatu bilangan, di mana bilangan dalam radian
acos	Menghitung arccosinus (invers cos) suatu bilangan yang menghasilkan sudut dalam radian, di mana bilangan harus antara -1 dan 1
asin	Menghitung arcsinus suatu bilangan yang menghasilkan sudut dalam radian, di mana bilangan harus antara -1 dan 1
atan	Menghitung arctangen suatu bilangan yang menghasilkan sudut dalam radian
cosh	Menghitung cosinus hiperbolik dari suatu sudut dalam radian
sinh	Menghitung sinus hiperbolik dari suatu sudut dalam radian.
tanh	Menghitung tangen hiperbolik dari suatu sudut dalam radian.
cosd	Menghitung cosinus suatu bilangan, di mana bilangan dalam derajat.
sind	Menghitung sinus suatu bilangan, di mana bilangan dalam derajat
tan	Menghitung tangen suatu bilangan, di mana bilangan dalam derajat
sec	Menghitung suatu sec bilangan, di mana bilangan dalam radian
csc	Menghitung suatu cosec bilangan, di mana bilangan dalam

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Fungsi	Keterangan
	radian
cot	Menghitung cotan suatu bilangan, di mana bilangan dalam radian

### 1.7. Fungsi Analisis Data

MATLAB menyediakan sejumlah fungsi penting untuk digunakan dalam menganalisis data, antara lain ditunjukkan pada Tabel 1.4

Tabel 1.4. Fungsi Analisis Data

Fungsi	Keterangan
max	Menghasilkan nilai terbesar dari suatu vektor atau matriks
min	Menghasilkan nilai terkecil dari suatu vektor atau matriks
mean	Menghasilkan nilai rerata
dll	.....

### 1.8. Vektor dan Matriks dalam MATLAB

#### 1.8.1. Vektor

Vektor adalah besaran yang mempunyai besaran atau nilai serta arah, untuk menggambarkan pada MATLAB dapat dilihat sebagai berikut.

Vektor baris:

```
>> v = [-2 sin(45) 4 6]
v =
-2.0000 0.8509 4.0000 6.0000
>> length(v) % menghitung panjang vektor
ans =
3
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Vektor kolom:

```
>> x = [6; 5; 9]
>>x =
     6
     5
     9
```

### 1.8.2. Matriks

Dapat diasumsikan bahwa di dalam MATLAB setiap data akan disimpan dalam bentuk matriks. Dalam membuat suatu data matriks pada MATLAB, setiap isi data harus dimulai dari kurung siku '[' dan diakhiri dengan kurung siku tutup ']'. Untuk membuat variabel dengan data yang terdiri beberapa baris, gunakan tanda 'titik koma' (;) untuk memisahkan data tiap barisnya.

MATLAB menyediakan beberapa fungsi yang dapat kita gunakan untuk menghasilkan bentuk-bentuk matriks yang diinginkan. Fungsi-fungsi tersebut antara lain:

- zeros : untuk membuat matriks yang semua datanya bernilai 0
- ones : matriks yang semua datanya bernilai 1
- rand : matriks dengan data random dengan menggunakan distribusi uniform
- randn : matriks dengan data random dengan menggunakan distribusi normal
- eye : untuk menghasilkan matriks identitas



## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Cara Menginputkan Matriks.

Contoh:

Matriks A=

Ada 4 cara untuk menginputkan matriks yakni:

**Cara 1:**

```
>>a=[1 2 3;4 5 6;7 8 9]
```

**Cara 2:**

```
>>a=[1 2 3] enter
```

```
>>4 5 6 enter
```

```
>>7 8 9];enter
```

**Cara 3:**

```
>>a1=[1 2 3];
```

```
>>a2=[4 5 6];
```

```
>>a3=[7 8 9];
```

```
>>a=[a1;a2;a3];
```

```
>>a
```

**Cara 4:**

```
>>a=input('Masukkan matriks= ');
```

```
>>Masukkan matriks=[1 2 3;4 5 6;7 8 9]
```

```
>>disp(a)
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### 1.8.3. Operasi dan Fungsi pada Matriks

MATLAB menyediakan operasi dan fungsi yang dapat digunakan operasi perhitungan maupun operasi logika, beberapa operasi dan logika dapat disajikan pada tabel berikut:

**Tabel 1.5. Operasi dan Fungsi pada Matriks yang Sering Digunakan**

Perintah	Keterangan	Contoh
det	Menghasilkan determinan matriks	Det(A)
size	Menghasilkan ukuran matriks	Size(A)
+	Menjumlahkan matriks	$C = A + B$
*	Mengalikan matriks	$C = A * B$
.*	Mengalikan elemen dengan elemen, dengan ketentuan memiliki ukuran yang sama	$C = A .* B$
^	Memangkatkan matriks dengan suatu skalar	$C = A^k$
.^	Memangkatkan elemen per elemen matriks dengan skalar	$C = A.^k$
'	Transpose matriks	A'
./	Membagi elemen per elemen dengan ketentuan memiliki ukuran yang sama	$C = A ./ B$
\	Menghasilkan solusi $AX = B$	$C = A \setminus B$
/	Menghasilkan solusi $XA = B$	$C = A / B$
inv	Menghasilkan invers matriks dengan ketentuan matriks merupakan matriks bujur sangkar	$C = \text{Inv}(A)$

## 1.9. Grafik MATLAB

### 1.9.1. Grafik 2 Dimensi

MATLAB menyediakan fasilitas dalam pembuatan suatu grafik dengan sangat sempurna dan mudah untuk digunakan, ini merupakan salah keistimewaan MATLAB, sehingga sangat cocok digunakan untuk komputasi teknik. Ada beberapa cara

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

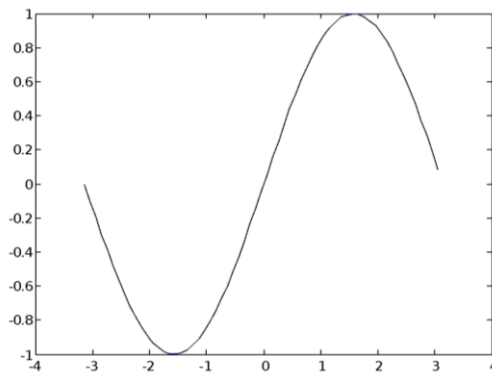
untuk menampilkan grafik hasil dari suatu persamaan. Perintah atau instruksi tersebut adalah sebagai berikut.

- plot : Menggambar linier
- loglog : Menggambar dengan skala loglog
- semilogx : Menggambar dengan skala semi log
- semilogy : Menggambar dengan skala semilog

Contoh 1.1 script untuk menampilkan grafik sinus(t) dalam bidang x dengan batas  $-\pi$  sampai  $\pi$  dengan increment 0.1.

```
x = -pi:0.1:pi;  
y = sin(x);  
plot(x,y)
```

hasilnya sebagai berikut.



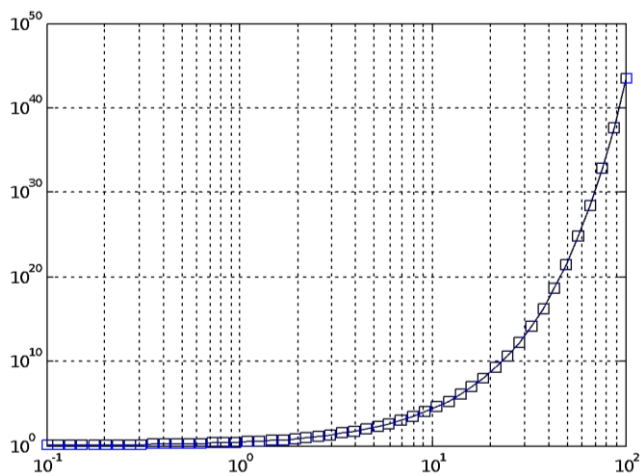
**Gambar 1.5. Plot dari sinus dengan batas  $-\pi(-3.14)$  sampai dengan  $\pi(3.14)$**

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Contoh 1.2 Script untuk menampilkan grafik loglog dalam bidang x.

```
x = logspace(-1,2);  
loglog(x,exp(x),'-s')  
grid on
```

hasilnya sebagai berikut.



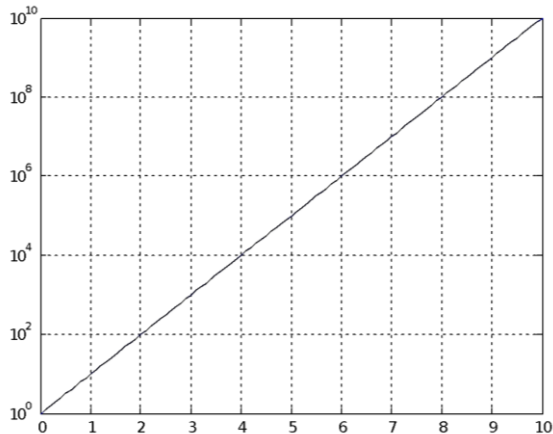
**Gambar 1.6. Hasil plot loglog dengan batas-1 sampai 2**

Contoh 1.3 Script untuk menampilkan grafik semilogy dalam bidang y.

```
x = 0:.1:10;  
semilogy(x,10.^x)  
grid on;
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Hasilnya sebagai berikut.



**Gambar 1.7. Hasil Plot Semilogy**

Untuk judul, label, garis sumbu dan teks perintah yang digunakan adalah sebagai berikut.

title : judul grafik  
xlabel : label sumbu x  
ylabel : label sumbu y  
text : teks keterangan  
gtext : tempat teks diletakkan  
grid : grid line  
axis : batas sumbu y dan x

Perintah yang digunakan untuk membuat grafik linier, plot (x,y) ini untuk menggambar bidang vektor x dan vektor y. Jika x atau y adalah sebuah matriks maka mereka akan saling menggambarkan sesuai dengan baris dan kolomnya masing-

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

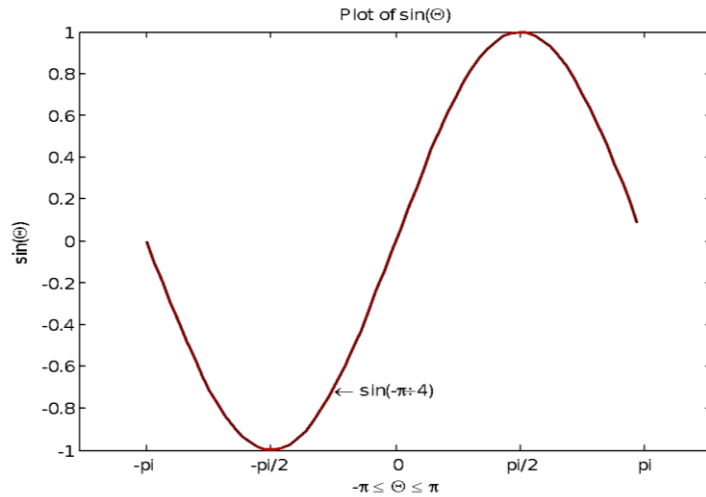
masing. Tetapi bila  $x$  adalah sebuah besaran skalar sedangkan  $y$  adalah besaran vektor maka akan terjadi titik yang tidak terhubung pada plot. Berbagai macam jenis garis, *symbol plot* dan warna dapat dibuat dengan perintah `plot(x,y,s)` di mana  $s$  adalah karakter *string* yang dibuat dari salah satu atau lebih dari statement di bawah ini.

Contoh 1.3 Script untuk menampilkan judul grafik

```
%\contoh program untuk menampilkan grafik sinus dengan judul
x =-pi:1:pi;
y = sin(x);
p = plot(x,y)
set(gca,'XTick',-pi:pi/2:pi)
set(gca,'XTickLabel',{'-pi','-pi/2','0','pi/2','pi'})
xlabel('-\pi \leq \Theta \leq \pi')
ylabel('sin(\Theta)')
title('Plot of sin(\Theta)')
% \Theta tampak seperti symbol
% Notasi pada titik (-pi/4, sin(-pi/4))
text(-pi/4,sin(-pi/4),'\leftarrow sin(-\pi\div4)',...
'HorizontalAlignment','left')
% Merubah warna garis menjadi warna merah
% mengatur tebal garis dengan dua titik
set(p,'Color','red','LineWidth',2)
```

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

hasilnya sebagai berikut.



**Gambar 1.8. Hasil Plot Grafik Sinus dengan Judul**

**Tabel 1.6. Tabel Spesifikasi Warna dan Jenis Gambar pada MATLAB**

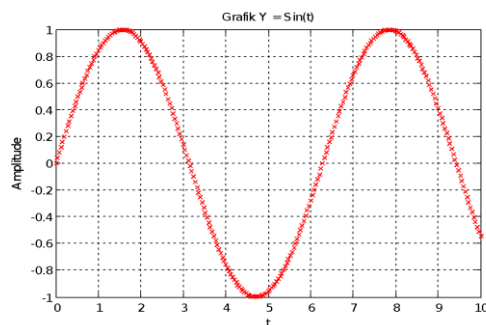
Spesifikasi warna		Jenis garis	
Warna	Istilah	Jenis	Simbol
Hitam	k	Solid	-
Biru	b	Dashed	--
Cyan	c	Dotted	:
Hijau	g	Dash-dot	-.
Magenta	m	Point	.
Merah	r	Circle	o
Putih	w	X-mark	x
Kuning	y	Plus	+
		Star	*

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Contoh 1.4: Script untuk menampilkan grafik sinus(t) dalam bidang dua dimensi

```
>>n = 25  
>>t = 0: 1/n: 10  
>>y = sin(t);  
>>plot (t,y,'rx')  
>>title ('Grafik Y = Sin(t)  
>>grid  
>>xlabel('t'), ylabel('Amplitude')
```

Hasilnya sebagai berikut.



**Gambar 1.9. Hasil plot MATLAB menampilkan 1(satu) grafik sinus(t) dalam (satu) bidang**

**Contoh 1.5:** Script untuk menampilkan 2 (dua) grafik sinus(t) dalam 1(satu) bidang

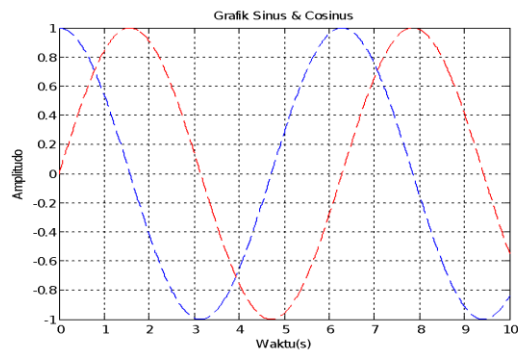
```
t= [0:0.01:10];  
x = cos(t);
```



## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
y = sin (t);  
plot(t,x,'b--')  
hold on  
plot(t,y,'r--')  
hold on  
xlabel('Waktu(s)')  
ylabel('Amplitudo')  
grid  
title('Grafik Sinus & Cosinus')
```

Hasilnya adalah sebagai berikut.



**Gambar 1.10. Hasil plot MATLAB menampilkan 2 grafik sinus(t) dalam 1 bidang**

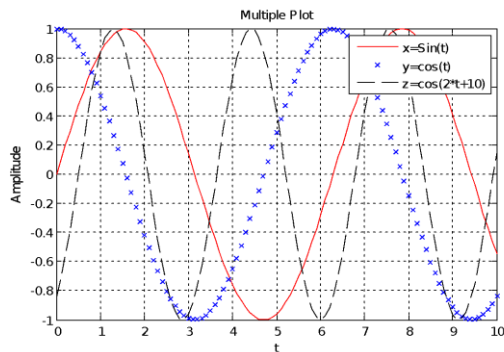
Contoh 1.6: Script untuk menampilkan 3 grafik sinus(t) dalam 1 bidang

```
t=0:0.1:10;  
x=sin(t);  
y=cos(t);  
z=cos(2*t+10);
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
plot(t,x,'r-')  
hold on  
plot(t,y,'bx')  
hold on  
plot(t,z,'k--')  
title('Multiple Plot')  
xlabel('t'),ylabel('Amplitude')  
grid on  
legend('x=Sin(t)',...  
'y=cos(t)',z=cos(2*t+10)')  
hold off
```

hasilnya sebagai berikut.



**Gambar 1.11. Hasil plot MATLAB menampilkan 3 grafik dalam 2 bidang (terpisah):**

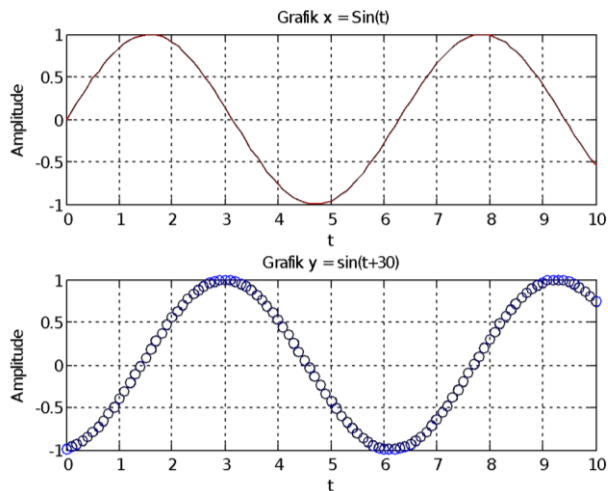
Contoh 1.7: Menampilkan 2 grafik dalam 2 bidang (terpisah)

```
t=0:0.1:10;  
x=sin(t);
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
y=sin(t+30);  
subplot(2,1,1)  
plot(t,x,'r-')  
grid on  
xlabel('t'),ylabel('Amplitude')  
title('Grafik x = Sin(t)')  
subplot(2,1,2)  
plot(t,y,'bo')  
grid on  
xlabel('t'),ylabel('Amplitude')  
grid on  
title('Grafik y = sin(t+30)')  
hold off
```

hasilnya sebagai berikut.



**Gambar 1.12.** Hasil plot MATLAB menampilkan 2 grafik dalam 2 bidang (terpisah)

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

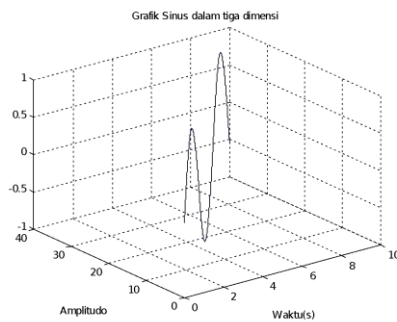
### 1.9.2. Grafik 3 Dimensi

MATLAB mempunyai beberapa fungsi tersendiri untuk memplot 3-D object. Fungsi-fungsi tersebut adalah plot kurva di ruangan (**plot3**), mesh surfaces (**mesh**), surfaces (**surf**) dan plot kontur (**contour**). Juga ada dua fungsi untuk memplot permukaan yang khusus, **sphere** dan **cylinder**. Untuk lebih mengetahui 3-D graphic, ketikkan **help graph3d** Command Window.

Contoh 1.8: Script untuk menampilkan grafik sinus tiga dimensi

```
t= [0:0.01:10];  
plot3(t,4*t,sin(t))  
grid  
xlabel('Waktu(s)')  
ylabel('Amplitudo')  
title('Grafik Sinus dalam tiga dimensi')
```

Hasilnya sebagai berikut.



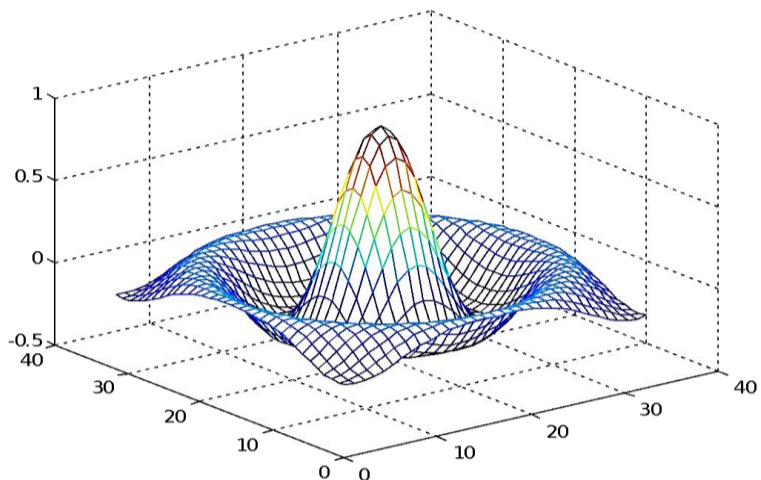
**Gambar 1.13. Hasil plot MATLAB menampilkan grafik 3 dimensi dalam 1 bidang**

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Contoh 1.9: Script untuk menampilkan grafik tiga dimensi

```
figure;  
[X,Y] = meshgrid(-8:.5:8);  
R = sqrt(X.^2 + Y.^2) + eps;  
Z = sin(R)./R;  
mesh(Z);
```

hasilnya sebagai berikut.



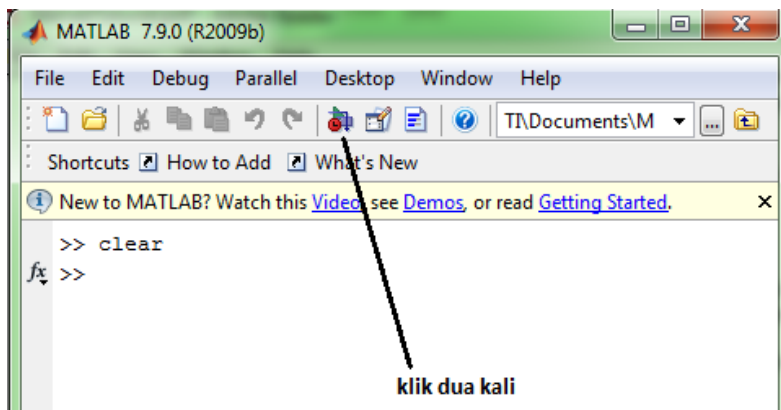
**Gambar 1.14.** Hasil plot MATLAB menampilkan grafik 3 dimensi dalam 1 bidang

### 1.10. Dasar-Dasar Simulink

Simulink adalah paket perangkat lunak berbasis waktu yang termasuk dalam MATLAB dan tugas utamanya adalah untuk memecahkan numerik Persamaan Diferensial Biasa (PDB).

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Kebutuhan untuk menyelesaikan persamaan numeriknya berasal dari fakta bahwa tidak ada solusi analitis untuk semua persamaan diferensial, terutama bagi persamaan yang nonlinier.

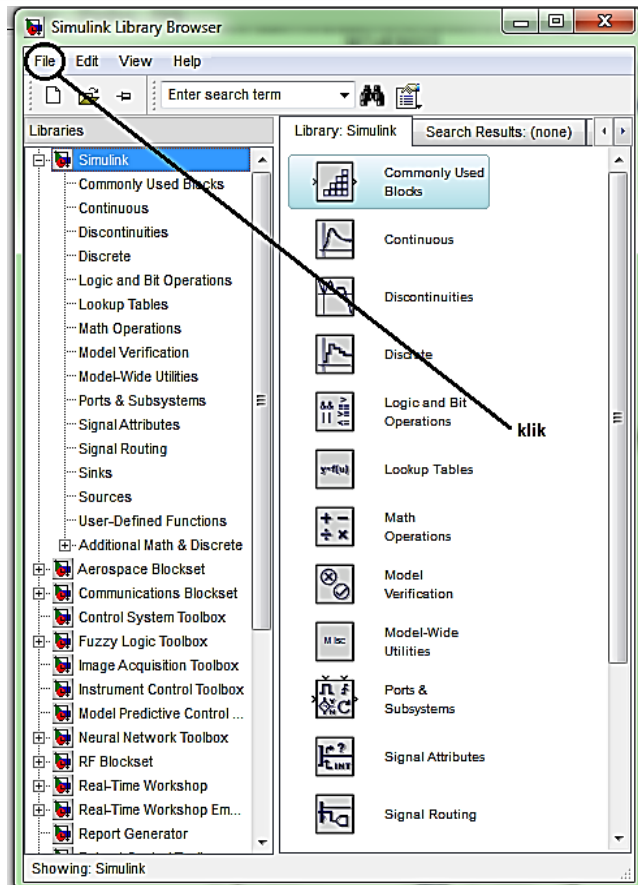


**Gambar 1.15. Jendela Kerja MATLAB**

Langkah-langkah penggunaan Simulink sebagai berikut. Untuk memulai Simulink klik simbol Simulink pada jendela perintah seperti pada gambar 1.15. Beberapa saat akan muncul jendela kerja Simulink sebagai berikut.

Gambar 1.16 adalah pustaka Simulink. Seperti dapat dilihat ada beberapa sub –pustaka. Agar dapat menemukan blok yang sesuai, dapat dicari pada pustaka tersebut. Untuk membuka jendela kerja Simulink baru klik **File** kemudian arahkan kursor ke **new** kemudian **new model (Ctrl+N)** selanjutnya akan terlihat jendela kerja baru seperti pada gambar 1.17.

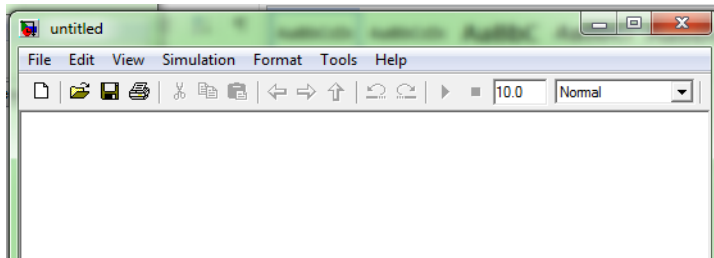
## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I



**Gambar 1.16. Pustaka Simulink**

Ini adalah pustaka Simulink. Seperti dapat dilihat ada beberapa sub – pustaka. Agar dapat menemukan blok yang sesuai, dapat dicari pada pustaka tersebut. Untuk membuka jendela kerja Simulink baru klik **File** kemudian arahkan ke **new** kemudian **new model (Ctrl+N)** selanjutnya akan terlihat jendela kerja baru seperti pada gambar 1.17.

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

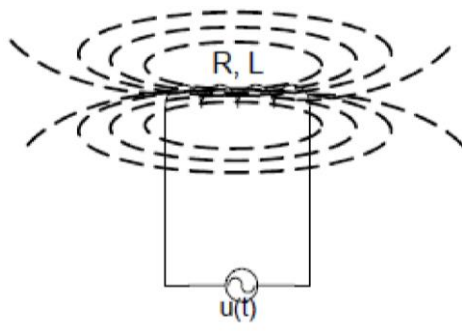


**Gambar 1.17.** Jendela kerja Simulink yang siap di isi

Dengan cara memblok dan menarik kemudian diletakan pada jendela kerja Simulink baru untuk lebih jelas perhatikan contoh-contoh berikut:

### Kasus 1.10.

Jika diketahui sebuah persamaan dari sebuah medan magnet seperti gambar berikut. Persamaan tegangan pada rangkaian ini adalah:  $u(t) = i(t)R + \frac{d\varphi(t)}{dt}$ , Asumsikan induktansi dari koil tersebut adalah konstan.



**Gambar 1.18.** Rangkaian listrik dengan RL



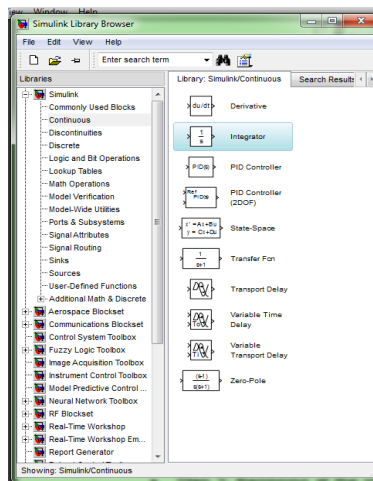
## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Penyelesaian

Karena induktansi dianggap konstan maka persamaan tegangan menjadi  $(t) = i(t)R + \frac{di(t)}{dt}$  ini adalah persamaan diferensial biasa, dan dianggap kondisi awal adalah nol. (dapat diselesaikan dengan persamaan laplace). Langkah-langkah yang digunakan dalam menyelesaikan dengan Simulink sebagai berikut.

**Langkah pertama**, pertama-tama manipulasi persamaan tersebut menjadi persamaan diferensial seperti berikut:  $\frac{di(t)}{dt} = \frac{1}{L}(u(t) - i(t)R$

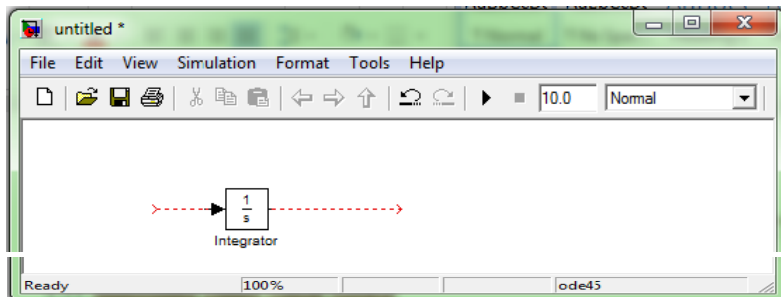
**Langkah kedua**, kita dapat menggunakan persamaan integrasi dari persamaan diferensial tersebut dengan menggunakan blok Simulink berikut: setelah membuka jendela kerja baru pada Simulink klik dan tempelkan pada jendela kerja:



Gambar 1.19. Jendela kerja Simulink dengan blok pustaka

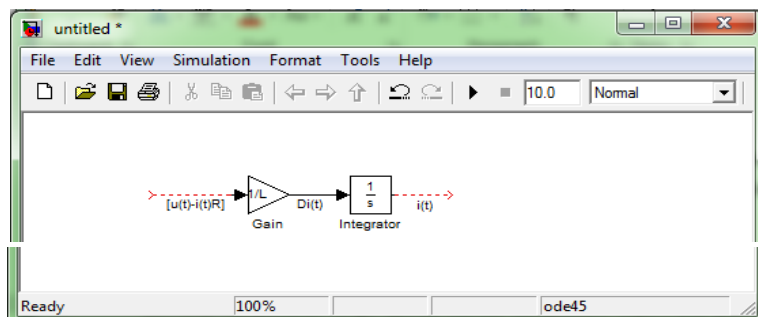
## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Sorot dan tempel pada jendela kerja baru



Gambar 1.20. Jendela kerja Simulink dengan blok integrator

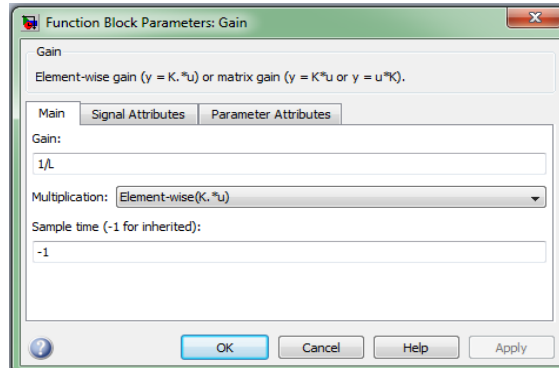
**Langkah Ketiga,** Memulai masukan input pada integrator dengan melihat persamaan langkah pertama  $\frac{1}{L}(u(t) - i(t)R)$  adalah sama dengan  $Di(t)$ , pertama-tama letakan penguatan senilai  $1/L$  perhatikan gambar berikut:



Gambar 1.21. Jendela kerja Simulink dengan blok integrator dan gain

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

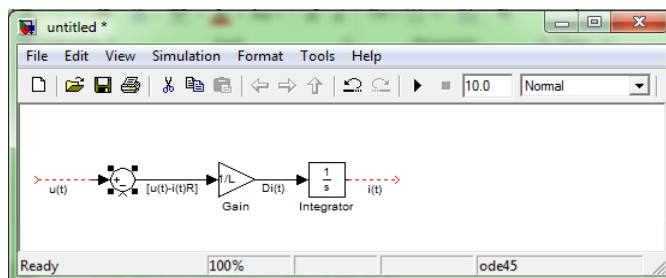
Untuk mengatur nilai dari perkuatan pada blok adalah dengan cara klik dua kali pada blok tersebut sehingga tampil seperti pada gambar berikut:



**Gambar 1.22. Blok fungsi dengan perubahan parameter**

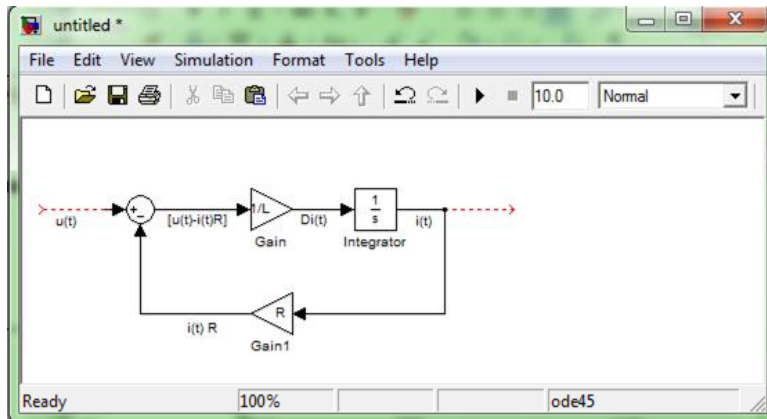
Isi parameter penguatan tersebut dengan nilai  $1/L$ .

**Langkah Keempat,** Berikutnya adalah merancang persamaan  $[(u(t) - i(t))R]$ , dari persamaan ini kita memerlukan blok sum (penjumlahan) klik pada pustaka Simulink salin dan tempel, setelah mengatur parameter dari penjumlahan menjadi pengurangan sehingga:

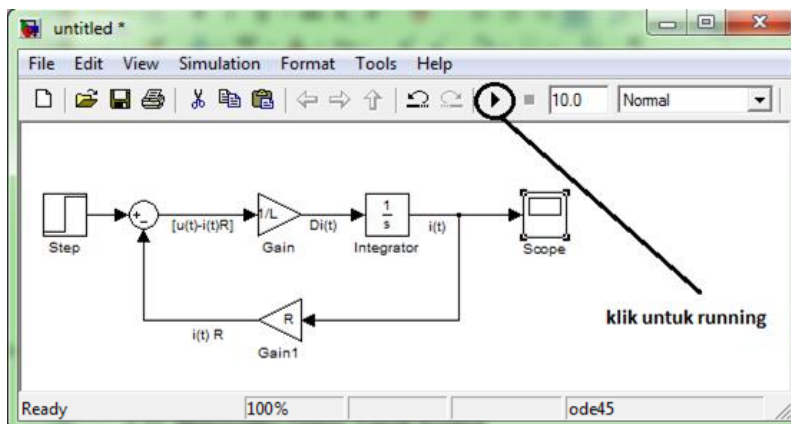


## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Selanjutnya hubungkan dengan  $i(t)$  sesuai dengan persamaan sehingga menjadi berikut:



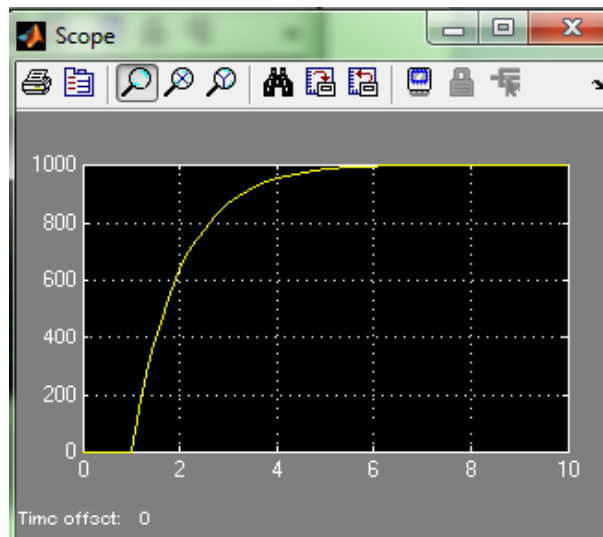
**Langkah kelima**, kita harus memberikan masukan sinyal untuk mensimulasikan dan untuk melihat keluaran kita pasang scope semua itu dapat diambil pada pustaka Simulink sehingga menjadi berikut:



## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

**Langkah keenam,** sebelum mensimulasikan masukan nilai R dan L pada jendela kerja MATLAB dengan cara mengetik nilai  $R=0.001$  dan  $L=0.001$ : klik run untuk mensimulasikan.

**Langkah ketujuh,** untuk melihat hasil simulasi klik dua kali pada scope



**Gambar 1.23. Sinyal Keluaran Pada Osiloskop**

### 1.11. Fungsi Polinomial

MATLAB menyediakan fungsi operasi standar dari polinom, seperti akar polinomial, evaluasi, dan turunan. Sebagai tambahan, fungsi-fungsi berikut diberikan untuk aplikasi lebih lanjut, seperti pencocokan kurva dan ekspansi fraksi parsial.

**Tabel 1.7. Fungsi Polinomial yang Sazim**

<b>Fungsi</b>	<b>Keterangan</b>
conv	Perkalian polinomial
deconv	Pembagian polinomial
poly	Polinomial dengan akar-akar tertentu
polyder	Turunan polinomial
polyfit	Pencocokan kurva polinomial
polyval	Evaluasi polinomial
polyvalm	Evaluasi matriks polinomial
residue	Ekspansi fraksi parsial
roots	Mencari akar-akar polinomial

## **1.12. Simulasi Sistem**

### **1.12.1. Simulasi dengan M-File**

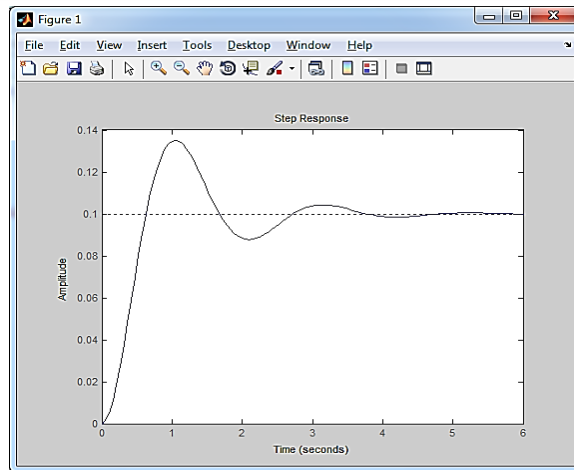
Untuk menganalisis suatu sistem, *software* hanya memerlukan masukan berupa transfer function yang ditulis dalam Laplace Transform (dalam s-domain) atau matriks. contoh, suatu sistem kontrol memiliki transfer function sebagai berikut.

Ketikkan listing berikut pada M-File:

```
num = [1];  
den = [1 2 10];  
step(num,den)  
title('Open Loop Response')
```

Respon sistem terbuka (open loop response) dapat dilihat pada Gambar 1.27. di bawah ini:

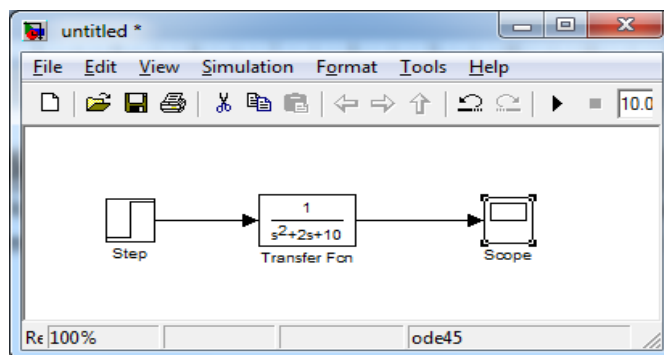
## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I



**Gambar 1.24. Gambar respon Simulink**

### 1.12.2. Simulasi dengan Simulink

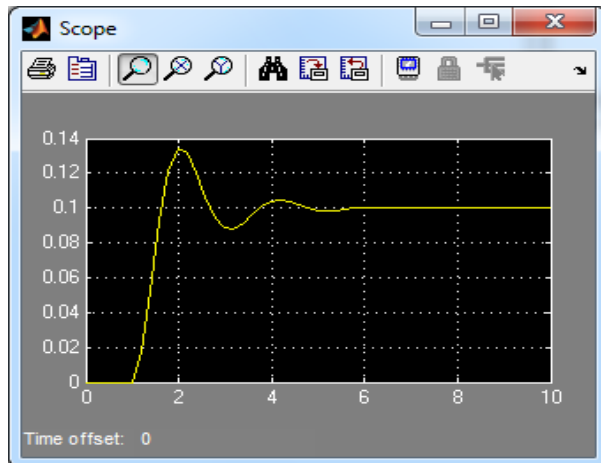
Pada M-File kurva respon sistem dibuat dengan menggunakan listing program, sedangkan pada Simulink kita bisa menganalisis sistem dengan menggunakan block diagram.



**Gambar 1.25. Penggambaran sebuah Fungsi pada Simulink**

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Analisis dengan menggunakan Simulink:



**Gambar 1.26. Respon Sebuah Fungsi pada Sistem Simulink**



**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

**LATIHAN-LATIHAN**

1. Buatlah matriks A dan B ordo 4x4, dan dapatkan:

```
>> A=[ 6 5 8 7; 4 6 7 4; 3 4 2 8; 8 4 6 2 ]
A =
6 5 8 7
4 6 7 4
3 4 2 8
8 4 6 2
>> B=[ 5 4 6 7; 5 7 8 9; 8 6 4 2; 8 7 4 6 ]
B =
5 4 6 7
5 7 8 9
8 6 4 2
8 7 4 6
```

2. Invers matriks A dan B

```
>> inv(A)
ans =
-0.0525 -0.1377 0.0623 0.2098
-0.3902 0.3508 0.1508 0.0607
0.2820 -0.0098 -0.2098 -0.1279
0.1443 -0.1213 0.0787 -0.0770
>> inv(B)
ans =
0.2809 -0.2697 0.0618 0.0562
-0.4944 0.3146 0.0112 0.1011
0.1180 0.1067 0.2360 -0.3764
0.1236 -0.0787 -0.2528 0.2247
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

3.  $A \times (B - 1)$

```
>> A*(B-1)
ans =
149 130 110 119
117 107 95 99
98 91 73 92
104      92 96
```

4. Invers  $A \times B$

```
>> inv(A)*B
ans =
1.2262 0.6689 -0.3279 -0.2230
1.4951 2.2246 1.3115 1.0918
-1.3410 -1.0951 0.2623 0.6984
0.1279      -0.3393 -0.0984 -0.3869
```

5.  $A^2$

```
>> A^2
ans =
136 120 141 140
101 100 112 116
104 79 104 69
98 6 116 124
```

6. Elemen matriks A dan B dengan 4

```
>> A=[ 4 4 4 4; 4 4 4 4; 4 4 4 4; 4 4 4 4 ]
A =
4 4 4 4
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
4 4 4 4
4 4 4 4
4 4 4 4
>> B=[ 4 4 4 4; 4 4 4 4; 4 4 4 4; 4 4 4 4 ]
B =
4 4 4 4
4 4 4 4
4 4 4 4
4 4 4 4
```

7. Pangkatkan dengan 2 setiap matriks A dan B

```
>> A.^2
ans =
16 16 16 16
16 16 16 16
16 16 16 16
16 16 16 16
>> B.^2
ans =
16 16 16 16
16 16 16 16
16 16 16 16
16 6 16 16
```

8. Determinan matriks A dan B

```
>> det A
ans =
65
>> det B
ans =
66
```

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

9. Ubah persamaan linear berikut menjadi persamaan matriks dan cari nilai  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ , dan  $x_4$  !

$$2x_1 + x_2 + 4x_3 + 5x_4 = 8$$

$$x_1 - 2x_2 - 1x_3 + 5x_4 = 4$$

$$9x_1 + 3x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 10$$

$$4x_1 + 3x_2 + 7x_3 - 1x_4 = 47$$

Jawab:

```
>> A = [2 1 4 5; 1 -2 -1 5; 9 3 3 4; 4 3 7 -1]
```

```
A =
```

```
2 1 4 5
```

```
1 -2 -1 5
```

```
9 3 3 4
```

```
4 3 7 -1
```

```
>> B = [8;4;10;47]
```

```
B =
```

```
8
```

```
4
```

```
10
```

```
47
```

```
>> C = inv(A)*B
```

```
C =
```

```
5.9000
```

```
-17.3000
```

```
10.0000
```

```
-5.3000
```

```
>> x1=5.9000;x2=-17.3000;x3=10.0000;x4=-5.3000;
```

```
>> B=[x1;x2;x3;x4]
```

```
B =
```

```
5.9000
```

```
-17.3000
```

```
10.0000
```

```
-5.3000
```

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

10. Buat tampilan grafik plot, stem, bar, dan stair dari 2 persamaan dalam 1 grafik!:

$$A = (3x+2)^3 \text{ Di mana: } n = 5;$$

$$B = 5x^3 + 4x = 0: 1/n: 10$$

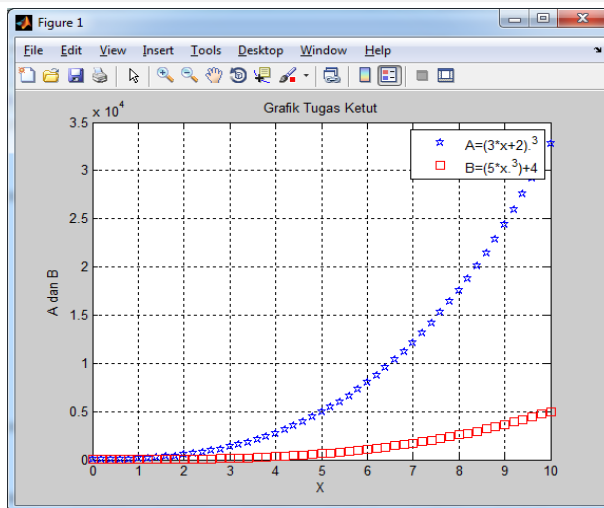
Jawab:

-Bahasa programnya dari  $A = (3x+2)^3$  Di mana:  $n = 5$ ;

```
n=5
x=0: 1/n:10
A=(3*x+2).^3
B=(5*x.^3)+4
plot(x,A,'bp')
hold on
plot(x,B,'rs')
hold on
title('Grafik Tugas Ketut')
xlabel('X'),ylabel('A dan B')
grid
legend('A=(3*x+2).^3','B=(5*x.^3)+4')
hold off
```

Hasil plot persamaan  $A = (3x+2)^3$  di mana:  $n = 5$ ;

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I



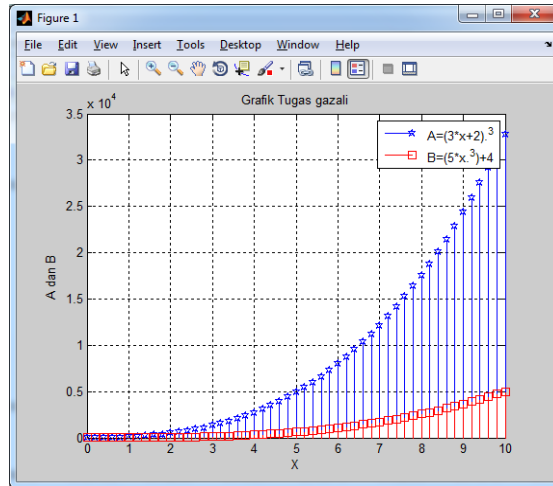
**Gambar 1.27.** Hasil plot persamaan  $A = (3x+2)^3$  di mana:  $n = 5$ ;

Bahasa programnya dari  $B = 5x^3+4$   $x = 0: 1/n: 10$

```
n=5
x=0: 1/n:10
A=(3*x+2).^3
B=(5*x.^3)+4
stem(x,A,'bp')
hold on
stem(x,B,'rs')
hold on
title('Grafik Tugas gazali')
xlabel('X'),ylabel('A dan B')
grid
legend('A=(3*x+2).^3','B=(5*x.^3)+4')
hold off
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Hasil plot persamaan  $B = 5x^3 + 4$   $x = 0: 1/n: 10$



**Gambar 1.28. Hasil plot persamaan  $B = 5x^3 + 4$   $x = 0: 1/n: 10$**

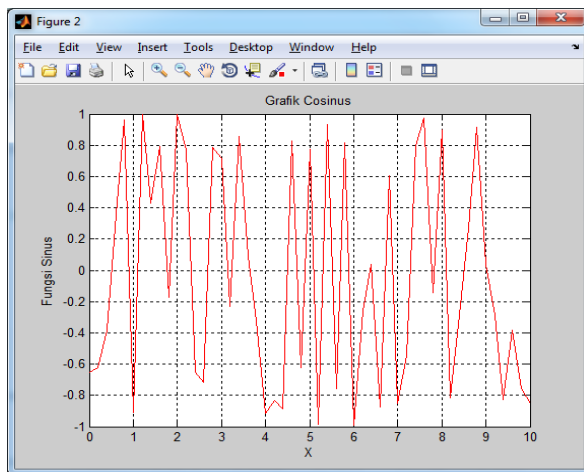
11. Bagaimana cara menampilkan dua fungsi sinus dan cosinus pada masing fungsi yang disajikan dalam grafik yang berbeda. Misalnya  $A = (3x+2)^3$  Di mana:  $n = 5$ ;  $B = 5x^3 + 4$   $x = 0: 1/n: 10$  fungsi pertama anda tampilkan pada figure (1), sementara fungsi kedua Penyelesaian:  
Bahasa programnya

```
n=5
x=0: 1/n:10
A=(3*x+2).^3
B=(5*x.^3)+4
C=sin(A)
D=cos(B)
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
figure(1)
plot(x,C,'b-')
hold on
title('Grafik Sinus')
xlabel('X'),ylabel('Fungsi Sinus')
grid
figure(2)
plot(x,D,'r-')
hold on
title('Grafik Cosinus')
xlabel('X'),ylabel('Fungsi Sinus')
grid
hold off
```

Hasil plot



**Gambar 1.29. Hasil Plot Persamaan  $B=(5*x.^3)+4$ ,  $D=\cos(B)$ , dengan:  $n = 5$  x maks =10;**



**BAB**

**2**

**PENGETAHUAN UMUM PADA  
RANGKAIAN LISTRIK**

**2.1. Satuan Sistem Internasional**

**Sistem Satuan Internasional** (bahasa Prancis: *Système International d'Unités* atau **SI**) adalah bentuk modern dari sistem metrik dan saat ini menjadi sistem pengukuran yang paling umum digunakan. Sistem ini terdiri dari sebuah sistem satuan pengukuran yang koheren yang terpusat pada 7 satuan pokok, yaitu **detik, meter, kilogram, ampere, kelvin, mol, dan kandela**, beserta satu set berisi 20 awalan untuk nama dan simbol satuan yang dapat digunakan saat menentukan kelipatan dan pecahan satuan. Sistem ini juga menentukan nama dari 22 satuan turunan, seperti **lumen** dan **watt**, untuk besaran umum lainnya. Sistem satuan yang digunakan adalah Sistem Internasional yang sering disingkat SI. Satuan turunan dapat didefinisikan dari satu atau beberapa satuan pokok dan/atau satuan turunan lainnya. Satuan-satuan tersebut diadopsi agar dapat memfasilitasi pengukuran besaran yang beragam. Sistem SI dari awal dimaksudkan untuk menjadi sistem yang dapat berkembang. Satuan dan awalan diciptakan, lalu definisi unit dimodifikasi melalui perjanjian internasional seiring dengan teknologi pengukuran yang semakin maju dan ketepatan pengukuran

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

yang berkembang. Keandalan Sistem SI tidak hanya tergantung pada pengukuran baku yang presisi untuk satuan pokok yang didefinisikan dalam berbagai konstanta fisika alam tertentu, tetapi juga pada definisi yang presisi dari konstanta tersebut. Kumpulan konstanta yang mendasarinya harus dimodifikasi ketika konstanta-konstanta yang lebih stabil ditemukan, atau mungkin telah diukur secara lebih tepat. Sebagai contoh, pada tahun 1983, meter ditetapkan ulang sebagai jarak tempuh cahaya dalam ruang hampa dalam waktu sepersekian detik, sehingga membuat nilai kecepatan cahaya yang berkenaan dengan satuan yang didefinisikan tersebut menjadi tepat. Awalan ditambahkan ke nama satuan untuk menghasilkan perkalian dan pembagian dari satuan awal. Semua perkalian adalah perpangkatan 10, dan ditasi ratusan atau di bawah perseratus adalah perpangkatan 1000. Contohnya, *kilo-*menandakan perkalian seribu dan *milli-*menandakan perkalian perseribu, maka 1000 milimeter = 1 meter dan 1000 meter = 1 kilometer. Sistem Internasional itu ditunjukkan pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1. Satuan Sistem Internasional Dasar**

Besaran	Satuan	Simbol
Panjang	Meter	m
Massa	Kilogram	kg
Waktu	Detik	dt
Gaya	Newton	N
Energy, usaha	Joule	J
Suhu	Kelvin	K
Kuat cahaya	Kandela	cd
Muatan listrik	Coulomb	C

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

<b>Besaran</b>	<b>Satuan</b>	<b>Simbol</b>
Arus listrik	Ampere	A
Potensial listrik	Volt	V
Hambatan/tahanan	Ohm	$\Omega$
Induktansi	Henry	H
kapasitansi	Farad	F
Frekuensi	Hertz	Hz
Daya	Watt	W
Fluks	Weber	Wb

**Tabel 2.2. Awalan Satuan**

<b>Faktor</b>	<b>Awalan</b>	<b>Simbol</b>
$10^{18}$	exa	E
$10^{15}$	peta	P
$10^{12}$	tera	T
$10^9$	giga	G
$10^6$	mega	M
$10^3$	kilo	k
$10^2$	hekto	h
10	deka	da
$10^{-1}$	desi	d
$10^{-2}$	senti	c
$10^{-3}$	mili	m
$10^{-6}$	mikro	$\mu$
$10^{-9}$	nano	n
$10^{-12}$	piko	p
$10^{-15}$	femto	f
$10^{-18}$	atto	a

Awalan ini tidak pernah digabung, maka sepersejuta meter disebut *mikrometer*, bukan milimilimeter. Perkalian kilogram dinamai dengan gram sebagai satuan pokok, maka

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

sepersejuta kilogram adalah *miligram*, bukan microkilogram. Sistem Internasional menggunakan sistem desimal untuk menyatakan satuan-satuan yang lebih besar atau lebih kecil dari satuan-satuan dasar, dan menggunakan awalan untuk menyatakan berbagai besaran pangkat 10. Daftar awalan beserta simbolnya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

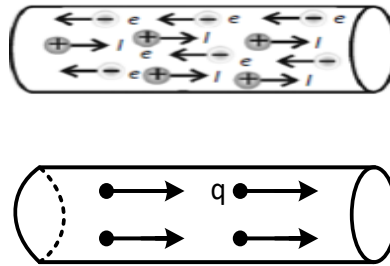
### 2.2. Arus Listrik

Sebuah arus listrik atau listrik dinamis dapat didefinisikan sebagai laju aliran muatan listrik melewati suatu titik atau bagian. Arus listrik dikatakan ada ketika ada aliran berisi muatan listrik melalui suatu bagian. Muatan listrik dibawa oleh partikel bermuatan, sehingga arus listrik adalah aliran partikel muatan. Partikel yang bergerak disebut pembawa muatan, dan dalam konduktor yang berbeda mungkin jenis partikel yang berbeda. Pada rangkaian listrik disebutkan sebagai pembawa muatan atau elektron yang bergerak melalui kawat. Arus listrik didefinisikan juga sebagai laju aliran muatan listrik yang melalui sebuah luas penampang melintang  $A$ . Gambar 2.1 memperlihatkan segmen kawat pembawa arus di mana pembawa-pembawa muatan bergerak dengan kecepatan rata-rata kecil. Jika  $\Delta_q$  adalah muatan yang mengalir melalui luas penampang lintang  $A$  dalam waktu  $\Delta_t$ , maka arus listrik yang mengalir dapat didefinisikan sebagai:

$$I = \frac{\Delta_q}{\Delta_t} \dots\dots\dots(2.1)$$

Satuan SI untuk arus listrik adalah ampere (A).

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I



**Gambar 2.1. Potongan dari Sebuah Kawat Bermuatan Listrik**

Sesuai definisi di atas maka arah arus dianggap searah dengan aliran muatan positif seperti pada Gambar 2.1. Elektron-elektron bebas yang muatannya negatif adalah partikel-partikel yang sebenarnya bergerak dan mengakibatkan adanya arus pada kawat penghantar. Pada Gambar 2.2. Gerakan dari elektron-elektron yang bermuatan negatif dalam satu arah ekuivalen dengan aliran muatan positif yang arah gerakannya berlawanan. Dengan kata lain elektron-elektron akan bergerak dalam arah yang berlawanan dengan arah arus.

### 2.3. Tahanan

**Resistor atau Tahanan** merupakan salah satu komponen yang paling sering ditemukan dalam rangkaian elektronika. Hampir setiap peralatan elektronika menggunakannya. Pada dasarnya Resistor adalah komponen elektronika pasif yang memiliki nilai resistansi atau hambatan tertentu yang berfungsi untuk membatasi dan mengatur arus listrik dalam suatu rangkaian elektronika. Resistor atau dalam bahasa Indonesia sering disebut dengan hambatan atau

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Tahanan dan biasanya disingkat dengan Huruf "R" dengan simbol seperti pada Gambar 2.4. Satuan hambatan atau Resistansi Resistor adalah OHM ( $\Omega$ ). Sebutan "OHM" ini diambil dari nama penemunya yaitu **George Simon Ohm** yang juga merupakan seorang fisikawan asal Jerman. Bahan yang mempunyai banyak elektron bebas disebut konduktor, sedangkan bahan yang mempunyai sedikit elektron bebas disebut isolator. Konduktor memberikan tahanan/perlawanan yang rendah terhadap aliran arus listrik, dan isolator memberikan tahanan yang tinggi terhadap aliran arus.



**Gambar 2.2. Bentuk Fisik Tahanan**



**Gambar 2.3. Simbol Tahanan**

Dapat didefinisikan tahanan listrik adalah sebagai perlawanan yang diberikan oleh bahan terhadap aliran arus listrik. Bentuk fisik dari beberapa jenis hambatan adalah seperti pada Gambar 2.3 dari kiri Resistor type karbon. Resistor geser type multitonned, SMD (*surface mould device*) resistor, dan yang paling kanan adalah resistor geser atau potensiometer.

## **2.4. Induktansi**

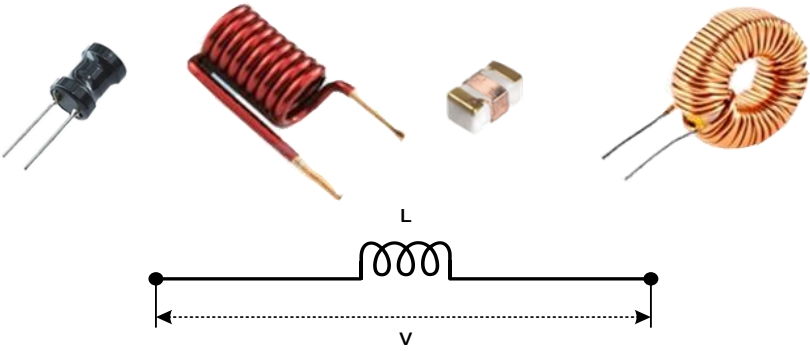
**Induktansi** adalah sifat dari rangkaian elektronika yang menyebabkan timbulnya potensial listrik secara proporsional terhadap arus yang mengalir pada rangkaian tersebut, sifat ini disebut sebagai **induktansi sendiri**, sedangkan apabila potensial listrik dalam suatu rangkaian ditimbulkan oleh perubahan arus dari rangkaian lain disebut sebagai **induktansi bersama**.

Definisi kuantitatif dari **induktansi sendiri** (simbol:  $L$ ) adalah:  $v = L \frac{di}{dt}$  dengan  $v$  adalah GGL yang ditimbulkan dalam volt dan  $i$  adalah arus listrik dalam ampere. Bentuk paling sederhana dari rumus tersebut terjadi ketika arus konstan sehingga tidak ada GGL yang dihasilkan atau ketika arus berubah secara konstan (linier) sehingga GGL yang dihasilkan konstan (tidak berubah-ubah). Istilah 'induktansi' sendiri pertama kali digunakan oleh **Oliver Heaviside** pada Februari 1886. Sedang penggunaan simbol  $L$  ditujukan sebagai penghormatan kepada **Heinrich Lenz**, seorang fisikawan ternama. Satuan Internasional induktansi adalah **weber per ampere** atau dikenal pula sebagai **henry** (H), untuk menghormati *Joseph Henry* seorang peneliti yang berkontribusi besar terhadap ilmu tentang magnetisme. Besarnya  $1H = 1 \text{ Wb/A}$ . Supaya suatu rangkaian elektronika mempunyai nilai induktansi, sebuah komponen bernama *induktor* digunakan di dalam rangkaian tersebut, induktor umumnya berupa kumparan kabel/tembaga untuk memusatkan medan magnet dan memanfaatkan GGL yang dihasilkannya. Bentuk fisik dari suatu induktor ditunjukkan pada Gambar 2.5. Konstanta

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

perbandingan yang menghubungkan kedua besaran ini (tegangan dan perubahan arus) adalah dikenal sebagai induktansi, yang disimbolkan dengan L, dan bentuk gambarnya seperti Gambar 2.4.

$$v = L \frac{di}{dt} \dots\dots\dots(2.2)$$



**Gambar 2.4. Simbol Induktor**

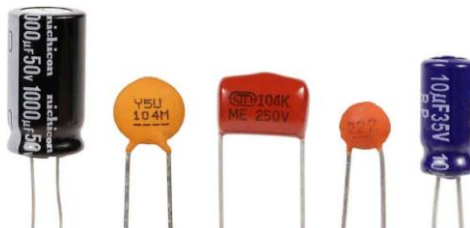
**2.5. Kapasitor**

**Kapasitor** atau sering disebut sebagai **kondensator** adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Kapasitor memiliki satuan dalam sistem SI adalah Farad (F) dari nama *Michael Faraday*. Kondensator juga dikenal sebagai "kapasitor", tetapi kata "kondensator" masih dipakai hingga saat ini. Pertama disebut oleh *Alessandro Volta* seorang ilmuwan Italia pada tahun 1782 (dari bahasa Itali *condensatore*), berkenaan dengan kemampuan

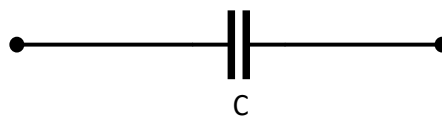


## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

alat untuk menyimpan suatu muatan listrik yang tinggi dibanding komponen lainnya. Suatu kapasitansi terdiri dari dua buah lempengan penghantar (konduktor) yang permukaannya dapat menampung muatan listrik, yang dipisahkan oleh sebuah lapisan bahan penyekat (isolator) yang memiliki harga tahanan sangat tinggi. Apabila diasumsikan bahwa tahanan ini dengan harga begitu besar sehingga mendekati tak hingga, maka muatan-muatan listrik yang berlawanan namun sama besarnya di permukaan kedua pelat tidak akan pernah saling bertemu, karena tidak adanya jalur listrik yang menghubungkan muatan pada pelat yang lain. Konstruksi fisik perangkat suatu kapasitansi dapat diperlihatkan secara skematis oleh simbol rangkaian seperti Gambar 2.5. dan Gambar 2.6.



Gambar 2.5. Bentuk Fisik dari Beberapa Tipe Kapasitor



Gambar 2.6. Simbol Kapasitansi

## 2.6. Hukum Ohm

**Hukum Ohm** adalah suatu pernyataan bahwa besar arus listrik yang mengalir melalui sebuah penghantar selalu berbanding lurus dengan tegangan yang diterapkan kepadanya. Sebuah benda penghantar dikatakan mematuhi hukum Ohm apabila nilai resistansinya tidak bergantung terhadap besar dan polaritas beda potensial yang dikenakan kepadanya.

Secara matematis hukum Ohm diekspresikan dengan persamaan:

$$V = I \cdot R \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan:

$I$  = adalah arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar dalam satuan Ampere.

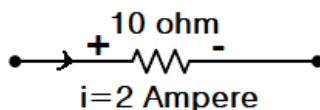
$V$  = adalah tegangan listrik yang terdapat pada kedua ujung penghantar dalam satuan volt.

$R$  = adalah nilai hambatan listrik (resistansi) yang terdapat pada suatu penghantar dalam satuan ohm

Satuan SI untuk tegangan adalah Volt (V).

### Kasus 2.1

Dapatkan besarnya tegangan pada sebuah penghantar yang dialiri arus 2A dengan besar nilai tahanan 10  $\Omega$ .



**Gambar 2.7. Rangkaian Listrik dengan Beban Resistor**

### **Penyelesaian**

Jika arus yang mengalir pada penghantar 2A dengan harga tahanan 10 Ω, maka tegangan pada penghantar adalah:

$$V = I \cdot R = 2 \cdot 10 = 20 \text{ V}$$

### **Script MATLAB**

```
%=====
% Script MATLAB Sumber tegangan dan arus sinusoidal Kasus 2.1
% Dr.Ir.I K Wiryajati,ST.,MT IPU.,ASEAN.Eng.,
% I N W Satiawan,ST.,MSc.,Ph.D., I M A Nrrartha,ST.,MT.
% Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Dapatkan besarnya tegangan pada sebuah penghantar yang dialiri arus 2A
dengan besar
% nilai tahanan 10 ohm..
%=====
clear all, close all, clc
R = 10; % Nilai Resistor 5 ohm
I = 2; % nilai Arus 2 Ampere

% menghitung tegangan pada sebuah resistor
v=I*R
%=====
```

### **Hasil Running Program**

```
=====
v = 20
=====
```

### **2.7. Sumber Tegangan dan Sumber Arus**

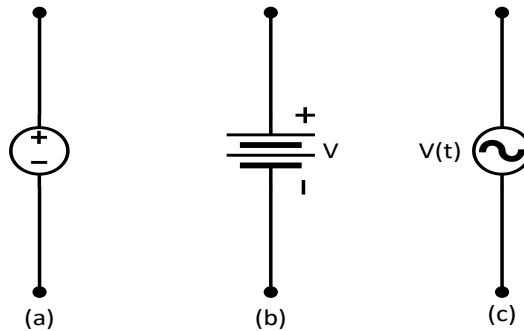
Elemen aktif yang paling penting adalah sumber tegangan dan arus yang dapat menghantarkan daya pada rangkaian listrik yang tersambung. Dua sumber ini dapat

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

dikategorikan menjadi 2 kelompok yaitu: sumber bebas (*independent source*) dan sumber tak bebas (*dependent source*).

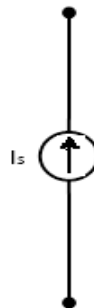
Simbol rangkaiannya ditunjukkan pada Gambar 2.8. Subskrip  $s$  mengidentifikasi sebuah sumber tegangan ( $s$  merupakan singkatan dari *source* atau sumber). Gambar 2.8(a) dan (b) adalah sumber-sumber tegangan dengan tegangan terminal konstan yang sering diistilahkan sebagai sumber tegangan arus searah atau sumber tegangan *dc* (*direct current*) bebas. Penjelasan yang sama, sumber arus bebas adalah elemen aktif yang menghasilkan arus dengan nilai tertentu yang tidak terpengaruh oleh tegangan yang mengalir dalam rangkaian. Sumber arus bebas menghantarkan arus ke rangkaian tanpa memperhatikan nilai tegangan dalam rangkaian. Simbolnya diwakili dalam Gambar 2.8 di mana anak panah menunjukkan arah arus  $i$  mengalir. Pada gambar 2.8(b) ditampilkan garis lurus susun baterai di mana garis lurus yang lebih panjang ditempatkan pada terminal positif (tanda plus), sedangkan garis lurus yang lebih pendek ditempatkan pada terminal negatif (tanda minus). Sedangkan pada gambar 2.8(c) adalah simbol dari sumber tegangan arus bolak-balik atau sumber tegangan *ac* (*alternating current*).

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 2.8. Simbol Sumber Tegangan DC, (b) Simbol Baterai, (c)  
Simbol Sumber Tegangan AC**

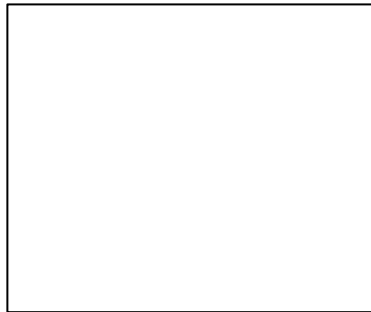
Arus yang melalui elemen sepenuhnya bebas atau tidak tergantung pada tegangannya. Simbol sumber arus  $I_s$  ini ditunjukkan seperti Gambar 2.9.



**Gambar 2.9. Simbol untuk Sumber Arus**

Sumber tegangan tak bebas (*dependent source/controlled source*) ideal adalah elemen aktif yang nilainya bergantung/dikontrol oleh tegangan atau arus lain.

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I



(a) (b)

Simbolnya diwakili bentuk diamond/berlian pada Gambar 2.12 di mana Gambar 2.12a adalah sumber tegangan tak bebas dan Gambar 2.12 b adalah sumber arus tak bebas.

### 2.8. Daya Listrik

**Daya listrik** didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah **watt** (W) yang menyatakan banyaknya tenaga listrik yang mengalir per satuan waktu (joule/detik). Arus listrik yang mengalir dalam rangkaian dengan hambatan listrik menimbulkan kerja. Peranti mengkonversi kerja ini ke dalam berbagai bentuk yang dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari, seperti panas (seperti pada pemanas listrik), cahaya (seperti pada bola lampu), energi kinetik (motor listrik), dan suara (*loudspeaker*). Energi yang dikeluarkan atau kerja yang dilakukan setiap detik oleh tegangan 1 V pada hambatan 1 Ohm akan mengalir arus 1A dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

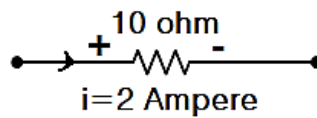
$$P = I^2 \cdot R \dots\dots\dots (2.4)$$

atau

$$P = I \cdot V \dots\dots\dots (2.5)$$

**Kasus 2.2**

Hitung berapa besar daya yang diserap oleh Kasus 2.1



**Gambar 2.10. Resistor untuk Kasus 2.2**

**Penyelesaian**

Jika arus yang mengalir pada penghantar 2A dengan harga tahanan 10 Ω, maka daya listrik pada penghantar adalah:

$$P = I \cdot V = 2 \cdot 20 = 40 \text{ W}$$

atau

$$P = I^2 \cdot R = 2^2 \cdot 10 = 40 \text{ W}$$

**Script MATLAB**

```
%=====
% Script MATLAB Sumber tegangan dan arus sinusoidal Kasus 2.2
% Dr.Ir.I K Wiryajati,ST.,MT IPU.,ASEAN.Eng.,
% I N W Satiawan,ST.,MSc.,Ph.D., I M A Nrrartha,ST.,MT.
% Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2020
%-----
% Hitung berapa besar daya yang diserap oleh kasus 2.1
%=====
clear all, close all, clc
```

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

R = 10; % Nilai Resistor 5 ohm

I = 2; % nilai Arus 2 Ampere

% menghitung tegangan pada sebuah resistor

P=I^2\*R

%=====

**Hasil Running Program**

```
=====
P = 40
=====
```

**2.9. Energi listrik**

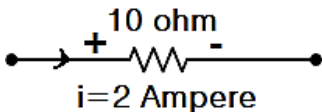
**Energi listrik** adalah energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik/energi yang tersimpan dalam arus listrik dengan satuan ampere (A) dan tegangan listrik dengan satuan volt (V) dengan satuan internasional konsumsi daya listrik adalah Watt (W). Secara matematika energi listrik dapat didefinisikan sebagai laju penggunaan daya listrik dikalikan dengan selama waktu tersebut dengan satuan Joule (J) atau Wattjam/Watthour (Wh).

Persamaannya adalah:

$$E = P \cdot t \dots\dots\dots(2.6)$$

**Kasus 2.3**

Hitung energi listrik dari Kasus 2.2 dalam waktu 8 jam?



**Gambar 2.11. Resistor untuk Kasus 2.3**



## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Penyelesaian

Daya listrik dari kasus 2.2 adalah 40 W sehingga energi listrik dalam waktu 8 jam adalah:

$$E = P \cdot t = 40 \cdot 8 = 320 \text{ Wh} = 0.32 \text{ kWh}$$

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Sumber tegangan dan arus sinusoidal Kasus 2.3
% Dr.Ir.I K Wiryajati,ST.,MT IPU.,ASEAN.Eng.,
% I N W Satiawan,ST.,MSc.,Ph.D., I M A Nrrartha,ST.,MT.
% Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Dapatkan energi listrik dari Kasus 2.2 dalam waktu 8 jam?
%=====
clear all, close all, clc
R = 10; % Nilai Resistor 5 ohm
I = 2; % nilai Arus 2 Ampere
t = 8; % waktu dalam jam
% menghitung tegangan pada sebuah resistor
P=I^2*R;
E =P*t
%=====
```

Hasil Running Program

```
=====
E = 320
=====
```

### 2.10. Simpul, Lintasan, Loop, dan Cabang

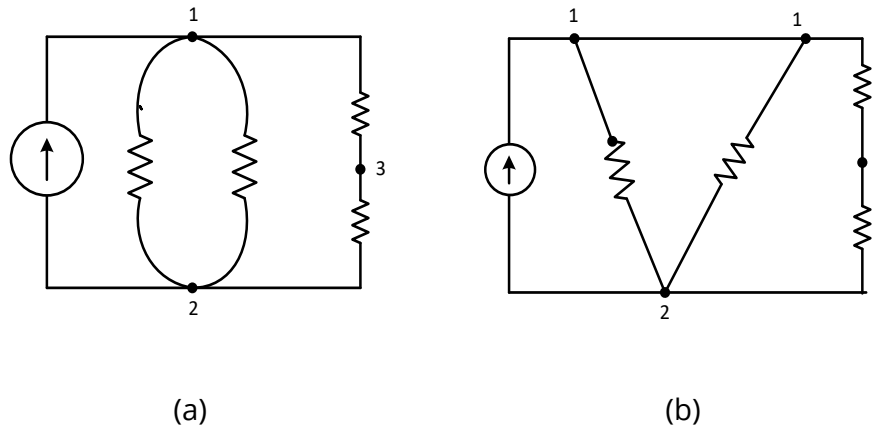
**Simpul** (*node*), perlu diketahui kata "*node*" jika diterjemahkan dalam bahasa Indonesia mempunyai arti simpul dan titik. Simpul berarti sesuatu yang menyambung cabang-

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

cabang. Pada analisis simpul kita dapat mencari besarnya arus listrik dengan bantuan tegangan yang ada pada setiap simpul. Pada saat mencari nilai arus dengan analisis simpul, nilai tegangan simpul bisa berubah-ubah tergantung pada cara kita meletakkan simpul acuan (*ground*). Namun pada dasarnya arus yang masuk dan keluar dari simpul tegangan tetap sama. Secara spesifik simpul dapat diuraikan sebagai sebuah adalah sebuah titik di mana dua atau lebih elemen yang saling memiliki hubungan bersama. Sebagai Kasus, Gambar 2.12(a) memperlihatkan sebuah rangkaian yang mengandung tiga buah simpul. Simpul 1 pada Gambar 2.12(a) diperlihatkan sebagai dua buah persimpangan terpisah yang dihubungkan oleh sebuah konduktor/penghantar dengan tahanan sama dengan nol, sebagaimana terlihat pada Gambar 2.12(b). yang dilakukan di sini sesungguhnya adalah menyebarkan titik bersama menjadi garis bersama yang tahananannya nol.

Lintasan adalah kumpulan simpul dan cabang yang dilalui tidak lebih dari satu kali atau pergerakan dari suatu simpul melalui sebuah elemen yang menuju ke simpul lain dan seterusnya tanpa melauai elemen yang lebih dari satu kali. Loop disebut juga sebagai lintasan tertutup. adalah didefinisikan pergerakan dari lintasan awal menuju ke menuju balik atau kembali ke lintasan awal.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 2.12. (a) Rangkaian dengan Tiga Buah Simpul dan Lima Buah Cabang, (b) Penggambaran Pemekaran Simpul Simpul**

Cabang didefinisikan sebagai sebuah lintasan tunggal di dalam sebuah rangkaian yang terbentuk dari sebuah elemen dan simpul pada masing-masing ujung elemen.

Sebagai contoh, pada Gambar 2.12(a), jika bergerak dari simpul 2 menuju ke simpul 1 dengan melewati sumber arus, kemudian turun menuju simpul 2 dan melewati elemen tahanan sebelah kiri dan bergerak ke atas melewati tahanan tengah kembali menuju ke simpul 1, cara ini tidak membentuk lintasan, karena sebuah simpul (sebenarnya dua simpul) dijumpai sebanyak lebih dari satu kali. Istilah lain yang penggunaannya sangat sering dijumpai adalah *cabang*. Rangkaian ini diperlihatkan pada gambar 2.12(a) dan 2.12(b) yang memiliki lima buah cabang.

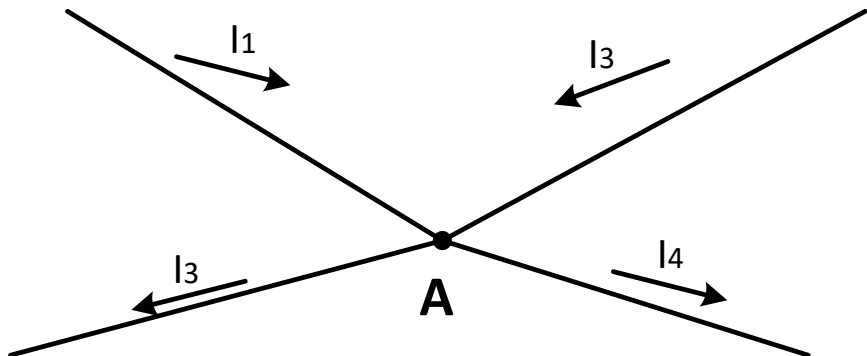
### **2.11. Hukum Arus Kirchhoff**

Hukum Kirchhoff pertama kali diperkenalkan oleh seorang ahli fisika Jerman yang bernama **Gustav Robert Kirchhoff** (1824-1887) pada tahun 1845. Hukum Kirchhoff merupakan salah satu hukum dalam ilmu Elektronika yang berfungsi untuk menganalisis arus dan tegangan dalam rangkaian. Hukum Kirchhoff terdiri dari 2 bagian yaitu Hukum *Kirchhoff* 1 dan Hukum *Kirchhoff* 2. Pada sesi ini akan diuraikan Hukum Kirchhoff 1 di mana Hukum *Kirchhoff* 1 merupakan Hukum *Kirchhoff* yang berkaitan dengan dengan arah arus dalam menghadapi titik percabangan. Hukum *Kirchhoff* 1 ini sering disebut juga dengan **Hukum Arus Kirchhoff** (HAK) atau **Kirchhoff's Current Law** (KCL) menyatakan bahwa: *Jumlah aljabar dari arus-arus yang memasuki setiap simpul pada rangkaian adalah nol*. Perhatikan simpul pada Gambar 2.13. Jumlah aljabar dari empat buah arus yang memasuki simpul harus sama dengan nol. Jadi:

$$-I_1 + I_2 + I_3 + (-I_4) = 0 \dots\dots\dots(2.7)$$

Dari persamaan (2.7) jelas terlihat bahwa arus memasuki simpul titik (A) diberi tanda positif. Arus meninggalkan simpul (titik A) diberi tanda negatif.

Pada persamaan (2.7) dapat menyamakan penjumlahan arus-arus yang memiliki tanda yang diarahkan untuk memasuki ke suatu simpul dengan menjumlah arus yang memiliki tanda panah yang meninggalkan simpul, sebagai berikut.



**Gambar 2.13. Simpul untuk Mengilustrasikan Penerapan Hukum  
Arus Kirchhoff**

$$I_1 + I_4 = I_2 + I_3 \dots\dots\dots (2.8)$$

Dari persamaan (2.8) dapat dinyatakan bahwa jumlah arus yang memasuki suatu simpul adalah sama dengan jumlah arus yang keluar dari simpul.

Bentuk umum persamaan hukum arus Kirchhoff adalah:

$$I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_N = 0 \dots\dots\dots (2.9)$$

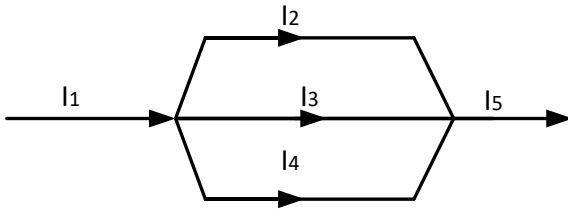
Yang merupakan bentuk ringkasan dari:

$$\sum_{n=1}^N I_n = 0 \dots\dots\dots (2.10)$$

**Kasus 2.4**

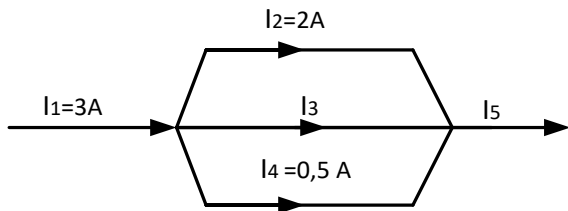
Bila diketahui besar arus pada  $I_2=2$  A,  $I_1=3$ A,  $I_4=0,5$  A, Dapatkan besarnya arus listrik yang mengalir melalui  $I_3$  dan  $I_5$

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 2.14. Gambar Penerapan Hukum Arus Kirchhoff**

**Penyelesaian**



**Gambar 2.15. Gambar Penerapan Hukum Arus Kirchhoff**

Sesuai Hukum Arus Kirchhoff, pada persamaan (2.10) yaitu  $I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_N = 0$ , maka dapat dijelaskan bahwa jumlah arus yang masuk percabangan adalah sama dengan jumlah arus yang keluar dari percabangan, arau dengan persamaan sebagai berikut.

$$\sum_{n=1}^5 I_{\text{masuk}} = \sum_{n=1}^5 I_{\text{keluar}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Sehingga jumlah arus yang masuk adalah  $I_1 = 3A$ , maka arus yang keluar adalah  $I_5 = 3A$  juga. Sehingga sama dengan  $I_2 + I_3 + I_4 = I_5$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

$$2A + I_3 + 0.5 A = 3 A, I_3 = 3 A - 2,5A$$

$$I_3 = 0,5A$$

Jadi Arus yang mengalir pada  $I_3 = 0,5$  Ampere

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Sumber tegangan dan arus sinusoidal Kasus 2.4
% Dr.Ir.I K Wiryajati,ST.,MT IPU.,ASEAN.Eng.,
% I N W Satiawan,ST.,MSc.,Ph.D., I M A Nrrartha,ST.,MT.
% Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
%Bila diketahui besar arus pada I2=2 A, I1=3A, I4=0,5 A,
% Dapatkan besarnya arus listrik yang mengalir melalui I3 dan I5
%=====
clear all, close all, clc
I1 = 3; % nilai Arus cabang 1 3 Ampere
I2 = 2; % nilai Arus cabang 2 2 Ampere
I4 = 0.5; % nilai Arus cabang 4 0,5 Ampere

% menghitung tegangan pada sebuah resistor
I3=I1-I2-I4
%=====
```

### Hasil Running Script

```
=====
I3 =0.5000
=====
```

## 2.12. Hukum Tegangan Kirchhoff

Hukum Tegangan Kirchhoff atau disingkat HTK menyatakan bahwa:

*“Jumlah aljabar dari tegangan dalam suatu lintasan tertutup pada suatu rangkaian adalah nol.”*

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

Perhatikan Gambar 2.16. Dari gambar ini, dengan memilih lintasan dari simpul A ke simpul B melewati simpul C dan ke simpul A kembali. Lintasan ini didasarkan polaritas pada tegangan, didapat:

$$V_1 - V_2 + V_3 = 0 \dots\dots\dots (2.12)$$

Atau

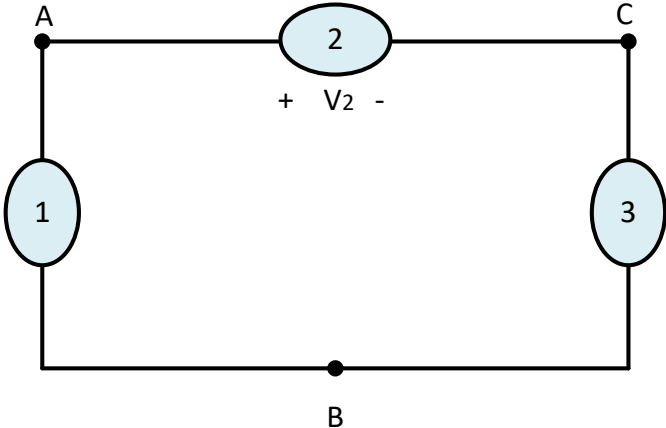
$$V_1 = V_2 - V_3 \dots\dots\dots (2.13)$$

Bentuk umum persamaan hukum tegangan Kirchhoff adalah:

$$\sum_{n=1}^N V_n = 0 \dots\dots\dots (2.14)$$

Yang merupakan bentuk ringkasan dari:

$$V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_N = 0 \dots\dots\dots (2.15)$$



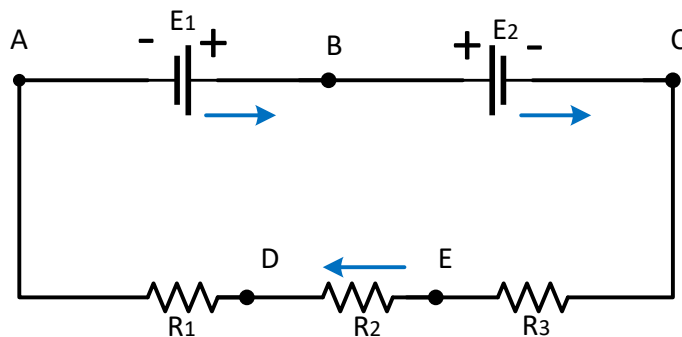
**Gambar 2.16. Beda Potensial Antara titik A dan B Tidak Tergantung Pada Lintasan yang Dipilih**



**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

**Kasus 2.5**

Sebuah rangkaian di susun oleh sumber tegangan seperti pada Gambar 2.20. Dapatkan besar tegangan jepit pada titik BC. Bila diketahui,  $E_1=12$  Volt, dan  $E_2=0.5 E_1$   $R_1=1,5$  Ohm,  $R_2=0,5$  Ohm, dan  $R_3=0,5$  Ohm dengan tahanan dalam dari sumber adalah masing-masing 1 ohm.



**Gambar 2.17. Rangkaian Penerapan Hukum Tegangan Kirchoff**

**Penyelesaian**

Rangkaian seperti pada soal bisa diselesaikan dengan Hukum Kirchoff II karena di dalamnya memiliki dua sumber tegangan. Oleh karena itu, langkahnya harus menentukan model loopnya terlebih dahulu. Sehingga bisa menentukan arah loopnya searah atau berlawanan dengan arah putaran jarum jam. Pada pembahasan ini selalu menggunakan, arah loop yang searah putaran jarum jam sehingga sesuai persamaan 2.13 dan

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

2.14 didapat sebagai berikut perhatikan arah panah Gambar

2.21.:

$$\sum_{n=1}^N I_n R = \sum_{n=1}^N V_n$$

$$I(r + r + R_1 + R_2 + R_3) = -E_1 + E_2$$

$$I(2 + 1,5 + 0,5 + 0,5) = -12 + E_2$$

$$I(4,5) = -12 + 6$$

$$I(4,5) = -6$$

$$I(4,5) = -6$$

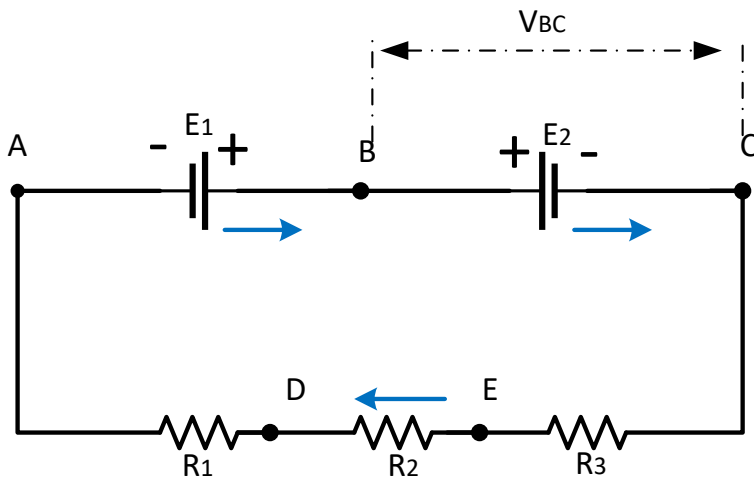
$$I = -1,33 \text{ Ampere}$$

Dengan diperolehnya besarnya arus pada E2 maka tegangan nya adalah

$$V_{BC} = E_2 + r_2$$

$$V_{BC} = 6 + 1.33.1$$

$$V_{BC} = 7.33 \text{ Volt.}$$



**Gambar 2.18. Polaritas Tegangan BC**

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Sumber tegangan dan arus sinusoidal Kasus 2.3
% Dr.Ir.I K Wiryajati,ST.,MT IPU.,ASEAN.Eng.,
% I N W Satiawan,ST.,MSc.,Ph.D., I M A Nrrartha,ST.,MT.
% Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Sebuah rangkaian terdiri dari sumber tegangan seperti pada Gambar 2.13
% Dapatkan besar tegangan jepit pada titik BC. Bila diketahui, E1=12 Volt,
% dan E2=0.5 E1 R1=1,5 Ohm, R2=0,5 Ohm,dan R3=1 Ohm dengan tahanan
% dalam dari sumber adalah masing masing 1 ohm.
%=====
clear all, close all, clc
E1 = 12; % nilai tegangan sumber 1 12 volt
E2 = 0.5*E1; % nilai tegangan sumber 2 0,5 dari E1 volt
R1 = 1.5; % nilai resistansi 2, 0,5 ohm
R2 = 0.5; % nilai resistansi 2, 0,5 ohm
R3 = 1; % nilai resistansi 3, 1 ohm
r=1; % tahanan dalam tegangan jepit 1 ohm

% Menghitung besar tegangan jepit pada titik BC
Rtotal=R1+R2+R3+r+r;
Etotal=-E1+E2;
Itotal=Etotal/Rtotal;
Ejepit1=-Itotal*r;
Ejepit=E2+Ejepit1
%=====
```

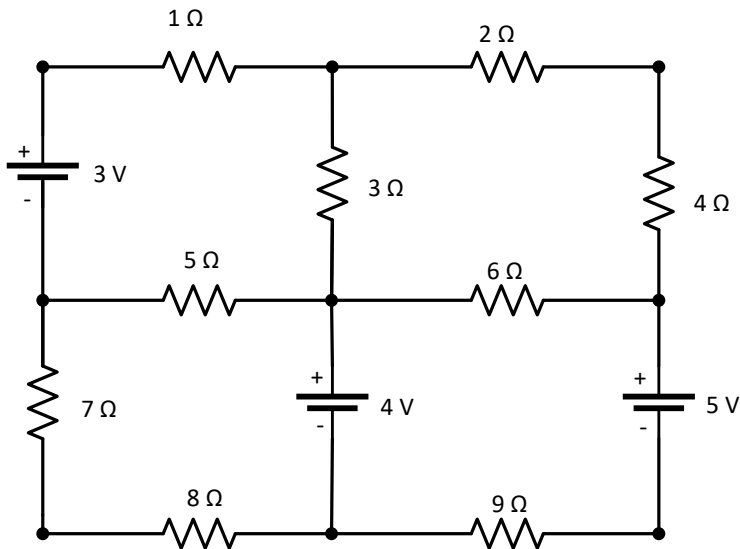
### Hasil Running Program

```
=====
Ejepit = 7.3333
=====
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Kasus 2.6

Bila Diketahui sebuah rangkaian listrik seperti pada Gambar 2.19 Dapatkan nilai tegangan setiap cabang dan Dapatkan nilai arus setiap elemen dan lengkapi dengan arah arus.

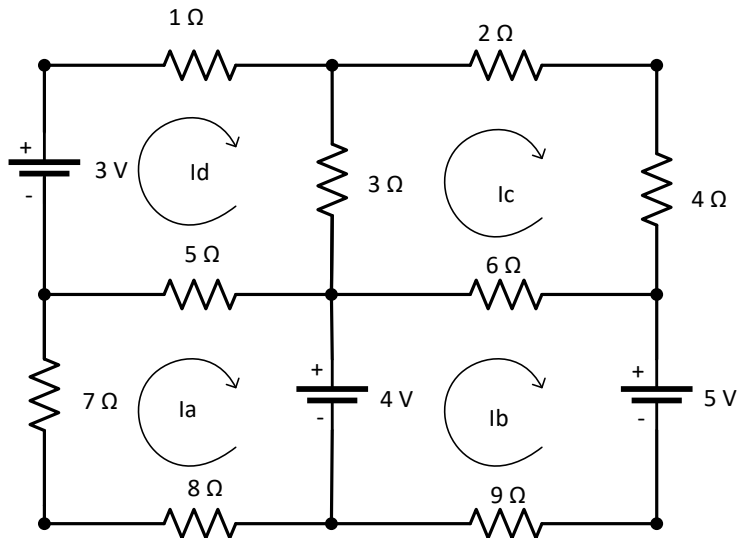


Gambar 2.19. Rangkaian Listrik untuk Kasus 2.6

### Penyelesaian

Dengan melihat rangkaian seperti pada Gambar 2.20 maka dapat ditentukan jumlah persamaannya yaitu sejumlah loop yang ada pada rangkaian tersebut. Terdapat empat buah loop seperti pada Gambar 2.20 yang memiliki hanya sumber tegangan yang berjumlah 3 sumber.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 2.20. Rangkaian Listrik dengan Loop untuk Kasus 2.6**

Penentuan arah arus pada setiap loop dapat ditentukan dengan arah searah jarum jam atau berbalik dengan arah jarum jam dalam hal ini untuk arah arus ditentukan sesuai arah jarum jam sedangkan penomoran loop digunakan berbalik dengan arah jarum jam perhatikan Gambar 2.20 berikut.

Perhatikan pada Mesh A (sebelah kiri bawah) dengan Hukum Tegangan Kirchhoff didapat sebagai berikut.

$$8I_a + 7I_a + 5(I_a - I_c) + 4 = 0$$

$$8I_a + 7I_a + 5I_a - 5I_c + 4 = 0$$

$$20I_a - 5I_c + 4 = 0$$

$$20I_a - 5I_c = 4 \dots\dots\dots(2.15)$$

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

Perhatikan pada Mesh B (sebelah kanan bawah) dengan Hukum Tegangan Kirchhoff didapat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 9I_d - 4 + 6(I_b - I_d) + 5 &= 0 \\
 9I_d - 4 + 6I_b - 6I_d + 5 &= 0 \\
 6I_b - 15I_d + 1 &= 0 \\
 6I_b - 15I_d &= -1 \dots\dots\dots (2.16)
 \end{aligned}$$

Perhatikan pada Mesh C (sebelah kanan atas) dengan Hukum Tegangan Kirchhoff didapat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 5(I_c - I_a) - 3 + 1I_c + 3(I_c - I_d) &= 0 \\
 5I_c - 5I_a - 3 + 1I_c + 3I_c - 3I_d &= 0 \\
 -5I_a + 9I_c - 3I_d - 3 &= 0 \\
 -5I_a + 9I_c - 3I_d &= 3 \dots\dots\dots (2.17)
 \end{aligned}$$

Perhatikan pada Mesh D (sebelah kanan atas) dengan Hukum Tegangan Kirchhoff didapat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 6(I_d - I_b) + 3(I_d - I_c) + 2I_d &= 0 \\
 6I_d - 6I_b + 3I_d - 3I_c + 2I_d &= 0 \\
 -6I_b - 3I_c + 11I_d &= 0 \dots\dots\dots (2.18)
 \end{aligned}$$

Dari persamaan (2.15), (2.16),(2.17)dan (2.18) diubah menjadi bentuk matriks sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} 20 & 0 & 0 & 0 & 6 & 0 & -15 & -5 & 0 & -9 & -3 & -6 & 0 & 3 & 11 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a & I_b & I_c & I_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 & -1 & 3 & 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.19)$$

Penyelesaian matriks dapat diselesaikan beberapa metode di antaranya adalah, Eliminasi Gauss, Metoda Cramer dan lainnya, pada kali ini akan dibahas dengan menggunakan metode cramer, dapat dilihat pada Lampiran D. seperti berikut:

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

Bila terdapat sebuah matriks  $Ax=b=0$  maka dapat diselesaikan dengan cara berikut:

1. Det Matriks A
2.  $X=Ai/\det A$
3. Selesai

Langkah pertama adalah menentukan determinan matriks A

$$\det A = [20\ 0\ 0\ 0\ 0\ 6\ 0\ -15\ -5\ 0\ -9\ -3\ -6\ 0\ 3\ 11] = -10800$$

Tentukan nilai A1 dengan memasukan nilai keluaran pada baris yang ditentukan perhatikan langkah berikut:

$$I = [I_a\ I_b\ I_c\ I_d]$$

$$B = [4\ -1\ 3\ 0]$$

$$\det I_a = [4\ 0\ 0\ 0\ 0\ 6\ 0\ -15\ -5\ 0\ -9\ -3\ -6\ 0\ 3\ 11] = -1566$$

$$\det I_b = [20\ 4\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ -15\ -5\ -5\ -9\ -3\ -6\ -6\ 3\ 11] = 1689$$

$$\det I_c = [20\ 0\ 4\ 0\ 0\ 6\ 0\ -15\ -5\ 0\ -5\ -3\ -6\ 0\ -6\ 11] = 5748$$

$$\det I_d = [20\ 0\ 0\ 4\ 0\ 6\ 0\ 0\ -5\ 0\ -9\ -5\ -6\ 0\ 3\ -6] = 3759$$

$$I_a = \frac{[-1566]}{[-10800]} = 0.1450 \dots\dots\dots (2.20)$$

$$I_b = \frac{[1689]}{-10800} = -0.1564 \dots\dots\dots (2.21)$$

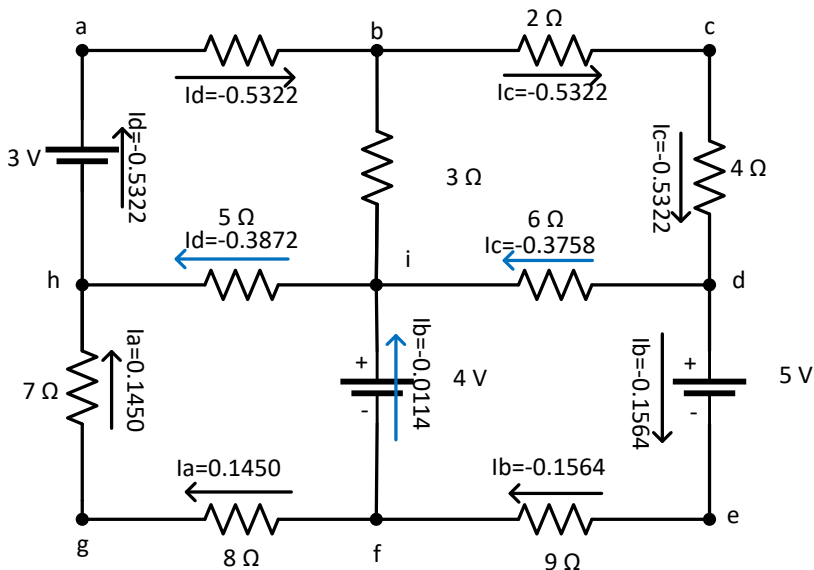
$$I_c = \frac{[5748]}{[-10800]} = -0.5322 \dots\dots\dots (2.22)$$

$$I_d = \frac{[3759]}{[-10800]} = -0.532 \dots\dots\dots (2.23)$$

Untuk melihat nilai arus yang mengalir pada setiap elemen dapat digambarkan pada Gambar 2.21 berikut ini. Setiap elemen di aliri arus sesuai dengan besar arus yang tertera pada gambar yang diberikan dengan tanda panah sesuai aliran arah arus pada persamaan (2,20), (2.21), (2.22) dan (2,23). Bila terdapat dua arus yang berlawanan arus maka besar arus

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

tersebut dijumlahkan atau kedua arus tersebut akan saling meniadakan bila memiliki nilai yang sama.



**Gambar 2.21. Aliran Arus Tiap-Tiap Elemen**

Sedangkan untuk mengetahui besarnya tegangan setiap cabang dapat di dihitung sebagai berikut.

$$V_a = 3 \text{ Volt};$$

$$V_i = 4 \text{ Volt};$$

$$V_d = 5 \text{ Volt};$$

$$V_h = V_i - 5I_d = 4 - 1,936 = 2,064 \text{ volt};$$

$$V_g = V_h - 7(0,1450) = 2,064 - 1,015 = 1,049 \text{ volt};$$

$$V_f = V_g - 8(0,145) = 1,049 - 1,160 = 0,111 \text{ volt}$$

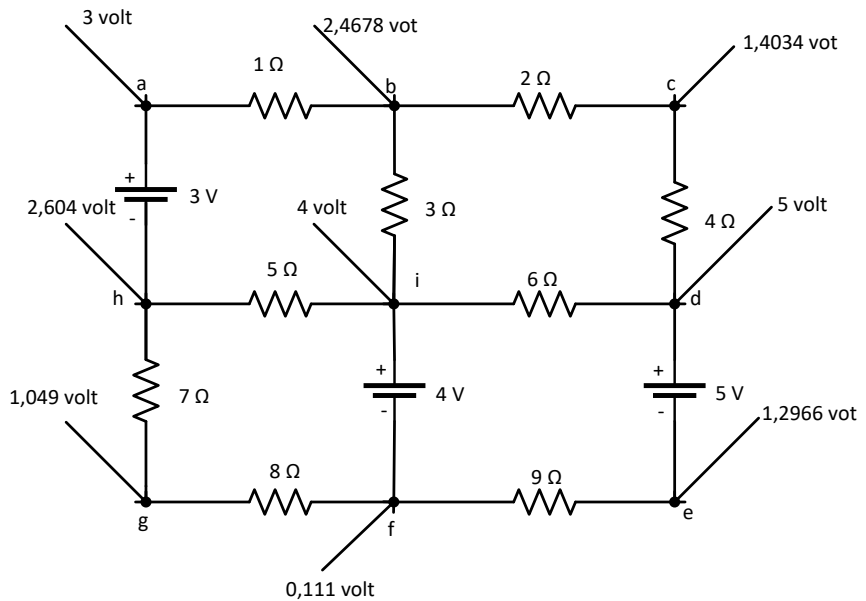
$$V_e = V_f - 9(0,1564) = 0,111 - 1,4076 = -1,2966 \text{ volt}$$



**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

$$V_b = v_a - 0,5322 = 3 - 0,5322 = 2,4678 \text{ volt};$$

$$V_c = v_b - 2(0,5322) = 2,4678 - 1,0644 = 1,4034 \text{ volt}$$

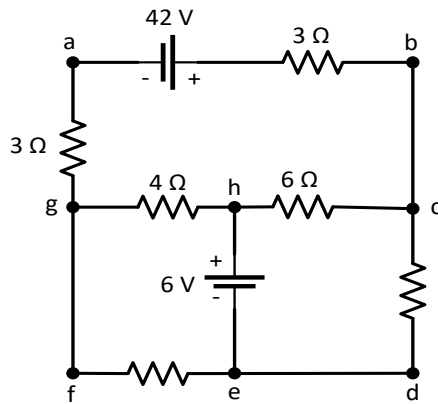


**Gambar 2.22. Tegangan pada Tiap-Tiap Elemen**

**Kasus 2.7**

Sebuah rangkaian yang disusun seperti pada Gambar 2.23, Dapatkan arus setiap cabang dan tegangan setiap simpul.

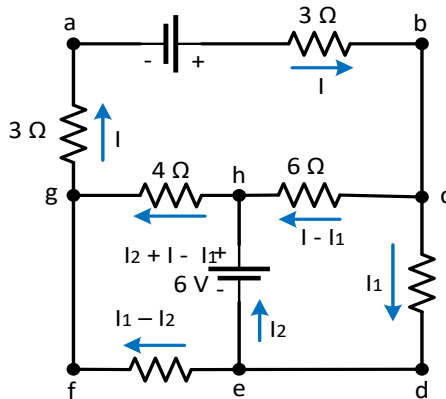
**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 2.23. Rangkaian untuk Kasus 2.7**

**Penyelesaian**

Perhatikan Gambar 2.24. arah arus yang mengalir pada setiap cabang



**Gambar 2.24. Gambar Arah Arus Pada Setiap Cabang**

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

Dengan menerapkan Hukum Tegangan Kirchoff pada lintasan simpul-simpul, yaitu (abcdefga) dari Gambar 2.24.adalah:

$$42 - 3I - 4I_1 - 6(I_1 - I_2) - 3I = 0 \dots\dots\dots (2.24)$$

Persamaan (2.24) dapat disederhanakan menjadi:

$$6I + 10I_1 - 6I_2 = 42 \dots\dots\dots (2.25)$$

Dengan cara yang sama, dan pada lintasan simpul-simpul, (**abchga**) adalah

$$42 - 3I - 6(I - I_1) - 4(I_2 + I - I_1) - 3I = 0 \dots\dots\dots (2.26)$$

Persamaan (2.26) dapat disederhanakan menjadi berikut:

$$16I - 10I_1 + 4I_2 = 4 \dots\dots\dots (2.27)$$

Sedangkan pada lintasan simpul-simpul ketiga dipilih, yaitu (**ehcde**), maka dengan menggunakan aturan hukum tegangan Kirchoff didapat sebagai berikut.

$$6 + 6(I - I_1) - 4I_1 = 0 \dots\dots\dots (2.28)$$

Persamaan (2.28) dapat disederhanakan menjadi sebagai berikut.

$$-6 + 10I_1 = 6 \dots\dots\dots (2.29)$$

Eliminasikan  $I_2$  dari persamaan (2.28) dan (2.29) sehingga didapat:

$$60I - 10I_1 = 210 \dots\dots\dots (2.30)$$

Eliminasikan  $I_1$  dari persamaan (2.29) dan (2.30) sehingga didapat:

$$I = \frac{216}{54} = 4A$$

### Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Substitusikan arus  $I$  ke persamaan (2.29) didapat arus  $I_1$  sebagai berikut.

$$I_1 = \frac{30}{10} = 3A$$

Dengan mensubstitusikan arus  $I_1$  ke persamaan (2.27) didapat arus  $I_2$  sebagai berikut.

$$I_2 = \frac{12}{6} = 2A$$

Arus dapat disusun kembali pada setiap cabang sebagai berikut.

$$I_{ab} = I = 4A$$

$$I_{bc} = I = 4A$$

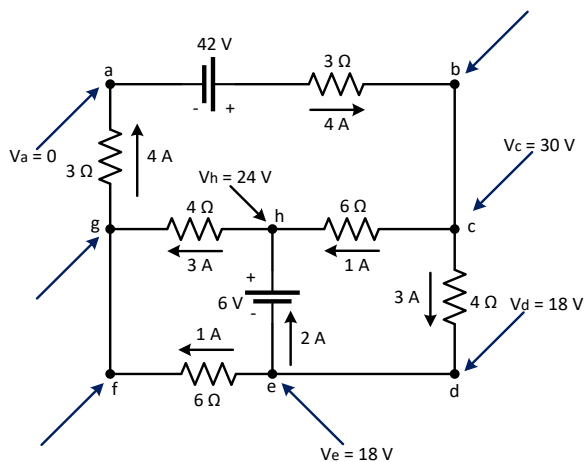
$$I_{cd} = I_1 = 3A$$

$$I_{de} = I_1 = 3A$$

$$I_{eh} = I_2 = 2A$$

$$I_{ef} = I_{de} - I_{eh} = 3 - 2 = 1A$$

$$I_{fg} = I_{ef} = 1A$$



**Gambar 2.25. Arus Setiap Cabang dan Tegangan Setiap Simpul**

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

$$I_{ch} = I_{ab} - I_{cd} = 4 - 3 = 1A$$

$$I_{hg} = I_{ch} + I_{eh} = 1 + 2 = 3A$$

$$I_{ga} = I_{hg} + I_{fg} = 3 + 1 = 4A$$

Sehingga tegangan setiap simpul dapat dihitung sebagai berikut.

$$V_b = 42 - 3I_{ab} = 42 - (3 \times 4) = 30 V$$

$$V_c = V_b = 30 V$$

$$V_d = V_c - 4I_{cd} = 30 - (4 \times 3) = 18 V$$

$$V_e = V_d = 18 V$$

$$V_f = V_e - 6I_{ef} = 18 - (6 \times 1) = 12 V$$

$$V_g = V_f = 12 V$$

$$V_h = V_c - 6I_{ch} = 30 - (6 \times 1) = 24 V$$

$$V_a = V_g - 3I_{ga} = 12 - (3 \times 4) = 0$$

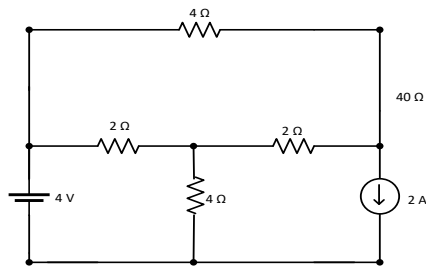
Gambar arus setiap cabang dan tegangan setiap simpul adalah seperti Gambar 2.25.

=====

### **Kasus 2.9**

Diketahui sebuah rangkaian seperti pada Gambar 2.26 Tentukan besar nilai arus setiap elemen dan tentukan nilai tegangan setiap cabang gambarkan arah arusnya

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

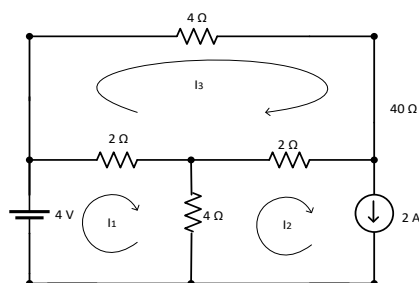


Gambar 2.26. Rangkaian Listrik untuk Kasus 2.8

### Penyelesaian

Dengan melihat rangkaian seperti pada Gambar 2.26 maka dapat ditentukan jumlah persamaannya yaitu sejumlah loop yang ada pada rangkaian tersebut. Terdapat tiga buah loop seperti pada Gambar 2.27 memiliki sebuah sumber tegangan dan sebuah sumber arus.

Penentuan arah arus pada setiap loop dapat ditentukan dengan searah jarum jam atau berbalik dengan arah jarum jam dalam hal ini untuk arah arus ditentukan sesuai arah jarum jam sedangkan penomoran loop berbalik dengan arah jarum jam.



Gambar 2.27. Rangkaian Listrik untuk Kasus 2.8

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

Perhatikan pada Mesh 1 (sebelah kiri bawah) dengan Hukum Tegangan Kirchhoff didapat sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \sum v &= 0 \\ -4 + 2(I_1 - I_3) + 4(I_1 - I_2) &= 0 \\ 2I_1 - 2I_3 + 4I_1 - 4I_2 &= 4 \\ 6I_1 - 4I_2 - 2I_3 &= 4 \dots\dots\dots (2.31) \end{aligned}$$

Perhatikan pada Mesh 2 (sebelah kanan bawah), karena terdapat sumber arus maka persamaan pada Mesh 2 menjadi sangat sederhana, yakni:

$$I_2 = 2$$

Atau

$$0I_1 + I_2 + 0I_3 = 2 \dots\dots\dots (2.32)$$

Selanjutnya persamaan Tegangan Kirchhoff pada mesh 3 (paling atas)

$$\begin{aligned} 2(I_3 - I_1) + 4I_3 + 2(I_3 - I_2) &= 0 \\ 2I_3 - 2I_1 + 4I_3 + 2I_3 - 2I_2 &= 0 \\ 8I_3 - 2I_1 - 2I_2 &= 0 \end{aligned}$$

Disusun ulang menjadi,

$$-2I_1 - 2I_2 + 8I_3 = 0 \dots\dots\dots (2.33)$$

Dari persamaan (2.31) sampai persamaan (2.33) dapat dibentuk persamaan dalam bentuk matriks sebagai berikut.

Dalam Matriks: +

$$\begin{bmatrix} 6 & -4 & -2 \\ 0 & 1 & 0 \\ -2 & -2 & 8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 \\ 2 \\ 0 \end{bmatrix}$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Penyelesaian dengan matriks dapat diselesaikan dengan metode inverse matriks dengan persamaan;

$$Ax=B$$

$$A^{-1}V$$

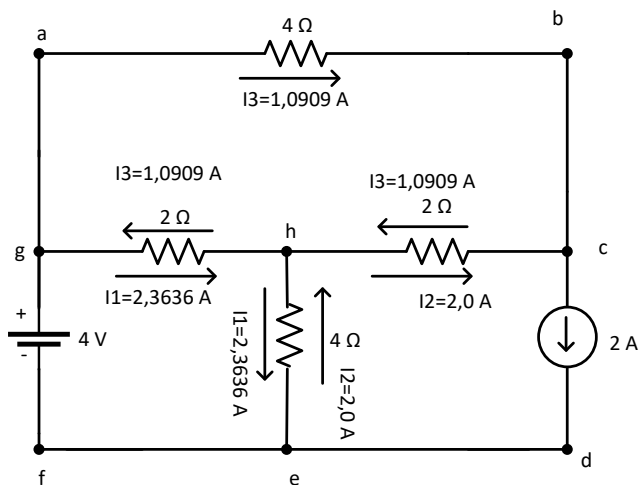
$$I=\text{inv}(A).V,$$

Nlai variabel matriks arus (I) dapat dihitung dengan Inverse Matriks A dikalikan dengan matriks B

Kerjakan dengan MATLAB,

$$\begin{bmatrix} I1 \\ I2 \\ I3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.1818 & 0.8182 & 0.0455 \\ 0 & 1.0000 & 0 \\ 0.0455 & 0.4545 & 0.1364 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 4 \\ 2 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I1 \\ I2 \\ I3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.3636 \\ 2.0000 \\ 1.0909 \end{bmatrix}$$

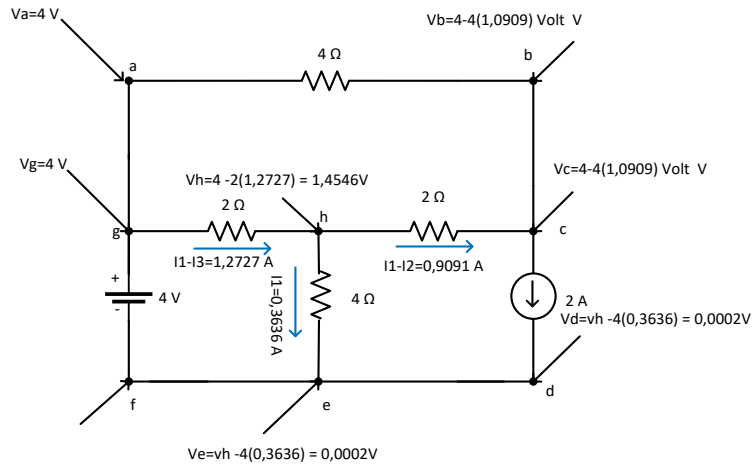


**Gambar 2.28. Arah Arus pada Setiap Elemen**

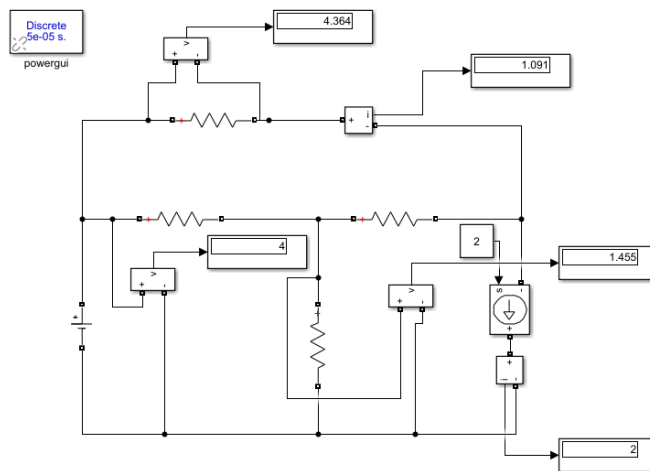


## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Dengan cara yang sama



**Gambar 2.29. Tegangan pada Setiap Simpul**

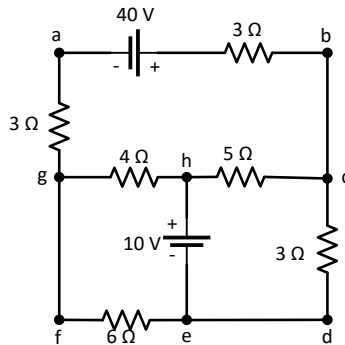


**Gambar 2.30. Tegangan Pada Setiap Simpul dengan Simulink**

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

**Kasus 2.10.**

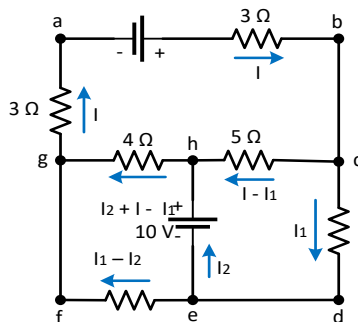
Sebuah rangkaian yang disusun seperti pada Gambar 2.23 tentukan arus setiap cabang dan tegangan setiap simpul.



**Gambar 2.31. Rangkaian untuk Kasus 2.10**

**Penyelesaian**

Perhatikan gambar arah arus yang mengalir pada setiap cabang



**Gambar 2.32. Gambar Arah Arus Pada Setiap Cabang**

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

Dengan menerapkan Hukum Tegangan Kirchhoff pada lintasan simpul-simpul, yaitu **(abcdefga)** dari Gambar 2.32. adalah:

$$40 - 3I - 4I_1 - 5(I_1 - I_2) - 3I = 0 \dots\dots\dots(2.34)$$

Persamaan (2.34) dapat disederhanakan menjadi:

$$6I + 10I_1 - 6I_2 = 40 \dots\dots\dots(2.35)$$

Dengan cara yang sama, dan pada lintasan simpul-simpul, **(abchga)** adalah

$$40 - 3I - 5(I - I_1) - 4(I_2 + I - I_1) - 3I = 0 \dots\dots\dots(2.36)$$

Persamaan (2.36) dapat disederhanakan menjadi berikut:

$$16I - 10I_1 + 4I_2 = 42 \dots\dots\dots(2.37)$$

Sedangkan pada lintasan simpul-simpul ketiga dipilih, yaitu **(ehcde)**, maka dengan menggunakan aturan hukum tegangan Kirchhoff didapat sebagai berikut.

$$10 + 5(I - I_1) - 4I_1 = 0 \dots\dots\dots(2.38)$$

Persamaan (2.38) dapat disederhanakan menjadi sebagai berikut.

$$10 + 10I_1 = 10 \dots\dots\dots(2.39)$$

Eliminasikan  $I_2$  dari persamaan (2.28) dan (2.39) sehingga didapat:

$$60I - 10I_1 = 210 \dots\dots\dots(2.40)$$

Eliminasikan  $I_1$  dari persamaan (2.39) dan (2.40) sehingga didapat:

$$I = \frac{216}{54} = 4A$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Substitusikan arus  $I$  ke persamaan (2.40) didapat arus  $I_1$  sebagai berikut.

$$I_1 = \frac{30}{10} = 3A$$

Dengan mensubstitusikan arus  $I_1$  ke persamaan (2.37) didapat arus  $I_2$  sebagai berikut.

$$I_2 = \frac{12}{6} = 2A$$

Arus dapat disusun kembali pada setiap cabang sebagai berikut.

$$I_{ab} = I = 4A, I_{bc} = I = 4A, I_{cd} = I_1 = 3A, I_{de} = I_1 = 3A$$

$$I_{eh} = I_2 = 2A$$

$$I_{ef} = I_{de} - I_{eh} = 3 - 2 = 1A$$

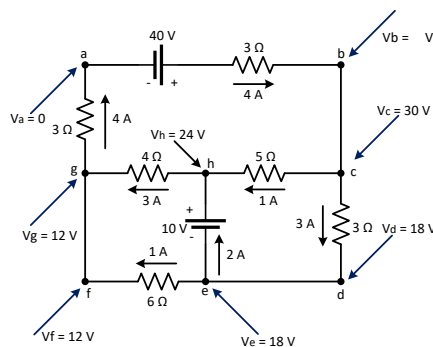
$$I_{fg} = I_{ef} = 1A$$

$$I_{ch} = I_{ab} - I_{cd} = 4 - 3 = 1A$$

$$I_{hg} = I_{ch} + I_{eh} = 1 + 2 = 3A$$

$$I_{ga} = I_{hg} + I_{fg} = 3 + 1 = 4A$$

Sehingga tegangan setiap simpul dapat dihitung sebagai berikut.



**Gambar 2.33. Arus Setiap Cabang dan Tegangan Setiap Simpul**

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

$$V_b = 42 - 3I_{ab} = 42 - (3 \times 4) = 30 \text{ V}$$

$$V_c = V_b = 30 \text{ V}$$

$$V_d = V_c - 4I_{cd} = 30 - (4 \times 3) = 18 \text{ V}$$

$$V_e = V_d = 18 \text{ V}$$

$$V_f = V_e - 6I_{ef} = 18 - (6 \times 1) = 12 \text{ V}$$

$$V_g = V_f = 12 \text{ V}$$

$$V_h = V_c - 6I_{ch} = 30 - (6 \times 1) = 24 \text{ V}$$

$$V_a = V_g - 3I_{ga} = 12 - (3 \times 4) = 0$$

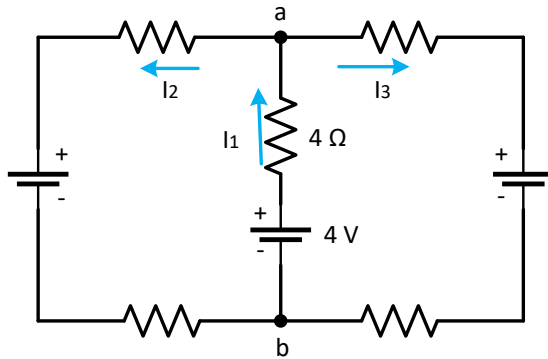
Gambar arus setiap cabang dan tegangan setiap simpul adalah seperti Gambar 2.33.

=====

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

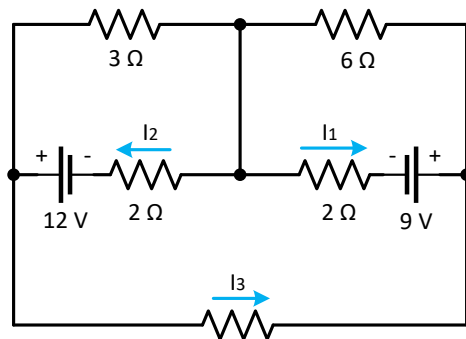
**LATIHAN-LATIHAN**

1. Untuk tentukan arus-arus  $I_1, I_2$  dan  $I_3$ .



**Gambar 2.34. Rangkaian Listrik untuk Soal Latihan 1**

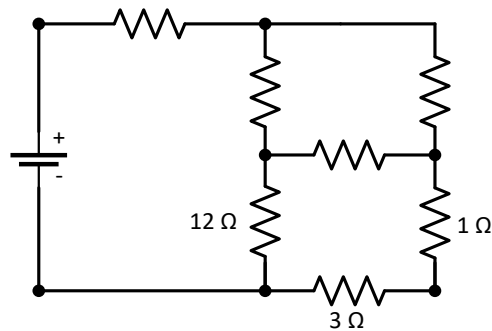
2. Tentukan beda potensial antara titik a dan b pada gambar berikut



**Gambar 2.35. Rangkaian Listrik untuk Soal Latihan 2**

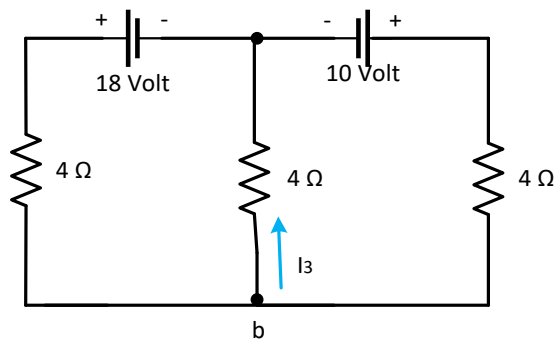
**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

3. Tentukan arus setiap cabang dan tegangan setiap simpul dari rangkaian



**Gambar 2.36. Rangkaian Listrik untuk Soal Latihan 3**

4. Tentukan besarnya arus pada  $I_3$



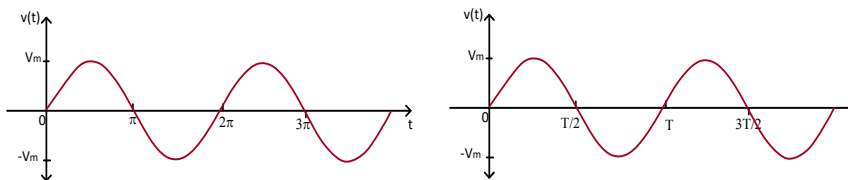
**Gambar 2.37. Rangkaian Listrik untuk Soal Latihan 4**

**BAB**  
**3**

**SUMBER TEGANGAN DAN  
ARUS SINUSOIDAL**

**3.1. Gelombang Sinusoidal**

Gelombang sinusoidal adalah salah satu dari bentuk gelombang yang memiliki fungsi sinusoidal atau cosinus. Pengertian gelombang sinusoidal adalah gelombang listrik yang memiliki nilai sesaatnya yang berubah-ubah dari nilai positif hingga negatif. Dengan adanya tanda negatif menunjukkan bahwa terdapat arah yang berlawanan dengan keadaan sebelumnya.



**Gambar 3.1. Fungsi sinusoidal  $v(t)=V_m \sin(\omega t)$  pada  $t = \omega t$  dan  $T$**

Sebuah tegangan sinusoidal adalah sebuah besaran vektor yang harganya berubah-ubah secara sinusoidal yang secara umum memiliki persamaan  $v(t)=V_m \sin \omega t$ , yang secara grafis dapat digambarkan seperti gambar 3.1(a) dan (b).



**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

Besarnya amplitudo dari gelombang sinusoidal dari gambar 3.1(a) disimbolkan dengan  $V_m$  dan bentuk argumen dari gelombang sinusoidal adalah  $\omega t$ . Frekuensi radian atau frekuensi sudutnya disimbolkan dengan  $\omega$ . Sifat periodik gelombang sinusoidal dapat terlihat dengan jelas. Fungsi ini berulang setiap  $2\pi$  radian. Oleh karena itu periode gelombangnya adalah  $2\pi$  radian. Dalam gambar 3.1(b),  $v(t) = V_m \sin \omega t$  yang digambarkan sebagai sebuah fungsi terhadap  $t$ , dan periode gelombangnya  $T$ . Sebuah gelombang sinusoidal yang memiliki periode  $T$  maka siklusnya adalah  $1/T$  dalam setiap detik, dan ini merupakan frekuensi gelombang tersebut dalam satuan Hertz atau disingkat Hz sehingga  $f = 1/T$  dan karena  $\omega t = 2\pi$ , maka  $\omega = 2\pi f$ . Dari gambar 3.1(a) (b), akan memperoleh gambaran dari "siklus berulang" dari sinusoidal setiap  $T$  detik, sehingga,  $T$  dapat dinamakan periode sinusoidal.  $\omega T = 2\pi$  dapat ditulis kembali  $T = 2\pi / \omega$  Perhatikan  $v(t)$  memiliki nilai berulang tiap  $T$  detik dengan mengganti nilai  $t$  menjadi  $t + T$  Kita peroleh:

$$\begin{aligned} v(t + T) &= V_m \sin(\omega(t + T)) \\ v(t + T) &= V_m \sin(\omega t + 2\pi) \\ &= V_m \sin(\omega t) \end{aligned}$$

$$v(t + T) = v(t) \dots\dots\dots (3.1)$$

Dari persamaan ini dapat dinyatakan bahwa  $v$  memiliki nilai yang sama ketika  $t+T$  sama dengan saat sehingga disebut periodik. Secara umum dapat dinyatakan sebagai sebuah fungsi periodik adalah fungsi yang memenuhi  $f(t) = f(t + nT)$ , untuk semua  $t$  dan untuk semua integer  $n$ .

### 3.2. Pengertian Lagging dan Leading

Mari kita lihat sebuah bentuk persamaan yang lebih umum untuk gelombang sinusoidal  $v(t) = V_m \sin(\omega t + \theta)$ , di mana  $(\omega t + \theta)$  adalah argument dan  $\theta$  adalah sudut fasa maka terdapat dua buah sinyal sinusoidal yaitu

$$v(t) = V_m \sin(\omega t) \dots\dots\dots(3.2)$$

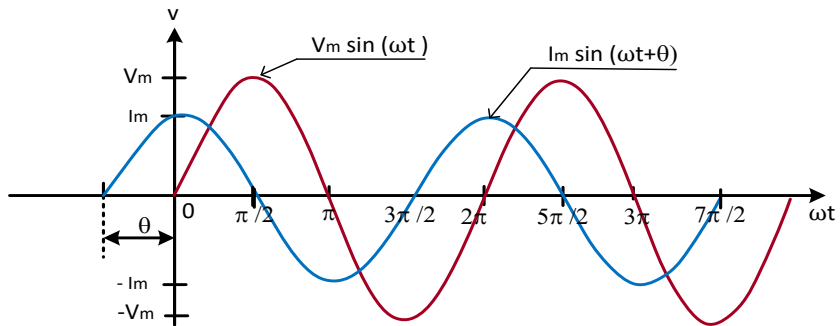
dan

$$v(t) = V_m \sin(\omega t + \theta) \dots\dots\dots(3.3)$$

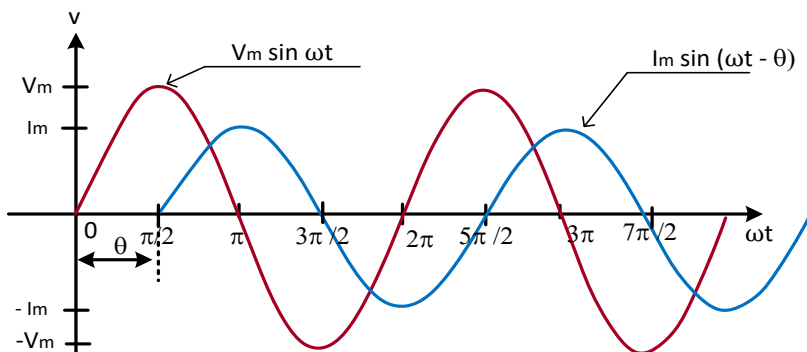
Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2 untuk gelombang sinusoidal sebagai sebuah fungsi terhadap  $\omega t$ , dan sudut fasa muncul sebagai jarak pergeseran gelombang sinusoidal dari  $i(t) = I_m \sin \omega t$ , ke arah kiri, atau lebih awal pada sumbu waktu, dalam satuan radian. Nilai awal dari  $v(t)$  dari gambar 3.2 muncul pertama kali dan dapat dikatakan bahwa  $v(t)$  mendahului (*leading*)  $i(t)$  sebesar  $\theta$  atau sebaliknya yaitu  $i(t)$  tertinggal (*lagging*)  $v(t)$  sebesar  $\theta$ . Jika  $\theta \neq 0$ , dapat disebutkan dengan  $v(t)$  dan  $i(t)$  berbeda fasa. Jika  $\theta = 0$ , dapat disebutkan dengan  $v(t)$  dan  $i(t)$  satu fasa atau sefasa; keduanya akan mencapai nilai maksimal dan minimal dalam waktu yang bersamaan. Sekali lagi karena gelombang sinusoidal  $v(t) = V_m \sin(\omega t + \theta)$  muncul  $\theta$  radian lebih awal dari posisi pada gelombang sinusoidal, yaitu  $i(t) = I_m \sin \omega t$ , maka dikatakan bahwa gelombang sinusoidal  $v(t) = V_m \sin(\omega t + \theta)$  mendahului (*leading*) terhadap gelombang sinusoidal  $i(t) = I_m \sin \omega t$ , sejauh  $\theta$  radian. Untuk gelombang sinusoidal tertinggal (*lagging*) adalah dengan  $i(t) = I_m \sin(\omega t - \theta)$  muncul  $\theta$  kemudian dari posisi pada gelombang sinusoidal,

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

yaitu  $v(t) = V_m \sin \omega t$ . Gambar untuk gelombang sinusoidal  $v(t) = V_m \sin \omega t$  dengan gelombang sinusoidal  $i(t) = I_m \sin (\omega t + \theta)$  ini seperti pada gambar 3.3.



**Gambar 3.2. Gelombang sinusoidal  $v(t) = V_m \sin \omega t$  leading dari  $i(t) = I_m \sin (\omega t + \theta)$  sejauh radian**



**Gambar 3.3. Gelombang sinusoidal  $i(t) = I_m \sin (\omega t - \theta)$  lagging dari  $v(t) = V_m \sin \omega t$  sejauh radian**

### 3.3. Konversi Gelombang Sinus menjadi Cosinus

Fungsi periodik adalah fungsi yang memiliki amplitudo yang bergerak dengan nilai negatif menuju positif demikian sebaliknya dalam waktu periode tertentu. Fungsi sinus memiliki bentuk yang sama. Kedua fungsi menjadi menarik karena fungsi ini memiliki perbedaan sudut fasa sebesar  $90^\circ$ , sehingga  $\sin \sin \omega t = \cos \cos (\omega t - 90^\circ)$ . Artinya bila dilakukan pergeseran dengan besar sudut sebesar  $\pi/2$  akan memiliki bentuk yang sama.

### 3.4. Arus-Arus Sinusoidal

Jika arus yang mengalir pada elemen-elemen murni R, L, dan C adalah gelombang sinusoidal, maka tegangan dan arus pada setiap elemen dapat ditunjukkan seperti pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1. Tegangan Pada Elemen-Elemen Murni Jika Arus-Arusnya Adalah Sinusoidal**

Elemen	Tegangan untuk arus $i(t)$	Tegangan untuk arus $i(t) = I_m \sin \sin \omega t$	Tegangan jika arus $i(t) = I_m \cos \cos \omega t$
Resistansi R	$V_R(t) = R i(t)$	$V_R(t) = R I_m \sin \sin \omega t$	$V_R(t) = R I_m \cos \cos \omega t$
Induktansi L	$V_L(t) = L \frac{di(t)}{dt}$	$V_L(t) = \omega L I_m \cos \cos \omega t$	$V_L(t) = \omega L I_m (-\sin \sin \omega t)$
Kapasitansi C	$V_C(t) = \frac{1}{C} i(t). dt$	$V_C(t) = \frac{I_m}{\omega C} (-\cos \cos \omega t)$	$v_C(t) = \frac{I_m}{\omega C} \sin \sin \omega t$

### 3.5. Tegangan-Tegangan Sinusoidal

Jika tegangan pada elemen-elemen murni R, L, dan C adalah gelombang sinusoidal, maka arus pada setiap elemen tersebut seperti ditunjukkan pada tabel 3.2.

**Tabel 3.2. Arus Pada Elemen-Elemen Murni Jika Tegangannya Sinusoidal**

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

### 3.6. Impedansi

Impedansi adalah suatu elemen pada rangkaian listrik didefinisikan sebagai hasil bagi antara tegangan rms dengan arus rms yang melalui elemen tersebut dapat ditulis dalam bentuk Tabel 3.2.

$$\text{Impedansi} = \frac{\text{Fungsi tegangan}}{\text{Fungsi arus}} \dots\dots\dots (3.4)$$

Dengan bentuk tegangan dan arus adalah gelombang sinusoidal. Maka bentuk impedansinya adalah mempunyai nilai *magnitude* dan sebuah sudut fasa.

### **3.7. Sudut Fasa**

Jika arus dan tegangan adalah fungsi sinusoidal, maka bentuk gelombang pada setiap elemen-elemen untuk tahanan murni ( $R$ ), induktor murni ( $L$ ), kapasitor murni ( $C$ ), tahanan ( $R$ ) seri dengan inductor ( $L$ ) yaitu ( $RL$ ), dan tahanan ( $R$ ) seri dengan kapasitor ( $C$ ), yaitu ( $RC$ ), pada setiap elemen tersebut dapat diuraikan sebagai berikut.

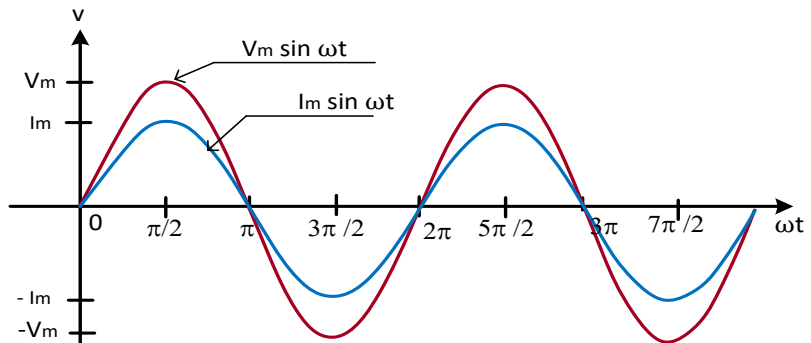
#### **3.7.1. Elemen Tahanan Murni ( $R$ )**

Pada tahanan murni ( $R$ ) untuk arus dan tegangan dengan fungsi sinusoidal, sudut fasanya adalah sefasa. Bentuk gelombang untuk arus dan tegangan pada tahanan murni ( $R$ ) adalah seperti Gambar 3.4. dengan magnitude impedansinya hanya terdiri dari sebuah resistansi ( $R$ ).

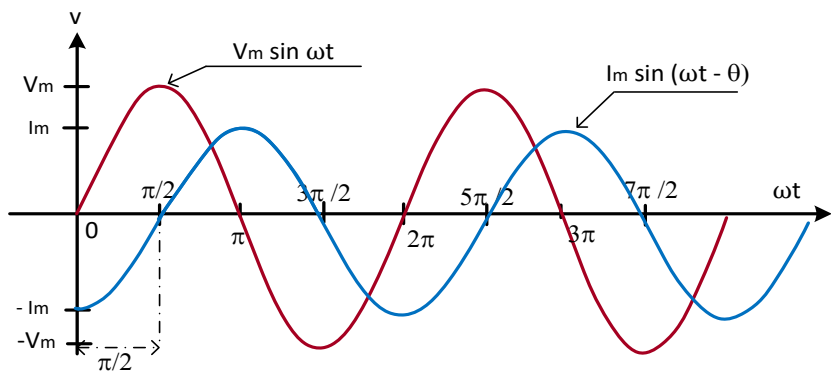
#### **3.7.2. Elemen Induktor Murni ( $L$ )**

Pada induktor murni ( $L$ ) untuk arus dan tegangan dengan fungsi sinusoidal, arus ketinggalan terhadap tegangan sebesar sudut fasa  $90^\circ$  atau  $\pi/2$ . Bentuk gelombang untuk arus dan tegangan pada induktor murni ( $L$ ) adalah seperti gambar 3.5. Magnitude impedansinya adalah ( $\omega L$ ).

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I



**Gambar 3.4.** Arus dan tegangan adalah sefasa untuk tahanan murni



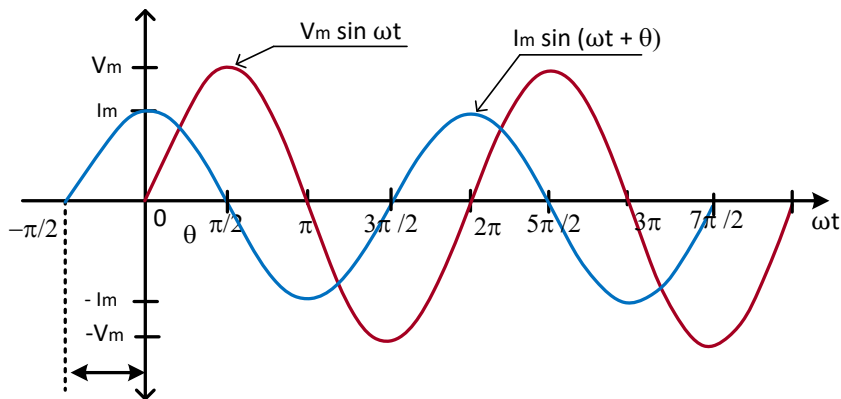
**Gambar 3.5.** Arus tertinggal terhadap tegangan sebesar sudut fasa  $90^\circ$  atau  $\pi/2$  untuk kapasitor murni

### 3.7.3. Elemen Kapasitor Murni C

Pada kapasitor murni C untuk arus dan tegangan dengan fungsi sinusoidal, arus mendahului tegangan sebesar sudut fasa  $90^\circ$  atau  $\pi/2$ . Bentuk gelombang untuk arus dan tegangan pada

### Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

kapasitor murni C adalah seperti Gambar 3.6. Magnitude impedansinya adalah  $1/\omega C$ .

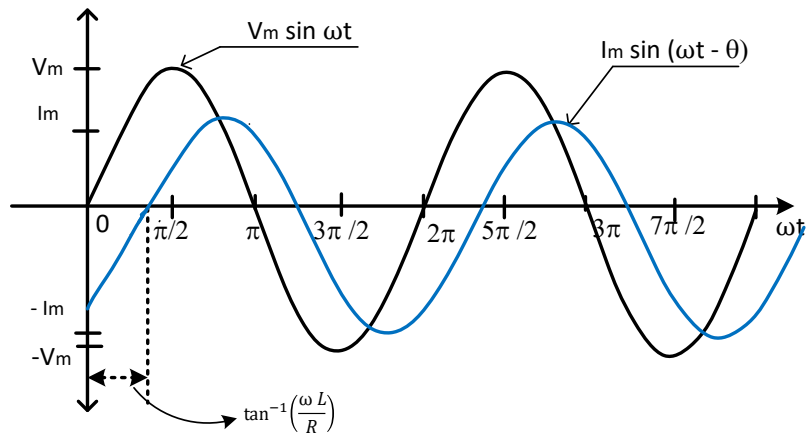


**Gambar 3.6. Arus mendahului tegangan sebesar sudut fasa  $90^\circ$  atau  $\pi/2$  untuk induktor murni(L), yaitu (L)**

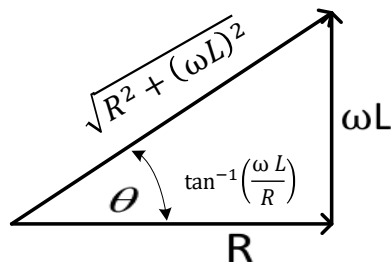
Pada tahanan (R) seri dengan induktor (L), disebut juga dengan rangkaian (RL), untuk arus dan tegangan dengan fungsi sinusoidal, arus ketinggalan terhadap tegangan sebesar sudut fasa ( $\omega L R$ ). Bentuk gelombang untuk arus dan tegangan pada tahanan (R) seri dengan inductor(L), disebut juga dengan rangkaian (RL), ditunjukkan pada Gambar 3.7. Magnitude impedansinya adalah  $\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$ . Gambar vektor impedansi untuk Resistor (R) dan induktor (L) yang terhubung seri dapat diperlihatkan seperti Gambar 3.8.



**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 3.7. Arus ketinggalan terhadap tegangan sebesar sudut fasa ( $\omega t R$ ) untuk rangkaian seri RL**



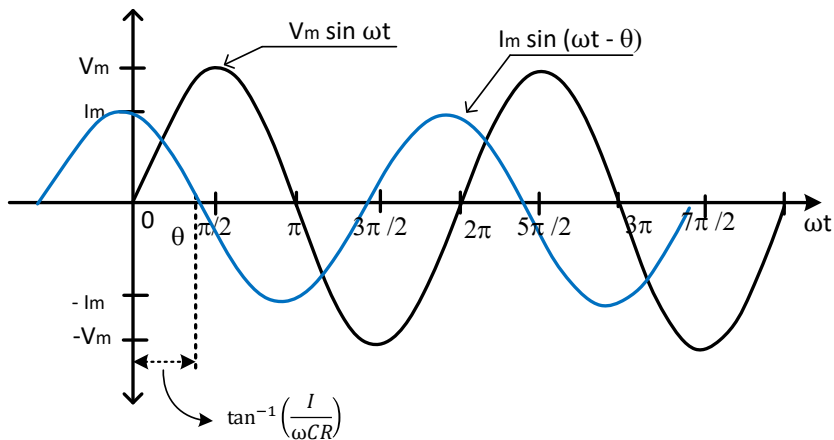
**Gambar 3.8. Vektor impedansi seri untuk R dan L**

**3.7.4. Tahanan (R) Seri dengan Kapasitor (C), yaitu (RC).**

Pada tahanan R seri dengan kapasitor C, yaitu RC, untuk arus dan tegangan dengan fungsi sinusoidal, arus mendahului tegangan sebesar sudut fasa ( $1 \omega CR$ ). Bentuk gelombang untuk arus dan tegangan pada elemen-elemen tahanan R seri dengan

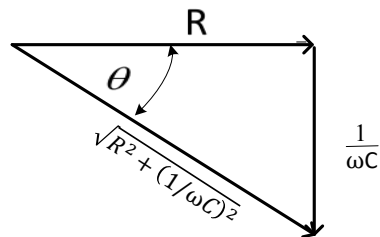
**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

kapasitor C, yaitu RC, adalah seperti Gambar 3.9. Magnitude impedansinya adalah  $\sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2}$ .



**Gambar 3.9. Arus mendahului tegangan sebesar sudut fasa  
( $1/\omega CR$ ) untuk rangkaian seri RC**

Gambar vektor impedansi untuk RC yang terhubung seri yaitu pada sumbu nyata dan L terletak pada sumbu imajiner adalah seperti Gambar 3.10.



**Gambar 3.10. Vektor impedansi seri untuk R dan C**

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Kasus 3.1

Bila dalam suatu rangkaian listrik yang terdiri dari sebuah induktansi murni  $L = 5\text{mH}$  dan dilalui arus  $i(t) = 5\cos 2000t$  A. Dapatkan bentuk dan tegangan pada induktansi tersebut.

### Penyelesaian

Perhatikan rangkaian listrik tersebut terdiri dari Induktansi murni maka dapat dilihat Tabel 3.1, tegangan pada elemen induktansi memiliki persamaan  $v_l(t) = \omega L I_m (-\sin \sin \omega t) =$  dengan  $\omega = 1000$  rad/det, sehingga tegangan pada elemen induktansi adalah:

$$\begin{aligned} v_l(t) &= \omega L I_m (\omega t) = \omega L I_m \cos \cos (2000t + 90^\circ) \\ &= 100 \cos \cos (2000t + 90^\circ) V \end{aligned}$$

### Script MATLAB

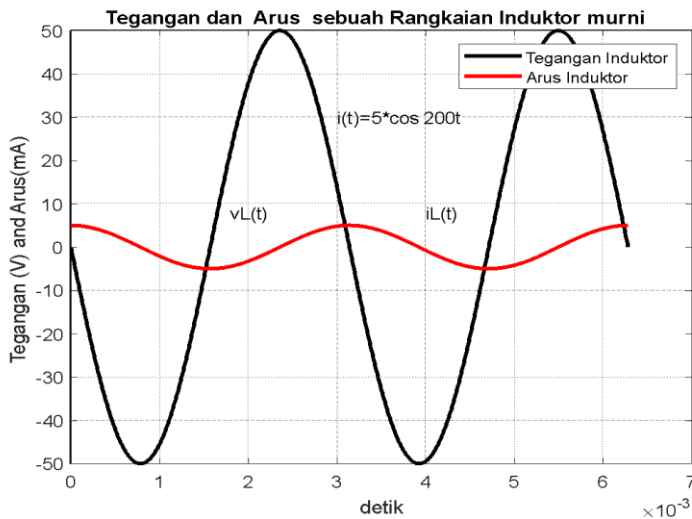
```
%=====
% Script MATLAB Sumber tegangan dan arus sinusoidal Kasus 3.1
% Dr.Ir.I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng.
% I N W Satiawan,ST.,MSc.,Ph.D.,I M A Nrartha,ST.,MT.,
% Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Suatu induktansi murni L =5 H dilalui arus i(t)=5cos 2000t A.
% Dapatkan bentuk dan nilai tegangan pada induktansi tersebut.
%=====
clear all, close all, clc
j=sqrt(-1);
w=2e3;
t=linspace(0,4*pi/2e3,1024);
L = 0.005;
I = 5/sqrt(2)*exp(0*j);
V = I*j*w*L;
it=abs(I)*sqrt(2)*cos(w*t+angle(I));
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

vt=abs(V)*sqrt(2)*cos(w*t+angle(V));
plot(t,vt,'k',t,it,'r','LineWidth',2); grid
xlabel('waktu'), ylabel('Magnitude');
text(0.0018, 8, 'vL(t)');
text(0.004, 8, 'iL(t)');
text(0.003, 30, 'i(t)=5*cos 200t');
title('Tegangan dan Arus sebuah Rangkaian Induktor murni')
xlabel('detik')
ylabel('Tegangan (V) and Arus(mA)')
legend('Tegangan Induktor','Arus Induktor')
%=====

```



**Gambar 3.11. Hasil Pengujian Sinusoidal Pada Beban Induktor**

### Hasil Running Script

```

=====
V = 0.0000 +35.3553i
=====

```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Kasus 3.2

Suatu kapasitas murni  $C = 30 \mu F$  dilalui arus  $i(t) = 12 \sin 2000t$  A. Tentukan tegangan pada kapasitansi tersebut.

### Penyelesaian

Dari Tabel 3.1 tegangan pada elemen kapasitansi memiliki persamaan  $v_c(t) = \frac{I_m}{\omega C}(\omega t)$ , dengan  $\omega = 200 \text{ rad/det}$ , sehingga tegangan pada elemen induktansi adalah:

$$\begin{aligned} v_c(t) &= \frac{I_m}{\omega C} (-\cos \cos \omega t) = \frac{I_m}{\omega C} \sin \sin 2000t - 90^\circ \\ &= 200 \sin \sin (2000t - 90^\circ) V \end{aligned}$$

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Sumber tegangan dan arus sinusoidal Kasus 3.2
% Dr.Ir.I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng.
% I N W Satiawan,ST.,MSc.,Ph.D.,I M A Nrrartha,ST.,MT.,
% Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Suatu kapasitas murni C =30 mikroF dilalui arus i(t)=12 sin(2000t) A.?
% Tentukan bentuk dan nilai tegangan pada kapasitansi tersebut.
%=====

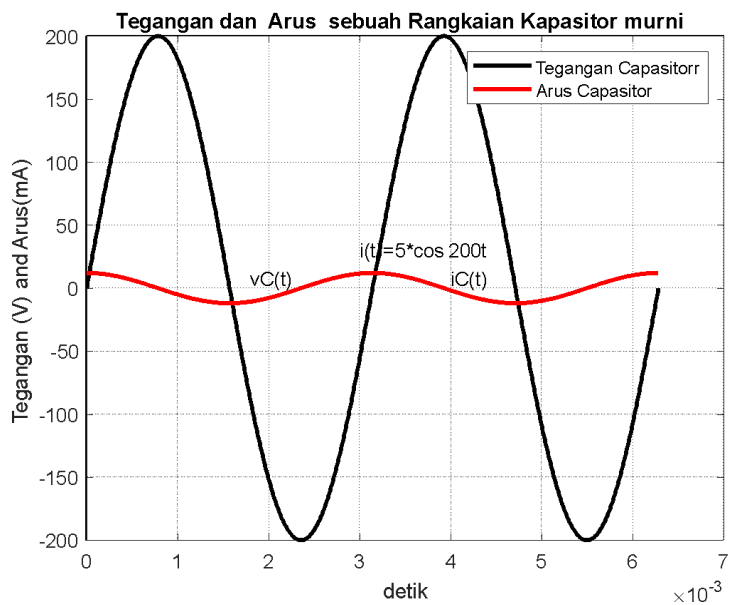
clear all, close all, clc
j=sqrt(-1);
w=2e3;
t=linspace(0,4*pi/2e3,1024);
C = 30e-6;
I = 12/sqrt(2)*exp(0*j);
V = I*1/(j*w*C);
it=abs(I)*sqrt(2)*cos(w*t+angle(I));
vt=abs(V)*sqrt(2)*cos(w*t+angle(V));
plot(t,vt,'k',t,it,'r','LineWidth',2); grid
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

xlabel('waktu'), ylabel('Magnitude');
text(0.0018, 8, 'vC(t)');
text(0.004, 8, 'iC(t)');
text(0.003, 30, 'i(t)=5*cos 200t');
title('Tegangan dan Arus sebuah Rangkaian Kapasitor murni')
xlabel('detik')
ylabel('Tegangan (V) and Arus(mA)')
legend('Tegangan Capasitorr','Arus Capasitor')

```



**Gambar 3.12. Hasil Pengujian Sinusoidal Pada Beban Kapasitor Ga**

### Hasil Running Program

```

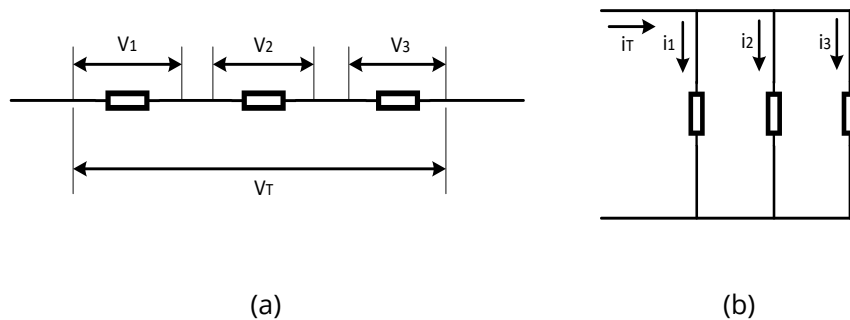
=====
Vc =0.0000e+00-1.4142e+02i
=====

```

### 3.8. Rangkaian Seri Paralel

Untuk rangkaian listrik yang terhubung secara seri, Besarnya tegangan totalnya adalah jumlah aljabar dari tegangan setiap elemen. Gambar dari elemen-elemen rangkaian dalam suatu hubungan seri ini adalah seperti gambar 3.13(a). tegangan totalnya adalah  $V_T = V_1 + V_2 + V_3$ .

Untuk elemen-elemen rangkaian dalam suatu hubungan paralel, arus totalnya adalah jumlah dari arus setiap elemen. Gambar dari elemen-elemen rangkaian dalam suatu hubungan paralel ini adalah seperti gambar 2.11(b). Arus totalnya adalah  $i_T = i_1 + i_2 + i_3$ .



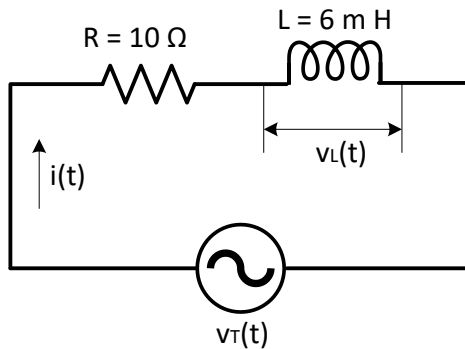
**Gambar 3.13. Elemen-elemen rangkaian yang terhubung: (a) Seri,  
(b) Paralel**

#### Kasus 3.3

Bila kita memiliki sebuah rangkaian listrik seri yang terdiri dari sebuah tahanan  $R=1$  Ohm dan induktansi  $L =5$  mH. jika pada induktansi memiliki tegangan  $v_l(t) = 25 \sin 1000t$  V,

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

Gambarkan bentuk dan tentukan besar impedansi, arus, tegangan total serta beda fasa antara arus dan tegangan total.



**Gambar 3.14. Rangkaian Listrik untuk Kasus 3.3**

**Penyelesaian**

Gambar 3.14 adalah gambar rangkaian seri R dan L.

Tegangan pada induktansi adalah  $v_l(t) = 25 \sin 1000t$  V, sehingga arus yang mengalir pada rangkaian dengan ketinggalan sudut fasa  $90^\circ$  adalah:

$$i(t) = \frac{25}{\omega L} \sin \sin (1000t - 90^\circ) = 6 \sin \sin (1000t - 90^\circ) \text{ A}$$

Tegangan pada tahanan adalah:

$$v_r(t) = R \cdot i(t) = 10 \cdot 6 \sin \sin (1000t - 90^\circ) \text{ V}$$

Tegangan total pada tahanan adalah:

$$\begin{aligned} V_t(t) &= v_r(t) + v_l(t) \\ &= 60 \sin \sin (1000t - 90^\circ) + 25 \sin \sin 1000t \\ &= 60 [\sin \sin 1000t \cos \cos 90^\circ - \cos \cos 1000t \sin \sin 90^\circ] + 25 \sin \sin 1000t \\ &= -60 \cos \cos 2 - 1000t + 25 \sin \sin 2 = 1000t \text{ Volt} \end{aligned}$$



## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

$$= \sqrt{(60)^2 + (25)^2} \sin \sin (1000t) + \tan^{-1} \left( \frac{-60}{25} \right)$$
$$= 65 \sin \sin 1000t - 67,3^\circ V$$

Arus ketinggalan terhadap tegangan dengan sudut fasa sebesar  $90^\circ - 67,3 = 22,7^\circ$ .

Impedansi rangkaian adalah;

$$\text{Impedansi} = \frac{V_m - 60}{I_m} = 10 \Omega$$

### Fungsi MATLAB

```
%=====
% Script Fungsi MATLAB Sumber tegangan dan arus sinusoidal
% Dr.Ir.I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng.
% I N W Satiawan,ST.,MSc.,Ph.D.,I M A Nrrartha,ST.,MT.,
% Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
function [X, Y]= fasor_go(N, Z)
Nr=real(N);
Ni=imag(N);
Nscale=1.1*max([abs(Nr); abs(Ni)]);
th=angle(N);
x1= Nr-(Z.*sin(pi/3-th));
y1= Ni-(Z.*cos(pi/3-th));
x2= Nr-(Z.*cos(th-pi/6));
y2= Ni-(Z.*sin(th-pi/6));
or=zeros(length(N),1);
Vx=[or Nr]; Vy=[or Ni];
Ar1x=[x1 Nr]; Ar1y=[y1 Ni];
Ar2x=[x2 Nr]; Ar2y=[y2 Ni];
Arx=[Ar1x;Ar2x]; Ary=[Ar1y; Ar2y];
X=[Vx; Arx]; Y=[Vy; Ary];
%=====
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Sumber tegangan dan arus sinusoidal Kasus 3.1
% Dr.Ir.I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng.
% I N W Satiawan,ST.,MSc.,Ph.D.,I M A Nrartha,ST.,MT.,
% Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Bila kita memiliki sebuah rangkaian listrik seri yang terdiri dari sebuah
% tahanan  $R=1$  Ohm dan induktansi  $L =6$  mH. jika induktansi memiliki
tegangannya
%  $v_s(t)=25 \sin(1000t)$  V, Gambarkan bentuk dan tentukan besar impedansi,
arus,
% tegangan total serta beda fasa antara arus dan tegangan total.
%=====

clear all, close all, clc
j=sqrt(-1);
R = 1;
L = 6e-3;
w = 1e3;
VLm = 25;

% Langkah 1, mencari Z, I induktor dan V sumber
XL = w*L;
Z = R + j*XL
VLrms = VLm/sqrt(2);
IL = VLrms/(j*XL);
Vs = IL*Z;
% beda fasa dapat ditunjukkan dengan fasor dan fungsi waktu
% fasor arus dan tegangan sumber
% Ukuran anak panah yang sama
Bj = max([abs(IL) abs(Vs) abs(VLrms)]);
Bk = min([abs(IL) abs(Vs) abs(VLrms)]);
pbr = (Bj + Bk)/2 * 0.08;
% fasor tegangan dan arus
[Vx, Vy]=fasor_go(Vs, pbr);
[l1x, l1y]=fasor_go(IL, pbr);
baxis=max([abs(Vs) abs(IL)]); % menampilkan batas grafik
```

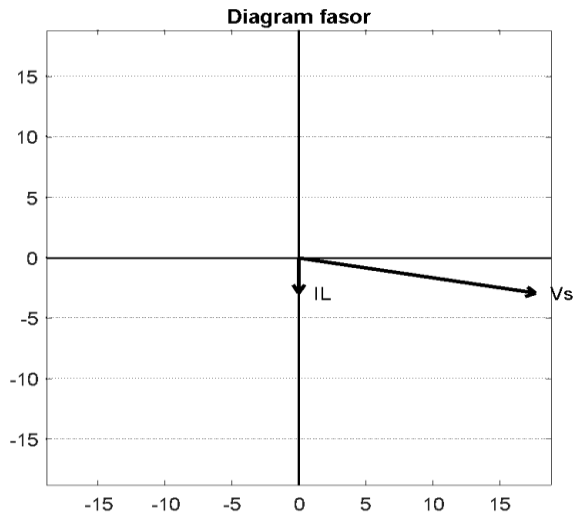
## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

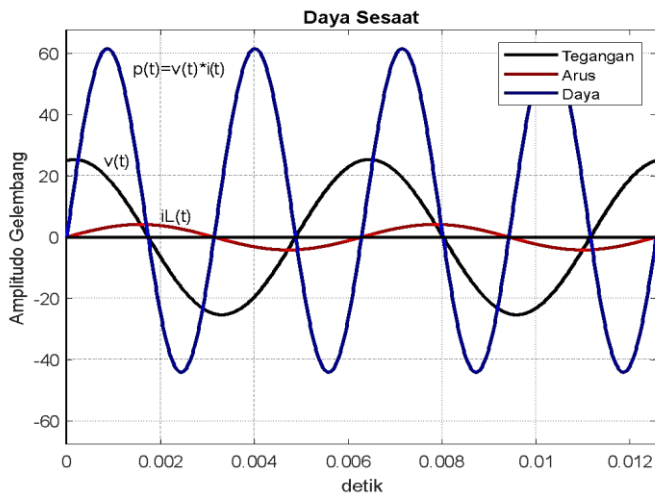
figure(1);
plot(Vx', Vy', 'k', 'LineWidth', 2); hold on
plot(I1x', I1y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k', 'LineWidth', 1),
plot([0 0], [-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k', 'LineWidth', 1), hold off
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05 -baxis*1.05 baxis*1.05]);
axis('square'); grid
title('Diagram fasor');
text(real(Vs)+1.1, imag(Vs), 'Vs');
text(real(IL)+1.1, imag(IL), 'IL');
% fungsi waktu
f = w/(2*pi); % Hz
t = linspace(0, 2/f, 1024);
vt = abs(Vs)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(Vs));
iL = abs(IL)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(IL));
p = vt.*iL;
figure(2);
plot(t, vt, 'k', t, iL, 'r', t, p, 'b', 'LineWidth', 2), hold on
plot([0 2/f], [0 0], 'k', 'LineWidth', 2), hold off, grid
text(0.0014, max(p)*0.9, 'p(t)=v(t)*i(t)');
text(0.0008, 25, 'v(t)');
text(0.002, 7, 'iL(t)');
axis([0 2/f -max(p)*1.1 max(p)*1.1]);
title('Daya Sesaat')
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo Gelombang'),
legend('Tegangan', 'Arus', 'Daya')
%=====

```

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 3.15. Bentuk Diagram Beda Phase untuk Kasus 3.3**



**Gambar 3.16. Bentuk Gelombang Arus, Tegangan untuk Kasus 3.3**

### Hasil Running Script

```
=====
Vs = 17.6777-2.9463i
Z = 1.0000 + 6.0000i
=====
```

### Kasus 3.4

Bila kita memiliki sebuah rangkaian listrik seri yang terdiri dari dua buah elemen murni dengan tegangan total pada rangkaian adalah  $v_t(t) = 200 \sin(200t + 45^\circ)V$ , arus yang mengalir pada rangkaian adalah  $i(t) = 10 \sin(200t + 15^\circ)A$ . Gambarkan bentuk gelombang dan tentukan nilai setiap elemen-elemen dari rangkaian tersebut.

### Penyelesaian

Perhatikan dari tanda dari sudut arus dan tegangan dari rangkaian maka tegangan dengan sudut fasa sebesar  $45^\circ - 15^\circ = 30^\circ$ , ketinggalan berarti rangkaian ini terdiri dari elemen-elemen R dan L. elemen-elemen R dan L pada rangkaian dapat dicari dengan:

$$\tan 30^\circ = \tan \phi = \frac{\omega L}{R}$$

$$\text{Atau } \omega L = 0,577RL$$

$$\text{Dan } \frac{V_m}{I_m} = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} = \sqrt{R^2 + (0,577R)^2} = 28\Omega$$

$$\text{Sehingga } R = 28\Omega$$

Dan besar harga elemen L adalah:

$$L = \frac{0,577R}{\omega} = \frac{0,577 \cdot 28}{200} = 0,008H = 8mH$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Sumber tegangan dan arus sinusoidal Kasus 3.1
% Dr.Ir.I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng.
% I N W Satiawan,ST.,MSc.,Ph.D.,I M A Nrartha,ST.,MT.,
% Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Suatu rangkaian seri yang terdiri dari dua elemen murni dengan
% tegangan total pada rangkaian adalah  $v_t(t) = 255 \sin(300t + 45^\circ)$  V, % arus
% yang mengalir pada rangkaian adalah  $i(t) = 8,5 \sin(300t + 15^\circ)$  A. % Tentukan
% besar harga elemen-elemen tersebut.
%=====
clear all, close all, clc
j = sqrt(-1); % notasi kompleks
sV = 45; % sudut tegangan
sI = 15; % sudut arus
teta = sV-sI; % beda fase tegangan terhadap arus
Vm = 255; % tegangan maksimum
Im = 8.5; % arus maksimum
Z = Vm/Im*exp(teta/180*pi*j); % impedansi
R = real(Z); % resistansi (bagian real dari impedansi)
w = 300; % frekuensi radian
% cek jenis beban
if imag(Z) > 0,
    L = imag(Z)/w; % beban induktor bagian imajiner impedansi dibagi frek.
radian
elseif imag(Z) == 0,
    % beban R murni
else
    C = -1/(imag(Z)*w); %beban kapasitor-1/bagian imajiner impedansi kali frek.
radian
end
f = w/(2*pi); % frekuensi (Hz)
t = linspace(0,2/f,1024); % waktu dari 0 s/d 2 periode, dengan jumlah data
1024
v = Vm*sin(w*t+sV/180*pi); % tegangan fungsi waktu
i = Im*sin(w*t+sI/180*pi); % arus fungsi waktu
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

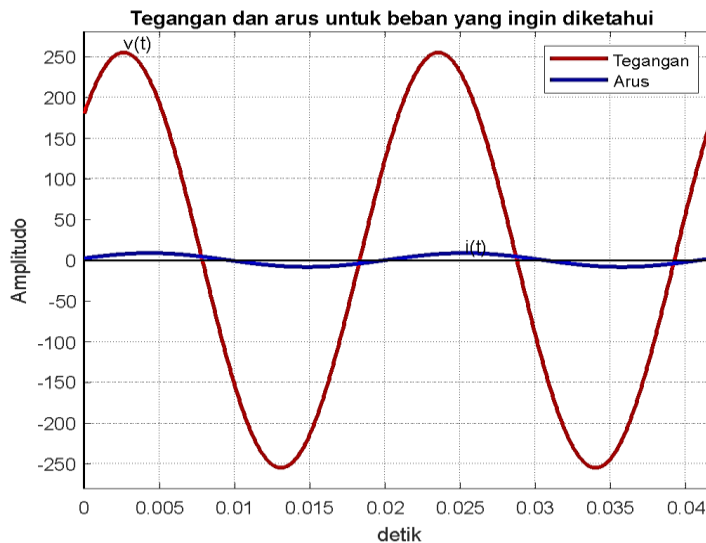
```

if imag(Z) > 0,
    disp(' Z (ohm) | R (ohm) | L (henry) '); % menampilkan hasil
    disp([' ' num2str(abs(Z)) ' | ' num2str(R) ' | ' num2str(L) ]);
elseif imag(Z) == 0,
    disp(' Z (ohm) | R (ohm) '); % menampilkan hasil
    disp([' ' num2str(abs(Z)) ' | ' num2str(R) ]);
else
    disp(' Z (ohm) | R (ohm) | C (Farad) '); % menampilkan hasil
    disp([' ' num2str(abs(Z)) ' | ' num2str(R) ' | ' num2str(C) ]);
end

% membuat grafik untuk tegangan dan arus
plot(t,v,'r','t,i','b','LineWidth',2); grid; % membuat grafik tegangan dan arus fungsi
waktu
hold on; % perintah supaya gambar dapat ditambah dengan grafik lainnya
plot([0 2/f],[0 0],'k','LineWidth',1); % membuat sumbu waktu sampai 2/f atau 2 x
periode
hold off; % perintah sebaliknya dari hold on
axis([0 2/f 1.1*min(v) 1.1*max(v)]); % membuat batas axis yang ditampilkan
title('Tegangan dan arus untuk beban yang ingin diketahui'); % membuat judul
grafik
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo'); % memberikan nama sumbu x dan y
legend('Tegangan','Arus'); % membuat keterangan grafik yang ada pada
gambar
Lvt=find(v==max(v),1)/1024*2/f; % mencari titik tegangan maksimum pada
sumbu waktu
Lit=find(i==max(i),1)/1024*2/f; % mencari titik arus maksimum pada sumbu
waktu
text(Lvt,max(v)*1.05,'v(t)'); % menulis notasi tegangan pada titik maksimum
text(Lit,max(i)*2,'i(t)'); % menulis notasi arus pada titik maksimum
%=====

```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I



**Gambar 3.17. Bentuk Gelombang Arus, Tegangan untuk Kasus 3.4**

### Hasil Running Script

```
=====
Z (ohm) | R (ohm) | L (henry)
30 | 25.9808 | 0.05
=====
```

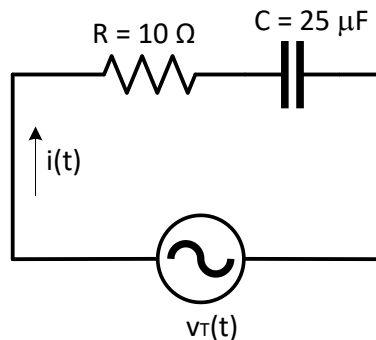
### Kasus 3.5

Bila kita memiliki dua buah elemen murni dengan  $R=10$  Ohm dan  $C=25\mu\text{F}$ . Tegangan yang akan dihubungkan pada rangkaian adalah  $v(t) = (1000t - 20^\circ)\text{V}$ . jika kedua elemen tersebut dihubungkan seri dan paralel, gambarkanlah bentuk gelombang serta tentukan besar arus total masing-masing hubungan.



**Penyelesaian**

**Pertama** adalah gambar rangkaian listrik **seri** untuk elemen R dan C dapat diperlihatkan seperti Gambar 3.18.



**Gambar 3.18. Rangkaian Listrik untuk Kasus 3.5**

Pada hubungan seri untuk elemen R dan C, arus mendahului tegangan dengan sudut fasa  $(1/\omega CR)$ .

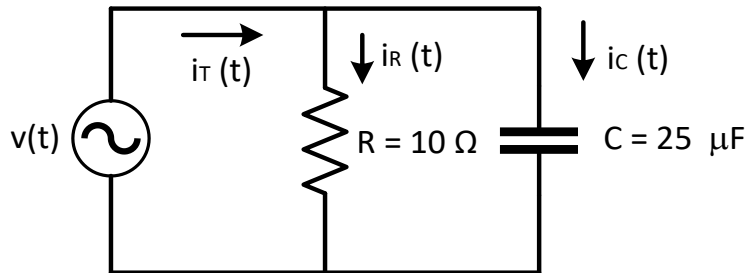
$$Z = \sqrt{R^2 + (1/\omega C)^2} = \sqrt{10^2 + \left(\frac{1}{1000 \cdot 25 \cdot 10^{-6}}\right)^2} = 11,8 \text{ ohm}$$

Arus yang mengalir pada gambar 3.13 rangkaian adalah:

$$\begin{aligned} i(t) &= \frac{V_m}{11,8} \cos \cos \left(1000t - 20^\circ + \left(\frac{1}{1000 \cdot 250}\right)\right) \\ &= \frac{100}{11,8} \cos \cos \left(1000t - 20^\circ + \left(\frac{10^4}{25}\right)\right) \\ &= 8,5 \cos \cos \left(1000t - 20^\circ + 88,6^\circ\right) \\ &= (2000t - 68,4^\circ)A \end{aligned}$$

Kedua hubungan paralel untuk elemen R dan C ini adalah seperti Gambar 3.19

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 3.19. Hubungan Paralel Elemen R dan C untuk Kasus 3.5**

Jika kedua elemen tersebut diparalelkan maka untuk elemen R murni, arus sefasa dengan tegangan. Jadi:

$$i_R(t) = \frac{V_m}{R} \cos \cos (1000t - 20^\circ) = 10 \cos \cos (1000t - 20^\circ)A$$

Dan untuk elemen C murni, arus mendahului tegangan dengan sudut fasa  $90^\circ$  jadi:

$$i_C(t) = \omega C V_m \cos \cos (1000t + 70^\circ)A$$

$$i_C(t) = 1000 \cdot 25e^{-6} \cdot 1000 \cos \cos (1000t + 70^\circ)A$$

$$i_C(t) = 25 \cos \cos (1000t + 70^\circ)A$$

Sehingga arus total pada rangkaian yang terhubung paralel adalah:

$$i_t(t) = i_R(t) + i_C(t)$$

$$i_t(t) = 25 \cos \cos (1000t + 70^\circ)$$

$$i_t(t) = [10 \cos \cos 1000t \cos \cos 20^\circ + \sin \sin 1000t \sin \sin 20^\circ] + [25 \cos \cos 1000t \cos \cos 70^\circ - \sin \sin 1000t \sin \sin 70^\circ]$$

$$i_t(t) = [4,081 \cos \cos 1000t + 1000t] + [15,83 \cos \cos 1000t - 0,773 \sin \sin 1000t]$$

$$i_t(t) = 4,081 \cos \cos 1000t + 1000t + 15,83 \cos \cos 1000t - 0,773 \sin \sin 1000t$$

$$i_t(t) = 19,911 \cos \cos 1000t - 1000t$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

$$= \sqrt{(19,911)^2 + (0,3649)^2} \cos \cos (1000t + \left(\frac{-0,3649}{19,911}\right) (1000t - 1,03^\circ)A$$

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Sumber tegangan dan arus sinusoidal Kasus 3.4
% Dr.Ir.I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng.
% I N W Satiawan,ST.,MSc.,Ph.D.,I M A Nrrartha,ST.,MT.,
% Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Dua elemen murni dengan R=12 Ohm dan C=31,1 uF. Tegangan yang akan
% dihubungkan pada rangkaian adalah v(t)= 100cos(2000t-20°)V. jika
% kedua elemen tersebut dihubungkan seri dan paralel, tentukan arus
% total masing-masing hubungan.
%=====
clear all, close all, clc
j = sqrt(-1);
R = 12;
C = 31.1e-6;
Vm = 100;
sV = -20;
w = 2e3;
f = w/(2*pi); % frekuensi (Hz)
t = linspace(0,2/f,1024); % waktu dari 0 s/d 2 periode, dengan jumlah data
1024
v = Vm*cos(w*t + sV/180*pi);
Xc = 1/(w*C);
% seri
%----
Zs = R + Xc/j;
sudut_is = (sV/180*pi-angle(Zs))*180/pi; % sudut arus = sudut tegangan-sudut
Zs
is = Vm/abs(Zs)*cos(w*t+sudut_is/180*pi); % beban RC sudut fase arus
mendahului sudut fase teg.
% paralel
%-----
```

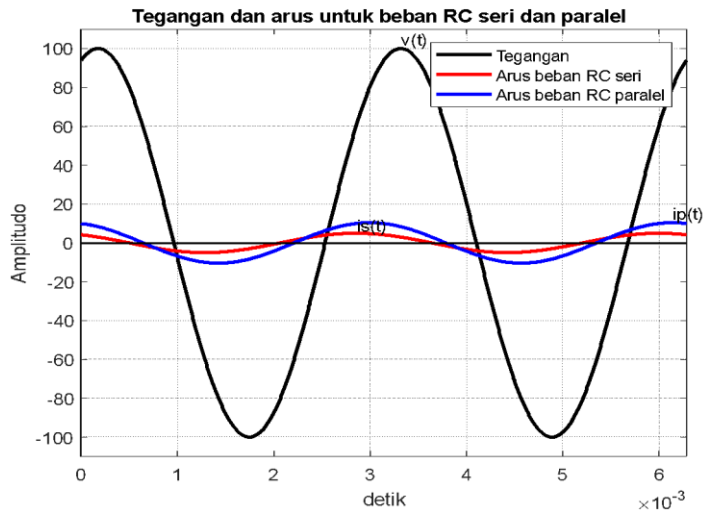
## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

Zp = (R * Xc/j)/(R + Xc/j);
sudut_ip = (sV/180*pi-angle(Zp))*180/pi; % sudut arus = sudut tegangan-sudut
Zp
ip = Vm/abs(Zp)*cos(w*t+sudut_ip/180*pi); % beban RC sudut fase arus
mendahului sudut fase teg.
% menampilkan hasil
disp('Im seri(amp.)|sudut I seri(°)|Im paralel(amp.)|sudut I paralel(°)');
disp([' ' num2str(Vm/abs(Zs)) ' | ' num2str(sudut_is) ' | ' ..
 num2str(Vm/abs(Zp)) ' | ' num2str(sudut_ip) ]);
% membuat grafik untuk tegangan dan arus
plot(t,v,'k',t,is,'r',t,ip,'b','LineWidth',2); grid;
hold on;
plot([0 2/f],[0 0],'k','LineWidth',1);
hold off
axis([0 2/f 1.1*min(v) 1.1*max(v)]);
title('Tegangan dan arus untuk beban RC seri dan paralel');
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo');
legend('Tegangan','Arus beban RC seri','Arus beban RC paralel')
Lvt=find(v==max(v),1)/1024*2/f;
Lits=find(is==max(is),1)/1024*2/f;
Litp=find(ip==max(ip),1)/1024*2/f;
text(Lvt,max(v)*1.05,'v(t)');
text(Lits,max(is)*1.8,'is(t)');
text(Litp,max(ip)*1.5,'ip(t)');
%=====

```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I



**Gambar 3.20. Bentuk gelombang arus, tegangan untuk Kasus 3.5**

### Hasil Running Script

```
=====
Im seri(amp.)|sudut I seri(°)|Im paralel(amp.)|sudut I paralel(°)
  4.9846 | 33.2623 | 10.3987 | 16.7377
=====
```

### Kasus 3.6

Bila kita memiliki sebuah rangkaian listrik dengan resistor 10 Ohm yang terhubung seri dengan kapasitor yang tidak diketahui besar harga kapasitansinya. jika tegangan pada resistor adalah  $v_r(t) = 25 \cos(2000t + 30^\circ)V$ , dan diketahui arus mendahului tegangan dengan sudut fasa  $60^\circ$ , gambarkan bentuk gelombang dan nilai dari kapasitansi dari kapasitor tersebut.

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Penyelesaian

Dari soal dapat digambarkan sketsa rangkaian seperti Gambar 3.19

Gambar 3. SEQ Gambar\_3. \\* ARABIC 21. (a) Hubungan seri elemen R dan C untuk Kasus 3.6, (b) Diagram sudut Kasus 3.6

Kapasitor C dicari dengan memperhatikan Gambar 3.21 (b):

$$\tan 60^\circ = 1,73 = \frac{10}{\omega CR}$$

Sehingga besar harga kapasitor C adalah:

$$C = \frac{10}{1,73\omega R} = \frac{10}{1,73 \cdot 2000 \cdot 5} = 5,78 \text{mF}$$

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Sumber tegangan dan arus sinusoidal Kasus 3.6
% Dr.Ir.I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng.
% I N W Satiawan,ST.,MSc.,Ph.D.,I M A Nnatha,ST.,MT.,
% Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
Sebuah resistor R = 5 Ohm diseri dengan kapasitor C yang tidak diketahui
besar
% harga kapasitansinya. jika tegangan pada resistor adalah vR(t) =
% 25 cos (2000t +30°)
% volt, jika arus mendahului tegangan dengan sudut fasa 60°,
% tentukan besar harga kapasitansi dari kapasitor tersebut.
%=====
clear all, close all, clc
j = sqrt(-1); % notasi kompleks
R = 5;
w = 2e3;
teta = 60; % beda fase teg dan arus, arus mendahului dalam derajat
mZ = R/cos(teta/180*pi); % R = Z cos(teta)
X = mZ * sin(teta/180*pi); % X = Z sin(teta)
```

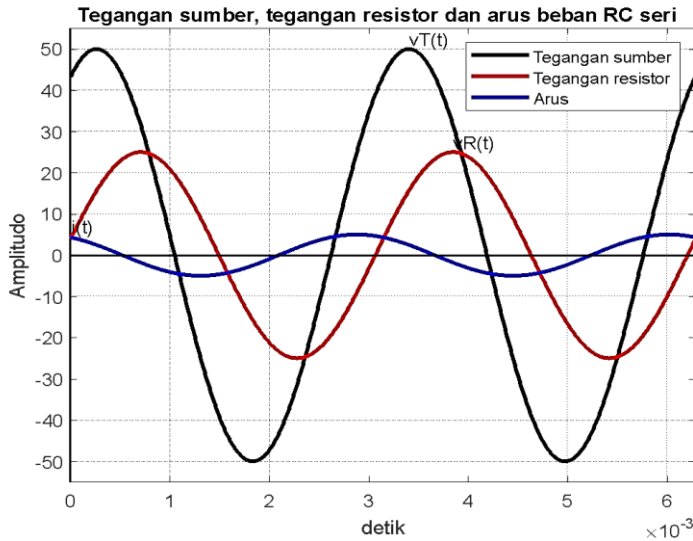
## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
Z = mZ*exp(-teta/180*pi*j);
% karena arus mendahului maka
Xc = X;
C = 1/(Xc*w);
f = w/(2*pi); % frekuensi (Hz)
t = linspace(0,2/f,1024); % waktu dari 0 s/d 2 periode, dengan jumlah data
1024
VmR = 25; sVR = 30; % tegangan R
vR = VmR*cos(w*t+sVR);
is = VmR/R*cos(w*t+sVR/180*pi);
vT = VmR/R*abs(Z)*cos(w*t+sVR/180*pi+angle(Z));
% menulis hasil
disp(' C (farad) '); % menampilkan hasil
disp([' ' num2str(C)]);

% membuat grafik untuk tegangan dan arus
plot(t,vT,'k',t,vR,'r',t,is,'b','LineWidth',2); grid; % membuat grafik tegangan dan
arus fungsi waktu
hold on; % perintah supaya gambar dapat ditambah dengan grafik lainnya
plot([0 2/f],[0 0], 'k','LineWidth',1); % membuat sumbu waktu sampai 2/f atau 2 x
periode
hold off; % perintah sebaliknya dari hold on
axis([0 2/f 1.1*min(vT) 1.1*max(vT)]); % membuat batas axis yang ditampilkan
title('Tegangan sumber, tegangan resistor dan arus beban RC seri'); %
membuat judul grafik
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo'); % memberikan nama sumbu x dan y
legend('Tegangan sumber','Tegangan resistor','Arus'); % membuat keterangan
grafik yang ada pada gambar
LvtT=find(vT==max(vT),1)/1024*2/f; % mencari titik tegangan T maksimum
pada sumbu waktu
LvtR=find(vR==max(vR),1)/1024*2/f; % mencari titik tegangan R maksimum
pada sumbu waktu
Lit=find(i==max(i),1)/1024*2/f; % mencari titik arus maksimum pada sumbu
waktu
text(LvtT,max(vT)*1.05,'vT(t)'); % menulis notasi tegangan T pada titik
maksimum
text(LvtR,max(vR)*1.1,'vR(t)'); % menulis notasi tegangan R pada titik
maksimum
text(Lit,max(i)+7,'i(t)'); % menulis notasi arus pada titik maksimum
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

%=====



**Gambar 3.21. Bentuk Gelombang Arus, Tegangan untuk Kasus 3.6**

### Hasil Running Script

```
=====
C (farad) = 5.7735e-05
=====
```

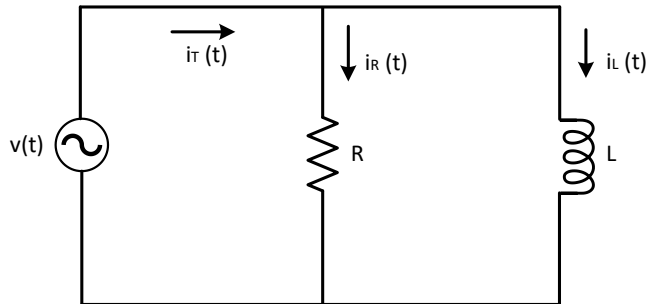
### Kasus 3.7

Bila kita memiliki sebuah rangkaian listrik dengan sebuah resistor  $R=10$  Ohm yang dirangkai secara berjajar dengan induktor  $L =0,5$  mH. Diketahui arus pada yang mengalir pada induktor adalah  $i_l(t) = 10 \sin(2000t - 45^\circ)$  A, Gambarkan bentuk gelombang dan nilai arus total pada rangkaian dan sudut fasa antara arus dan tegangan.

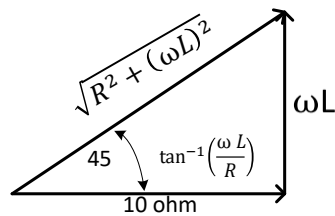


### Penyelesaian

Gambar rangkaian untuk Kasus 3.7 adalah seperti Gambar 3.22.



**Gambar 3.22. Rangkaian Listrik untuk Kasus 3.7**



**Gambar 3.23. Diagram Fasor untuk Kasus 3.7**

Pada induktor murni  $L$ , arus ketinggalan terhadap tegangan dengan sudut fasa  $90^\circ$ , sehingga tegangan pada rangkaian adalah:

$$\begin{aligned} V(t) &= \omega L \cdot i_1(t) \\ &= 2000 \cdot 0,005 \cdot 10 \sin \sin (2000t - 45^\circ + 90^\circ) \\ &= 100 \sin \sin (2000t + 45^\circ) \text{V} \end{aligned}$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Arus yang mengalir pada resistor adalah sefasa dengan tegangan, sehingga:

$$i_r(t) = \frac{v(t)}{R} = \frac{100}{10} \sin \sin (2000t + 45^\circ) \\ = 10 \sin \sin (2000t + 45^\circ) A$$

Arus total yang mengalir pada rangkaian adalah:

$$i_t(t) = i_r(t) + i_l(t) \\ = 10 \sin \sin (2000t + 45^\circ) + 10 \sin \sin (2000t - 45^\circ) \\ = 10 \cos \cos 2000t \cdot \cos \cos 45^\circ + \cos \cos 2000t \cdot \sin \sin 45^\circ \\ + 10(\sin \sin 2000t \cdot \cos \cos 45^\circ - \cos \cos 2000t \cdot \sin \sin 45^\circ)$$

Sudut fasa antara arus dan tegangan adalah  $45^\circ$ .

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Sumber tegangan dan arus sinusoidal Kasus 3.7
% Dr.Ir.I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng.
% I N W Satiawan,ST.,MSc.,Ph.D.,I M A Nrrartha,ST.,MT.,
% Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Sebuah resistor R=10 Ohm diparalelkan dengan induktor L =0,005 H.
% jika arus pada induktor adalah  $i_L(t) = 5 \sin(2000t - 45^\circ) A$ , Tentukan
% arus total pada rangkaian dan sudut fasa antara arus dan tegangan.
%=====
clear all, close all, clc
j = sqrt(-1); % notasi kompleks
R = 10;
w = 2e3;
L = 5e-3;
jXL = j*w*L;
lLm = 5;
sL = -45;
f = w/(2*pi); % frekuensi (Hz)
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
t = linspace(0,2/f,1024); % waktu dari 0 s/d 2 periode, dengan jumlah data 1024
iL = ILm * sin(w*t + sL/180*pi);
vL = ILm*abs(jXL) * sin(w*t + sL/180*pi + angle(jXL));
Zp = R*jXL/(R+jXL);
iT = ILm*abs(jXL)/abs(Zp) * sin(w*t + sL/180*pi + angle(jXL)-angle(Zp));
sudutVL = sL/180*pi + angle(jXL);
sudutIT = sL/180*pi + angle(jXL)-angle(Zp);
bfaseVI = (sudutVL-sudutIT)/pi*180;
% menulis hasil
disp(' sudutVL-iT (derajat) '); % menampilkan hasil
disp([' ' num2str(bfaseVI)]);

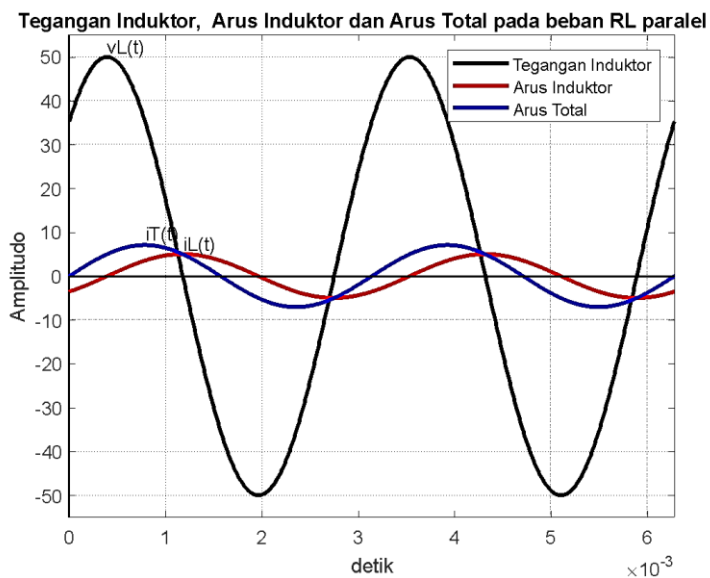
% membuat grafik untuk tegangan dan arus
plot(t,vL,'k',t,iL,'r',t,iT,'b','LineWidth',2); grid; % membuat grafik tegangan dan arus fungsi waktu
hold on; % perintah supaya gambar dapat ditambah dengan grafik lainnya
plot([0 2/f],[0 0],'k','LineWidth',1); % membuat sumbu waktu sampai 2/f atau 2 x periode
hold off; % perintah sebaliknya dari hold on
axis([0 2/f 1.1*min(vL) 1.1*max(vL)]); % membuat batas axis yang ditampilkan
title('Tegangan Induktor, Arus Induktor dan Arus Total pada beban RL paralel'); % membuat judul grafik
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo'); % memberikan nama sumbu x dan y
legend('Tegangan Induktor','Arus Induktor','Arus Total'); % membuat keterangan grafik yang ada pada gambar
LvtL=find(vL==max(vL),1)/1024*2/f; % mencari titik tegangan T maksimum pada sumbu waktu
LitL=find(iL==max(iL),1)/1024*2/f; % mencari titik tegangan R maksimum pada sumbu waktu
LitT=find(iT==max(iT),1)/1024*2/f; % mencari titik arus maksimum pada sumbu waktu
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

text(LvtL,max(vL)*1.05,'vL(t)'); % menulis notasi tegangan T pada titik
maksimum
text(LitL,max(iL)*1.5,'iL(t)'); % menulis notasi tegangan R pada titik
maksimum
text(LitT,max(iT)*1.4,'iT(t)'); % menulis notasi arus pada titik
maksimum
%=====

```



**Gambar 3.24. Bentuk Gelombang Arus, Tegangan untuk Kasus 3.7**

### Hasil Running Script

```

=====
magVs sudutVs magIt sudutIt
50.0000-45.0000 7.0711-90.0000
=====

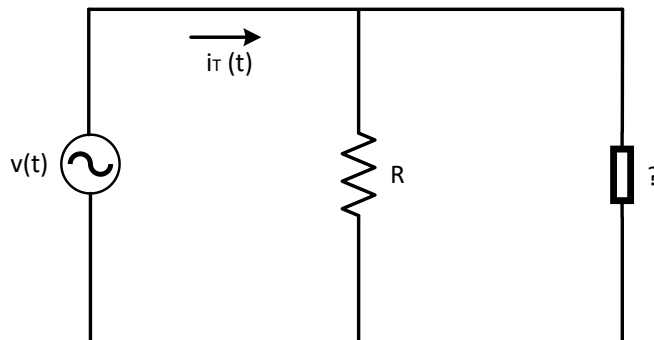
```

### **Kasus 3.8**

Bila diketahui sebuah rangkaian dengan  $R=100$  Ohm yang dihubungkan secara paralel dengan sebuah elemen lain yang besarnya tidak diketahui. Bila diketahui tegangan pada rangkaian tersebut adalah  $(50t + 60^\circ)V$  dan arus total pada rangkaian adalah  $i_t(t) = 5 \cos \cos (50t - 10^\circ)A$ , Gambarkan bentuk gelombang dan nilai dari elemen yang tidak diketahui tersebut.

### **Penyelesaian**

Gambar rangkaian untuk kasus 3.8 adalah seperti Gambar 3.25 di bawah ini.



**Gambar 3.25. Rangkaian Listrik untuk Kasus 3.8**

Untuk menentukan besar harga L dapat dicari dengan dua cara:

#### **Cara 1**

Dari penjelasan dinyatakan bahwa terlihat arus ketinggalan terhadap tegangan dengan sudut fasa  $60^\circ -$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

$(-10^\circ) = 50^\circ$ . Jadi elemen yang dihubungkan paralel adalah sebuah induktor, L. maka impedansi rangkaian dapat dicari dengan cara sebagai berikut.

$$I_R = \frac{V_m}{R} = \frac{100}{100} = 1 \text{ Ohm}$$

$$I_T = I_R + I_l$$

$$I_l = 5 - 1 = 4 \text{ A}$$

$$\text{Impedansi} = \frac{V_m}{I_m} = \frac{100}{5} = 20 \Omega$$

Besar harga elemen L dapat dicari dengan melihat bentuk fasor gambar sudut impedansi

$$\omega L = \text{impedansi} \cdot \sin 50^\circ$$

$$\text{Atau } L = \frac{\text{impedansi} \cdot \sin 50^\circ}{\omega}$$

$$= \frac{20 \times 0,766}{50} = 0,31 \text{ H}$$

### Cara 2

Pada Rangkaian paralel, besar harga L dapat dicari dengan:

$$\tan \theta = \frac{R}{\omega L}$$

$$\text{Sehingga } L = \frac{10}{50 \times 1,192} = 0,17 \text{ H}$$

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Sumber tegangan dan arus sinusoidal Kasus 3.8
% Dr.Ir.I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng.
% I N W Satiawan,ST.,MSc.,Ph.D.,I M A Nrrartha,ST.,MT.,
% Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Suatu rangkaian dengan R = 5 Ohm diparalelkan dengan sebuah elemen
% lain yang besarnya tidak diketahui.jika tegangan pada rangkaian
% tersebut %adalah v(t)=10 cos(50t + 60°)V dan arus total pada
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

% rangkaian adalah  $i(t) = 5,38 \cos(50t - 8,23^\circ)$ , tentukan besar harga
% elemen yang tidak diketahui tersebut
=====
clear all, close all, clc
j = sqrt(-1); % notasi kompleks
R = 10;
w = 50;
f = w/(2*pi); % frekuensi (Hz)
t = linspace(0, 2/f, 1024); % waktu dari 0 s/d 2 periode, dengan jumlah data
1024
Vm = 10; sV = 60;
Im = 5.38; sI = -8.23;
IR = Vm/R*exp(sV/180*pi*j);
IX = Im*exp(sI/180*pi*j)-IR;
Z = Vm*exp(sV/180*pi*j)/IX;
Rx = real(Z);
Lx = imag(Z)/w;
v = Vm*cos(w*t + sV/180*pi);
iT = Im*cos(w*t + sI/180*pi);
iR = abs(IR)*cos(w*t + angle(IR));
iX = abs(IX)*cos(w*t + angle(IX));
% menulis hasil
disp(' Rx | Lx '); % menampilkan hasil
disp([' ' num2str(Rx) ' | ' num2str(Lx)]);

% membuat grafik untuk tegangan dan arus
plot(t, v, 'k', t, iT, 'r', t, iR, 'b', t, iX, 'g', 'LineWidth', 2); grid; % membuat grafik tegangan
dan arus fungsi waktu
hold on; % perintah supaya gambar dapat ditambah dengan grafik lainnya
plot([0 2/f], [0 0], 'k', 'LineWidth', 1); % membuat sumbu waktu sampai 2/f atau 2 x
periode
hold off; % perintah sebaliknya dari hold on
axis([0 2/f 1.1*min(v) 1.1*max(v)]); % membuat batas axis yang ditampilkan
title('Tegangan dan Arus pada beban paralel'); % membuat judul grafik
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo'); % memberikan nama sumbu x dan y
legend('Tegangan sumber', 'Arus sumber', 'Arus resistor', 'Arus X'); % membuat
keterangan grafik yang ada pada gambar
Lvt = find(v == max(v), 1)/1024*2/f; % mencari titik tegangan T maksimum pada
sumbu waktu

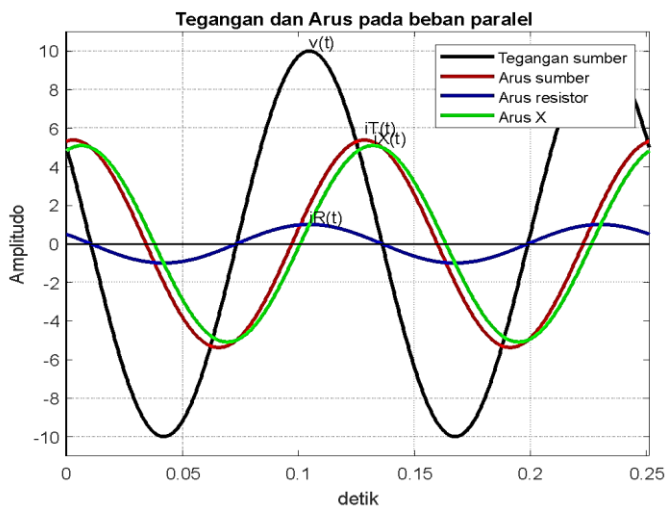
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

Lit=find(iT==max(iT),1)/1024*2/f; % mencari titik tegangan R maksimum pada
sumbu waktu
LitR=find(iR==max(iR),1)/1024*2/f; % mencari titik arus maksimum pada sumbu
waktu
LitX=find(iX==max(iX),1)/1024*2/f; % mencari titik arus maksimum pada sumbu
waktu
text(Lvt,max(v)*1.05,'v(t)'); % menulis notasi tegangan T pada titik maksimum
text(Lit,max(iT)*1.12,'iT(t)'); % menulis notasi tegangan R pada titik maksimum
text(LitR,max(iR)*1.4,'iR(t)'); % menulis notasi arus pada titik maksimum
text(LitX,max(iX)*1.08,'iX(t)'); % menulis notasi arus pada titik maksimum
%=====

```



**Gambar 3.26. Bentuk Gelombang Arus, Tegangan Untuk Kasus 3.7**

### Hasil Running Script

```

=====
Rx   | Lx
0.83851 0.038502
=====

```



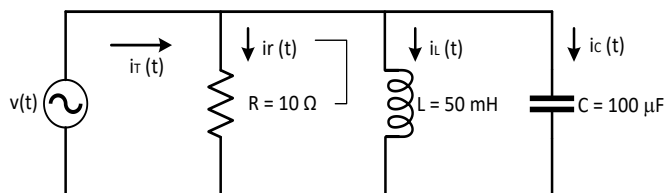
## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Kasus 3.9

Bila kita memiliki tiga buah elemen murni dengan  $R = 10$  Ohm,  $L = 50$  mH dan  $C = 100\mu F$  yang dihubungkan secara paralel. Bila diketahui tegangan pada rangkaian tersebut  $v(t) = 200 \sin 1000t$  V, Gambarkan gelombang dan tentukan arus total, besar harga sudut antara arus dan tegangan, dan besar harga magnitude impedansi pada rangkaian.

### Penyelesaian

Gambar rangkaian untuk Kasus 3.9 adalah seperti Gambar 3.27 di bawah ini.



Gambar 3.27. Rangkaian Listrik untuk Kasus 3.9

Arus yang mengalir pada elemen R adalah:

$$\begin{aligned} i_r(t) &= \frac{v(t)}{R} \\ &= \frac{200}{10} \sin 1000t \\ &= 20 \sin 1000t \text{ A} \end{aligned}$$

Arus yang mengalir pada elemen L adalah:

$$\begin{aligned} i_l(t) &= \frac{v(t)}{\omega L} \\ &= \frac{200}{2000 \times 0.05} \sin (1000t + 90^\circ) \\ &= 2 \sin (1000t + 90^\circ) \text{ A} \end{aligned}$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Arus yang mengalir pada elemen C adalah

$$\begin{aligned}i_c(t) &= \omega C \cdot v(t) \\ &= 2000 \times 100 \cdot 10^{-6} \cdot 200 \sin \sin (1000t - 90^\circ) \\ &= 40 \sin \sin (1000t + 90^\circ) \text{A}\end{aligned}$$

Arus total yang mengalir pada rangkaian adalah:

$$\begin{aligned}i_t(t) &= i_r(t) + i_l(t) + i_c(t) \\ i(t) &= 2 \sin \sin 1000t + 20 \sin \sin (1000t + 90^\circ) + 40 \sin \sin (1000t - 90^\circ) \\ &= \sqrt{(xx)^2 + (xx)^2} \sin \sin (1000t + \left(\frac{xx}{xx}\right)) \\ &= xx \sin \sin (1000t + xx^\circ) \text{A}\end{aligned}$$

Sudut fasa antara arus dan tegangan adalah ..°

Magnitude impedansi adalah:

$$\text{Impedansi} = \frac{V_m}{I_m} = \frac{200}{1,74} = 114,94 \Omega$$

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Sumber tegangan dan arus sinusoidal Kasus 3.8
% Dr.Ir.I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng.
% I N W Satiawan,ST.,MSc.,Ph.D.,I M A Nrrartha,ST.,MT.,
% Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----%
Tiga elemen murni dengan R =10 Ohm, L = 50mH dan C =100 uF
% diparalelkan.jika tegangan pada rangkaian tersebut v(t)= 200 sin 1000t
% V,tentukan arus total, besar harga sudut antara arus dan tegangan,dan
% besar harga magnitude impedansi pada rangkaian.
% =====
clear all, close all, clc
j = sqrt(-1); % notasi kompleks
Vm = 200; sV = 0;
R = 10;
L = 50e-3;
C = 100e-6;
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

w = 1000;
f = w/(2*pi); % frekuensi (Hz)
t = linspace(0,2/f,1024); % waktu dari 0 s/d 2 periode, dengan jumlah data
1024
v = Vm*sin(w*t + sV/180*pi);
iR = Vm/R*sin(w*t + sV/180*pi);
iL = Vm/(w*L)*sin(w*t + sV/180*pi-pi/2);
iC = Vm*(w*C)*sin(w*t + sV/180*pi + pi/2);
iT = iR + iL + iC;
teta = (sV/180*pi-angle(1/R+1/(j*w*L) + (j*w*C)))*180/pi; % teta = sV-sI;
Im = sqrt((Vm/R)^2 + ((Vm/(w*L))-(Vm*w*C))^2);
Z = Vm/Im;
% menulis hasil
disp(' teta (sV-sI) | Z '); % menampilkan hasil
disp([' ' num2str(teta) ' | ' num2str(Z)]);

% membuat grafik untuk tegangan dan arus
plot(t,v,'k',t,iT,'r',t,iR,'b',t,iL,'g',t,iC,'y','LineWidth',2); grid; % membuat grafik
tegangan dan arus fungsi waktu
hold on; % perintah supaya gambar dapat ditambah dengan grafik lainnya
plot([0 2/f],[0 0],'k','LineWidth',1); % membuat sumbu waktu sampai 2/f atau 2 x
periode
hold off; % perintah sebaliknya dari hold on
axis([0 2/f 1.1*min(v) 1.1*max(v)]); % membuat batas axis yang ditampilkan
title('Tegangan dan Arus pada beban RLC paralel'); % membuat judul grafik
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo'); % memberikan nama sumbu x dan y
legend('Tegangan sumber','Arus sumber','Arus resistor','Arus induktor','Arus
kapasitor'); % membuat keterangan grafik yang ada pada gambar
Lvt=find(v==max(v),1)/1024*2/f; % mencari titik tegangan T maksimum pada
sumbu waktu
LitT=find(iT==max(iT),1)/1024*2/f; % mencari titik tegangan R maksimum pada
sumbu waktu
LitR=find(iR==max(iR),1)/1024*2/f; % mencari titik arus maksimum pada sumbu
waktu
LitL=find(iL==max(iL),1)/1024*2/f; % mencari titik arus maksimum pada sumbu
waktu
LitC=find(iC==max(iC),1)/1024*2/f; % mencari titik arus maksimum pada
sumbu waktu
text(Lvt,max(v)*1.05,'v(t)'); % menulis notasi tegangan T pada titik maksimum

```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

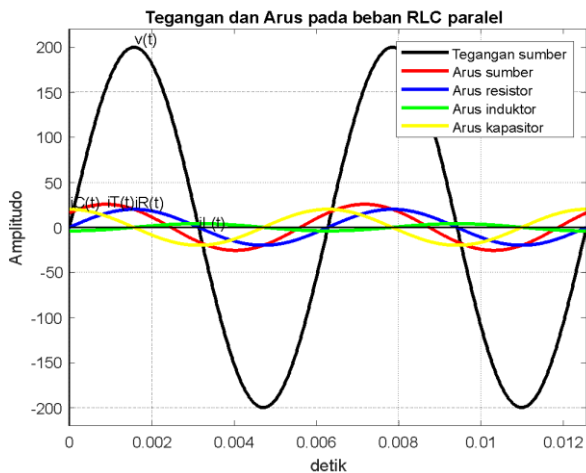
```

text(LitT,max(iT)*1.12,'iT(t)'); % menulis notasi tegangan R pada titik
maksimum
text(LitR,max(iR)*1.4,'iR(t)'); % menulis notasi arus pada titik maksimum
text(LitL,max(iL)*1.4,'iL(t)'); % menulis notasi arus pada titik maksimum
text(LitC,max(iC)*1.4,'iC(t)'); % menulis notasi arus pada titik maksimum
    
```

### Hasil Running Program

```

=====
teta (sV-sl) | Z
-38.6598 | 7.8087
=====
    
```

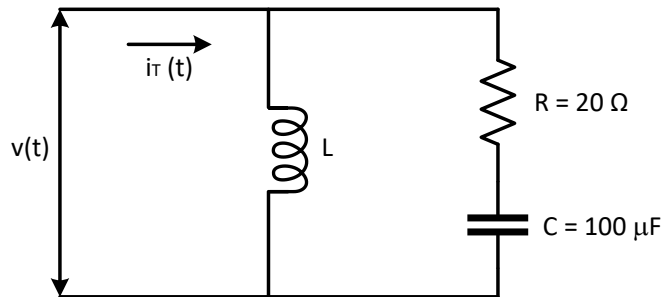


**Gambar 3.28. Bentuk Gelombang Arus, Tegangan untuk Kasus 3.9**

### Kasus 3.10

Tentukan besar nilai elemen inductor (L) pada rangkaian dari Gambar 3.29 jika tegangan pada rangkaian tersebut adalah  $v(t)=100\sin 500t$  V dan arus total adalah  $i_t(t) = 2,5\sin 500t$  A.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 3.29. Rangkaian Listrik untuk Kasus 3.10**

**Penyelesaian**

Impedansi rangkaian dari Gambar 3.29 adalah:

$$\text{Impedansi} = \frac{V_m}{I_m} = \frac{100}{2,5} = 40\Omega$$

Untuk mencari besar harga elemen L dari persamaan seperti berikut:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\text{impedansi}} &= \frac{1}{\omega L} + \frac{1}{\sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2}} \\ &= \frac{\omega L + \sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2}}{\omega L \sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2}} \end{aligned}$$

Atau

$$\omega L \sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2} = \text{impedansi} \cdot (\omega L + \sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2})$$

$$\omega L \sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2 - 1} = \text{impedansi} \cdot \sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2}$$

$$L = \frac{\text{impedansi} \cdot \sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2}}{\omega \sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2 - 1}}$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

$$40. = \frac{\sqrt{20^2 + \left(\frac{1}{500 \cdot 100 \cdot 10^{-6}}\right)^2}}{500 \sqrt{20^2 + \left(\frac{1}{500 \cdot 100 \cdot 10^{-6}}\right)^2} - 1}$$

$$= \frac{1131,2}{13640} = 0,083 \text{ H}$$

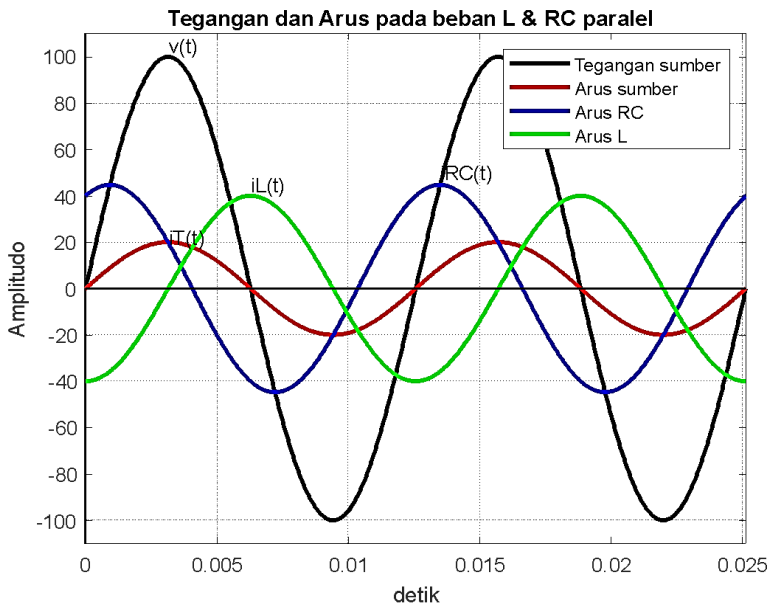
### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Sumber tegangan dan arus sinusoidal Kasus 3.10
% Dr.Ir.I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng.
% I N W Satiawan,ST.,MSc.,Ph.D.,I M A Nrartha,ST.,MT.,
% Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----%
Kasus 3.10
% Tentukan besar harga elemen L pada rangkaian dari Gambar 3.18 jika
% tegangan pada rangkaian tersebut adalah v(t)=100sin 500t V dan arus
% total sefase dan berapa Im dari arus total
%=====
clear all, close all, clc
j = sqrt(-1); % notasi kompleks
Vm = 100; sV = 0;
R = 1;
C = 1000e-6;
w = 500;
f = w/(2*pi); % frekuensi (Hz)
t = linspace(0,2/f,1024); % waktu dari 0 s/d 2 periode, dengan jumlah data
1024
v = Vm*sin(w*t + sV/180*pi);
L = (1+(w*R*C)^2)/(w^2*C);
Im = Vm/((1+(w*R*C)^2)/((w*C)^2*R));
iT = Im*sin(w*t + sV/180*pi);
iRC = Vm/abs(R+1/(j*w*C))*sin(w*t + sV/180*pi-angle(R+1/(j*w*C)));
iL = Vm/(w*L)*sin(w*t + sV/180*pi-pi/2);
% menulis hasil
disp(' L | Im '); % menampilkan hasil
disp([' ' num2str(L) ' | ' num2str(Im)]);
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
% membuat grafik untuk tegangan dan arus
plot(t,v,'k',t,iT,'r',t,iRC,'b',t,iL,'g','LineWidth',2); grid; % membuat grafik tegangan
dan arus fungsi waktu
hold on; % perintah supaya gambar dapat ditambah dengan grafik lainnya
plot([0 2/f],[0 0],'k','LineWidth',1); % membuat sumbu waktu sampai 2/f atau 2 x
periode
hold off; % perintah sebaliknya dari hold on
axis([0 2/f 1.1*min(v) 1.1*max(v)]); % membuat batas axis yang ditampilkan
title('Tegangan dan Arus pada beban L & RC paralel'); % membuat judul grafik
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo'); % memberikan nama sumbu x dan y
legend('Tegangan sumber','Arus sumber','Arus RC','Arus L'); % membuat
keterangan grafik yang ada pada gambar
Lvt=find(v==max(v),1)/1024*2/f; % mencari titik tegangan T maksimum pada
sumbu waktu
LitT=find(iT==max(iT),1)/1024*2/f; % mencari titik tegangan R maksimum pada
sumbu waktu
LitRC=find(iRC==max(iRC),1)/1024*2/f; % mencari titik arus maksimum pada
sumbu waktu
LitL=find(iL==max(iL),1)/1024*2/f; % mencari titik arus maksimum pada sumbu
waktu
text(Lvt,max(v)*1.05,'v(t)'); % menulis notasi tegangan T pada titik maksimum
text(LitT,max(iT)*1.12,'iT(t)'); % menulis notasi tegangan R pada titik
maksimum
text(LitRC,max(iRC)*1.12,'iRC(t)'); % menulis notasi arus pada titik maksimum
text(LitL,max(iL)*1.12,'iL(t)'); % menulis notasi arus pada titik maksimum
%=====
```

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 3.30. Bentuk Gelombang Arus, Tegangan untuk Kasus 3.10**

**Hasil Running Program**

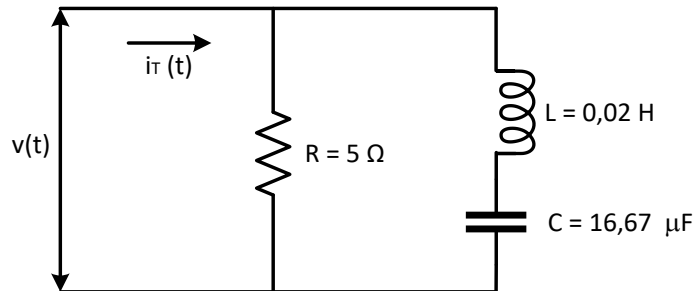
```
=====
L | Im
0.005 | 20
=====
```

**Kasus 3.11**

Bila kita memiliki rangkaian paralel seperti pada Gambar 3.31, jika diketahui tegangan pada rangkaian tersebut adalah  $V(t) = 50 \sin \sin (2000t - 90^\circ) V$ , tentukan arus total pada rangkaian tersebut.



**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 3.31. Rangkaian Listrik untuk Kasus 3.11**

**Penyelesaian**

Arus yang mengalir pada elemen R adalah:

$$\begin{aligned} i_R(t) &= \frac{V(t)}{R} \\ &= \frac{50}{5} \sin \sin (2000t - 90^\circ) \\ &= 10 \sin \sin (2000t - 90^\circ) \text{ A} \end{aligned}$$

Pada elemen R dan C di mana  $\omega L > \frac{1}{\omega C}$ , maka arus ketinggalan terhadap tegangan sebesar sudut fasa  $90^\circ$ . Arus yang mengalir pada elemen L dan C didapatkan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} i_{LC}(t) &= \frac{V(t)}{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)} \\ &= \frac{50}{\left(2000 \cdot 0,02 - \frac{1}{2000 \cdot 16,67 \cdot 10^{-6}}\right)} \\ &= \frac{50}{10} \sin \sin (2000t - 180^\circ) \\ &= 5 \sin \sin (2000t - 180^\circ) \text{ A} \end{aligned}$$

Arus total yang mengalir pada rangkaian adalah:

$$\begin{aligned} i_T(t) &= i_R(t) + i_{LC}(t) \\ &= 10 \sin \sin (2000t - 90^\circ) + 5 \sin \sin (2000t - 180^\circ) \\ &= 10 (\sin \sin 2000t \cos \cos 90^\circ - \cos \cos 2000t \sin \sin 90^\circ) \end{aligned}$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

$$\begin{aligned}
 &+5 (\sin \sin 2000t \cos \cos 180^\circ - \cos \cos 2000t \sin \sin 180^\circ) \\
 &= -10 \cos \cos 2000t - 5 \sin \sin 2000t \\
 &= \sqrt{10^2 + 5^2} \sin \sin (2000t - (90^\circ + (\frac{5}{10}))) \\
 &= 11,18 \sin \sin (2000t - 116,57^\circ) \text{ A}
 \end{aligned}$$

### Script MATLAB

```

%=====
% Script MATLAB Sumber tegangan dan arus sinusoidal Kasus 3.11
% Dr.Ir.I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng.
% I N W Satiawan,ST.,MSc.,Ph.D.,I M A Nrrartha,ST.,MT.,
% Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Kasus 3.11
% Pada rangkaian paralel seperti Gambar 3.19, jika tegangan pada
% rangkaian tersebut adalah  $v(t) = 50 \sin(2000t - 90^\circ)$  V, Dapatkan arus
% total pada rangkaian tersebut.

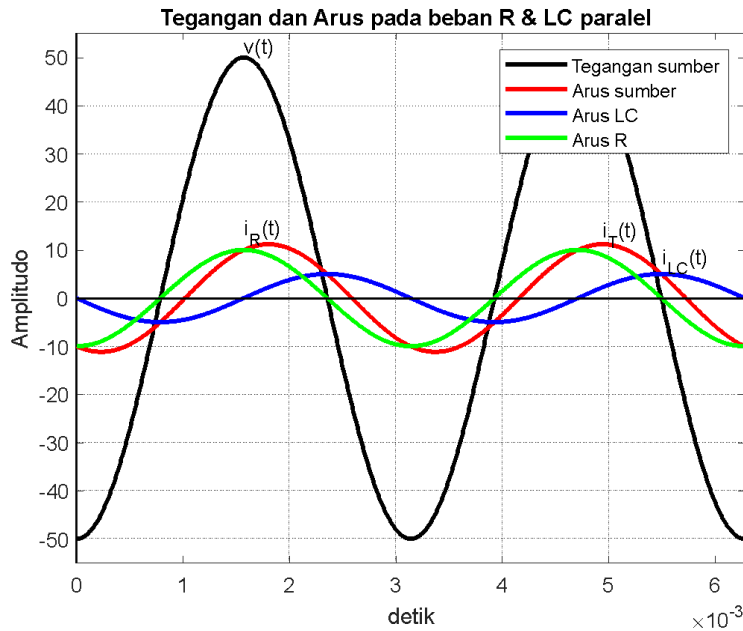
clear all, close all, clc
j = sqrt(-1); % notasi kompleks
Vm = 50; sV = -90;
R = 5;
L = 0.02;
C = 16.67e-6;
w = 2000;
f = w/(2*pi); % frekuensi (Hz)
t = linspace(0,2/f,1024); % waktu dari 0 s/d 2 periode, dengan jumlah data
1024
v = Vm*sin(w*t + sV/180*pi);
iR = Vm/R*sin(w*t + sV/180*pi);
iLC = Vm/(abs(j*(w*L-1/(w*C))))*sin(w*t + sV/180*pi-pi/2);
Z = R*j*(w*L-1/(w*C))/(R+j*(w*L-1/(w*C)));
iT = Vm/abs(Z)*sin(w*t + sV/180*pi-angle(Z));
% menulis hasil
disp(' Im | sudut iT '); % menampilkan hasil
disp([' ' num2str(Vm/abs(Z)) ' | ' num2str((sV/180*pi-angle(Z))*180/pi)];

```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
% membuat grafik untuk tegangan dan arus
plot(t,v,'k',t,iT,'r',t,iLC,'b',t,iR,'g','LineWidth',2); grid; % membuat grafik tegangan
dan arus fungsi waktu
hold on; % perintah supaya gambar dapat ditambah dengan grafik lainnya
plot([0 2/f],[0 0],'k','LineWidth',1); % membuat sumbu waktu sampai 2/f atau 2 x
periode
hold off; % perintah sebaliknya dari hold on
axis([0 2/f 1.1*min(v) 1.1*max(v)]); % membuat batas axis yang ditampilkan
title('Tegangan dan Arus pada beban R & LC paralel'); % membuat judul grafik
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo'); % memberikan nama sumbu x dan y
legend('Tegangan sumber','Arus sumber','Arus LC','Arus R'); % membuat
keterangan grafik yang ada pada gambar
Lvt=find(v==max(v),1)/1024*2/f; % mencari titik tegangan T maksimum pada
sumbu waktu
LitT=find(iT==max(iT),1)/1024*2/f; % mencari titik tegangan R maksimum pada
sumbu waktu
LitLC=find(iLC==max(iLC),1)/1024*2/f; % mencari titik arus maksimum pada
sumbu waktu
LitR=find(iR==max(iR),1)/1024*2/f; % mencari titik arus maksimum pada sumbu
waktu
text(Lvt,max(v)*1.05,'v(t)'); % menulis notasi tegangan T pada titik maksimum
text(LitT,max(iT)*1.2,'i_T(t)'); % menulis notasi tegangan R pada titik maksimum
text(LitLC,max(iLC)*1.6,'i_L_C(t)'); % menulis notasi arus pada titik maksimum
text(LitR,max(iR)*1.4,'i_R(t)'); % menulis notasi arus pada titik maksimum
%=====
```

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 3.32. Bentuk Gelombang Arus, Tegangan untuk Kasus 3.11**

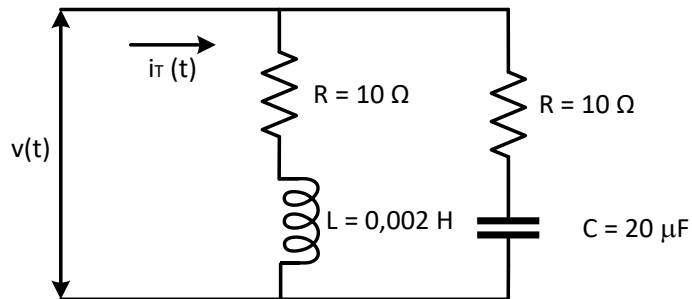
Hasil Running Script

```
=====
Im | sudut iT
11.179 |-116.5513
=====
```

**Kasus 3.12**

Bila kita memiliki sebuah rangkaian paralel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.23, jika tegangan pada rangkaian tersebut adalah  $V(t) = 100 \sin 5000t$  V, Dapatkan arus total pada rangkaian tersebut.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 3.33. Rangkaian Listrik untuk Kasus 3.12**

**Penyelesaian**

Arus yang mengalir pada cabang pertama adalah:

$$\begin{aligned}
 i_1(t) &= \frac{V(t)}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \\
 &= \frac{100}{\sqrt{10^2 + (5000 \cdot 0,002)^2}} \sin \sin \left( 5000t - \left( \frac{\omega L}{R} \right) \right) \\
 &= \frac{100}{14,14} \sin \sin \left( 5000t - \left( \frac{5000 \cdot 0,002}{10} \right) \right) \\
 &= 7,07 \sin \sin (5000t - 45^\circ)
 \end{aligned}$$

Arus yang mengalir pada cabang kedua adalah:

$$\begin{aligned}
 i_2(t) &= \frac{V(t)}{\sqrt{R^2 + \left( \frac{1}{\omega C} \right)^2}} \\
 &= \frac{100}{\sqrt{10^2 + \left( \frac{1}{5000 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} \right)^2}} \sin \sin \left( 5000t + \left( \frac{1}{\omega C R} \right) \right) \\
 &= \frac{100}{14,14} \sin \sin \left( 5000t + \left( \frac{1}{5000 \cdot 20 \cdot 10^{-6} \cdot 10} \right) \right) \\
 &= 7,07 \sin \sin (5000t + 45^\circ) \text{ A}
 \end{aligned}$$

Arus total yang mengalir pada rangkaian adalah:

$$\begin{aligned}
 i_T(t) &= i_1(t) + i_2(t) \\
 &= 7,07 \sin \sin (5000t - 45^\circ) + 7,07 \sin \sin (5000t + 45^\circ)
 \end{aligned}$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

$$\begin{aligned}
 &= 7,07(\sin \sin 5000t \cos \cos 45^\circ - \cos \cos 5000t \sin \sin 45^\circ) + \\
 &7,07(\sin \sin 5000t \cos \cos 45^\circ + \cos \cos 5000t \sin \sin 45^\circ) \\
 &= 5 \sin \sin 5000t + 5 \sin \sin 5000t \quad 10 \sin \sin 5000t \quad A
 \end{aligned}$$

### Script MATLAB

```

%=====
% Script MATLAB Sumber tegangan dan arus sinusoidal Kasus 3.12
% Dr.Ir.I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng.
% I N W Satiawan,ST.,MSc.,Ph.D.,I M A Nrrartha,ST.,MT.,
% Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Kasus 3.12
% Pada rangkaian paralel seperti gambar 3.20, jika tegangan pada
%rangkaian tersebut adalah v(t) = 100 sin 5000t V, tentukan arus total
% pada rangkaian tersebut.
%=====

clear all, close all, clc
j = sqrt(-1); % notasi kompleks
Vm = 100; sV = 0;
R1 = 10;
L = 0.002;
R2 = 10;
C = 20e-6;
w = 5000;
Z1 = R1 + j*w*L;
Z2 = R2 + 1/(j*w*C);
Z = Z1*Z2/(Z1+Z2);
f = w/(2*pi); % frekuensi (Hz)
t = linspace(0,2/f,1024); % waktu dari 0 s/d 2 periode, dengan jumlah data
1024
v = Vm*sin(w*t + sV/180*pi);
iRL = Vm/abs(Z1)*sin(w*t + sV/180*pi-angle(Z1));
iRC = Vm/abs(Z2)*sin(w*t + sV/180*pi-angle(Z2));
iT = Vm/abs(Z)*sin(w*t + sV/180*pi-angle(Z));
% menulis hasil
disp(' Im | sudut iT '); % menampilkan hasil

```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

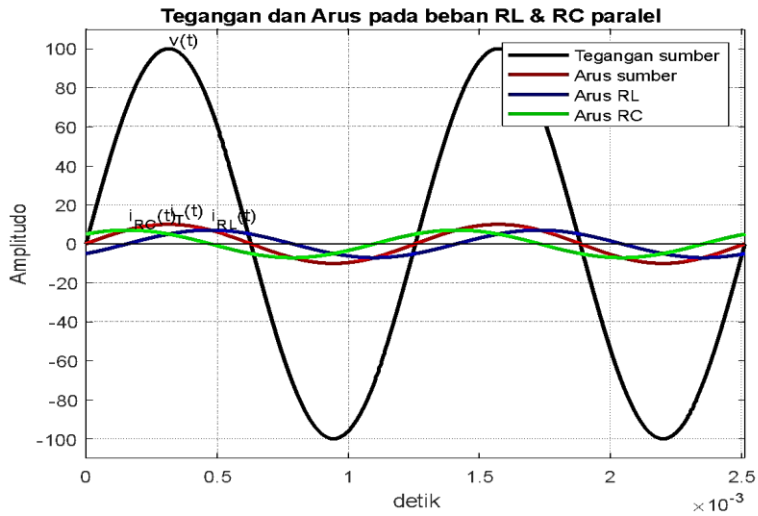
```

disp([' ' num2str(Vm/abs(Z)) ' | ' num2str((sV/180*pi-angle(Z))*180/pi)];

% membuat grafik untuk tegangan dan arus
plot(t,v,'k',t,iT,'r',t,iRL,'b',t,iRC,'g','LineWidth',2); grid; % membuat grafik tegangan
dan arus fungsi waktu
hold on; % perintah supaya gambar dapat ditambah dengan grafik lainnya
plot([0 2/f],[0 0],'k','LineWidth',1); % membuat sumbu waktu sampai 2/f atau 2 x
periode
hold off; % perintah sebaliknya dari hold on
axis([0 2/f 1.1*min(v) 1.1*max(v)]); % membuat batas axis yang ditampilkan
title('Tegangan dan Arus pada beban RL & RC paralel'); % membuat judul
grafik
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo'); % memberikan nama sumbu x dan y
legend('Tegangan sumber','Arus sumber','Arus RL','Arus RC'); % membuat
keterangan grafik yang ada pada gambar
Lvt=find(v==max(v),1)/1024*2/f; % mencari titik tegangan T maksimum pada
sumbu waktu
LitT=find(iT==max(iT),1)/1024*2/f; % mencari titik tegangan R maksimum pada
sumbu waktu
LitRL=find(iRL==max(iRL),1)/1024*2/f; % mencari titik arus maksimum pada
sumbu waktu
LitRC=find(iRC==max(iRC),1)/1024*2/f; % mencari titik arus maksimum pada
sumbu waktu
text(Lvt,max(v)*1.05,'v(t)'); % menulis notasi tegangan T pada titik maksimum
text(LitT,max(iT)*1.6,'i_T(t)'); % menulis notasi tegangan R pada titik maksimum
text(LitRL,max(iRL)*1.9,'i_R_L(t)'); % menulis notasi arus pada titik maksimum
text(LitRC,max(iRC)*1.9,'i_R_C(t)'); % menulis notasi arus pada titik maksimum
%=====

```

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 3.34. Bentuk Gelombang Arus, Tegangan untuk Kasus 3.12**

**Hasil Running Script**

```
=====
Im | sudut iT
10 | 0
=====
```

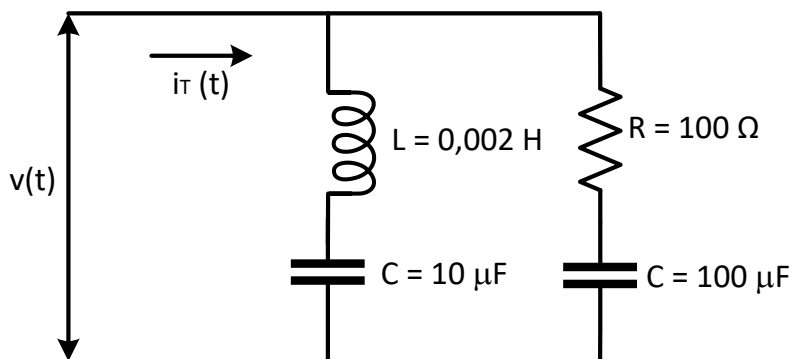


**LATIHAN-LATIHAN**

1. Suatu induktansi murni  $L = 10$  mH dengan tegangan pada induktansi tersebut sebesar  $V_L(t) = 100 \sin 1000t$  V. Dapatkan arus yang mengalir pada induktansi tersebut.
2. Suatu kapasitansi murni  $C$  dilalui arus  $i(t) = 110 \sin 2000t$  A dan tegangan pada kapasitansi tersebut  $V_C(t) = 100 \sin (2000t - 90^\circ)$  V. Dapatkan besar harga kapasitansi tersebut.
3. Suatu rangkaian seri yang terdiri dari dua elemen murni dengan tegangan total pada rangkaian adalah  $V_T(t) = 220 \cos (200t - 30^\circ)$  V, arus yang mengalir pada rangkaian adalah  $i(t) = 5,5 \cos (200t - 55,5^\circ)$  A. Dapatkan besar harga elemen pada rangkaian tersebut.
4. Suatu rangkaian seri yang terdiri dari dua elemen murni dengan arus total pada rangkaian adalah  $I_T(t) = 1,5 \cos (200t - 55,5^\circ)$  A. Dan tegangan setiap cabang adalah  $V(t) = 200 \cos (200t - 30^\circ)$  V, Dapatkan besar harga setiap elemen pada rangkaian listrik tersebut.
5. Sebuah resistor  $R = 100$  Ohm dan sebuah kapasitor  $C = 22$   $\mu$ F yang terhubung seri, Tegangan pada kapasitor tersebut adalah  $V_C(t) = 220 \cos 1000t$  V. Dapatkan tegangan total pada rangkaian tersebut, sudut fasa antar arus dan tegangan total, dan *magnitude* impedansi.
6. Suatu rangkaian listrik paralel terdiri dari  $L = 25$  mH dan  $C = 0,470$   $\mu$ F dengan tegangan  $V(t) = 220 \sin 1000t$  V. Dapatkan arus total pada rangkaian tersebut.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

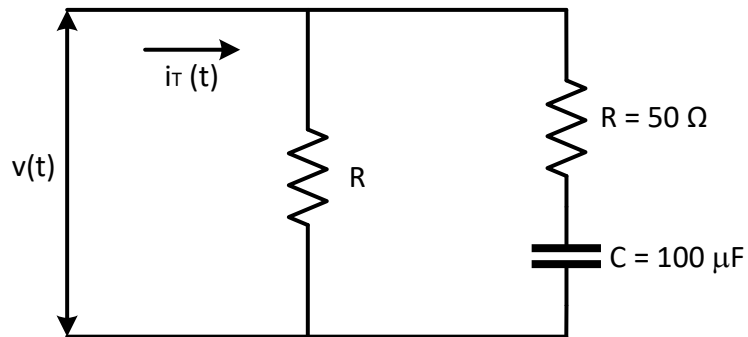
7. Dua buah elemen murni dengan  $R = 100 \text{ Ohm}$  dan  $C = 10 \text{ F}$  dihubungkan paralel dengan tegangan  $V(t) = 220 \cos \cos (1000t - 30^\circ) \text{ V}$ . Dapatkan arus total pada rangkaian tersebut.
8. Suatu rangkaian seri terdiri dari  $L = 1,5 \text{ mH}$  dan kapasitansi yang besar harganya tidak diketahui dengan tegangan total pada rangkaian tersebut adalah  $V_T(t) = 150 \sin \sin 2000t \text{ V}$  dan arusnya adalah  $i(t) = 2 \sin \sin (2000t + 90^\circ) \text{ A}$ . Dapatkan kapasitansi pada rangkaian tersebut
9. Pada rangkaian paralel seperti gambar 3.36, jika tegangan pada rangkaian tersebut  $V(t) = 220 \sin \sin 2000t \text{ V}$ . Dapatkan arus total pada rangkaian tersebut.



**Gambar 3.35. Untuk Soal Latihan 8**

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

10. Jika tegangan pada rangkaian seperti gambar 3.37. adalah  $V(t) = 220 \sin 2000t$  V dan arus totalnya  $i_T(t) = 15 \sin 2000t$  A, Dapatkan besar harga elemen R pada rangkaian tersebut.



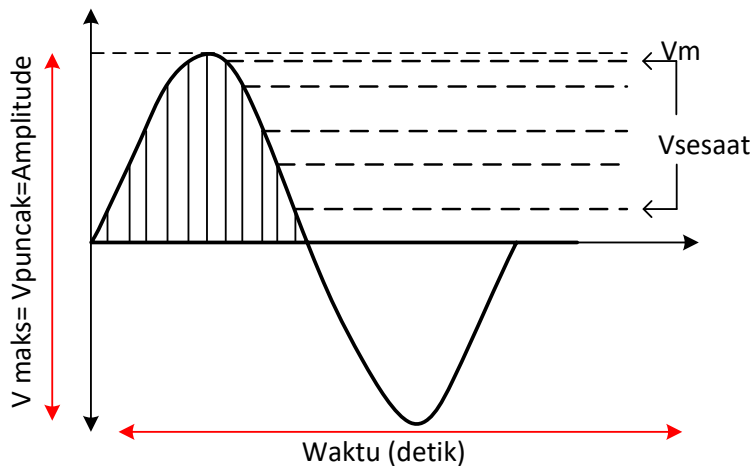
**Gambar 3.36. Untuk Soal Latihan 9**

**BAB**  
**4**

**NILAI RATA-RATA EFEKTIF  
DAN FASOR**

**4.1. Pendahuluan**

**Harga sesaat** merupakan besaran tegangan pada saat tertentu atau tegangan pada saat atau tegangan yang terjadi pada saat tertentu. Harga sesaat dapat dihitung besarnya dengan menggunakan perhitungan matematis pada saat tertentu. Perhatikan Gambar berikut:



**Gambar 4.1. Representasi Harga Sesaat dari Sebuah Gelombang**

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

**Harga efektif** arus dan tegangan bolak-balik sama dengan nilai arus dan tegangan searah yang menghasilkan jumlah kalor yang sama ketika melewati resistor dalam waktu yang sama. Untuk menghitung nilai efektif dari arus bolak balik secara matematika, maka kita perlu mengetahui nilai rata-rata dari yang dapat ditentukan dari grafik fungsi terhadap waktu. Atau besaran yang terukur dengan menggunakan alat ukur/multimeter baik analog maupun digital.

### 4.2. Harga Rata-Rata

Bila sebuah sinyal *periodic sinus* diterapkan pada sebuah rangkaian listrik dengan periode T maka harga rata-rata dari tegangan atau arus bolak-balik diperoleh dengan menghitung harga sesaat, didapat dengan menghitung dari setengah periode saja. Mengapa dihitung hanya setengah siklus, hal ini disebabkan karena nilai setengah siklus berikutnya memiliki nilai yang sama dengan berbeda tanda. Bila dihitung menggunakan satu periode maka nilai rata-rata akan memiliki nilai nol. Perhatikan contoh 4.1. Bila menggunakan perhitungan dalam waktu satu siklus maka gelombang tersebut harus berbentuk setengah siklus tidak sama dengan setengah siklus sebelumnya perhatikan contoh 4.2. Persamaan umum untuk menentukan harga rata-rata dari sebuah gelombang arus adalah seperti berikut:

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) dt \dots \dots \dots (4.1)$$

Dengan  $i(t)$  adalah arus periodic dan T adalah periode.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

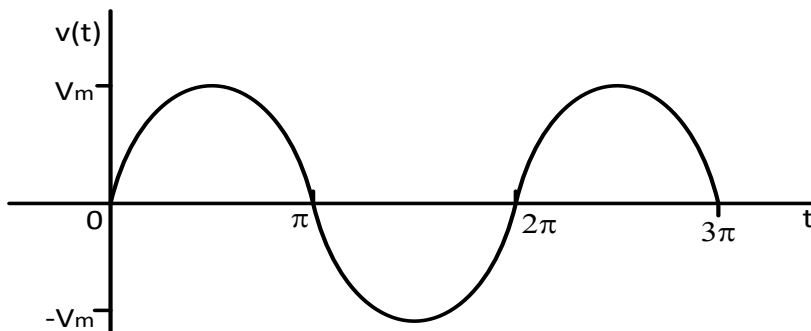
Persamaan umum untuk menentukan harga rata-rata dari sebuah gelombang tegangan adalah seperti berikut:

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{1}{T} \int_0^T V(t) dt \dots\dots\dots(4.2)$$

Tentukan harga rata-rata dari sebuah gelombang tegangan dengan tegangan maksimum 220 volt dengan fungsi sebagai  $v(t) = V_m \sin t$  dan periodenya adalah  $T = 2\pi$  dan Gambarkan secara grafis.

**Penyelesaian**

Fungsi ini dapat digambarkan pada Gambar 4.2



**Gambar 4.2. Diagram Sinusoidal untuk Kasus 4.1**

Periode gelombang tegangan adalah  $T = 2\pi$ , didapatkan harga rata-rata dari gelombang tegangan adalah:

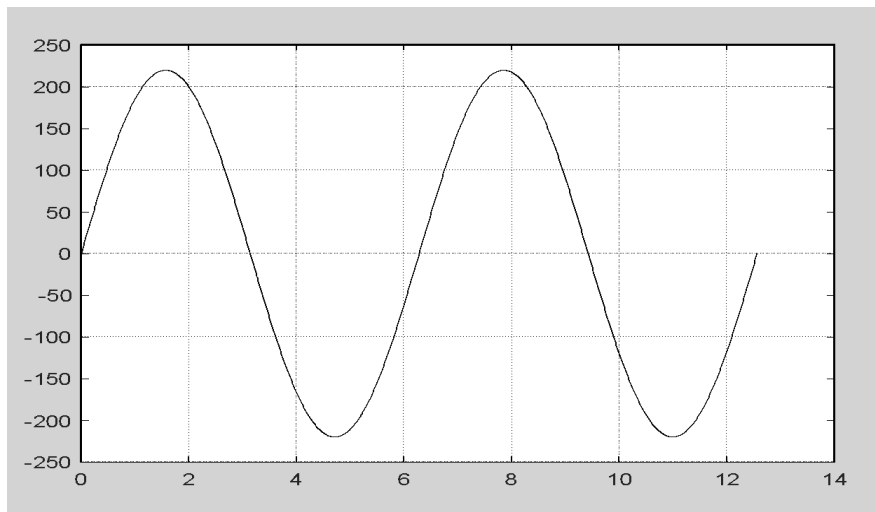
$$\begin{aligned} V_{\text{rata-rata}} &= \frac{V_m}{2} \int_0^{2\pi} \sin t dt = \frac{V_m}{2} [-\cos t]_0^{2\pi} \\ &= \frac{V_m}{2} [-\cos 2\pi + \cos 0] = 0 \end{aligned}$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Harga Rata-rata, Efektif dan Fasor untuk Kasus 4.1
% Dr.Ir.I K Wiryajati,MT,IPU.,ASEAN.Eng. INW Satiawan,ST.,MSc.,PhD.,
% I M A Nrartha,ST.,MT.,Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
clear all, close all, clc

Vm = 220;
T = linspace(0,4*pi,1024);
v = Vm*sin(t);
Vavg = 1/(length(t)-1)*sum(v)
plot(t,v,'k'),
grid
%=====
```



Gambar 4.3. Diagram Sinusoidal untuk Kasus 4.1

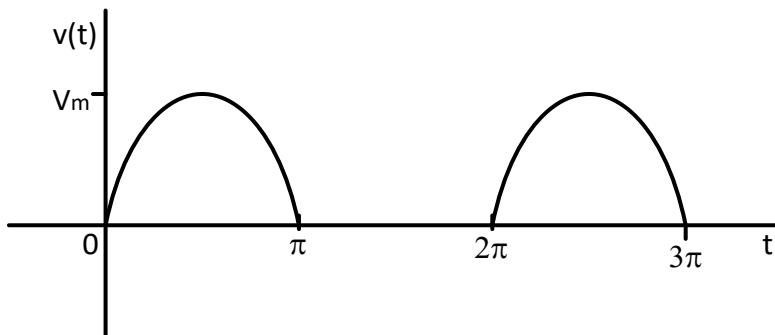
**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

**Hasil Running Script**

```
=====
Vavg = 4.2887e-15
=====
```

**Kasus 4.2**

Buatkan script MATLAB serta tentukan harga rata-rata dari gelombang tegangan dengan nilai  $v_{max}$  adalah 220 volt seperti Gambar 4.4.



**Gambar 4.4. Diagram Sinusoidal untuk Kasus 4.2**

**Penyelesaian**

Persamaan dari gelombang tegangan pada Gambar 4.4 adalah:

$$V(t) = \{V(t) = V_m \sin t, 0 < t < \pi; V(t) = 0, \pi < t < 2\pi\}$$

Periode gelombang tegangan  $v_m=220$  volt adalah  $T = 2\pi$ , maka harga rata-rata dari gelombang tegangan adalah:

$$\begin{aligned} V_{\text{rata-rata}} &= \frac{V_m}{2} \int_0^{\pi} \sin t \, dt = \frac{V_m}{2} [-\cos t]_0^{\pi} \\ &= \frac{V_m}{2} [-\cos \pi + \cos 0] = \frac{V_m}{2} 0,318 V_m \end{aligned}$$

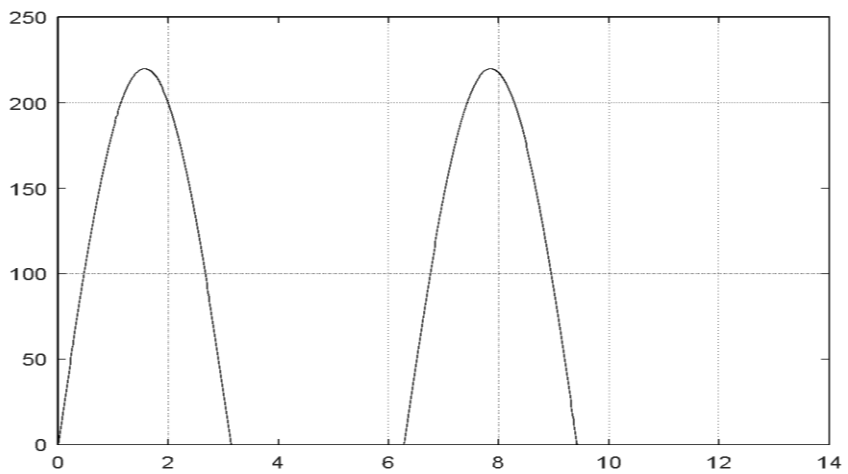


## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Harga Rata-rata, Efektif dan Fasor untuk Kasus 4.2
% Dr.Ir.I K Wiryajati,MT,IPU.,ASEAN.Eng. INW Satiawan,ST.,MSc.,PhD.,
% I M A Nrartha,ST.,MT.,Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----

clear all, close all, clc
Vm = 220;
t=linspace(0,4*pi,1024);
v1 = Vm*sin(t(1:length(t)/4));
v2 = zeros(1,length(t)/4)
v3 = Vm*sin(t(length(t)/2+1:length(t)*3/4));
v = [v1 v2 v3 v2];
Vavg = 1/(length(t)-1)*sum(v)
plot(t,v,'k')
grid
%=====
```



Gambar 4.5. Diagram Hasil Sinus untuk Kasus 4.2

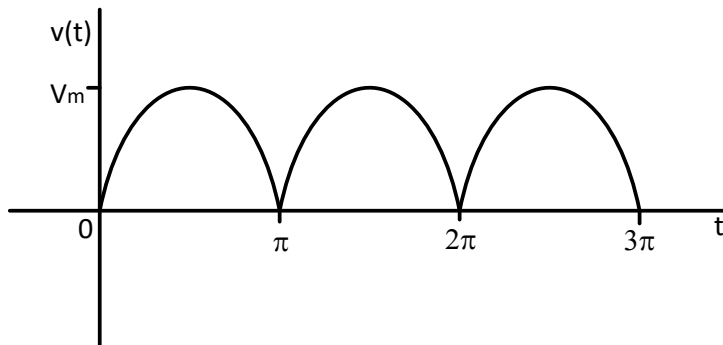
## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Hasil Running Script

Vavg = 70.0281

### Kasus 4.3

Buatkan script MATLAB dan dapatkan harga rata-rata dari gelombang tegangan dengan nilai  $v_{maks} = 220$  volt seperti Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Diagram untuk Kasus 4.3

### Penyelesaian

Persamaan dari gelombang tegangan pada Gambar 4.6 adalah:

$$V(t) = V_m \sin t, 0 < t < \pi$$

Periode gelombang tegangan adalah  $T = \pi$ , maka harga rata-rata dari gelombang tegangan adalah:

$$\begin{aligned} V_{\text{rata-rata}} &= \frac{V_m}{\pi} \int_0^{\pi} \sin t \, dt = \frac{V_m}{\pi} [-\cos t]_0^{\pi} \\ &= \frac{V_m}{\pi} [-\cos \pi + \cos 0] = \frac{2V_m}{\pi} = 0,636 V_m \end{aligned}$$

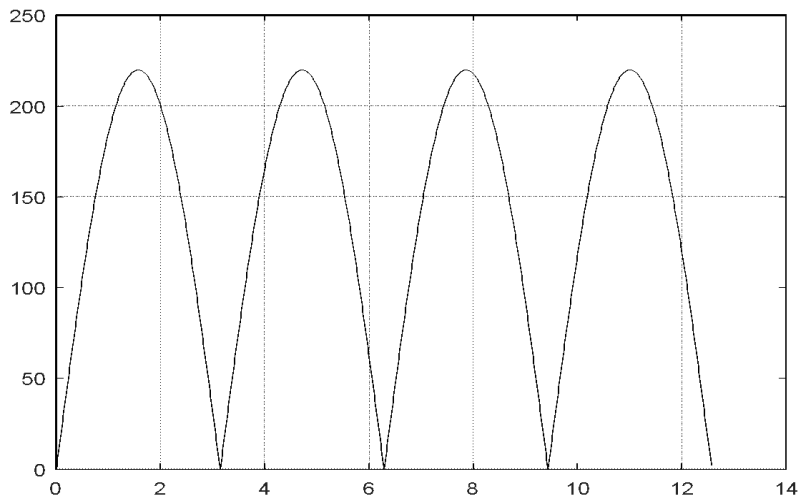
## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Harga Rata-rata, Efektif dan Fasor untuk Kasus 4.3
% Dr.Ir.I K Wiryajati,MT,IPU.,ASEAN.Eng. INW Satiawan,ST.,MSc.,PhD.,
% I M A Nrartha,ST.,MT.,Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----

clear all, close all, clc

Vm = 220;
t=linspace(0,4*pi,1024);
v1 = Vm*sin(t(1:length(t)/4));
v = [v1 v1 v1 v1];
Vavg = 1/(length(t)-1)*sum(v)
plot(t,v,'k')
grid
%=====
```



**Gambar 4.7. Diagram Hasil Sinus untuk Kasus 4.3**

**Hasil Running Script**

```
=====
Vavg =140.0556
=====
```

**4.3. Harga Efektif Arus dan Tegangan.**

Tegangan listrik setelah turun dari gardu tegangan rendah adalah sebesar 220 V bukanlah tegangan sesaat karena tegangan sesaat tidak memiliki nilai yang konstan. Nilai tegangan jala di rumah kita adalah 220 V juga bukan amplitudo gelombang tegangan yang selama ini ditulis sebagai tegangan masukan atau tegangan masukan seperti  $V_{in}$ , karena bila dilihat dengan sebuah osiloskop yang sudah terkalibrasi memiliki nilai lebih dari 220 volt hal ini karena amplitude dari tegangan 220 V ini adalah  $220 \times \sqrt{2}$  atau 311,13 V. Harga 220 V ini adalah niai yang diterima oleh sebuah beban yang disebut dengan **harga efektif**. Harga ini yang dapat di ukur dengan menggunakan alat ukur.

Persamaan umum untuk penentuan harga efektif dari sebuah gelombang tegangan adalah seperti berikut:

$$V_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i(t)^2 dt} \dots\dots\dots(4.3)$$

Untuk lebih jelas mari kita buktikan dengan seksama:

Bila kita memiliki sebuah sumber arus dengan persamaan

$$i(t) = I_m \cos(\omega t - \theta)$$

Dengan periode  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ , maka dengan substitusi ke persamaan (4.3) didapatkan sebagai berikut.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

$$V_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i(t)^2 dt}$$

$$V_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{2\pi}{\omega}} \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} (I_m \cos(\omega t - \theta))^2 dt}$$

$$V_{\text{eff}} = I_m \sqrt{\frac{\omega}{2\pi} \int_0^{\frac{2\pi}{\omega}} \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cos(2\omega t - 2\theta) \right) dt}$$

$$V_{\text{eff}} = I_m \sqrt{\frac{\omega}{2\pi} [t]_0^{\frac{2\pi}{\omega}}}$$

$$V_{\text{eff}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (4.4)$$

Demikian juga berlaku untuk arus efektif.

Dengan  $v(t)$  adalah tegangan periodic, dan T adalah periode. Persamaan umum yang serupa untuk menentukan harga efektif dari sebuah gelombang arus adalah seperti berikut:

$$I_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i(t)^2 dt} \dots\dots\dots (4.5)$$

$$I_{\text{eff}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (4.6)$$

**Kasus 4.4**

Dapatkan harga efektif dan buatlah script MATLAB dari sebuah gelombang tegangan dengan besaran 220 Volt dengan bentuk Sinusoidal seperti Kasus 4.1

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Penyelesaian

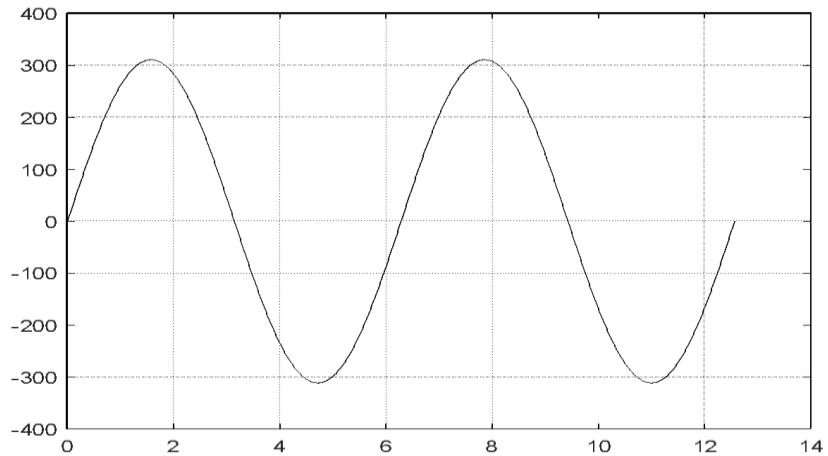
Periode gelombang tegangan adalah  $T = 2\pi$ , maka harga efektif dari gelombang tegangan adalah:

$$V_{eff} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2} \int_0^{2\pi} (\sin \sin t)^2 dt} = \sqrt{\frac{V_m^2}{2} \left[ \frac{t}{2} - \frac{\sin \sin 2t}{4} \right]_{2\pi}^0}$$
$$= \sqrt{\frac{V_m^2}{2} \left( \frac{2}{2} - \frac{\sin \sin 4}{4} \right)} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0,707 V_m$$

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Harga Rata-rata, Efektif dan Fasor untuk Kasus 4.4
% Dr.Ir.I K Wiryajati,MT,IPU.,ASEAN.Eng. INW Satiawan,ST.,MSc.,PhD.,
% I M A Nrartha,ST.,MT.,Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
clear all, close all, clc

Vm = 220*sqrt(2);
t=linspace(0,4*pi,1024);
v = Vm*sin(t); % tegangan fungsi waktu
Vrms = sqrt(1/(length(t)-1)*sum(v.^2)) % nilai Efektif
plot(t,v,'k'), % menampilkan hasil gelombang
grid % menampilkan grid
%=====
```



**Gambar 4.8. Diagram hasil sinus untuk Kasus 4.4**

### **Hasil Running Script**

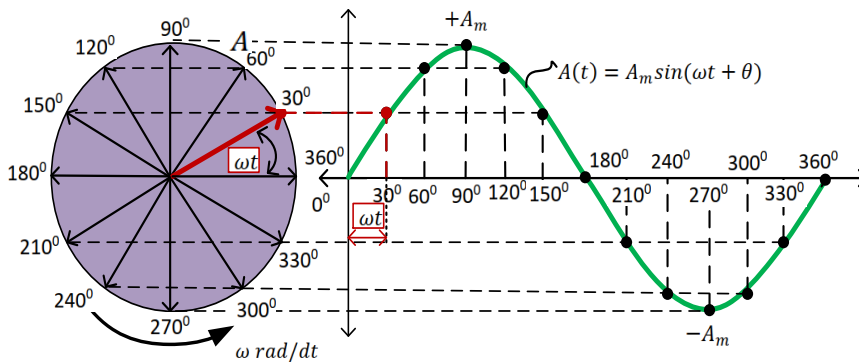
```
=====
Vrms =220.0000
=====
```

### **4.4. Konsep Phasor**

Phasor atau Fasor dapat digunakan untuk menggambarkan gelombang Sinusoidal dengan mudah, dengan menggunakan fungsi sinus dan cosinus. Atau fasor adalah bilangan kompleks yang merepresentasikan besaran atau magnitude dan phasa dari gelombang Sinusoidal. Metode ini pertama kali diusahakan dalam rangka untuk menyelesaikan rangkaian ac diperkenalkan pertama kali oleh **Charles Steinmetz** pada tahun 1893. Istilah fasor digunakan untuk mendeskripsikan garis berputar yang memiliki besaran nilai &

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

pula arah sehingga istilah vector dipakai pada konsep ini. Disparitas yang utama di antara besarnya vektor adalah "nilai puncak" dari Sinusoidal sedangkan besarnya fasor adalah "nilai rms" untuk merepresentasikan fasor dapat diperlihatkan pada Gambar 4.9. dengan gelombang Sinusoidal bergerak pada sisi kiri dan sebelah kanan menunjukkan fasor berputar dengan frekuensi dalam radian.



**Gambar 4.9. Representasi Fasor Pada Gelombang Sinusoidal**

Fasa kuantitas bergantian setiap saat dapat diwakili oleh diagram fasor, sehingga diagram fasor dapat dianggap sebagai "fungsi waktu". Gelombang Sinusoidal lengkap dapat bentuk oleh vektor tunggal yang berputar pada kecepatan sudut  $\omega = 2\pi f$ , di mana  $f$  adalah frekuensi bentuk gelombang. Maka Fasor adalah kuantitas yang memiliki "**Magnitude**" dan "**Direction**".

Sebuah rangkaian dapat dijelaskan dengan menggunakan fasor disebut dalam kawasan frekuensi (**Domain Frequency**). Suatu arus atau tegangan Sinusoidal pada frekuensi



**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

tertentu dapat ditandakan hanya oleh dua parameter, yaitu amplitudo dan sudut fasanya. Penyajian dalam bentuk bilangan kompleks untuk arus dan tegangan ini juga dicirikan oleh dua parameter yang sama tanpa menyebutkan frekuensi  $\omega$ . Untuk menyatakan dalam bentuk bilangan kompleks dengan amplitudo dari arus dan tegangan dapat konversikan ke harga efektif yaitu dengan cara membagi dengan  $i\sqrt{2}$ . Untuk lebih jelas dapat diuraikan sebuah fungsi arus adalah seperti berikut:

$$i(t) = I_m \cos(\omega t + \phi) \dots\dots\dots (4.5)$$

Representasi arus pada persamaan (4.5) dalam bentuk bilangan kompleks, yaitu eksponensial yang dapat diuraikan menjadi bentuk polar, bentuk rectangular, dan bentuk eksponensial. Bentuk polar didasarkan atas besarnya kutub-kutub yang ditentukan oleh argument dan sudut phasa, bentuk persamaannya adalah:

$$I = I_m e^{j(\omega t + \phi)} \dots\dots\dots (4.6)$$

Bentuk rectangular atau disebut juga dengan bentuk trigonometri dengan bentuk persamaan sebagai berikut.

$$I = I_m \cos(\omega t + \phi) \dots\dots\dots (4.7)$$

Dalam bentuk eksponensial dapat pula dinyatakan dengan persamaan identitas euler yakni dengan persamaan:

$$I = I_m e^{j(\omega t + \phi)} \dots\dots\dots (4.8)$$

Perlu diperhatikan nilai argumen dari parameter yang dihitung tersebut adalah selalu di bagi  $\sqrt{2}$  sehingga dapat ditulis kembali sebagai berikut.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

$$I = \frac{I_m e^{j}}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots(4.9)$$

Representasi dalam bentuk bilangan kompleks, yaitu polar yang lebih singkat seperti berikut:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (4.10)$$

Dan untuk kasus fungsi suatu tegangan seperti berikut:

$$V(t) = V_m \cos \cos (\omega t + ) \dots\dots\dots (4.11)$$

Representasi tegangan ini dalam bentuk bilangan kompleks, yaitu eksponensial yang lebih singkat, adalah seperti berikut:

$$V = \frac{V_m e^{j}}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (4.12)$$

Representasi dalam bentuk bilangan kompleks, yaitu polar yang lebih singkat, adalah seperti berikut:

$$V = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots (4.13)$$

Representasi nilai kompleks yang lebih singkat dari arus dan tegangan ini disebut **fasor**. Secara detail konversi dalam kawasan waktu menjadi kawasan fasor dapat di lihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1. Konversi antara Kawasan Waktu ke Fasor**

No	Kawasan waktu	Kawasan fasor
1	$v(t) = V_m \cos \cos (\omega t + )$	$V = V_m$
2	$v(t) = V_m \sin \sin (\omega t + )$	$V = V_m - 90$
3	$i(t) = I_m \cos \cos (\omega t + )$	$I = I_m$
4	$i(t) = I_m \sin \sin (\omega t + )$	$I = I_m - 90$

#### **4.5. Diagram Fasor**

Diagram fasor adalah nama untuk suatu bentuk sketsa pada bidang kompleks, yang memperlihatkan hubungan antara tegangan fasor dan arus fasor di dalam sebuah rangkaian listrik. Diagram ini juga memberikan metode grafis yang dapat memudahkan dalam menganalisis rangkaian. Seperti halnya bilangan kompleks dalam bentuk polar yang bisa diubah dalam bentuk rectangular dan disajikan dalam bentuk diagram, maka bentuk fasor tegangan atau arus juga bisa diubah dalam rektangular dan disajikan dalam bentuk diagram. Penyajian fasor dalam bentuk diagram ini disebut diagram fasor. Untuk membuat visualisasi fasor dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut.

Langkah 1, Lakukan perubahan atau konversi dari fungsi sinus ke fungsi cosinus sesuai konsep fasor atau lihat tabel 4.1, Langkah 2, ubah besaran listrik menjadi besaran efektif, misalnya  $V_m$  dan  $I_m$  menjadi  $V_{rms}$  dan  $I_{rms}$ , Selanjutnya Langkah 3, buat diagram fasornya, sesuai persamaan.

Untuk lebih jelas perhatikan beberapa Kasus berikut:

##### **Kasus 4.5**

Suatu fungsi arus dan tegangan seperti  $i(t) = 150,5 \sin(2500t - 145^\circ) A$  dan  $V(t) = 311(2500t + 270^\circ) V$ . Dapatkan fasor dan Gambarkan diagram fasornya.

**Penyelesaian**

**Langkah pertama** Penyajian dalam bentuk fasor dari dan tegangan ini dapat dilakukan konversi dari fungsi sinus ke cosinus dengan menggeser sebesar-90<sup>0</sup> (Sembilan puluh derajat)  
 $i(t) = 150,5 \sin (2500t - 145^\circ) \text{ A}$

$$i(t) = 150,5 \cos (2500t - 145^\circ - 90^\circ) \text{ A} \dots\dots\dots (4.13)$$

$$i(t) = 150,5 \cos (2500t - 235^\circ) \text{ A} \dots\dots\dots (4.14)$$

$$V(t) = 311 \cos (2500t + 270^\circ) \text{ V}$$

$$V(t) = 311 \cos (-2500t + 270^\circ - 90^\circ) \dots\dots\dots (4.15)$$

$$V(t) = 311 \cos (2500t + 180^\circ) \text{ V} \dots\dots\dots (4.16)$$

**Langkah Kedua** Hitung besarnya nilai arus atau tegangan yang akan dijadikan fasor dengan memasukan nilai efektif atau rms. Seperti metode yang telah dibahas pada bagian 4.3. Sehingga didapat nilai

$$I = \frac{150,5}{\sqrt{2}} = 106,42 \text{ Ampere}$$

$$V = \frac{311}{\sqrt{2}} = 219.9 \text{ Volt}$$

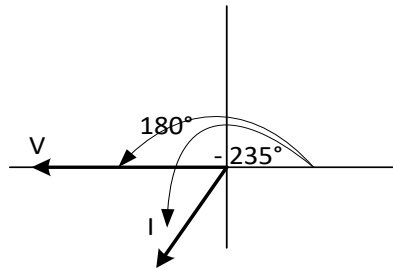
**Langkah ketiga** Menghitung nilai fasor berdasarkan persamaan (4.14) dan (4.16) dengan memasukan nilai efektif  
 Didapat:

$$I = 106,42 \angle -235^\circ \text{ ampere rms}$$

$$V = 219.9 \angle 180^\circ \text{ volt rms}$$

Dan Gambar diagram fasornya seperti Gambar 4.4 di bawah ini.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 4.10. Diagram Fasor untuk Kasus 4.5**

Sebelum menjalankan script MATLAB untuk Kasus 4.5 jalankan fungsi berikut

```
%=====
% Script MATLAB Harga Rata-rata, Efektif dan Fasor untuk Kasus 4.5
% Dr.Ir.I K Wiryajati,MT,IPU.,ASEAN.Eng. INW Satiawan,ST.,MSc.,PhD.,
% I M A Nrartha,ST.,MT.,Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
```

```
function [X, Y]= fasor_go(N)
Nr=real(N);
Ni=imag(N);
Nscale=1.1*max([abs(Nr); abs(Ni)]);
Z=1.1547005*abs(N)/10;
th=angle(N);
x1= Nr-(Z.*sin(pi/3-th));
y1= Ni-(Z.*cos(pi/3-th));
x2= Nr-(Z.*cos(th-pi/6));
y2= Ni-(Z.*sin(th-pi/6));
or=zeros(length(N),1);
Vx=[or Nr]; Vy=[or Ni];
Ar1x=[x1 Nr]; Ar1y=[y1 Ni];
Ar2x=[x2 Nr]; Ar2y=[y2 Ni];
Arx=[Ar1x;Ar2x]; Ary=[Ar1y; Ar2y];
X=[Vx; Arx]; Y=[Vy; Ary];
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Script MATLAB

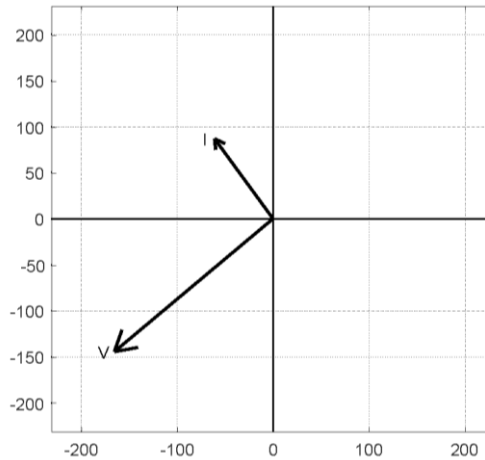
```
%=====
% Script MATLAB Harga Rata-rata, Efektif dan Fasor untuk Kasus 4.5
% Dr.Ir.I K Wiryajati,MT,IPU.,ASEAN.Eng. INW Satiawan,ST.,MSc.,PhD.,
% I M A Nrrartha,ST.,MT.,Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----

clear all, close all, clc
j=sqrt(-1); % imajiner
Vm = 311; % Volt
Va = 270; % derajat, fungsi sinus
Im = 150.5 % Amp.
Ia =-145; % derajat, fungsi sinus

% Langkah 1, ubah fungsi sin ke cos sesuai konsep fasor
Vanew = Vm-90; % derajat, fungsi cos
lanew = Ia-90; % derajat, fungsi cos

% Langkah 2, ubah Vm dan Im menjadi Vrms dan Irms
Vrms = Vm/sqrt(2);
Irms = Im/sqrt(2);
% Langkah 3, buat diagram fasornya
V=Vrms*exp(Vanew/180*pi*j);
I=Irms*exp(lanew/180*pi*j);
[Vx, Vy]=fasor_go(V);
[lx, ly]=fasor_go(I);
baxis=max([Vrms Irms]);
plot(Vx', Vy', 'k', 'LineWidth', 2); hold on
plot(lx', ly', 'k', 'LineWidth', 2);
plot([-baxis-baxis*.05 baxis+baxis*.05], [0 0], 'k', 'LineWidth', 1),
plot([0 0], [-baxis-baxis*.05 baxis+baxis*.05], 'k', 'LineWidth', 1), hold off
axis([-baxis-baxis*.05 baxis+baxis*.05 -baxis-baxis*.05 baxis+baxis*.05]);
axis('square'); grid
%=====
```

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 4.11. Diagram Fasor Kasus 4.5**

**Hasil Running Program**

```
=====
Im =150.5000
=====
```

**Kasus 4.6**

Diketahui suatu rangkaian seri dengan  $R = 10 \Omega$  dan  $C = 40 \mu\text{F}$  mempunyai tegangan  $V(t) = 500 \cos(2500t - 20^\circ) \text{ V}$ . Dapatkan arus dan Gambarkan diagram fasor arus dan tegangan.

**Penyelesaian**

Impedansi rangkaian adalah:

$$Z = R - jX_C = R - j \frac{1}{\omega C} = 10 - j \left( \frac{1}{2500 \times 4 \times 10^{-6}} \right)$$

$$= 10 - j10 = 14,14 \angle -45^\circ \Omega$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Penyajian dalam bentuk fasor tegangan adalah:

$$V = \frac{500 \angle -20^\circ}{\sqrt{2}} = 353,55 \angle -20^\circ \text{ A}$$

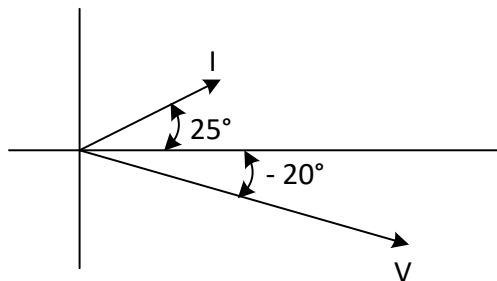
Arus pada rangkaian adalah:

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{353,55 \angle -20^\circ}{14,14 \angle -45^\circ} = 25 \angle 25^\circ \text{ A}$$

Dalam bentuk fungsi Sinusoidal arus tersebut adalah:

$$\begin{aligned} i(t) &= 25\sqrt{2} \cos(2500t + 25^\circ) \\ &= 35,36 \cos(2500t + 25^\circ) \text{ A} \end{aligned}$$

Dan Gambar diagram fasornya seperti Gambar 4.12 di bawah ini.



Gambar 4.12. Diagram Fasor untuk Kasus 4.6

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Harga Rata-rata, Efektif dan Fasor untuk Kasus 46
% Dr.Ir.I K Wiryajati,MT,IPU.,ASEAN.Eng. INW Satiawan,ST.,MSc.,PhD.,
% I M A Nnartha,ST.,MT.,Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Suatu rangkaian seri dengan R = 1 dan C = 400 uF mempunyai tegangan
% V(t)=500 cos(2500t-20°) V.? Dapatkan arus dan Gambarkan
```



## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

% diagram fasor arus dan tegangan.

%-----

clear all, close all, clc

j=sqrt(-1);

R = 1;

C = 400e-6;

Vm = 500;

sV = -20;

w=2500;

% ditanyakan I =...? dan diagram fasor I dan V

Z = R + 1/(j\*w\*C);

Vrms = Vm\*exp(sV/180\*pi\*j)/sqrt(2);

I = Vrms/Z;

mI = abs(I);

aI = angle(I);

disp(' magArus sudutArus');

disp([mI aI\*180/pi]);

[Vx, Vy]=fasor\_go(Vrms);

[Ix, Iy]=fasor\_go(I);

baxis=max([abs(Vrms) mI]);

plot(Vx, Vy, 'k', 'LineWidth', 2); hold on

plot(Ix, Iy, 'k', 'LineWidth', 2);

plot([-baxis\*1.05 baxis\*1.05], [0 0], 'k', 'LineWidth', 1),

plot([0 0], [-baxis\*1.05 baxis\*1.05], 'k', 'LineWidth', 1), hold off

axis([-baxis\*1.05 baxis\*1.05 -baxis\*1.05 baxis\*1.05]);

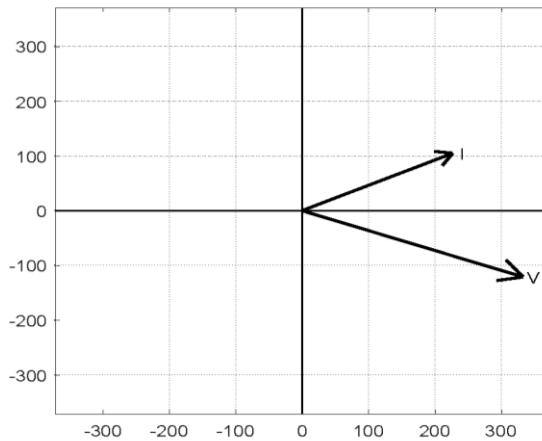
axis('square'); grid

text(real(I)\*1.05, imag(I), 'I');

text(real(Vrms)\*1.02, imag(Vrms), 'V');

%=====

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I



**Gambar 4.13. Hasil Simulasi Fasor Kasus 4.6**

### Hasil Running Script

```
=====
magArus sudutArus
35.3553 25.0000
=====
```

### Kasus 4.7

Bila diketahui sebuah rangkaian seri dengan  $R = 8 \Omega$  dan  $L = 0,02 \text{ H}$  disuplai dengan tegangan  $V(t) = 283 \sin(300t + 90^\circ) \text{ V}$ . Dapatkan arusnya dan Gambarkan diagram fasor arus dan tegangannya menggunakan MATLAB.

### Penyelesaian

Impedansi rangkaian adalah:

$$\begin{aligned} Z &= R + jX_L = R + j\omega L = 8 + j(300 \times 0,02) \\ &= 8 + j6 = 10 \angle 36,9^\circ \Omega \end{aligned}$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Penyajian dalam bentuk fasor tegangan adalah:

$$V = \frac{283 \angle 90^\circ}{\sqrt{2}} = 200 \angle 90^\circ \text{ V}$$

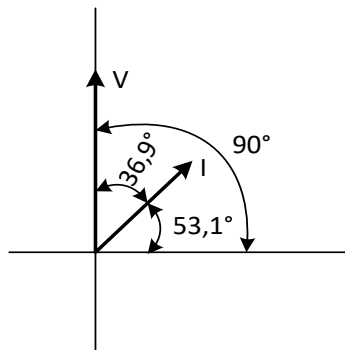
Arus pada rangkaian adalah:

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{200 \angle 90^\circ}{10 \angle 36,9^\circ} = 20 \angle 53,1^\circ \text{ A}$$

Dalam bentuk fungsi Sinusoidal, arus tersebut adalah:

$$\begin{aligned} i(t) &= 20\sqrt{2} \sin \sin (300t + 53,1^\circ) \\ &= 28,28 \sin \sin (300t + 53,1^\circ) \text{ A} \end{aligned}$$

Dan Gambar diagram fasornya seperti Gambar 4.14 di bawah ini.



Gambar 4.14. Diagram Fasor untuk Kasus 4.7

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Harga Rata-rata, Efektif dan Fasor untuk Kasus 4.7
% Dr.Ir.I K Wiryajati,MT,IPU.,ASEAN.Eng. INW Satiawan,ST.,MSc.,PhD.,
% I M A Nrrartha,ST.,MT.,Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
close all, clear all, clc
```

```
% diketahui
```

```
j = sqrt(-1);
```

```
Vm = 283;
```

```
sV = 90-90;
```

```
R = 1;
```

```
L = 4e-3;
```

```
w=250;
```

```
% ditanyakan I dan diagram fasor I dan V
```

```
Z = R + j*w*L;
```

```
Vrms = Vm*exp(sV/180*pi*j)/sqrt(2);
```

```
I = Vrms/Z;
```

```
mI = abs(I);
```

```
aI = angle(I);
```

```
disp(' magArus sudutArus');
```

```
disp([mI aI*180/pi]);
```

```
[Vx, Vy]=fasor_go(Vrms);
```

```
[Ix, Iy]=fasor_go(I);
```

```
baxis=max([abs(Vrms) mI]);
```

```
plot(Vx, Vy, 'k', 'LineWidth', 2); hold on
```

```
plot(Ix, Iy, 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k', 'LineWidth', 1),
```

```
plot([0 0], [-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k', 'LineWidth', 1), hold off
```

```
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05 -baxis*1.05 baxis*1.05]);
```

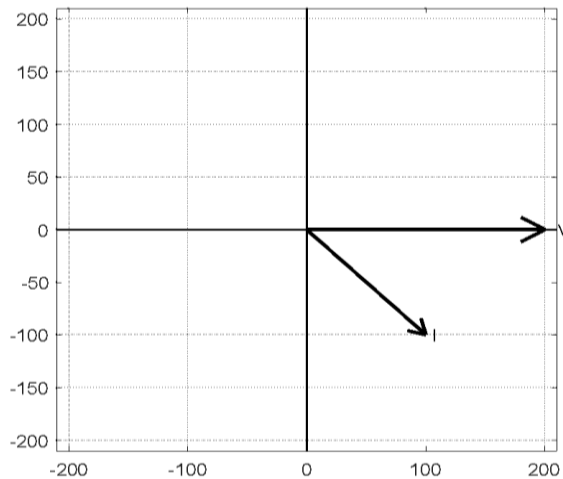
```
axis('square'); grid
```

```
text(real(I)*1.05, imag(I), 'I');
```

```
text(real(Vrms)*1.05, imag(Vrms), 'V');
```

```
%=====
```

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 4.15. Hasil Simulasi Fasor Kasus 4.7**

**Hasil Running Program**

```
=====
magArus sudutArus
141.5000-45.0000
=====
```

**Kasus 4.8**

Gunakan fasor dan Gambarkan dengan program MATLAB penjumlahan dua buah arus dengan  $i_1(t) = 14,14 \sin(\omega t + 13,2^\circ)$  A dan  $i_2(t) = 8,95 \sin(\omega t + 121,6^\circ)$  A.

**Penyelesaian**

Penyajian dalam bentuk fasor masing-masing arus adalah:

$$I_1 = \frac{14,14 \angle 13,2^\circ}{\sqrt{2}} = 10 \angle 13,2^\circ = 9,73 + j2,28 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{8,95 \angle 121,6^\circ}{\sqrt{2}} = 6,33 \angle 121,6^\circ = -3,32 + j5,39 \text{ A}$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

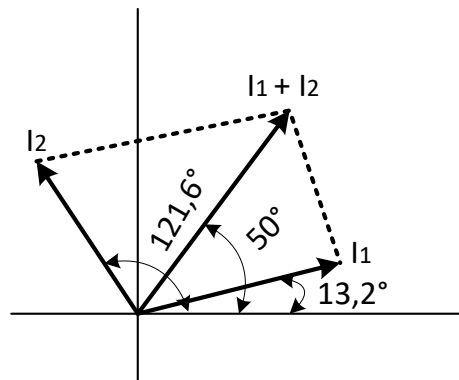
Jumlah kedua arus di atas adalah:

$$\begin{aligned} I_1 + I_2 &= (9,73 + j2,28) + (-3,32 + j5,39) \\ &= 6,41 + j7,67 = 10 \angle 50^\circ \text{ A} \end{aligned}$$

Dalam bentuk fungsi Sinusoidal, penjumlahan arus tersebut adalah:

$$\begin{aligned} i(t) &= 10\sqrt{2} \sin(\omega t + 50^\circ) \\ &= 14,14 \sin(\omega t + 50^\circ) \text{ A} \end{aligned}$$

Gambar diagram fasornya seperti Gambar 4.16 di bawah ini.



Gambar 4.16. Diagram Fasor untuk Kasus 4.8

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Harga Rata-rata, Efektif dan Fasor untuk Kasus 4.1
% Dr.Ir.I K Wiryajati,MT,IPU.,ASEAN.Eng. INW Satiawan,ST.,MSc.,PhD.,
% I M A Nrrartha,ST.,MT.,Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
clear all, close all, clc

j=sqrt(-1);
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

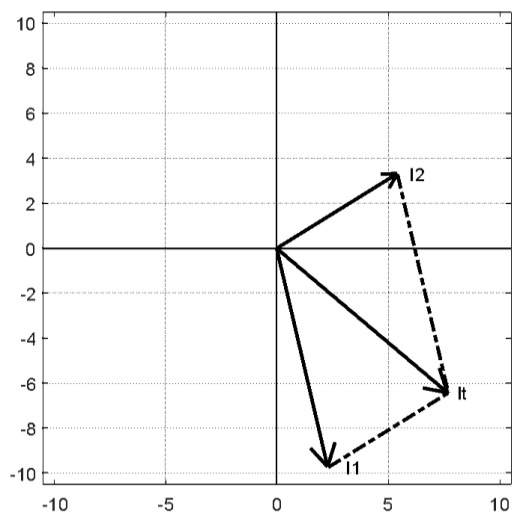
```
I1m = 14.14;
s11 = 13.2-90;
I2m = 8.95;
s12 = 121.6-90;

% merubah ke nilai rms
I1rms = I1m/sqrt(2);
I2rms = I2m/sqrt(2);

% merubah ke bentuk rectangular
I1 = I1rms*exp(s11/180*pi*j);
I2 = I2rms*exp(s12/180*pi*j);
It = I1 + I2;
disp(' magltotal sudltotal');
disp([abs(It) angle(It)*180/pi]);

% membuat Gambar fasor
[I1x, I1y]=fasor_go(I1);
[I2x, I2y]=fasor_go(I2);
[Itx, Ity]=fasor_go(It);
baxis=max([abs(I1) abs(I2) abs(It)]);
plot(I1x', I1y', 'k','LineWidth',2); hold on
plot(I2x', I2y', 'k','LineWidth',2);
plot(Itx', Ity', 'k','LineWidth',2);
plot([I1x(1,2) Itx(1,2)], [I1y(1,2) Ity(1,2)], 'k-', 'LineWidth',2);
plot([I2x(1,2) Itx(1,2)], [I2y(1,2) Ity(1,2)], 'k-', 'LineWidth',2);
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k', 'LineWidth',1),
plot([0 0], [-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k', 'LineWidth',1), hold off
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05 -baxis*1.05 baxis*1.05]);
axis('square'); grid
text(real(I1)*1.35, imag(I1), 'I1');
text(real(I2)*1.1, imag(I2), 'I2');
text(real(It)*1.05, imag(It), 'It');
%=====
```

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 4.17. Hasil Simulasi Fasor Dari Kasus 4.8**

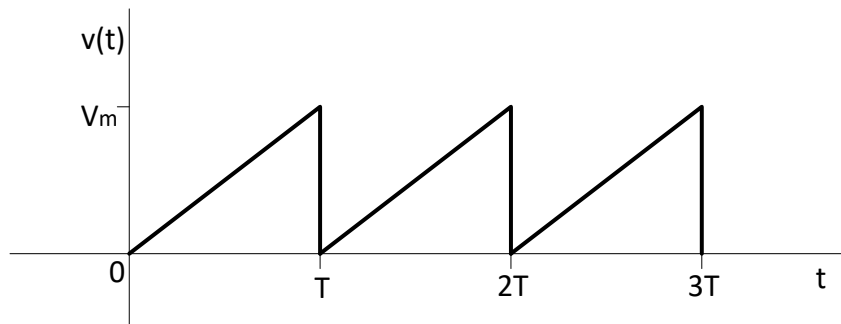
**Hasil Running Program**

```
=====
magltotal sudltotal
10.0037-39.9099
=====
```



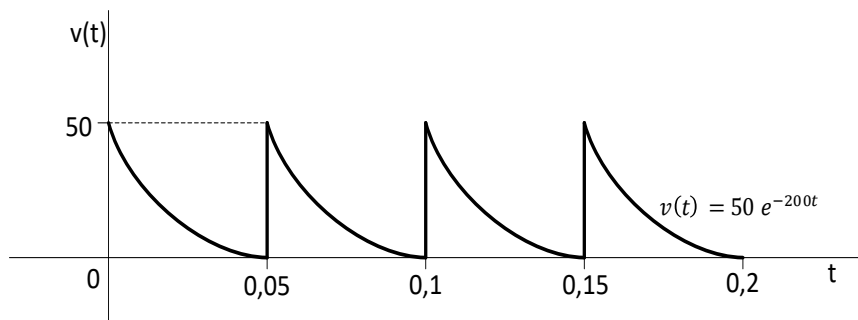
**LATIHAN-LATIHAN**

1. Dapatkan harga rata-rata dan harga efektif dari sebuah gelombang seperti Gambar 4.18.



**Gambar 4.18. Diagram untuk Soal Latihan 1**

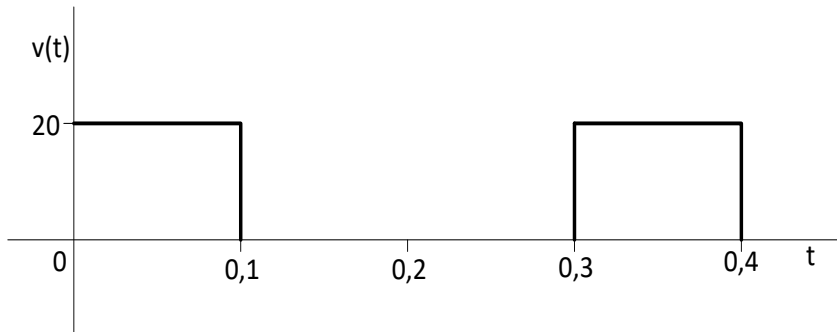
2. Dapatkan harga rata-rata dan harga efektif dari sebuah gelombang seperti Gambar 4.19.



**Gambar 4.19. Diagram untuk Soal Latihan 2**

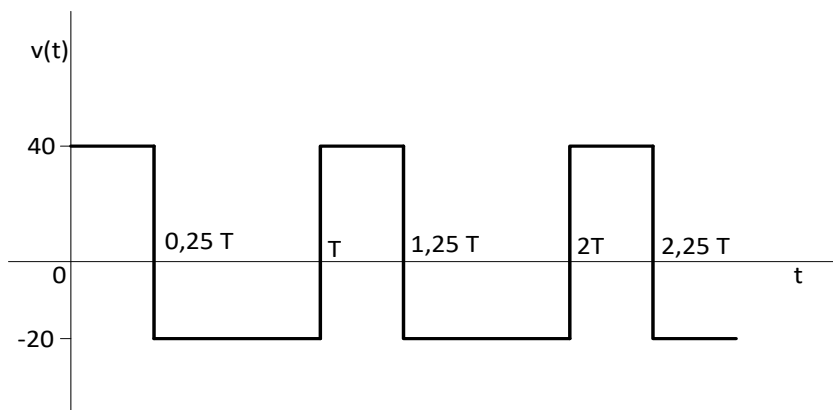
**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

3. Dapatkan harga rata-rata dan harga efektif dari sebuah gelombang seperti Gambar 4.20



**Gambar 4.20. Diagram untuk Soal Latihan 3**

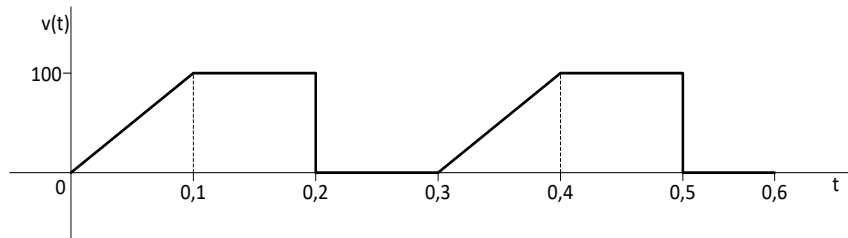
4. Dapatkan harga rata-rata dan harga efektif dari sebuah gelombang seperti Gambar 4.21.



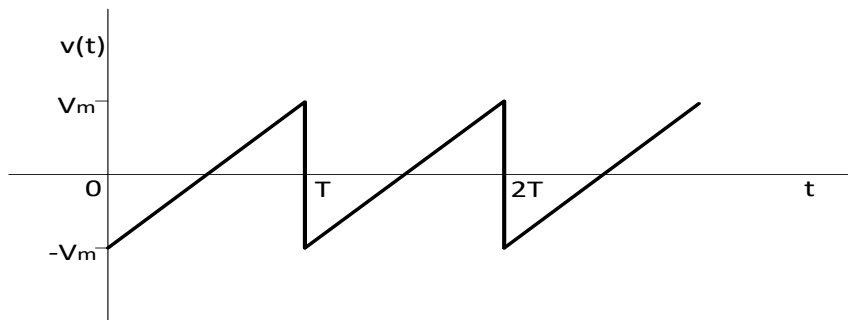
**Gambar 4.21. Diagram untuk Soal Latihan 4**

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

5. Dapatkan harga rata-rata dan harga efektif dari sebuah gelombang seperti Gambar 4.22.



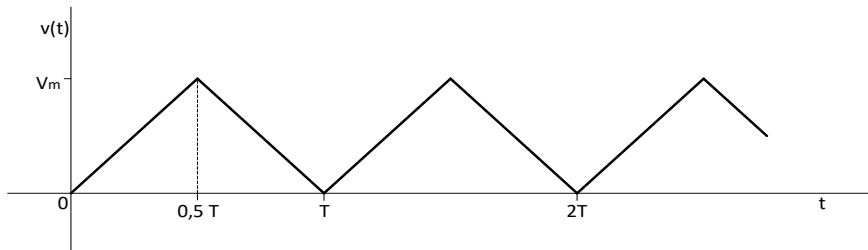
**Gambar 4.22. Diagram untuk Soal Latihan 5**



**Gambar 4.23. Diagram untuk Soal Latihan 6**

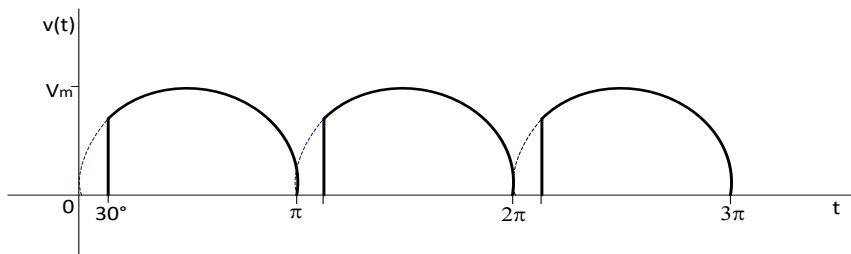
6. Dapatkan harga rata-rata dan harga efektif dari sebuah gelombang seperti Gambar 4.23.
7. Dapatkan harga rata-rata dan harga efektif dari sebuah gelombang seperti Gambar 4.24

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 4.24. Diagram untuk Soal Latihan 7**

8. Dapatkan harga rata-rata dan harga efektif dari sebuah gelombang seperti Gambar 4.25.

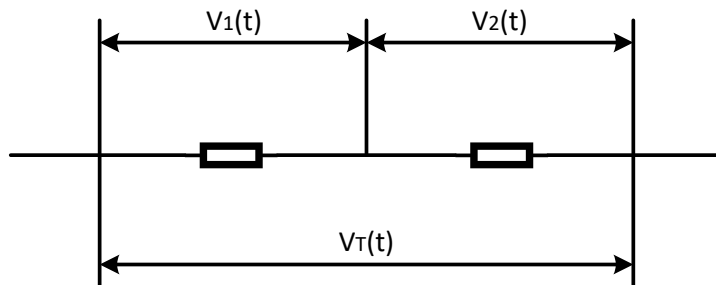


**Gambar 4.25. Diagram untuk Soal Latihan 8**

9. Suatu rangkaian seri dengan fungsi tegangan adalah  $V(t) = 283 \cos \cos (800t + 150^\circ) V$  dan fungsi arus adalah  $i(t) = 11,3 \cos \cos (800t + 140^\circ) A$ . Dapatkan elemen-elemen pada rangkaian tersebut.
10. Suatu rangkaian seri dengan fungsi tegangan  $V(t) = 424 \cos \cos (2000t + 30^\circ) V$  dan fungsi arus  $i(t) = 28,3 \cos \cos (2000t + 83,2^\circ) A$ . Dapatkan elemen-elemen pada rangkaian tersebut.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

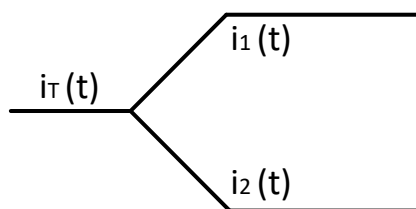
11. Suatu fungsi arus dan tegangan seperti  $i(t) = 20 \cos \cos (5000t + 45^\circ) A$  dan  $V(t) = 250 \cos \cos (5000t - 135^\circ) V$ . Dapatkan fasor dan Gambarkan diagram fasornya.
12. Suatu rangkaian seri dengan  $R = 20 \Omega$  dan  $L = 0,05 H$ , mempunyai tegangan  $V(t) = 100 \cos \cos (1000t - 45^\circ) V$ . Dapatkan arusnya dan Gambarkan diagram fasor arus dan tegangan.
13. Gunakan Fasor dan Gambarkan untuk menjumlahkan dua buah arus dengan  $i_1(t) = 20 \sin \sin (\omega t - 18^\circ) A$  dan  $i_2(t) = 12 \sin \sin (\omega t - 130^\circ) A$ .
14. Jika tegangan  $V_2(t)$  pada Gambar 4.26 adalah  $V_2(t) = 31,6 \cos \cos (\omega t + 73,4^\circ) V$  dan tegangan totalnya  $V_T(t) = 20 \cos \cos (\omega t - 35^\circ) V$ , Dapatkan tegangan  $V_1(t)$ .



**Gambar 4.26. Diagram untuk Soal Latihan 15**

15. Jika arus  $i_1(t)$  pada Gambar 4.27 adalah  $i_1(t) = 3,54 \sin \sin (\omega t + 20^\circ) A$  dan arus totalnya adalah  $i_T(t) = 13,2 \sin \sin (\omega t - 31^\circ) A$ , tentukan arus  $i_2(t)$ .

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 4.27. Diagram untuk Soal Latihan 16**

**BAB**  
**5**

**RANGKAIAN SERI PARALEL  
DAN CAMPURAN**

**5.1. Pendahuluan**

Pada rangkaian listrik terdapat elemen yang terhubung sehingga menyebabkan rangkaian menjadi berfungsi. Berdasarkan besar elemen rangkaian dapat pula ditentukan besar arus ataupun tegangan pada rangkaian tersebut. Manfaat dari rangkaian yang akan diperoleh berdasarkan besar arus dan tegangan yang ada pada setiap elemen. Sehingga diperlukan elemen yang dipasang secara berjejer secara seri, paralel demikian juga dengan rangkaian campuran antara paralel dan seri, atau sebaliknya. Pada bab ini akan dibahas dengan rangkaian seri, paralel, paralel dan serial, demikian juga dengan paralel dan serial dan paralel dan paralel.

**5.2. Rangkaian Seri**

Untuk memahami rangkaian dasar dari sebuah rangkaian Listrik seri dapat dijelaskan dengan melihat Gambar 5.1 menunjukkan sebuah rangkaian Listrik seri yang terdiri dari tiga impedansi, yaitu  $Z_1$   $Z_2$  dan  $Z_3$ . Pada rangkaian Listrik tersebut, diberikan sumber tegangan  $V_S$  dan karena rangkaian tertutup maka ada arus yang mengalir adalah bernilai  $I$ , arus yang

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

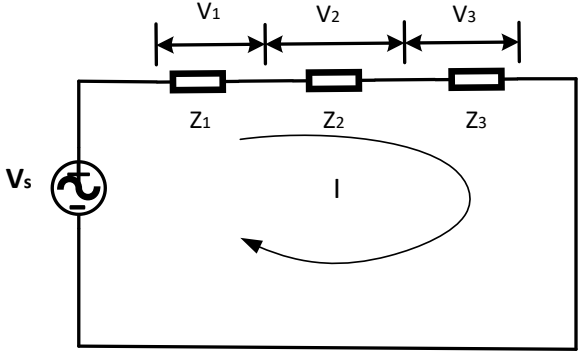
mengalir pada masing-masing impedansi untuk rangkaian seri memiliki nilai yang sama besar. Sedangkan nilai atau besarnya tegangan pada setiap impedansi memiliki nilai yang berbeda-beda. Besarnya tegangan pada masing-masing impedansi dipengaruhi oleh nilai dari impedansi setiap elemen, pada rangkaian seri adalah  $V_1 = IZ_1$ ,  $V_2 = IZ_2$ , dan  $V_3 = IZ_3$ .

Berdasarkan Hukum Tegangan Kirchhoff (HTK) pada rangkaian seri ini dapat di tuliskan sebagai berikut.

$$V_S = V_1 + V_2 + V_3 = IZ_1 + IZ_2 + IZ_3 = I(Z_1 + Z_2 + Z_3) \dots\dots\dots(5.1)$$

Dengan  $Z_{eq} = Z_1 + Z_2 + Z_3$ , persamaan (5.1) dapat di ubah menjadi:

$$V_S = IZ_{eq} \dots\dots\dots(5.2)$$



**Gambar 5.1. Rangkaian Listrik Seri**

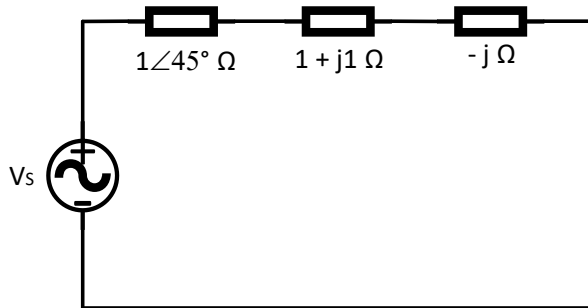
**Kasus 5.1**

Bila kita memiliki sebuah rangkaian seperti pada Gambar 5.2, jika dari pengukuran didapat drop tegangan pada



### Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

impedansi  $Z_1$  sebesar  $V_{Z_1} = 27 - 10^\circ V$ . Tentukan nilai tegangan sumber, serta Gambarkan diagramnya dengan MATLAB.



Gambar 5.2. Rangkaian Listrik untuk Kasus 5.1

#### Penyelesaian

Total impedansi dari rangkaian seri ini adalah jumlah seluruh impedansi,  $Z_1 + Z_2 + Z_3$ , dengan menggunakan persamaan (5.1) dan (5.2) dan pada rangkaian seri arus yang mengalir memiliki nilai yang sama, dapat dihitung sebagai berikut.

Drop tegangan pada impedansi adalah  $V_{Z_1} = 27 \angle 10^\circ V$ , maka arus yang mengalir pada rangkaian adalah:

$$Z_T = Z_1 + Z_2 + Z_3 = 1.7071 + j0.7071$$

$$I = \frac{V_{Z_1}}{Z_1} = \frac{27 \angle 10^\circ}{1 \angle 45^\circ} = 27 - 35^\circ A$$

Tegangan sumber adalah:

$$V_S = I(Z_1 + Z_2 + Z_3) = 27 - 35^\circ (1.7071 + j0.7071)$$

$$= 12.3239 - j7.8512$$

$$= 14.6123 - 32.5^\circ A$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Script MATLAB

```
% =====  
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 5.1  
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng. I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,  
% I M Ari Nrartha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.  
% Desember 2021  
%-----  
% Bila kita memiliki sebuah rangkaian seperti pada Gambar 5.2, Jika dari  
% pengukuran didapat drop tegangan pada impedansi  $Z = 27 \angle 10^\circ$  ohm.  
% Dapatkan nilai tegangan sumber, serta Gambarkan Gelombang dan Fasor  
% dgn MATLAB.  
%=====
```

```
clear all, close all, clc  
j=sqrt(-1);  
Z1 = 1; % ohm  
sZ1 = 45; % derajat  
Z2 = 1 + j*1; % ohm  
Z3 = -j*1; % ohm  
Vrms = 27; % Volt  
sVrms = -10; % derajat
```

```
% Langkah 1, impedansi seri  
Zs = Z1*exp(sZ1/180*pi*j)+Z2+Z3;
```

```
% Langkah 2, mencari arus rangkaian seri  
V = Vrms*exp(sVrms/180*pi*j);  
I = V/Zs;
```

```
% menampilkan hasil arus dan tegangan untuk fasor  
disp(' magIrms sudIrms');  
disp([abs(I) angle(I)*180/pi]);
```

```
% Langkah 3, buat diagram fasornya  
% Ukuran anak panah yang sama  
Bj = max([abs(V) abs(I)]);  
Bk = min([abs(V) abs(I)]);  
pbr = (Bj + Bk)/2 * 0.08;  
[Vx, Vy]=fasor_go(V,pbr);  
[Ix, Iy]=fasor_go(I,pbr);
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

% menampilkan sudut
[rVx,rVy,XVx,YVy]=bsudut(V,pbr*0.5);
[rIx,rIy,XIx,YIy]=bsudut(I,pbr*0.5);
basis=max([Vrms abs(I)]); % menampilkan batas grafik

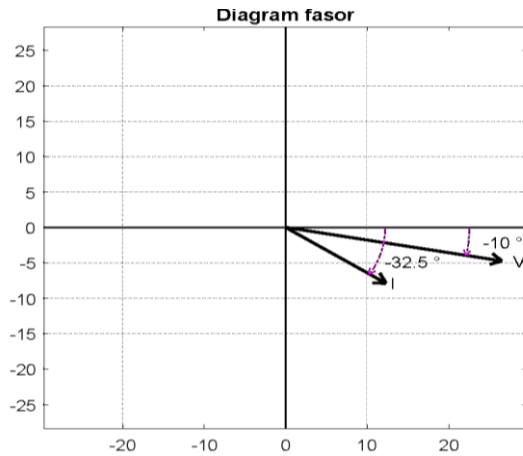
figure(1);
plot(Vx', Vy', 'k', 'LineWidth', 2); hold on
plot(Ix', Iy', 'k', 'LineWidth', 2);
plot([-basis*1.1 basis*1.1], [0 0], 'k', 'LineWidth', 1),
plot([0 0], [-basis*1.05 basis*1.05], 'k', 'LineWidth', 1),
% panah rotasi
plot(rVx,rVy,'m-','LineWidth',1);
plot(XVx',YVy', 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(rIx,rIy, 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(XIx',YIy', 'm-', 'LineWidth', 1);
hold off
axis([-basis*1.1 basis*1.1-basis*1.05 basis*1.05]);
axis('square'); grid
title('Diagram fasor');
text(real(I)*1.05, imag(I), 'I');
text(real(V)*1.05, imag(V), 'V');
% sudut text
pltext = angle(I)*2/3;
sudutI=num2str(angle(I)*180/pi);
sudutI = [sudutI ' °'];
text(real(abs(I)*exp(j*pltext))*0.9, imag(abs(I)*exp(j*pltext))*0.9, sudutI);
pVtext = angle(V)/2;
sudutV=num2str(angle(V)*180/pi);
sudutV = [sudutV ' °'];
text(real(abs(V)*exp(j*pVtext))*0.9, imag(abs(V)*exp(j*pVtext))*0.9, sudutV);

% Langkah 4, bentuk gelombang fungsi waktu
f = 50;
t = linspace(0, 2/f, 1024);
vt = Vrms*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+sVrms/180*pi);
it = abs(I)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I));
figure(2);
plot(t, vt, 'b', t, it, 'r', 'LineWidth', 2), hold on
legend('Tegangan sumber', 'Arus')

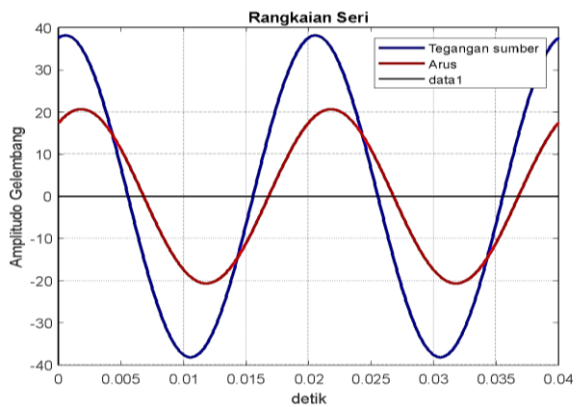
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
plot([0 2/f],[0 0],'k','LineWidth',1), hold off  
grid  
title('Rangkaian Seri')  
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo Gelombang'),  
%=====
```



Gambar 5.3. Diagram Fasor Kasus 5.1



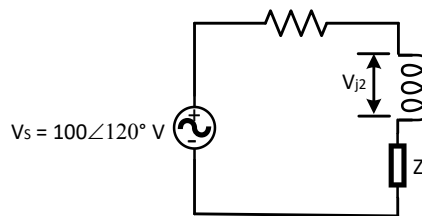
Gambar 5.4. Gelombang dari Kasus 5.1

### Hasil Running Program

```
=====
maglrms sudlrms
14.6123 -32.5000
=====
```

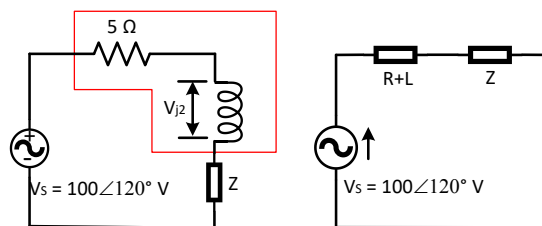
### Kasus 5.2

Bila kita memiliki sebuah rangkaian seperti pada Gambar 5.5, dan dari pengukuran diketahui drop tegangan pada reaktansi  $j2 \Omega$  adalah  $V_{j2} = 10 \angle 15^\circ V$   
Gambarkan diagram serta dapatkan nilai impedansi  $Z$ .



**Gambar 5.5. Rangkaian Listrik untuk Kasus 5.2**

Penyelesaian



**Gambar 5.6. Rangkaian Penyederhanaan Kasus 5.2**

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Karena diketahui drop tegangan pada reaktansi  $j2 \Omega$  adalah  $V_{j2} = 50 \angle 15^\circ V$ , maka arus yang mengalir pada rangkaian adalah:

$$I = \frac{V_{j2}}{j2} = \frac{50 \angle 15^\circ}{2 \angle 90^\circ} = 25 \angle -75^\circ A = 12.9410 - j48.2963$$

Persamaan tegangan pada rangkaian adalah  $V_S = I(5 + j2 + Z)$  sehingga nilai impedansi  $Z$  adalah:

$$\begin{aligned} Z &= \frac{V_S - I(9 + j2)}{I} = \frac{(100 \angle -120^\circ) - 25 \angle -75^\circ (5 + j2)}{25 \angle -75^\circ} \\ &= -3.5858 - j4.4142 \end{aligned}$$

### Script MATLAB

```
% =====  
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 5.2  
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng. I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,  
% I M Ari Nrartha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.  
% Desember 2021  
%-----  
% Bila kita memiliki sebuah rangkaian seperti pada Gambar 5.2, dan dari  
% pengukuran diketahui drop tegangan pada reaktansi  $j2 \Omega$  adalah  
%  $V_{j2} = 10 \angle 15^\circ V$ .  
% Gambarkan diagram serta tentukan besar nilai impedansi  
%-----  
  
clear all, close all, clc  
j=sqrt(-1);  
Z1 = 5 + j*2; % ohm  
Z2 = j*1; % ohm  
Vrms = 100; % Volt  
sVrms = -120; % derajat  
Vj2rms = 50.4; % Volt  
sVj2rms = 15; % derajat  
  
% Langkah 1, mencari arus di induktor  
I = Vj2rms*exp(sVj2rms/180*pi*j)/Z2;
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

% Langkah 2, mencari Z3
V = Vrms*exp(sVrms/180*pi*j);
Z3 = (V-I*(Z1 + Z2))/I;

% menampilkan hasil arus dan tegangan untuk fasor
disp(' Z3 ');
disp([Z3]);

% Langkah 3, buat diagram fasornya
% Ukuran anak panah yang sama
Bj = max([abs(V) abs(I)]);
Bk = min([abs(V) abs(I)]);
pbr = (Bj + Bk)/2 * 0.08;
[Vx, Vy]=fasor_go(V,pbr);
[lx, ly]=fasor_go(I,pbr);
% menampilkan sudut
[rVx,rVy,XVx,YVy]=bsudut(V,pbr*0.5);
[rIx,rIy,XIx,YIy]=bsudut(I,pbr*0.5);
baxis=max([Vrms abs(I)]); % menampilkan batas grafik
figure(1);
plot(Vx, Vy, 'k', 'LineWidth',2); hold on
plot(lx, ly, 'k', 'LineWidth',2);
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k', 'LineWidth',1),
plot([0 0],[-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k', 'LineWidth',1),
% panah rotasi
plot(rVx,rVy, 'm-', 'LineWidth',1);
plot(XVx,YVy, 'm-', 'LineWidth',1);
plot(rIx,rIy, 'm-', 'LineWidth',1);
plot(XIx,YIy, 'm-', 'LineWidth',1);
hold off
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05-baxis*1.05 baxis*1.05]);
axis('square'); grid
title('Diagram fasor');
text(real(I)*1.5,imag(I), 'I');
text(real(V)*1.2,imag(V), 'V');
% sudut text
pltext = angle(I)*2/3;
sudutI=num2str(angle(I)*180/pi);
sudutI = [sudutI ' °'];

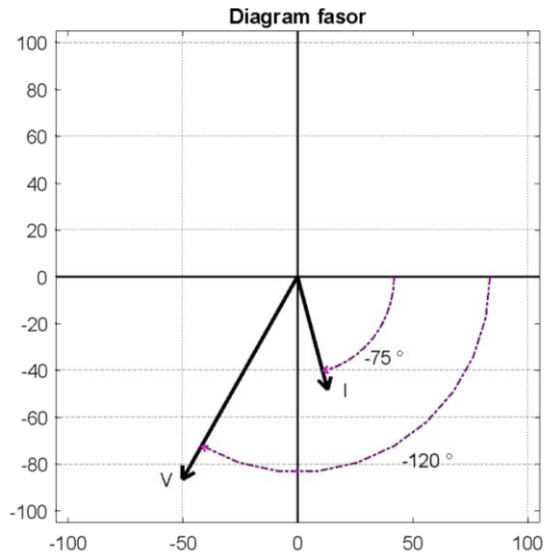
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

text(real(abs(I)*exp(j*pVtext))*0.9,imag(abs(I)*exp(j*pVtext))*0.9,sudutI);
pVtext = angle(V)/2;
sudutV=num2str(angle(V)*180/pi);
sudutV = [sudutV ' °'];
text(real(abs(V)*exp(j*pVtext))*0.9,imag(abs(V)*exp(j*pVtext))*0.9,sudutV);

```



**Gambar 5.7. Diagram Fasor Kasus 5.2**

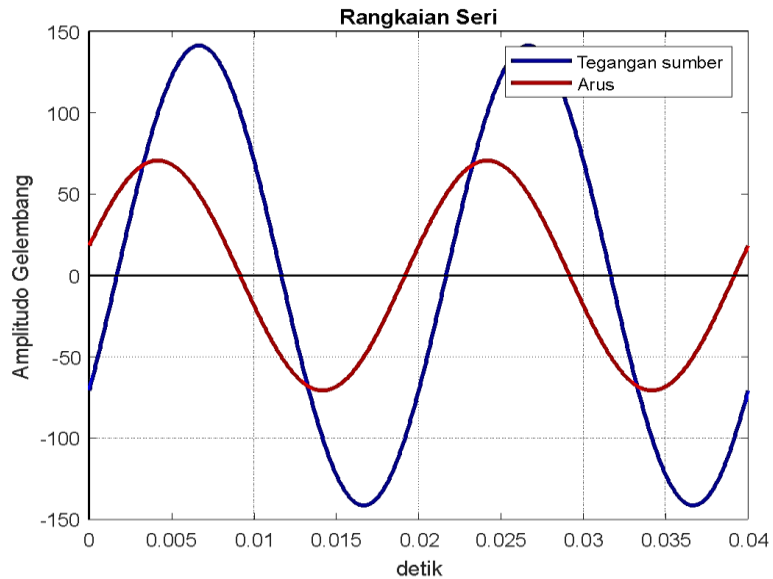
```

% Langkah 4, bentuk gelombang fungsi waktu
f = 50;
t = linspace(0,2/f,1024);
vt = Vrms*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+sVrms/180*pi);
it = abs(I)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I));
figure(2);
plot(t,vt,'b',t,it,'r','LineWidth',2), grid, hold on
plot([0 2/f],[0 0],'k','LineWidth',1), hold off
title('Rangkaian Seri')
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo Gelombang'),
legend('Tegangan sumber','Arus')

```



## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I



Gambar 5.8. Diagram Sinusoidal Kasus 5.2

### Hasil Running Program

```
=====  
Z3 = -3.5858-4.4142i  
=====
```

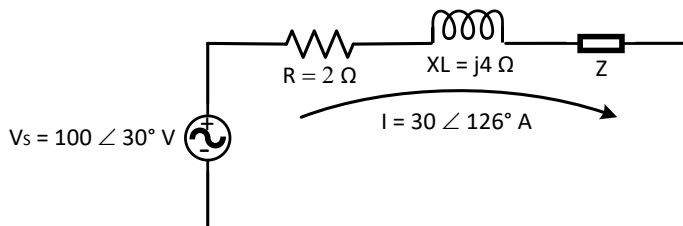
### Kasus 5.3

Bila kita memiliki sebuah rangkaian listrik seri terdiri dari tahanan  $R = 2 \Omega$ , reaktansi induktansi  $X_L = j4 \Omega$ , dan impedansi  $Z$ . Diketahui sumber tegangan pada rangkaian adalah  $V_S = 100\angle 30^\circ V$ , dan arus yang mengalir adalah  $I = 30\angle 126^\circ A$ , Dapatkan nilai impedansi  $Z$  pada rangkaian tersebut dan Gambarkan diagram fasor dari rangkaian impedansi tersebut.

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Penyelesaian

Dengan cara yang sama dengan Kasus 5.2 dan perhatikan Gambar rangkaian Listrik dari Kasus 5.3 ini adalah seperti Gambar 5.9 berikut ini.



**Gambar 5.9. Rangkaian untuk Kasus 5.3**

Rangkaian impedansi dari rangkaian ini adalah rangkaian seri sehingga berlaku persamaan (5.1) dan (5.2). dengan melihat Gambar 5.9 maka persamaan tegangan adalah  $V_s = I(R + X_L + Z)$ , sehingga harga impedansi  $Z$  adalah:

$$Z = \frac{V_s - I(R + X_L + Z)}{I} = \frac{(100 \angle 30^\circ) - 30 \angle 126^\circ (2 + j4)}{30 \angle 126^\circ}$$

$$= \frac{81,42 + j38,89}{-3,54 + j10,63} = -2.3484 - j7.3151 \Omega = 7.6828 \angle -107.8^\circ$$

### Script MATLAB

```
% =====
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 5.3
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng. I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,
% I M Ari Nnarrtha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Bila kita memiliki sebuah rangkaian Listrik seri terdiri dari tahanan  $R = 2 \Omega$ ,
% reaktansi induktansi  $X_L = j4 \Omega$ , dan impedansi  $Z$ .
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

% Diketahui sumber tegangan % pada rangkaian adalah  $V_s = 100\angle 30^\circ$  V?,  
% dan arus yang mengalir adalah  $I = 30\angle 126^\circ$  A,  
% Dapatkan nilai impedansi Z pada rangkain tersebut dan  
% Gambarkan diagram fasor dari rangkaian impedansi tersebut.  
%-----

```
clear all, close all, clc
```

```
j=sqrt(-1);
```

```
Z1 = 2; % ohm
```

```
Z2 = j*4; % ohm
```

```
Vrms = 100; % Volt
```

```
sVrms = 30; % derajat
```

```
Irms = 30; % Volt
```

```
slrms = 126; % derajat
```

```
% Langkah 1, mencari Z3
```

```
V = Vrms*exp(sVrms/180*pi*j);
```

```
I = Irms*exp(slrms/180*pi*j);
```

```
Z3 = (V-I*(Z1 + Z2))/I;
```

```
% menampilkan hasil arus dan tegangan untuk fasor
```

```
disp(' Z3 ');
```

```
disp([Z3]);
```

```
% Langkah 3, buat diagram fasornya
```

```
% Ukuran anak panah yang sama
```

```
Bj = max([abs(V) abs(I)]);
```

```
Bk = min([abs(V) abs(I)]);
```

```
pbr = (Bj + Bk)/2 * 0.08;
```

```
[Vx, Vy]=fasor_go(V,pbr);
```

```
[Ix, Iy]=fasor_go(I,pbr);
```

```
% menampilkan sudut
```

```
[rVx,rVy,XVx,YVy]=bsudut(V,pbr*0.5);
```

```
[rIx,rIy,XIx,YIy]=bsudut(I,pbr*0.5);
```

```
baxis=max([Vrms abs(I)]); % menampilkan batas grafik
```

```
figure(1);
```

```
plot(Vx', Vy', 'k', 'LineWidth', 2); hold on
```

```
plot(Ix', Iy', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
% panah rotasi
```

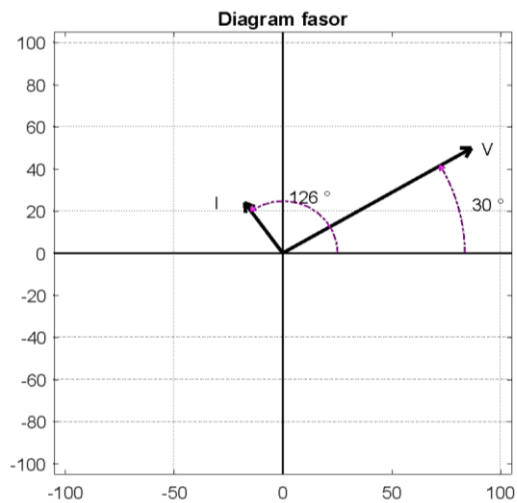
```
plot(rVx,rVy,'m-', 'LineWidth', 1);
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

plot(XVx',YVy','m-','LineWidth',1);
plot(rlx,rly,'m-','LineWidth',1);
plot(XIx',YIy','m-','LineWidth',1);
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k','LineWidth',1),
plot([0 0],[-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k','LineWidth',1),hold off
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05-baxis*1.05 baxis*1.05]);
axis('square'); grid
title('Diagram fasor');
text(real(I)*1.8,imag(I),'I');
text(real(V)*1.05,imag(V),'V');
% sudut text
pltext = angle(I)*2/3;
sudutI=num2str(angle(I)*180/pi);
sudutI = [sudutI ' °'];
text(real(abs(I)*exp(j*pltext))*0.9,imag(abs(I)*exp(j*pltext))*0.9,sudutI);
pVtext = angle(V)/2;
sudutV=num2str(angle(V)*180/pi);
sudutV = [sudutV ' °'];
text(real(abs(V)*exp(j*pVtext))*0.9,imag(abs(V)*exp(j*pVtext))*0.9,sudutV);

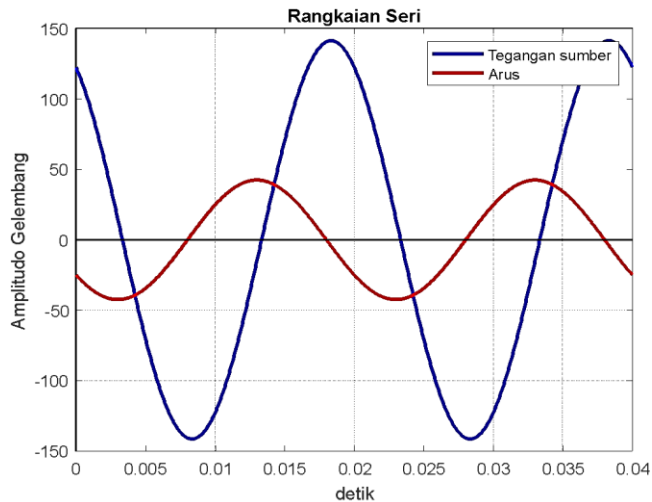
```



**Gambar 5.10. Diagram Fasor Kasus 5.3**

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
% Langkah 4, bentuk gelombang fungsi waktu
f = 50;
t = linspace(0,2/f,1024);
vt = Vrms*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+sVrms/180*pi);
it = abs(I)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I));
figure(2);
plot(t,vt,'b',t,it,'r','LineWidth',2), grid, hold on
plot([0 2/f],[0 0],'k','LineWidth',1), hold off
title('Rangkaian Seri')
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo Gelombang'),
legend('Tegangan sumber','Arus')
```



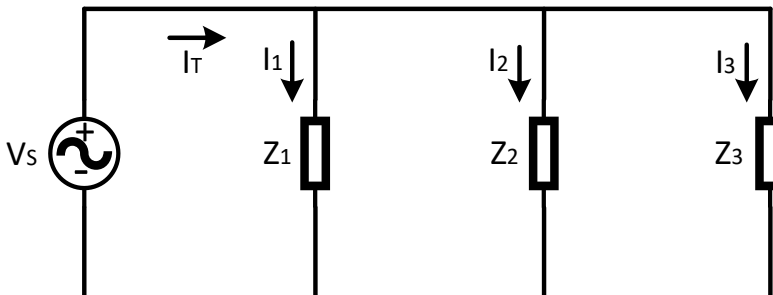
Gambar 5.11. Diagram Sinusoidal Kasus 5.3

### Hasil Running Program

```
=====
Z3 =-2.3484-j7.3151
=====
```

### 5.3. Rangkaian Paralel

Untuk memahami sebuah rangkaian listrik yang terhubung secara paralel adalah dapat dilihat ciri-cirinya yaitu elemen dari rangkaian Listrik terhubung secara berjejer-jejer atau paralel, perhatikan Gambar 5.12. Rangkaian listrik ini menunjukkan sebuah rangkaian yang terhubung secara paralel yang terdiri dari tiga buah impedansi, yaitu  $Z_1, Z_2,$  dan  $Z_3$ . Pada rangkaian listrik tersebut, memiliki sumber tegangan adalah  $V_S$ , karena rangkaian ini terhubung secara paralel maka besar tegangan pada tiap elemen adalah bernilai sama besar yaitu tegangan sumber sama dengan tegangan setiap elemen, atau  $V_S = V_{z1} = V_{z2} = V_{z3}$ . Sedangkan arus pada setiap impedansi adalah memiliki nilai yang tidak sama karena dipengaruhi oleh nilai impedansi dari setiap elemen. Arus yang mengalir pada masing-masing elemen impedansi ini adalah  $I_1 = V_S Z_1, I_2 = V_S Z_2,$  dan  $I_3 = V_S Z_3$ .



**Gambar 5.12. Rangkaian Listrik Paralel**

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

Perhatikan gambar 5.12. Arus total yang mengalir pada rangkaian listrik adalah:

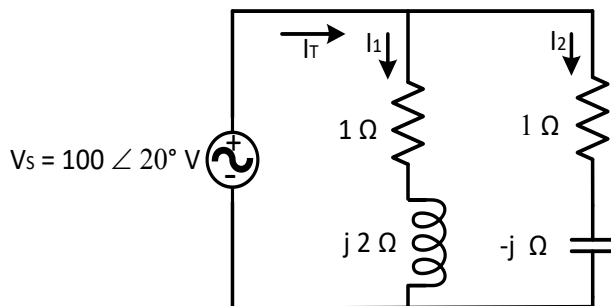
$$I_T = \frac{V_S}{Z_1} = \frac{V_S}{Z_2} = \frac{V_S}{Z_3} = V_S \left( \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} \right) \dots\dots\dots (5.3)$$

Di mana nilai dari  $\frac{1}{Z_{eq}} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3}$ , maka persamaan (5.3) menjadi

$$I_T = \frac{V_S}{Z_{eq}} \dots\dots\dots (5.4)$$

**Kasus 5.4**

Bila kita memiliki sebuah rangkaian listrik dengan elemen R, L dan C seperti pada Gambar 5.13, Tentukan nilai arus setiap cabang, arus total, dan impedansi ekuivalen  $Z_{eq}$  dan Gambarkan diagram Fasor dan Sinusoidal dari rangkaian listrik tersebut.



**Gambar 5.13. Rangkaian Listrik untuk Kasus 5.4**

**Penyelesaian**

Pertama dilakukan dengan menyederhanakan rangkaian menjadi rangkaian listrik dengan impedansi seperti pada

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

gambar 5.14 yang terdiri dari dua buah impedansi yang impedansi pertama terdiri dari dua buah elemen  $R = 1$  ohm dan  $L = j2$  ohm dan impedansi kedua terdiri dari  $R = 6$  Ohm dan  $C = -j1$  ohm. Perhatikan simbol sumber tegangan adalah sinusoidal.

Sehingga arus setiap cabang dapat dicari dengan menerapkan persamaan (5.3) dan (5.4), maka,

$$I_1 = \frac{100 \angle 20^\circ}{1+j2} = 16.2373 - j15.3737 = 22.3607 \angle -43.4349^\circ \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{100 \angle 0^\circ}{1-j} = 14.9418 + j32.0428 = 35.36 \angle 65^\circ \text{ A}$$

Sesuai Hukum Tegangan Kirchhoff didapatkan Arus totalnya adalah:

$$I_T = I_1 + I_2 = 31.1791 + j16.6692 = 35.3553 \angle -28.1^\circ \text{ A}$$

Impedansi ekuivalen adalah:

$$Z_{eq} = \frac{V_S}{I_T} = \frac{100 \angle 20^\circ}{35.3553 \angle -28.1^\circ} = 1.4000 - j0.2000 = 1.4142 \angle -8.1301^\circ \Omega$$

### Script MATLAB

```
% =====
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 5.4
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng. I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,
% I M Ari Nnarrtha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Bila kita memiliki sebuah rangkain Listrik dengan elemen R, L dan C
% seperti pada Gambar 5.14, Tentukan nilai arus setiap cabang, arus total,
% dan impedansi % ekuivalen  $Z_{eq}$  dan Gambarkan diagram fasor dan
% sinusoidal dari rangkaian % tersebut.
%-----

clear all, close all, clc
j=sqrt(-1);
Z1 = 1 + j*2; % ohm
Z2 = 1-j*1; % ohm
```



## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
Vrms = 100; % Volt
sVrms = 20; % derajat

% Langkah 1, I1, I2 dan It (Z1//Z2)
V = Vrms*exp(sVrms/180*pi*j);
I1 = V/Z1;
I2 = V/Z2;
It = I1 + I2;
Zeq=V/It

disp(' magZeq sudZeq');
disp([abs(Zeq) angle(Zeq)*180/pi]);

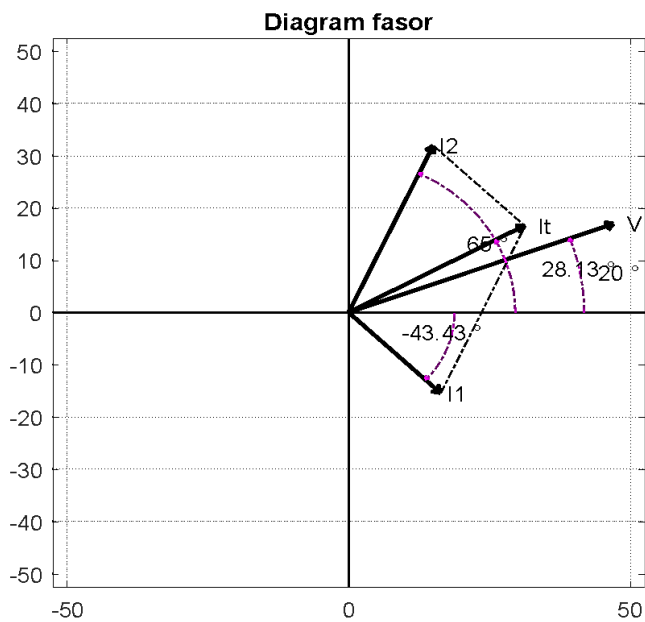
% menampilkan hasil I1, I2 dan It
disp(' magI1rms sudI1rms magI2rms sudI2rms magItrms sudItrms ');
disp([abs(I1) angle(I1)/pi*180 abs(I2) angle(I2)/pi*180 abs(It)...
      angle(It)/pi*180]);

% Langkah 3, buat diagram fasornya
[Vx, Vy]=fasor_go(V);
[I1x, I1y]=fasor_go(I1);
[I2x, I2y]=fasor_go(I2);
[Itx, Ity]=fasor_go(It);
baxis=max([Vrms abs(I1) abs(I2) abs(It)]); % menampilkan batas grafik
figure(1);
plot(Vx', Vy', 'k', 'LineWidth', 2); hold on
plot(I1x', I1y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(I2x', I2y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(Itx', Ity', 'k', 'LineWidth', 2);
plot([I1x(1,2) Itx(1,2)], [I1y(1,2) Ity(1,2)], 'k-', [I2x(1,2) Itx(1,2)], ...
      [I2y(1,2) Ity(1,2)], 'k-', 'LineWidth', 1)
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k', 'LineWidth', 1),
plot([0 0], [-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k', 'LineWidth', 1), hold off
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05 -baxis*1.05 baxis*1.05]);
axis('square'); grid
title('Diagram fasor');
text(real(I1)*1.08, imag(I1), 'I1');
text(real(I2)*1.08, imag(I2), 'I2');
text(real(It)*1.08, imag(It), 'It');
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

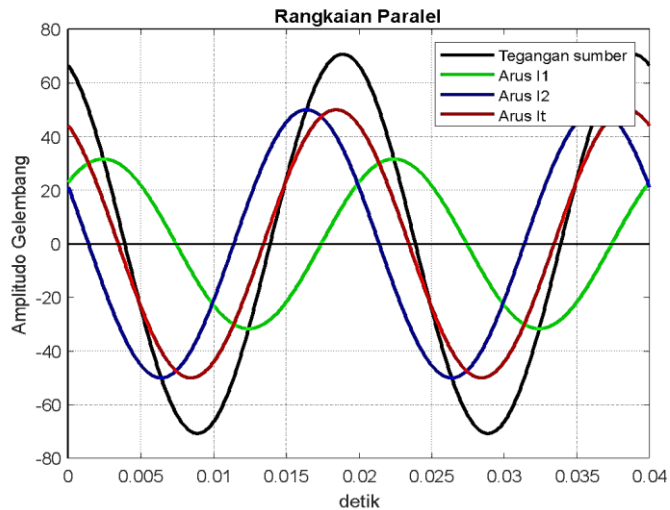
```
text(real(V)*1.05,imag(V),'V');
```

```
% Langkah 4, bentuk gelombang fungsi waktu
f = 50;
t = linspace(0,2/f,1024);
vt = Vrms*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+sVrms/180*pi);
it1 = abs(I1)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I1));
it2 = abs(I2)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I2));
itt = abs(It)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(It));
figure(2);
plot(t,vt,'k',t,it1,'g-',t,it2,'b-',t,itt,'r-','LineWidth',2), grid
title('Rangkaian Paralel')
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo Gelombang'),
legend('Tegangan sumber','Arus I1','Arus I2','Arus It')
% =====
```



**Gambar 5.14. Diagram Fasor Kasus 5.4**

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 5.15. Diagram Sinusoidal Kasus 5.4**

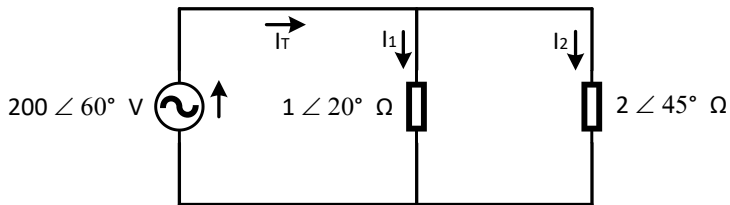
**Hasil Running Script**

```
=====
magZeq sudZeq
1.4142 -8.1301
magI1rms sudI1rms magI2rms sudI2rms magItrms sudItrms
22.3607-43.4349 35.3553 65.0000 35.3553 28.1301
=====
```

**Kasus 5.5**

Bila kita memiliki sebuah rangkaian Listrik seperti Gambar 5.16 di bawah ini. Tentukan nilai arus yang mengalir pada setiap cabang, arus total dan impedansi ekuivalen  $Z_{eq}$  pada rangkaian Listrik tersebut, serta Gambar Fasor diagram dari Rangkaian listrik tersebut.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 5.16. Rangkaian Listrik untuk Kasus 5.5**

**Penyelesaian**

Arus setiap cabang dapat dicari dengan:

$$I_1 = \frac{200 \angle 60^\circ}{1 \angle 20^\circ} = 1.4,7 + j1.638 = 200 \angle 40^\circ \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{200 \angle 60^\circ}{2 \angle 45^\circ} = 96.5926 + j25.8819 = 100 \angle 15^\circ \text{ A}$$

Arus totalnya adalah:

$$I_T = I_1 + I_2 = 211,31 + j 189,71 = 283.9750 \angle 41.92^\circ \text{ A}$$

Impedansi Total

$$Z_{eq} = \frac{V_s}{I_T} = 0.6695 + j 0.2186 = 0.7043 \angle 18.0825^\circ$$

**Script MATLAB**

```
% =====
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 5.5
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng. I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,
% I M Ari Nrartha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Bila kita memiliki sebuah rangkaian Listrik seperti Gambar 5.17 di bawah
% ini.Tentukan nilai arus yang mengalir pada setiap cabang, arus total dan
% impedansi ekuivalen  $Z_{eq}$  pada rangkaian Listrik tersebut, serta Gambar Fasor
% diagram dari rangkaian Listrik tersebut.
%=====
clear all, close all, clc
j=sqrt(-1);
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
mZ1 = 1; % ohm
sZ1 = 45; % derajat
mZ2 = 2; % ohm
sZ2 = 45; % derajat
Vrms = 200; % Volt
sVrms = 60; % derajat

% Langkah 1, I1, I2 dan It (Z1//Z2)
V = Vrms*exp(sVrms/180*pi*j);
Z1 = mZ1*exp(sZ1/180*pi*j);
Z2 = mZ2*exp(sZ2/180*pi*j);
I1 = V/Z1
I2 = V/Z2
It = I1 + I2
Zeq=V/It
disp(' magZeq sudZeq');
disp([abs(Zeq) angle(Zeq)*180/pi]);

% menampilkan hasil I1, I2 dan It
disp(' magI1rms sudI1rms magI2rms sudI2rms magItrms sudItrms ');
disp([abs(I1) angle(I1)/pi*180 abs(I2) angle(I2)/pi*180 abs(It)...
angle(It)/pi*180]);

% Langkah 3, buat diagram fasornya
% Ukuran anak panah yang sama
Bj = max([abs(V) abs(It)]);
Bk = min([abs(V) abs(It)]);
pbr = (Bj + Bk)/2 * 0.04;
[Vx, Vy]=fasor_go(V,pbr);
[I1x, I1y]=fasor_go(I1,pbr);
[I2x, I2y]=fasor_go(I2,pbr);
[Itx, Ity]=fasor_go(It,pbr);
% menampilkan sudut
[rVx,rVy,XVx,YVy]=bsudut(V,pbr*0.5);
[rI1x,rI1y,XI1x,YI1y]=bsudut(I1,pbr*0.5);
[rI2x,rI2y,XI2x,YI2y]=bsudut(I2,pbr*0.5);
[rItx,rIty,XItx,YIty]=bsudut(It,pbr*0.5);
baxis=max([Vrms abs(I1) abs(I2) abs(It)]); % menampilkan batas grafik
figure(1);
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

plot(Vx', Vy', 'k', 'LineWidth', 2); hold on
plot(I1x', I1y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(I2x', I2y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(Itx', Ity', 'k', 'LineWidth', 2);
plot([I1x(1,2) Itx(1,2)], [I1y(1,2) Ity(1,2)], 'k-', [I2x(1,2) Itx(1,2)], ...
      [I2y(1,2) Ity(1,2)], 'k-', 'LineWidth', 1)
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k', 'LineWidth', 1),
plot([0 0], [-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k', 'LineWidth', 1),

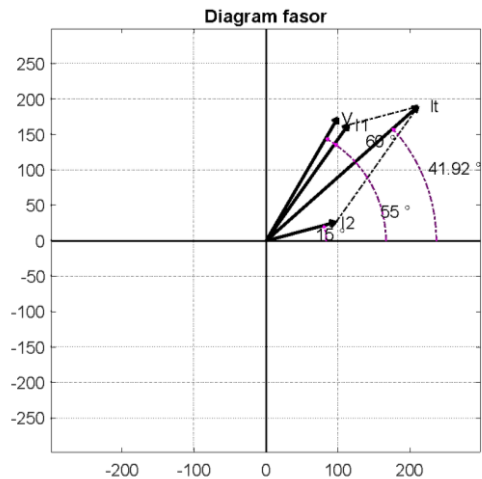
% panah rotasi
plot(rVx, rVy, 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(XVx', YVy', 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(rI1x, rI1y, 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(XI1x', YI1y', 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(rI2x, rI2y, 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(XI2x', YI2y', 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(rItx, rIty, 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(XItx', YIty', 'm-', 'LineWidth', 1);
hold off
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05 -baxis*1.05 baxis*1.05]);
axis('square'); grid
title('Diagram fasor');
text(real(I1)*1.08, imag(I1), 'I1');
text(real(I2)*1.08, imag(I2), 'I2');
text(real(It)*1.08, imag(It), 'It');
text(real(V)*1.05, imag(V), 'V');

% sudut text
p1text = angle(I1)/2;
sudutI1=num2str(round((angle(I1)*180/pi*100)/100));
sudutI1 = [sudutI1 ' °'];
text(real(abs(I1)*exp(j*p1text))*0.9, imag(abs(I1)*exp(j*p1text))*0.45, sudutI1);
p2text = angle(I2)/2;
sudutI2=num2str(round((angle(I2)*180/pi*100)/100));
sudutI2 = [sudutI2 ' °'];
text(real(abs(I2)*exp(j*p2text))*0.7, imag(abs(I2)*exp(j*p2text))*0.7, sudutI2);
plttext = angle(It)/2;
sudutIt=num2str(round((angle(It)*180/pi*100)/100));
sudutIt = [sudutIt ' °'];
text(real(abs(It)*exp(j*plttext))*0.85, imag(abs(It)*exp(j*plttext)), sudutIt);

```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
pVtext = angle(V)/2;
sudutV=num2str(angle(V)*180/pi);
sudutV = [sudutV ' °'];
text(real(abs(V)*exp(j*pVtext))*1.8,imag(abs(V)*exp(j*pVtext))*1.4,sudutV);
```

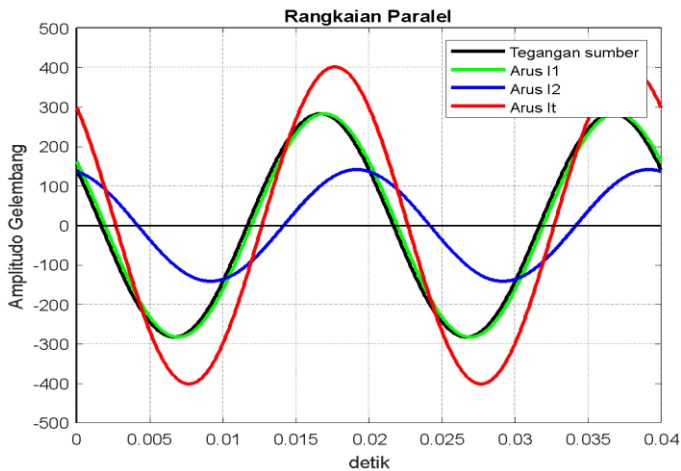


**Gambar 5.17. Diagram Sinusoidal Kasus 5.5**

*% Langkah 4, bentuk gelombang fungsi waktu*

```
f = 50;
t = linspace(0,2/f,1024);
vt = Vrms*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+sVrms/180*pi);
it1 = abs(I1)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I1));
it2 = abs(I2)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I2));
itt = abs(It)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(It));
figure(2);
plot(t,vt,'k',t,it1,'g-',t,it2,'b-',t,itt,'r-', 'LineWidth',2), grid, hold on
plot([0 2/f],[0 0], 'k', 'LineWidth',1), hold off
title('Rangkaian Paralel')
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo Gelombang'),
legend('Tegangan sumber','Arus I1','Arus I2','Arus It')
%=====
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I



**Gambar 5.18. Diagram Fasor Kasus 5.5**

### Hasil Running Program

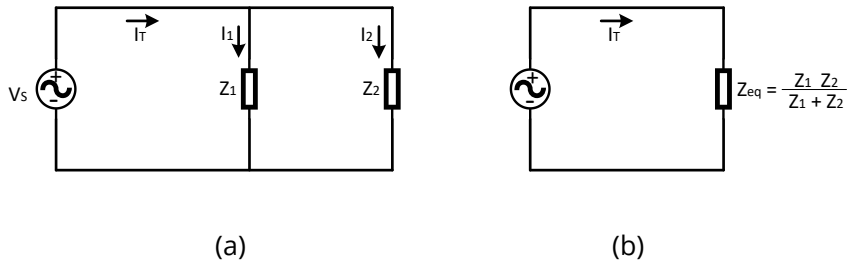
```
=====
magZeq sudZeq
0.7043 18.0825
magI1rms sudI1rms magI2rms sudI2rms magItrms sudItrms
200.0000 55.0000 100.0000 15.0000 283.9750 41.9175
=====
```

### 5.4. Rangkaian Campuran

Sebagai ilustrasi dari rangkaian campuran kita uraikan lagi sebagai suatu rangkaian Listrik paralel yang terdiri impedansi  $Z_1$  dan  $Z_2$ , dengan tegangan sumber  $V_S$  seperti Gambar 5.19 (a) di bawah ini. Rangkaian pada Gambar 5.19 (a) dapat diganti ke rangkaian seri dengan nilai impedansi kombinasi dari elemen yang di hubungkan. Rangkaian ini disebut dengan rangkaian ekuivalen seperti Gambar 5.19 (b).



**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 5.19. (a) Rangkaian Listrik Paralel, (b) Rangkaian Listrik Pengganti ke Seri**

Untuk menghitung Impedansi ekuivalen dari Gambar 5.19 (a) dapat dihitung dari  $1/Z_{eq} = 1/Z_1 + 1/Z_2$ , sehingga impedansi ekuivalen adalah:

$$Z_{eq} = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots (5.5)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan tegangan sumber  $V_S = I_T Z_{eq} = I_T \left( \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)$ , ke dalam  $V_S = I_1 Z_1$ , dan  $V_S = I_2 Z_2$ , maka arus-arus yang mengalir pada cabang adalah sebagai berikut.

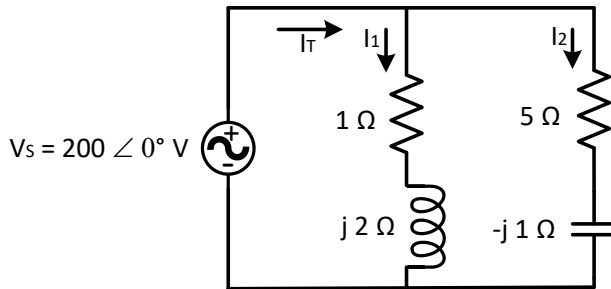
$$I_1 = I_T \left( \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \right) \dots\dots\dots (5.6)$$

$$I_2 = I_T \left( \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} \right) \dots\dots\dots (5.7)$$

**Kasus 5.6**

Bila kita memiliki sebuah rangkaian listrik seperti pada Gambar 5.20 berikut tentukan impedansi ekuivalen  $Z_{eq}$  arus total dan arus setiap cabang.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 5.20. Rangkaian Listrik untuk Kasus 5.6**

**Penyelesaian**

Impedansi ekuivalen  $Z_{eq}$  adalah:

$$Z_{eq} = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{(1+j2).(5-j)}{(1+j2)+(5-j)} = \frac{3+j5}{6+j}$$

$$= 1.3784 + j1.2703 = 1.8744 \angle -42.66^\circ \text{ A}$$

Arus total adalah:

$$I_T = \frac{V}{Z_{eq}} = \frac{200 \angle 0^\circ}{18,6 \angle 7,13^\circ} = 78.4615 \angle -72.30^\circ = 10,75 \angle -7,13^\circ \text{ A}$$

Arus setiap cabang adalah:

$$I_1 = I_T \left( \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \right) = 10,75 \angle -7,13^\circ \left( \frac{1-j12}{6+j} \right)$$

$$= 40 - j80 = 89.44271,1^\circ \text{ A}$$

**Script MATLAB.**

```
% =====
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 5.5
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng. I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,
% I M Ari Nrartha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
% =====
% Bila kita memiliki sebuah rangkaian Listrik seperti pada Gambar 5.21
% berikut Dapatkan impedansi ekuivalen Zeq arus total dan arus setiap
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
% cabang.
%-----
clear all, close all, clc
j=sqrt(-1);
Z1 = 1 + j*2; % ohm
Z2 = 5-j*1; % ohm
Vrms = 200; % Volt
sVrms = 0; % derajat

% Langkah 1, I1, I2 dan It (Z1//Z2)
V = Vrms*exp(sVrms/180*pi*j);
I1 = V/Z1;
I2 = V/Z2;
It = I1 + I2;
abs(I1), angle(I1*180/pi);
Zeq=(Z1*Z2)/(Z1+Z2);
disp(' magZeq sudZeq');
disp([abs(Zeq) angle(Zeq)*180/pi]);

% menampilkan hasil I1, I2 dan It
disp(' magI1rms sudI1rms magI2rms sudI2rms magIt rms sudIt rms ');
disp([abs(I1) angle(I1)/pi*180 abs(I2) angle(I2)/pi*180 abs(It)...
angle(It)/pi*180]);
% Langkah 3, buat diagram fasornya
% Ukuran anak panah yang sama
Bj = max([abs(V) abs(It)]);
Bk = min([abs(V) abs(It)]);
pbr = (Bj + Bk)/2 * 0.04;
[Vx, Vy]=fasor_go(V,pbr);
[I1x, I1y]=fasor_go(I1,pbr);
[I2x, I2y]=fasor_go(I2,pbr);
[Itx, Ity]=fasor_go(It,pbr);
% menampilkan sudut
[rVx,rVy,XVx,YVy]=bsudut(V,pbr*0.5);
[rI1x,rI1y,XI1y,YI1y]=bsudut(I1,pbr*0.5);
[rI2x,rI2y,XI2y,YI2y]=bsudut(I2,pbr*0.5);
[rItx,rIty,XItx,YIty]=bsudut(It,pbr*0.5);
baxis=max([Vrms abs(I1) abs(I2) abs(It)]); % menampilkan batas grafik
figure(1);
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

plot(Vx', Vy', 'k', 'LineWidth', 2); hold on
plot(I1x', I1y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(I2x', I2y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(Itx', Ity', 'k', 'LineWidth', 2);
plot([I1x(1,2) Itx(1,2)], [I1y(1,2) Ity(1,2)], 'k-', [I2x(1,2) Itx(1,2)], ...
[I2y(1,2) Ity(1,2)], 'k-', 'LineWidth', 1)
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k', 'LineWidth', 1),
plot([0 0], [-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k', 'LineWidth', 1),
% panah rotasi
plot(rVx, rVy, 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(XVx', YVy', 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(rI1x, rI1y, 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(XI1x', YI1y', 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(rI2x, rI2y, 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(XI2x', YI2y', 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(rItx, rIty, 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(XItx', YIty', 'm-', 'LineWidth', 1);
hold off
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05 -baxis*1.05 baxis*1.05]);
axis('square'); grid
title('Diagram fasor');
text(real(I1)*1.08, imag(I1), 'I1');
text(real(I2)*1.08, imag(I2)*1.9, 'I2');
text(real(It)*1.08, imag(It), 'It');
text(real(V)*1.05, imag(V), 'V');
% sudut text
p1text = angle(I1)/2;
sudutI1=num2str(round((angle(I1)*180/pi*100)/100));
sudutI1 = [sudutI1 ' °'];
text(real(abs(I1)*exp(j*p1text))*0.4, imag(abs(I1)*exp(j*p1text))*0.4, sudutI1);
p2text = angle(I2)/2;
sudutI2=num2str(round((angle(I2)*180/pi*100)/100));
sudutI2 = [sudutI2 ' °'];
text(real(abs(I2)*exp(j*p2text))*1.1, imag(abs(I2)*exp(j*p2text))*1.3, sudutI2);
plttext = angle(It)/2;
sudutIt=num2str(round((angle(It)*180/pi*100)/100));
sudutIt = [sudutIt ' °'];
text(real(abs(It)*exp(j*plttext))*0.9, imag(abs(It)*exp(j*plttext))*0.9, sudutIt);
pVtext = angle(V)/2;

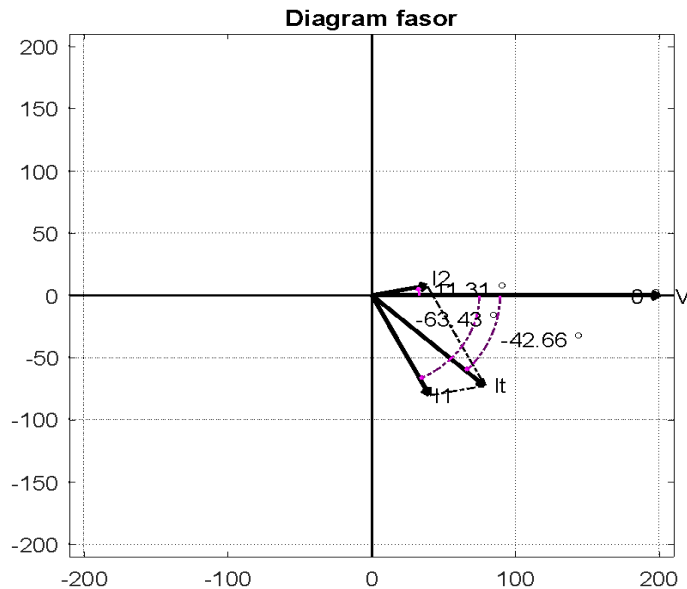
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
sudutV=num2str(angle(V)*180/pi);
sudutV = [sudutV ' °'];
text(real(abs(V)*exp(j*pVtext))*0.9,imag(abs(V)*exp(j*pVtext))*0.9,sudutV);
```

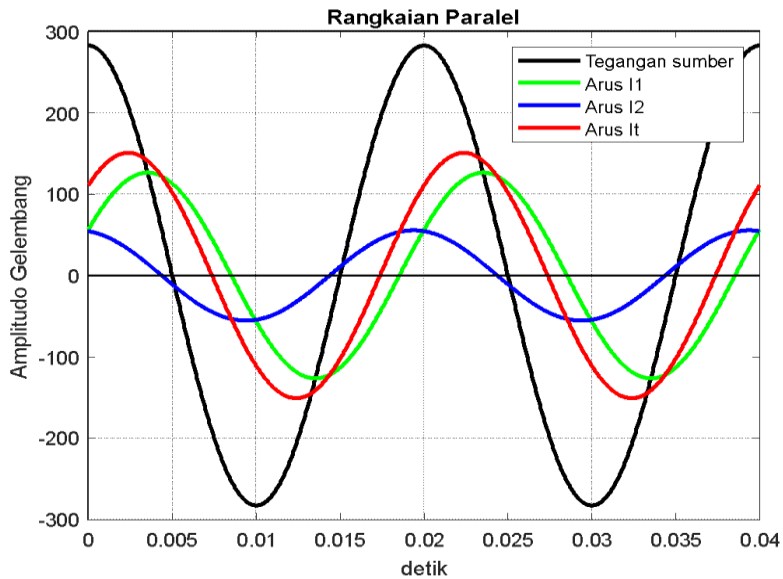
**% Langkah 4, bentuk gelombang fungsi waktu**

```
f = 50;
t = linspace(0,2/f,1024);
vt = Vrms*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+sVrms/180*pi);
it1 = abs(I1)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I1));
it2 = abs(I2)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I2));
itt = abs(It)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(It));
figure(2);
plot(t,vt,'k',t,it1,'g',t,it2,'b',t,itt,'r','LineWidth',2), grid, hold on
plot([0 2/f],[0 0],'k','LineWidth',1), hold off
title('Rangkaian Paralel')
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo Gelombang'),
legend('Tegangan sumber','Arus I1','Arus I2','Arus It')
```



**Gambar 5.21. Diagram Fasor untuk Kasus 5.6**

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I



**Gambar 5.22. Diagram Sinusoidal untuk Kasus 5.6**

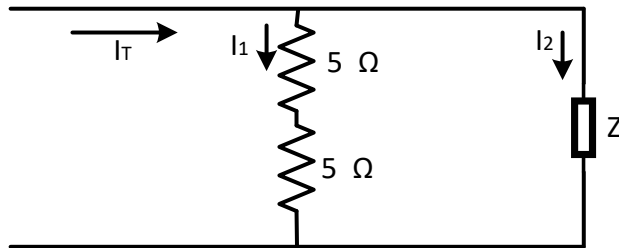
### Hasil Running Script

```
=====
magZeq sudZeq
1.8744 42.6627
magI1rms sudI1rms magI2rms sudI2rms magItrms sudItrms
89.4427-63.4349 39.2232 11.3099 106.6987-42.6627
=====
```

### Kasus 5.7

Bila kita memiliki rangkaian Listrik dengan nilai arus  $I_1 = 3 - 40^\circ A$  dan  $I_T = 5,5 30^\circ A$  seperti pada Gambar 5.23. Tentukan nilai impedansi  $Z$  dari rangkaian Listrik tersebut.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 5.23. Rangkaian Listrik untuk Kasus 5.7**

**Penyelesaian**

Untuk menentukan nilai dari impedansi Z dari rangkaian dapat dicari dari  $I_1 = I_T \left( \frac{Z}{5+5+Z} \right)$ , sehingga

$$Z = \frac{I_1 \cdot 10}{I_T - I_1} = \frac{20 \angle -30^\circ}{4,47 \angle 33,4^\circ - 2 \angle -30^\circ}$$

$$= \frac{17,32 - j10}{2 + j3,46} = -1,83 - j 4,85 \Omega$$

**Script MATLAB.**

```
% =====
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 5.7
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng. I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,
% I M Ari Nrartha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Bila kita memiliki rangkaian Listrik dengan nilai arus  $I_1 = 3 \angle -40^\circ A$ 
% dan  $I_T = 5,5 \angle 30^\circ A$  seperti pada Gambar 5.24. Tentukan nilai
% impedansi Z dari rangkaian Listrik tersebut.
%-----

clear all, close all, clc
j=sqrt(-1);
Z1 = 10; % ohm
m1rms = 2; % Ampere
s1rms = -30; % derajat
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
mItrms = 4.47; % Ampere
```

```
sItrms = 33.4; % derajat
```

```
% Langkah 1, Z2
```

```
I1 = mItrms*exp(sItrms/180*pi*j);
```

```
It = mItrms*exp(sItrms/180*pi*j);
```

```
Z = I1*Z1/(It-I1);
```

```
% menampilkan hasil I1, I2 dan It
```

```
disp(' Z (R + jX) ');
```

```
disp([Z]);
```

```
% Langkah 3, buat diagram fasornya
```

```
% Ukuran anak panah yang sama
```

```
Bj = max([abs(I1) abs(It)]);
```

```
Bk = min([abs(I1) abs(It)]);
```

```
pbr = (Bj + Bk)/2 * 0.04;
```

```
[I1x, I1y]=fasor_go(I1,pbr);
```

```
[Itx, Ity]=fasor_go(It,pbr);
```

```
% menampilkan sudut
```

```
[rI1x,rI1y,XI1x,YI1y]=bsudut(I1,pbr*0.5);
```

```
[rItx,rIty,XItx,YIty]=bsudut(It,pbr*0.5);
```

```
baxis=max([abs(I1) abs(It)]); % menampilkan batas grafik
```

```
figure(1);
```

```
plot(I1x', I1y', 'k', 'LineWidth', 2); hold on
```

```
plot(Itx', Ity', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k', 'LineWidth', 1),
```

```
plot([0 0],[-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k', 'LineWidth', 1),
```

```
% panah rotasi
```

```
plot(rI1x,rI1y,'m-', 'LineWidth', 1);
```

```
plot(XI1x,YI1y,'m-', 'LineWidth', 1);
```

```
plot(rItx,rIty,'m-', 'LineWidth', 1);
```

```
plot(XItx,YIty,'m-', 'LineWidth', 1);
```

```
hold off
```

```
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05-baxis*1.05 baxis*1.05]);
```

```
axis('square'); grid
```

```
title('Diagram fasor');
```

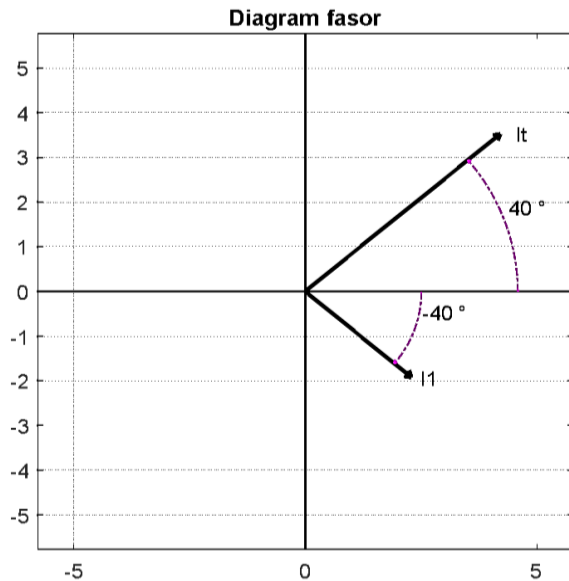


## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
text(real(I1)*1.08,imag(I1),'I1');  
text(real(It)*1.08,imag(It),'It');
```

```
% sudut text
```

```
pl1text = angle(I1)/2;  
sudutI1=num2str(round(angle(I1)*180/pi*100)/100);  
sudutI1 = [sudutI1 ' °'];  
text(real(abs(I1)*exp(j*pi1text))*0.9,imag(abs(I1)*exp(j*pi1text))*0.45,sudutI1);  
plttext = angle(It)/2;  
sudutIt=num2str(round(angle(It)*180/pi*100)/100);  
sudutIt = [sudutIt ' °'];  
text(real(abs(It)*exp(j*pi1ttext))*0.85,imag(abs(It)*exp(j*pi1ttext)),sudutIt);
```



**Gambar 5.24. Diagram Fasor untuk Kasus 5.7**

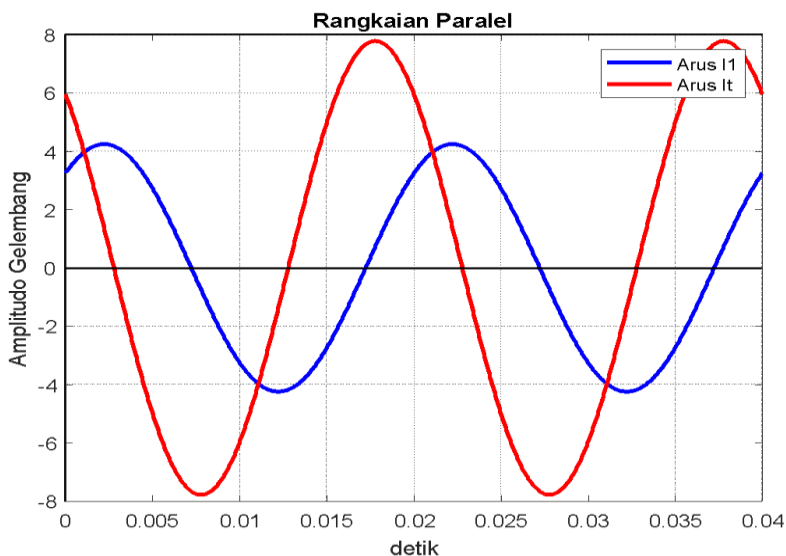
```
% Langkah 4, bentuk gelombang fungsi waktu
```

```
f = 50;
```

```
t = linspace(0,2/f,1024);
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
it1 = abs(I1)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I1));  
itt = abs(It)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(It));  
figure(2);  
plot(t,it1,'b',t,itt,'r','LineWidth',2), grid, hold on  
plot([0 2/f],[0 0],'k','LineWidth',1), hold off  
title('Rangkaian Paralel')  
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo Gelombang'),  
legend('Arus I1','Arus It')
```



Gambar 5.25. Diagram Sinusoidal untuk Kasus 5.7

### Hasil Running Program

```
=====
Z (R + jX)
-1.8302-4.8477i
=====
```

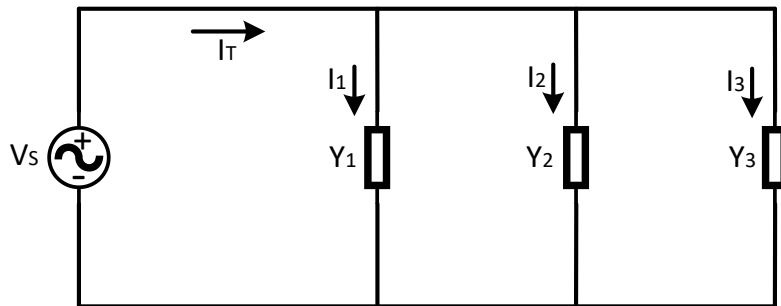
**5.5. Admitansi**

**Admitansi** adalah perbandingan arus (I) efektif terhadap tegangan efektifnya (V) untuk listrik bolak balik atau mempunyai bentuk gelombang sinusoidal. Lambang admitansi adalah **Y** dengan satuan **Mho** Jadi admitansi berlaku dalam suatu kalang (lingkaran arus) AC (alternating current). Persamaan admitansi  $Y = 1/Z = G \pm jB$  dengan  $G$  adalah **konduktansi** dan  $B$  adalah **suseptansi**. Bila  $B$  memiliki tanda positif, maka suseptansi bersifat kapasitif. Dan jika  $B$  memiliki tanda negatif, maka suseptansi bersifat induktif. Gambar 5.26 menunjukkan tiga buah admitansi yang dipasang secara paralel, yaitu  $Y_1$ ,  $Y_2$ , dan  $Y_3$ . Maka admitansi ekuivalen dari rangkaian tersebut adalah:

$$Y_{eq} = Y_1 + Y_2 + Y_3 \dots\dots\dots (5.8)$$

Untuk persamaan arus pada rangkaian adalah:

$$\begin{aligned} I_T &= I_1 + I_2 + I_3 = VY_1 + VY_2 + VY_3 \\ &= V(Y_1 + Y_2 + Y_3) = V Y_{eq} \dots\dots\dots (5.9) \end{aligned}$$

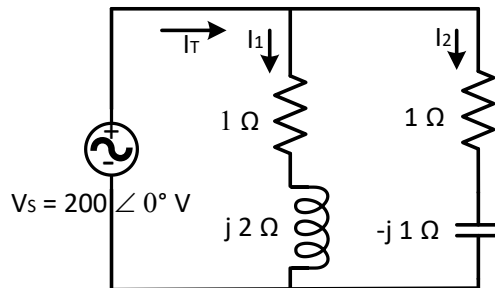


**Gambar 5.26. Tiga Buah Admitansi Paralel,  $Y_1$ ,  $Y_2$ , dan  $Y_3$**

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Kasus 5.8

Tentukan impedansi ekuivalen  $Z_{eq}$ , arus setiap cabang, dan arus total pada rangkaian listrik Gambar 5.27 dengan menggunakan admitansi Y.



Gambar 5.27. Rangkaian Listrik untuk Kasus 5.8

### Penyelesaian

Impedansi ekuivalen  $Z_{eq}$  dapat ditentukan dengan mencari admitansi setiap cabang seperti berikut:

$$\begin{aligned} Y_{eq} &= \frac{1}{1+j2} + \frac{1}{1-j1} \\ &= 0.7 + j0.1 \text{ Mho} \end{aligned}$$

Impedansi ekuivalen  $Z_{eq}$  adalah:

$$Z_{eq} = \frac{1}{Y_{eq}} = \frac{1}{0.7 + j0.1} = 1.4 - j0.2 \Omega$$

Arus setiap cabang adalah:

$$I_1 = 200 \angle 0^\circ (1 + j2) = 40 - j80 \text{ A}$$

$$I_2 = 200 \angle 0^\circ (1 - j1) = 100 + j100 \text{ A}$$

Arus totalnya adalah:

$$I_T = I_1 + I_2 = 120 - j20 \text{ A}$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Script MATLAB

```
% =====  
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 5.4  
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng. I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,  
% I M Ari Nrartha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.  
% Desember 2021  
%-----  
% Tentukan impedansi ekuivalen ???, arus setiap cabang, dan arus total pada  
% rangkaian Listrik Gambar 5.28 dengan menggunakan admitansi Y.  
%=====
```

```
clear all, close all, clc  
j=sqrt(-1);  
Z1 = 1 + j*2; % ohm  
Z2 = 1-j*1; % ohm  
Vrms = 200; % Volt  
sVrms = 0; % derajat
```

```
% Langkah 1, Y, I1, I2, It  
Y1 = 1/Z1;  
Y2 = 1/Z2;  
Y = Y1 + Y2;  
V = Vrms*exp(sVrms/180*pi*j)  
I1 = V*Y1;  
I2 = V*Y2;  
It = I1 + I2;  
It = V*Y;  
Zeq=1/Y;  
% menampilkan hasil I1, I2 dan It  
disp(' magI1rms sudl1rms magI2rms sudl2rms magIt rms sudIt rms ');  
disp([abs(I1) angle(I1)/pi*180 abs(I2) angle(I2)/pi*180 abs(It)...  
angle(It)/pi*180]);
```

```
% Langkah 3, buat diagram fasornya  
% Ukuran anak panah yang sama  
Bj = max([abs(V) abs(It)]);  
Bk = min([abs(V) abs(It)]);  
pbr = (Bj + Bk)/2 * 0.04;  
[Vx, Vy]=fasor_go(V,pbr);  
[I1x, I1y]=fasor_go(I1,pbr);
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

[l2x, l2y]=fasor_go(l2,pbr);
[ltx, lty]=fasor_go(lt,pbr);
% menampilkan sudut
[rVx,rVy,XVx,YVy]=bsudut(V,pbr*0.5);
[r11x,r11y,Xl1x,Yl1y]=bsudut(l1,pbr*0.5);
[r12x,r12y,Xl2x,Yl2y]=bsudut(l2,pbr*0.5);
[r1tx,r1ty,Xltx,Ylty]=bsudut(lt,pbr*0.5);
baxis=max([Vrms abs(l1) abs(l2) abs(lt)]); % menampilkan batas grafik
figure(1);
plot(Vx, Vy, 'k', 'LineWidth', 2); hold on
plot(l1x, l1y, 'k', 'LineWidth', 2);
plot(l2x, l2y, 'k', 'LineWidth', 2);
plot(ltx, lty, 'k', 'LineWidth', 2);
plot([l1x(1,2) ltx(1,2)], [l1y(1,2) lty(1,2)], 'k-', [l2x(1,2) ltx(1,2)], ...
     [l2y(1,2) lty(1,2)], 'k-', 'LineWidth', 1)
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k', 'LineWidth', 1),
plot([0 0], [-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k', 'LineWidth', 1),
% panah rotasi
plot(rVx,rVy, 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(XVx,YVy, 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(r11x,r11y, 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(Xl1x,Yl1y, 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(r12x,r12y, 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(Xl2x,Yl2y, 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(r1tx,r1ty, 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(Xltx,Ylty, 'm-', 'LineWidth', 1);
hold off
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05-baxis*1.05 baxis*1.05]);
axis('square'); grid
title('Diagram fasor');
text(real(l1)*1.08, imag(l1), 'l1');
text(real(l2)*1.08, imag(l2), 'l2');
text(real(lt)*1.08, imag(lt), 'lt');
text(real(V)*1.05, imag(V), 'V');
% sudut text
p1text = angle(l1)/2;
sudutl1=num2str(round(angle(l1)*180/pi*100)/100);
sudutl1 = [sudutl1 ' °'];
text(real(abs(l1)*exp(j*p1text))*0.45, imag(abs(l1)*exp(j*p1text))*0.45, sudutl1);

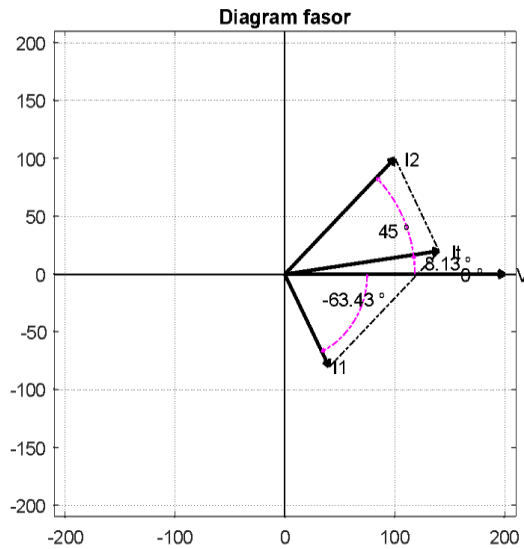
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

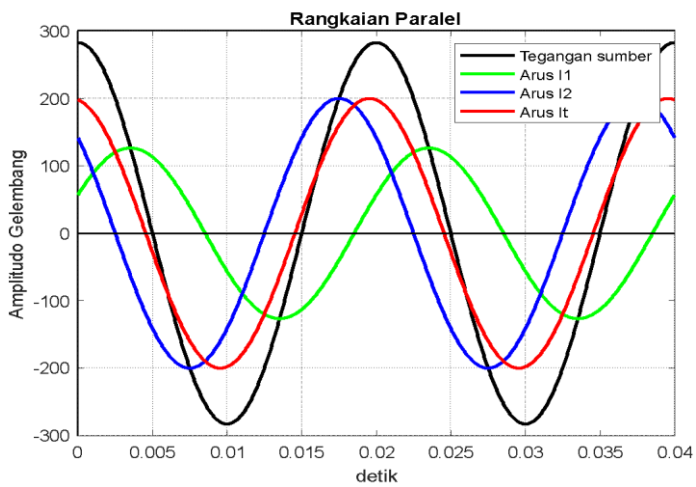
```
pl2text = angle(I2)/2;
sudutI2=num2str(round(angle(I2)*180/pi*100)/100);
sudutI2 = [sudutI2 ' °'];
text(real(abs(I2)*exp(j*pi*pl2text))*0.65,imag(abs(I2)*exp(j*pi*pl2text))*0.7,sudutI2);
plttext = angle(I1)/2;
sudutI1=num2str(round(angle(I1)*180/pi*100)/100);
sudutI1 = [sudutI1 ' °'];
text(real(abs(I1)*exp(j*pi*plttext))*0.9,imag(abs(I1)*exp(j*pi*plttext)),sudutI1);
pVtext = angle(V)/2;
sudutV=num2str(round(angle(V)*180/pi);
sudutV = [sudutV ' °'];
text(real(abs(V)*exp(j*pi*pVtext))*0.8,imag(abs(V)*exp(j*pi*pVtext))*1.4,sudutV);

% Langkah 4, bentuk gelombang fungsi waktu
f = 50;
t = linspace(0,2/f,1024);
vt = Vrms*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+sVrms/180*pi);
it1 = abs(I1)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I1));
it2 = abs(I2)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I2));
itt = abs(I1)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I1));
figure(2);
plot(t,vt,'k',t,it1,'g-',t,it2,'b-',t,itt,'r-','LineWidth',2), grid, hold on
plot([0 2/f],[0 0],'k','LineWidth',1), hold off
title('Rangkaian Paralel')
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo Gelombang'),
legend('Tegangan sumber','Arus I1','Arus I2','Arus It')
```

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 5.28. Diagram Fasor Kasus 5.8**



**Gambar 5.29. Diagram Sinusoidal Kasus 5.8**

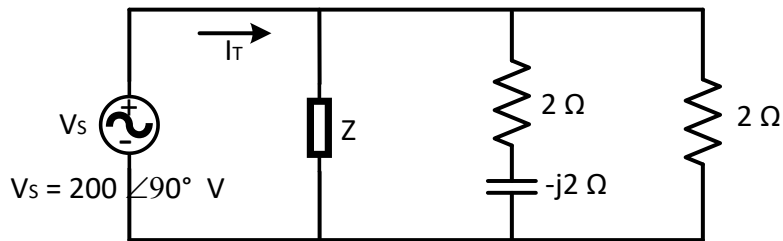


### Hasil Running Script

```
=====
mag1rms sudl1rms magl2rms sudl2rms magltrms sudltrms
89.4427-63.4349 141.4214 45.0000 141.4214 8.1301
=====
```

### Kasus 5.9

Bila diketahui sebuah rangkaian seperti pada Gambar 5.30, Tentukan harga impedansi  $Z$ , dan arus setiap cabang dari rangkaian tersebut. Gunakan admitansi  $Y$ , jika diketahui tegangan sumber  $V_S = 120 \angle 80^\circ \text{ V}$ , dan arus total yang mengalir pada rangkaian adalah  $I_T = 50 \angle 100^\circ \text{ A}$



**Gambar 5.30. Rangkaian Listrik untuk Kasus 5.9**

### Penyelesaian

Admitansi ekuivalen  $Y_{eq}$  pada rangkaian adalah:

$$Y_{eq} = \frac{I_T \angle 100^\circ}{V_S \angle 90^\circ} = 0,5 \angle 10^\circ = 0,5 + j0,1 \text{ Mho}$$

Admitansi pada cabang 2 dan 3 adalah:

$$Y_2 = \frac{1}{2 - j2} = 0,5 + j0,5 \text{ Mho}$$

$$Y_3 = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ Mho}$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Admitansi pada cabang 1 adalah:

$$Y_1 = Y_{eq} - (Y_2 + Y_3) = (0.5 + j0.1) - (0,5 + j0,5) - (0,5) \\ = -0.26 - j0.14 \text{ Mho}$$

Harga impedansi Z pada cabang 1 adalah:

$$Z = \frac{1}{Y_1} = \frac{1}{-0.26 - j0.14} = -2.97 + j1.61 \Omega$$

Arus yang mengalir pada cabang 2 dan 3 adalah:

$$I_2 = V_S Y_2 = 100 \angle 90^\circ (0,5 + j0,1) = -25 + j25 \text{ }^\circ\text{A} = 35.4 \angle 135^\circ \text{ A}$$

$$I_3 = V_S Y_3 = 100 \angle 90^\circ (0,5) = -j50 = 50 \angle 90^\circ \text{ A}$$

Arus yang mengalir pada cabang 1 adalah:

$$I_1 = I_T - (I_2 + I_3) = 50 \angle 100^\circ - (35.4 \angle 135^\circ - 50 \angle 90^\circ) \\ = 14.1347 - j25.9899 = 50 \angle 100^\circ \\ = -28,37 - j89,99 = 29.5849 \angle -61.4^\circ \text{ A}$$

### Script MATLAB

```
% =====  
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 5.9  
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,ASEAN.Eng. I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,  
% I M Ari Nrartha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.  
% Desember 2021  
%-----  
% Bila kita memiliki sebuah rangkaian seperti pada Gambar 5.31,  
% Tentukan harga impedansi Z, dan arus setiap cabang dari rangkaian  
% tersebut. Gunakan admitansi Y, jika diketahui tegangan  
% sumber  $V_S = 120 \angle 80^\circ \text{ V}$ , dan arus total yang mengalir pada rangkaian  
% adalah  $I_T = 50 \angle 100^\circ \text{ A}$   
% =====  
clear all, close all, clc  
j=sqrt(-1);  
Z2 = 2-j*2; % ohm  
Z3 = 2; % ohm  
Vrms = 100; % Volt  
sVrms = 90; % derajat
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
Itrms = 50.2; % Volt
sltrms = 102.5; % derajat

% Langkah 1, Y, I1, I2, It
Y2 = 1/Z2;
Y3 = 1/Z3;
V = Vrms*exp(sVrms/180*pi*j);
It = Itrms*exp(sltrms/180*pi*j);
Y = It/V;
Y1 = Y-(Y2+Y3);
Z1 = 1/Y1;
I2 = V*Y2;
I3 = V*Y3;
I1 = It-(I2 + I3);

% menampilkan hasil I1, I2 dan It
disp(' mag1rms sudl1rms mag2rms sudl2rms mag3rms sudl3rms magltrms
sudltrms ');
disp([abs(I1) angle(I1)/pi*180 abs(I2) angle(I2)/pi*180 abs(I3)...
angle(I3)/pi*180 abs(It) angle(It)/pi*180]);

% Langkah 3, buat diagram fasornya
% Ukuran anak panah yang sama
Bj = max([abs(V) abs(It)]);
Bk = min([abs(V) abs(It)]);
pbr = (Bj + Bk)/2 * 0.04;
[Vx, Vy]=fasor_go(V,pbr);
[I1x, I1y]=fasor_go(I1,pbr);
[I2x, I2y]=fasor_go(I2,pbr);
[I3x, I3y]=fasor_go(I3,pbr);
[Itx, Ity]=fasor_go(It,pbr);

% menampilkan sudut
[rVx,rVy,XVx,YVy]=bsudut(V,pbr*0.5);
[rI1x,rI1y,XI1y,YI1y]=bsudut(I1,pbr*0.5);
[rI2x,rI2y,XI2y,YI2y]=bsudut(I2,pbr*0.5);
[rI3x,rI3y,XI3y,YI3y]=bsudut(I3,pbr*0.5);
[rItx,rIty,XIty,YIty]=bsudut(It,pbr*0.5);
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
baxis=max([Vrms abs(I1) abs(I2) abs(I3) abs(It)]); % menampilkan batas grafik
```

```
% penjumlahan fasor
```

```
I12x = ones(3,2)*I1x(1,2)+I2x; I12y = ones(3,2)*I1y(1,2)+I2y;  
I23x = ones(3,2)*I12x(1,2)+I3x; I23y = ones(3,2)*I12y(1,2)+I3y;  
figure(1);  
plot(Vx', Vy', 'k', 'LineWidth', 2); hold on  
plot(I1x', I1y', 'k', 'LineWidth', 2);  
plot(I2x', I2y', 'k', 'LineWidth', 2);  
plot(I3x', I3y', 'k', 'LineWidth', 2);  
plot(Itx', Ity', 'k', 'LineWidth', 2);  
plot(I12x', I12y', 'k-', 'LineWidth', 1);  
plot(I23x', I23y', 'k-', 'LineWidth', 1);  
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k', 'LineWidth', 1),  
plot([0 0], [-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k', 'LineWidth', 1),
```

```
% panah rotasi
```

```
plot(rVx, rVy, 'm-', 'LineWidth', 1);  
plot(XVx', YVy', 'm-', 'LineWidth', 1);  
plot(rI1x, rI1y, 'm-', 'LineWidth', 1);  
plot(XI1x', YI1y', 'm-', 'LineWidth', 1);  
plot(rI2x, rI2y, 'm-', 'LineWidth', 1);  
plot(XI2x', YI2y', 'm-', 'LineWidth', 1);  
plot(rI3x, rI3y, 'm-', 'LineWidth', 1);  
plot(XI3x', YI3y', 'm-', 'LineWidth', 1);  
plot(rItx, rIty, 'm-', 'LineWidth', 1);  
plot(XItx', YIty', 'm-', 'LineWidth', 1);  
hold off  
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05 -baxis*1.05 baxis*1.05]);  
axis('square'); grid  
title('Diagram fasor');  
text(real(I1)*1.8, imag(I1), 'I1');  
text(real(I2)*1.5, imag(I2), 'I2');  
text(real(I3)+2*1.8, imag(I3), 'I3');  
text(real(It)*1.8, imag(It), 'It');  
text(real(I12x(1,2))*1.8, imag(I12x(1,2)), 'I2');  
text(real(V)+2*1.8, imag(V), 'V');
```

```
% sudut text
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

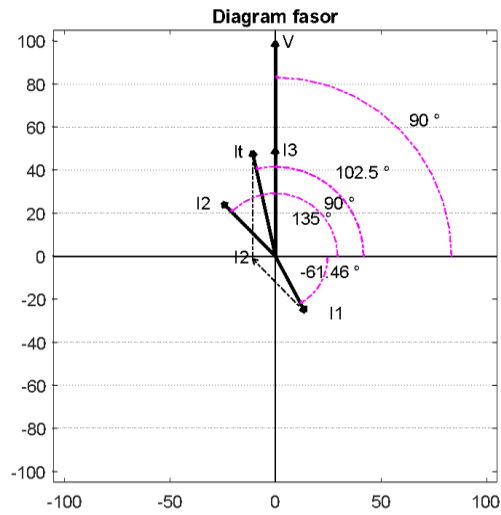
```

pl1text = angle(I1)/2;
sudutI1=num2str(round(angle(I1)*180/pi*100)/100);
sudutI1 = [sudutI1 ' °'];
text(real(abs(I1)*exp(j*pi*pl1text))*0.45,imag(abs(I1)*exp(j*pi*pl1text))*0.45,sudutI1);
pl2text = angle(I2)/2;
sudutI2=num2str(round(angle(I2)*180/pi*100)/100);
sudutI2 = [sudutI2 ' °'];
text(real(abs(I2)*exp(j*pi*pl2text))*0.55,imag(abs(I2)*exp(j*pi*pl2text))*0.55,sudutI2)
;
pl3text = angle(I3)/2;
sudutI3=num2str(round(angle(I3)*180/pi*100)/100);
sudutI3 = [sudutI3 ' °'];
text(real(abs(I3)*exp(j*pi*pl3text))*0.65,imag(abs(I3)*exp(j*pi*pl3text))*0.7,sudutI3);
plIttext = angle(It)/2;
sudutIt=num2str(round(angle(It)*180/pi*100)/100);
sudutIt = [sudutIt ' °'];
text(real(abs(It)*exp(j*pi*plIttext))*0.9,imag(abs(It)*exp(j*pi*plIttext)),sudutIt);
pVttext = angle(V)/2;
sudutV=num2str(round(angle(V)*180/pi);
sudutV = [sudutV ' °'];
text(real(abs(V)*exp(j*pi*pVttext))*0.9,imag(abs(V)*exp(j*pi*pVttext))*0.9,sudutV);

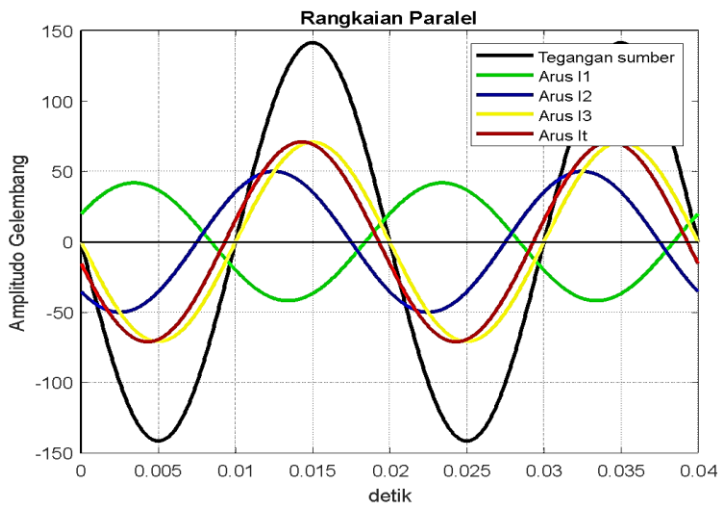
% Langkah 4, bentuk gelombang fungsi waktu
f = 50;
t = linspace(0,2/f,1024);
vt = Vrms*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+sVrms/180*pi);
it1 = abs(I1)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I1));
it2 = abs(I2)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I2));
it3 = abs(I3)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I3));
itt = abs(It)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(It));
figure(2);
plot(t,vt,'k',t,it1,'g-',t,it2,'b-',t,it3,'y',t,itt,'r-', 'LineWidth',2), grid, hold on
plot([0 2/f],[0 0],'k','LineWidth',1), hold off
title('Rangkaian Paralel')
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo Gelombang'),
legend('Tegangan sumber','Arus I1','Arus I2','Arus I3','Arus It')

```

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



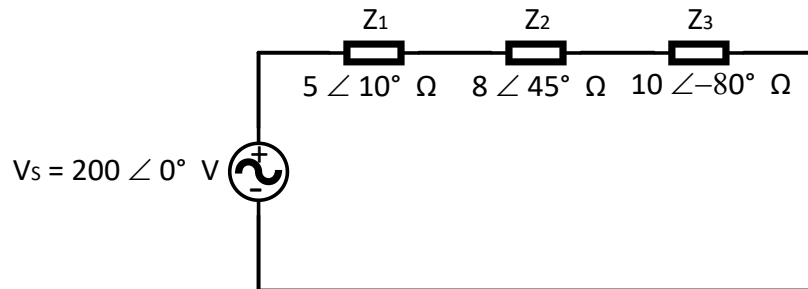
**Gambar 5.31. Diagram Fasor untuk Kasus 5.9**



**Gambar 5.32. Diagram Sinus untuk Kasus 5.9**

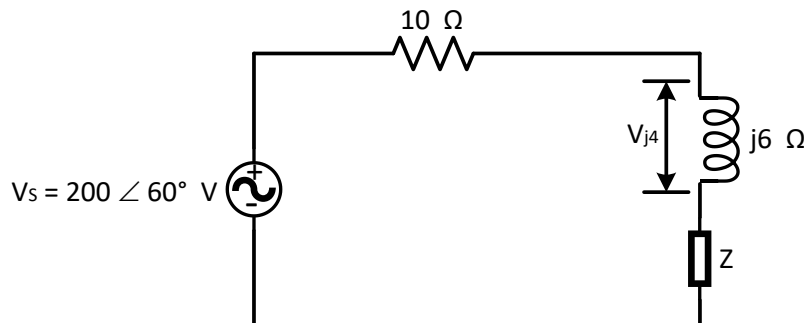
**LATIHAN-LATIHAN**

1. Dapatkan tegangan pada masing-masing impedansi pada rangkaian seperti Gambar 5.34.



**Gambar 5.33. Rangkaian Listrik untuk Soal Latihan 1**

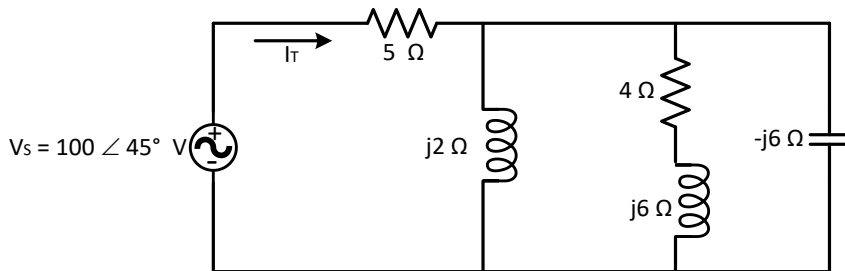
2. Jika tegangan pada induktansi  $j6 \Omega$  seperti Gambar 5.35 adalah  $V_{j4} = 120 \angle 30^\circ V$ , Dapatkan elemen-elemen impedansi.



**Gambar 5.34. Rangkaian Listrik untuk Soal Latihan 2**

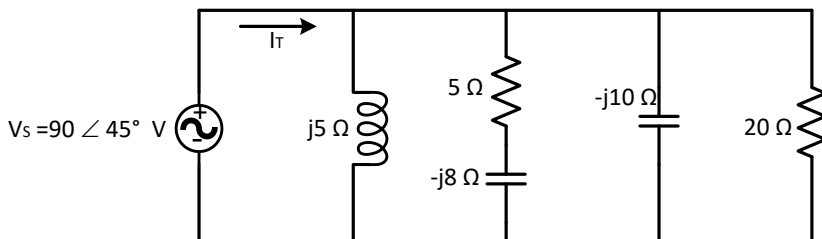
**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

3. Dapatkan impedansi ekuivalen dan arus total pada rangkaian seperti Gambar 5.36.



**Gambar 5.35. Rangkaian Listrik untuk Soal Latihan 3**

4. Dapatkan impedansi ekuivalen dan arus total pada rangkaian seperti Gambar 5.37.

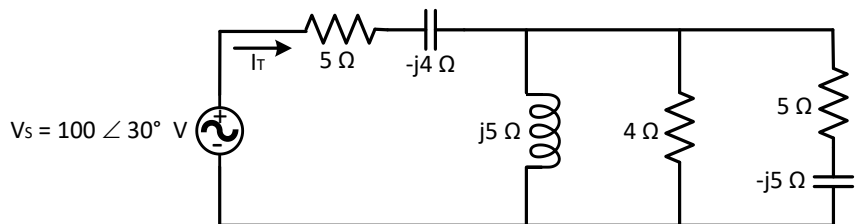


**Gambar 5.36. Rangkaian Listrik untuk Soal Latihan 4**



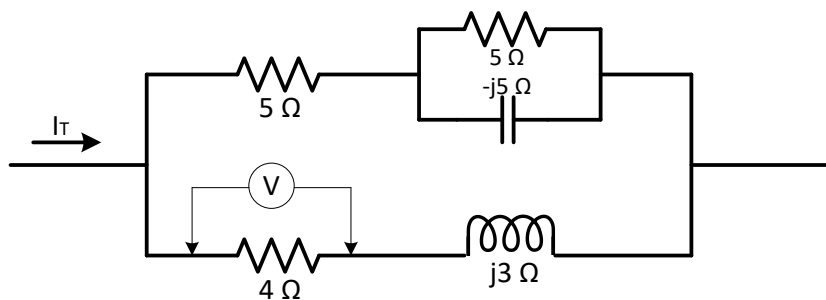
**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

5. Dapatkan impedansi ekuivalen dan arus total pada rangkaian seperti Gambar 5.38.



**Gambar 5.37. Rangkaian Listrik untuk soal Latihan 5**

6. Sebuah voltmeter digunakan untuk mengukur tegangan pada resistor 4 Ohm seperti pada rangkaian Gambar 5.39. pada voltmeter tersebut terbaca 50 V. Dapatkan arus total pada rangkaian tersebut.



**Gambar 5.38. Rangkaian Listrik untuk Soal Latihan 6**

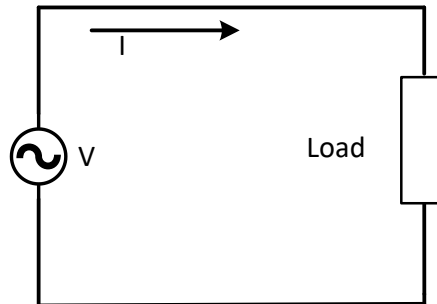
**BAB**

**6**

**DAYA PADA RANGKAIAN  
LISTRIK**

**6.1. Pendahuluan**

Daya listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan **Electrical Power** adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah rangkaian listrik. Sumber Energi seperti tegangan listrik dapat menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Dengan kata lain, daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Kita mengambil Kasus lampu pijar dan Pemanas (*heater*), Lampu pijar menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi cahaya sedangkan heater mengubah serapan daya listrik tersebut menjadi panas demikian juga untuk beban lainnya. Satuan daya dalam satuan SI adalah **Watt** (W) Semakin tinggi nilai Watt-nya semakin tinggi pula daya listrik yang dikonsumsi. **Daya listrik** didefinisikan sebagai laju hantaran **energi listrik** dalam **rangkaian listrik**. **Daya listrik** menyatakan banyaknya tenaga **listrik** yang mengalir per satuan waktu (joule/detik).



**Gambar 6.1. Representasi Daya Listrik**

Arus **listrik** yang mengalir dalam rangkaian dengan hambatan **listrik** menimbulkan kerja. Daya listrik secara umum dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis yaitu: Daya sesaat (*Instantaneous Power*), daya Rata-rata (*Average Power*), Daya Efektif (*Rms Power*), Daya kompleks, Daya Aktif, Daya Reaktif. Arus yang mengalir menuju beban akan menimbulkan daya sebesar tegangan dikalikan dengan arus tersebut.

## **6.2. Daya Sesaat**

Untuk menjelaskan komponen daya yang bekerja pada sebuah rangkaian listrik dapat dijelaskan dengan Gambar 6.1. **Daya sesaat** adalah **daya** yang terjadi pada saat hanya waktu tertentu ketika sebuah komponen mempunyai nilai tegangan dan arus yang mengalir padanya hanya saat waktu tersebut. Dengan definisi lain daya sesaat yang terjadi pada elemen rangkaian listrik dapat didefinisikan sebagai hasil perkalian antara tegangan sesaat dengan arus sesaat yang mengalir pada rangkaian listrik tersebut, dengan persamaan sebagai berikut.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

$$P(t) = V(t) \cdot i(t) \dots\dots\dots(6.1)$$

Jika elemen tersebut adalah sebuah resistor atau tahanan R, maka daya dapat dinyatakan dalam besaran arus atau tegangannya, yaitu:

$$P(t) = V(t) \cdot i(t) = i^2(t) \cdot R = \frac{V^2(t)}{R} \dots\dots\dots(6.2)$$

Jika elemen tersebut bersifat induktif maka daya dapat dinyatakan dalam besaran arus atau tegangan, yaitu:

$$P(t) = V(t) \cdot i(t) = Li(t) \frac{di(t)}{dt} = \frac{1}{L} V(t) \int_{-}^t V(t) dt \dots\dots\dots(6.3)$$

Bila kita asumsikan tegangan bernilai nol pada  $t = -$ , jika elemen tersebut bersifat kapasitif, maka daya dapat dinyatakan dalam besaran arus atau tegangan, bentuk persamaannya adalah:

$$P(t) = V(t) \cdot i(t) = C_V(t) \frac{dV(t)}{dt} = \frac{1}{C} i(t) \int_{-}^t V(t) dt \dots\dots\dots(6.4)$$

**6.3. Daya dengan Sumber Sinusoidal**

Jika pada Gambar 6.1 di ilustrasikan sebuah beban elemen yang bersifat induktif dengan tegangan  $V(t) = V_m \sin \omega t$ , maka pada elemen tersebut akan mengalir arus sebesar  $i(t) = I_m \sin (\omega t - 2)$ . Pergeseran fasa dari tegangan dan arus tersebut sebesar  $- 2$  hal ini disebabkan oleh beban yang bersifat induktif murni. maka daya terjadi pada elemen tersebut adalah:

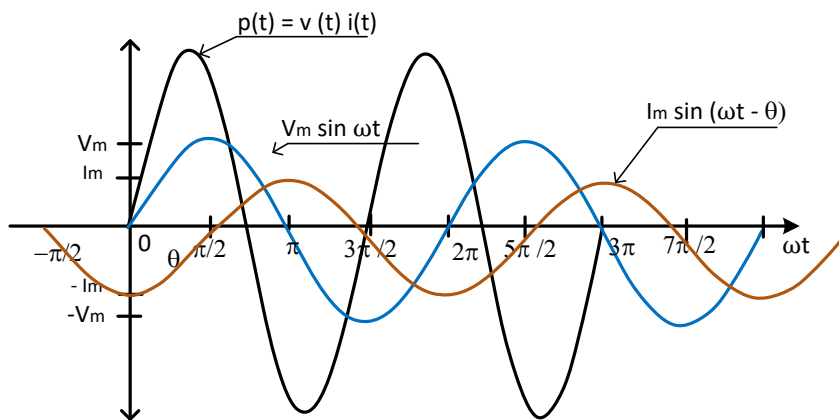
$$P(t) = V(t) \cdot i(t) = V_m I_m \sin \omega t \sin (\omega t - 2) \dots\dots\dots(6.5)$$

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

Dengan  $\sin(\omega t - 2) = \cos \cos \omega t$  dan  $2 \sin \sin x \cos \cos x = \sin \sin 2x$ , maka persamaan (6.5) menjadi:

$$P(t) = -\frac{1}{2} V_m I_m \sin \sin 2 \omega t \dots\dots\dots (6.6)$$

Gambar tegangan, arus, dan daya untuk elemen yang bersifat induktif ini seperti Gambar 6.2.



**Gambar 6.2. Diagram Fasor dan Frekuensi Domain Rangkaian Induktif**

Demikian juga untuk sebuah elemen bersifat kapasitif dengan tegangan  $V(t) = V_m \sin \sin \omega t$ , pada elemen tersebut mengalir arus dengan  $i(t) = I_m \sin \sin (\omega t + 2)$ , Pergeseran fasa dari tegangan dan arus tersebut sebesar +2 hal ini disebabkan oleh beban yang bersifat kapasitif murni. maka daya terjadi pada elemen tersebut adalah:

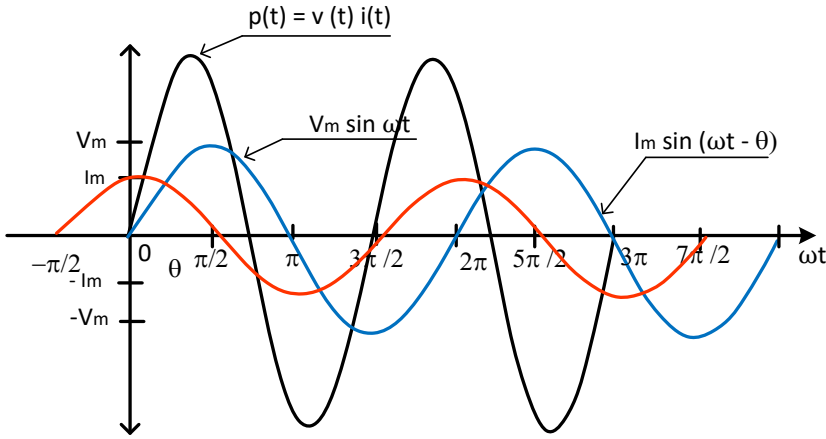
$$P(t) = V(t).i(t) = V_m I_m \sin \sin \omega t \sin \sin (\omega t + 2) \dots\dots\dots (6.7)$$

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

Dengan  $\sin(\omega t + 2) = \cos \cos \omega t$  dan  $2 \sin \sin x \cos$ ,  $\cos x = \sin \sin 2x$  maka persamaan (6.7) menjadi:

$$P(t) = \frac{1}{2} V_m I_m \sin \sin 2 \omega t \dots\dots\dots(6.8)$$

Gambar tegangan, arus, dan daya untuk elemen yang bersifat kapasitif ini seperti Gambar 6.3.



**Gambar 6.3. Diagram Fasa dan Frekuensi Domain Rangkaian Kapasitif**

Demikian juga untuk sebuah elemen bersifat resistif dengan tegangan  $V(t) = V_m \sin \sin \omega t$ , pada elemen tersebut mengalir arus dengan  $i(t) = I_m \sin \sin \omega t$ , maka daya pada elemen tersebut adalah:

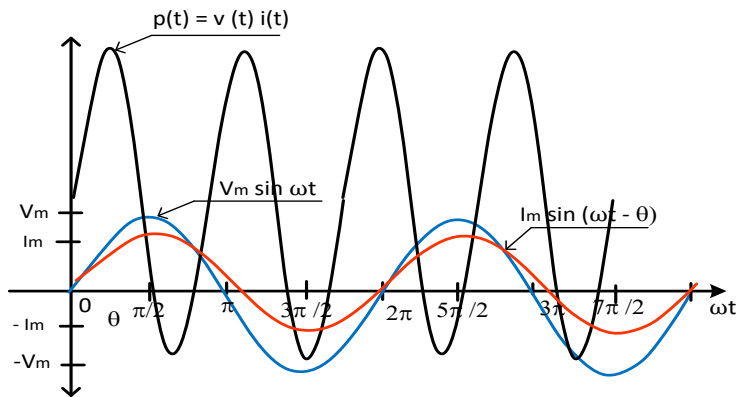
$$P(t) = V(t) \cdot i(t) = V_m I_m \omega t \dots\dots\dots(6.9)$$

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

Dengan  $X = \frac{1}{2}(1 - \cos 2x)$ , maka persamaan (6.9) menjadi:

$$P(t) = \frac{1}{2}V_m I_m(1 - \cos 2 \omega t) \dots\dots\dots(6.10)$$

Gambar tegangan, arus, dan daya untuk elemen yang bersifat resistif diperlihatkan pada Gambar 6.4.



**Gambar 6.4. Diagram Fasor dan Frekuensi Domain Rangkaian Resistif**

**6.4. Daya Rata-Rata**

Untuk memahami daya rata-rata dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan dengan mengintegalkan fungsi daya sesaat untuk sembarang interval waktu yang panjangnya satu periode gelombang, dan kemudian membagi hasilnya dengan panjang periode tersebut, persamaan daya rata-rata ini adalah seperti berikut:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt \dots\dots\dots(6.11)$$

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

Jika diasumsikan sebuah tegangan sinusoidal yang diterapkan pada Gambar 6.1 adalah  $V(t) = V_m \cos(\omega t + \phi)$ , dan arus  $i(t) = I_m \sin(\omega t + \theta)$ , maka daya sesaat yang dihasilkan tegangan dan arus ini adalah:

$$P(t) = V_m I_m \cos(\omega t + \phi) \sin(\omega t + \theta) \dots\dots\dots (6.12)$$

Dengan mengubah bentuk dari persamaan (6.12) menjadi penjumlahan dua buah fungsi cosinus sebagai berikut.

$$P(t) = \frac{1}{2} V_m I_m \cos(\omega t + \phi - \theta) + \frac{1}{2} V_m I_m \cos(\omega t + \phi + \theta) \dots\dots\dots (6.13)$$

Suku pertama dari persamaan (6.13) adalah sebuah konstanta yang tidak bergantung waktu. Fungsi lainnya adalah sebuah fungsi cosinus terhadap waktu. Oleh karena itu P(t) bersifat periodic, yaitu periodenya  $\frac{1}{2}T$ . Periode T adalah untuk gelombang arus dan tegangan yang diberikan, dan bukan untuk fungsi daya sesaat, dan periode untuk fungsi daya adalah  $\frac{1}{2}T$ . Harga rata-rata kedua persamaan (6.13) adalah nol untuk interval T(atau  $\frac{1}{2}T$ ), dan harga rata-rata suku pertama adalah sebuah konstanta. Dengan demikian:

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m \cos(\phi - \theta) \dots\dots\dots (6.14)$$

**Kasus 6.1**

Bila diketahui sebuah rangkaian listrik dengan impedansi  $Z = 5 \angle 60^\circ \Omega$ , dan memiliki tegangan pada impedansi tersebut adalah  $V = 10 \angle 0^\circ V$ , tentukan daya rata-rata dan persamaan daya sesaat pada impedansi tersebut.



## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Penyelesaian

Arus fasor pada impedansi adalah:

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{10 \angle 0^\circ}{5 \angle 60^\circ} = 2 \angle -60^\circ \text{ A}$$

Daya rata-rata adalah:

$$P = \frac{1}{2} (10)(2) \cos \cos 60^\circ = 5 \text{ Watt}$$

Tegangan fungsi waktu adalah:

$$V(t) = 10 \cos \cos \frac{t}{6} \text{ V}$$

Arus fungsi waktu adalah:

$$i(t) = 2 \cos \cos \left( \frac{t}{6} - 60^\circ \right) \text{ A}$$

Maka daya sesaat adalah:

$$P(t) = 10 \cos \cos \frac{t}{6} \text{ V } 2 \cos \cos \left( \frac{t}{6} - 60^\circ \right) \text{ A} = 10.0248 \text{ W}$$

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 6.1
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,A.SEAN. Eng., I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,Ph.D.
% I M Ari Nrartha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Sebuah rangkaian listrik dengan impedansi  $Z=5 \angle 60^\circ$  ,
% dan memiliki tegangan pada impedansi tersebut adalah  $V=10 \angle 0^\circ$  V,
% tentukan daya rata-rata dan persamaan daya sesaat pada
% impedansi tersebut.
%=====
clear all, close all, clc
j=sqrt(-1);
mZ = 5; % ohm
sZ = 60; % derajat
Vrms = 10; % Volt
sVrms = 10; % derajat
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

% Langkah 1, mencari arus

```
V = Vrms*exp(sVrms/180*pi*j);
```

```
Z = mZ*exp(sZ/180*pi*j);
```

```
I = V/Z;
```

% Langkah 2, mencari daya rata2

```
f = 50;
```

```
t = linspace(0,2/f,1024);
```

```
vt = Vrms*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+sVrms/180*pi);
```

```
it = abs(I)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I));
```

```
P = 1/(length(t)-1)*sum(vt.*it);
```

```
disp(' Daya rata-rata (W) ');
```

```
disp([P])
```

% Langkah 4, bentuk gelombang fungsi waktu

```
f = 50;
```

```
t = linspace(0,2/f,1024);
```

```
vt = Vrms*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+sVrms/180*pi);
```

```
it = abs(I)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I));
```

```
p=vt.*it;
```

```
figure(1);
```

```
plot(t,vt,'k',t,it,'r',t,p,'b','LineWidth',2), hold on
```

```
plot([0 2/f],[0 0],'k','LineWidth',2), hold off, grid
```

```
Lp=find(p==max(p),1)/1024*2/f;
```

```
Lvt=find(vt==max(vt),1)/1024*2/f;
```

```
Lit=find(it==max(it),1)/1024*2/f;
```

```
text(Lp,max(p)*1.03,'p(t)=v(t)*i(t)');
```

```
text(Lvt,max(vt)*1.1,'v(t)');
```

```
text(Lit,max(it)*1.2,'it(t)');
```

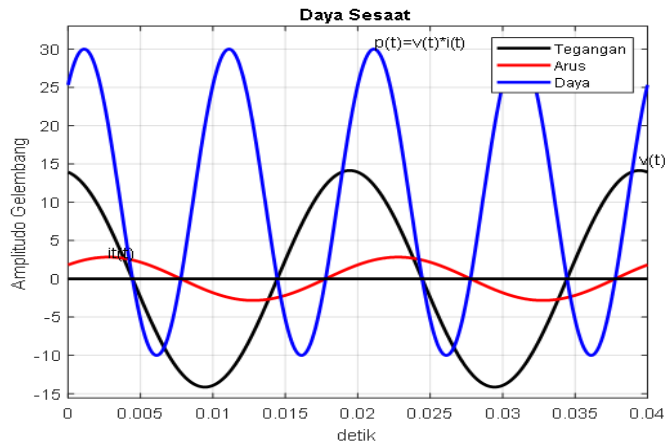
```
axis([0 2/f-max(vt)*1.1 max(p)*1.1]);
```

```
title('Daya Sesaat')
```

```
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo Gelombang');
```

```
legend('Tegangan','Arus','Daya')
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I



**Gambar 6.5. Diagram Daya Sesaat untuk Kasus 6.1**

### Hasil Running Program

```
=====
Daya rata-rata (W) 10.0248
=====
```

### 6.5. Daya Kompleks

Daya kompleks (dalam VA) adalah perkalian fasor tegangan rms dan konjugasi kompleks dari fasor arus rms. Dapat juga didefinisikan sebagai penjumlahan dua macam **daya**. Selanjutnya, perhatian kita tujukan pada setiap komponennya, yaitu **daya** aktif dan **daya** reaktif. **Daya** aktif (atau **daya** nyata, **daya** real) adalah bentuk **daya** yang dapat diubah ke dalam kerja fisik, seperti motor (listrik ke putaran), *heater* (listrik ke panas), dan lain-lain. Perkalian tegangan rms **V** dengan arus **I\*** dalam kedua besaran ini dalam bentuk bilangan kompleks adalah **VI\*** yang dinamakan daya kompleks dengan

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

simbol **S**, dalam satuan *Volt Ampere (VA)*, *kilo Volt Ampere (kVA)*, *Mega Volt Ampere (MVA)*. Arus **I\*** adalah arus konjugate dari **I**.  
Jadi,

$$S = VI^* \dots\dots\dots (6.15)$$

**6.6. Daya Aktif**

Daya aktif adalah daya yang sesungguhnya dibutuhkan oleh beban. Satuan daya aktif adalah **W** (*Watt*) dan dapat diukur dengan menggunakan alat ukur listrik *Wattmeter*. Daya Aktif pada beban yang bersifat *resistansi (R)*, di mana tidak mengandung induktor grafik gelombang *tegangan (V)* dan arus se fasa, sehingga besar daya sebagai perkalian tegangan dan arus menghasilkan dua gelombang yang keduanya bernilai positif. Besarnya nilai dari daya aktif dinyatakan dengan **P**. Bila diberikan sumber tegangan listrik sinusoida, maka Daya aktif atau daya nyata dirumuskan dengan **S cos cos** atau **VI\* cos cos** dengan simbol **P**, dalam satuan *Watt (W)*, sehingga

$$P = S \cos \cos = VI^* \cos \cos \dots\dots\dots (6.16)$$

Dengan

- P = Daya Aktif (W)
- V = Tegangan (Volt)
- I\* = Arus konjugate (Ampere)
- cos cos = Faktor daya

**6.7. Daya Reaktif**

Daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan untuk pembentukan medan magnet atau daya yang ditimbulkan oleh

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

beban yang bersifat induktif. Daya reaktif atau daya khayal dirumuskan dengan  $S \sin \theta$  atau  $VI^* \sin \theta$  dengan simbol  $Q$  dalam satuan *Volt Ampere Reaktif (VAR)*,). Jadi,

$$Q = S \sin \theta = VI^* \sin \theta \dots\dots\dots (6.17)$$

dengan

- $Q$  = Daya Reaktif (VAR)
- $V$  = Tegangan (Volt)
- $I^*$  = Arus konjugate (Ampere)
- $\cos \theta$  = Faktor daya

Sifat dari daya reaktif ini dapat bersifat induktif maupun bersifat kapasitif.

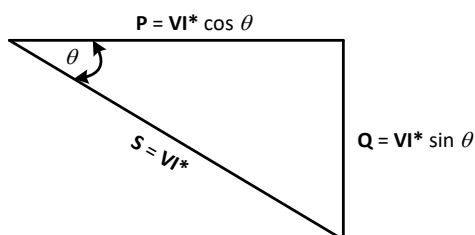
**6.8. Daya Semu**

Daya semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dengan arus listrik. Daya yang bersifat semu adalah beban yang bersifat resistif (R) sebagai Kasus lampu pijar, setrika listrik, kompor listrik dan lain sebagainya. Daya semu ini tidak dapat dilakukan penghematan karena beban nya bersifat resistif yaitu memiliki faktor daya dengan nilai 1 (satu), dengan beda fasa sebesar  $0^\circ$ .

**6.9. Segitiga Daya**

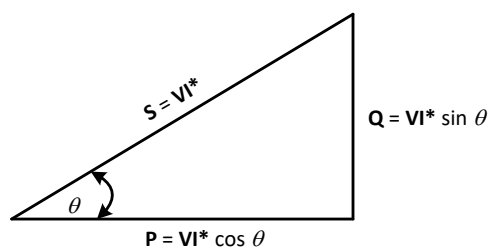
Segitiga daya adalah sketsa dari daya kompleks, daya reaktif dan daya aktif. Gambar 6.6 adalah sketsa dari segitiga daya yang bersifat induktif dengan sudut antara daya kompleks dan daya aktif adalah  $\theta$ .

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I



**Gambar 6.6. Segitiga Daya yang Bersifat Induktif**

Untuk sketsa dari segitiga daya yang bersifat kapasitif dengan sudut antara daya kompleks dan daya aktif adalah  $\theta$  adalah seperti Gambar 6.7.



**Gambar 6.7 Segitiga Daya yang Bersifat Reaktif**

Jadi komponen-komponen segitiga daya dapat ditulis seperti berikut:

Daya aktif :  $P = VI^* \cos \theta = \text{Re } VI^*$

Daya reaktif :  $Q = VI^* \sin \theta = \text{Im } VI^*$

Daya kompleks :  $S = VI^* \cos \theta - j VI^* \sin \theta = P - jQ$

Faktor daya (*power factor*) :  $\text{p.f} = \cos \theta$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Kasus 6.2

Bila kita memiliki sebuah rangkaian dengan tegangan  $V(t) = 20 \sin(\omega t - 60^\circ) \text{ V}$  dan terdapat arus yang mengalir pada Rangkaian tersebut adalah  $i(t) = 8,5 \sin(\omega t - 120^\circ) \text{ A}$ . Tentukan faktor daya dan Gambarkan segitiga daya dari rangkaian tersebut.

### Penyelesaian

Tegangan dan arus dalam bentuk fasor pada rangkaian tersebut adalah:

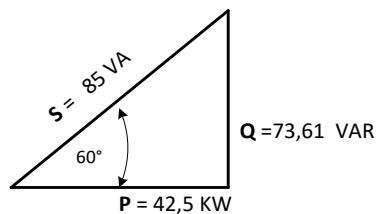
$$V = \frac{20}{\sqrt{2}} \angle -60^\circ = 14,142 \angle -60^\circ \text{ V}$$

$$I = \frac{8,5}{\sqrt{2}} \angle -30^\circ = 6,01 \angle -120^\circ \text{ A}$$

Daya kompleks pada rangkaian tersebut adalah:

$$S = VI^* = (14,142 \angle -60^\circ)(6,01 \angle 120^\circ) = 84,99 \angle 60^\circ \text{ VA}$$

Gambar segitiga daya seperti pada Gambar 6.8.



**Gambar 6.8. Segitiga Daya untuk Kasus 6.2**

Faktor daya adalah:

$$\text{p.f} = \cos(60^\circ) = 0,5$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Script MATLAB.

```
%=====
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 6.1
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,A.SEAN. Eng., I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,Ph.D.
% I M Ari Nrartha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----

% Bila kita memiliki sebuah rangkaian dengan tegangan  $(t) = 20 \sin(\omega t - 60^\circ)$  V
% dengan arus yang mengalir pada rangkaian
% adalah  $i(t) = 8,5 \sin(\omega t - 120^\circ)$  A. Tentukan faktor daya dan
% Gambarkan segitiga daya dari rangkaian tersebut
%-----

clear all, close all, clc
j=sqrt(-1);
Im = 8.5; % ohm
sI =-120-90; % derajat
Vm = 20; % Volt
sV =-60-90; % derajat

% Langkah 1, merubah ke gelombang
f = 50; % Hz
t = linspace(0,2/f,1024);
vt = Vm*sin(2*pi*f*t+pi/2+sV/180*pi);
it = Im*sin(2*pi*f*t+pi/2+sI/180*pi);
p = vt.*it;

% Langkah 2, mencari nilai rms, daya rata-rata dan faktor daya
Vrms = sqrt(1/(length(t)-1)*sum(vt.^2));
Irms = sqrt(1/(length(t)-1)*sum(it.^2));
P = 1/(length(t)-1)*sum(p);
S = Vrms*Irms;
faktordaya = P/S;
Q = S * sin(acos(faktordaya));
Vrms, Irms, P, Q, S, faktordaya

% konsesi rumus  $S = VI^*$ 
V = Vm/sqrt(2)*exp(sV/180*pi*j);
```



## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
I = Im/sqrt(2)*exp(sl/180*pi*j);
Sk = V*I';
Pk = real(Sk);
Qk = j*imag(Sk);

% Langkah 3, buat diagram fasornya
% Ukuran anak panah yang sama
Bj = max([abs(Sk) abs(Pk) abs(Qk)]);
Bk = min([abs(Sk) abs(Pk) abs(Qk)]);
pbr = (Bj + Bk)/2 * 0.08;

% segitiga daya
[Sx, Sy]=fasor_go(Sk,pbr);
[Px, Py]=fasor_go(Pk,pbr);
[Qx, Qy]=fasor_go(Qk,pbr);

% geser Q ke kanan ujung P
Qx = ones(3,2)*Px(1,2)+Qx;
Qy = ones(3,2)*Py(1,2)+Qy;

% buat sudut
[rSkx,rSky,XSkx,YSky,XSkx0,YSky0]=bsudutd(Sk,pbr);
baxis=max([S P Q]);
% menampilkan batas grafik
figure(1);
plot(Sx', Sy', 'k','LineWidth',2); hold on
plot(Px', Py', 'k','LineWidth',2);
plot(Qx', Qy', 'k','LineWidth',2);

% panah rotasi
plot(rSkx,rSky,'m-','LineWidth',1);
plot(XSkx',YSky', 'm-','LineWidth',1);
plot(XSkx0',YSky0', 'm-','LineWidth',1);
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k','LineWidth',1),
plot([0 0],[-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k','LineWidth',1),hold off
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05-baxis*1.05 baxis*1.05]);
axis('square'); grid
title('Segitiga daya');
St = [ | ' num2str(round(abs(Sk)*100)/100) '| ];
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
Pt = num2str(round(abs(Pk)*100)/100);
Qt = num2str(round(abs(Qk)*100)/100);
text(real(Sk)*0.2,imag(Sk)*.5,St);
text(real(Pk)*1.05,imag(Pk),Pt);
text(Qx(1,2)*1.05,Qy(1,2),Qt);

% sudut text
plktext = angle(Sk)/2;
sudutSk=num2str(round(angle(Sk)*180/pi*100)/100);
sudutSk = [sudutSk ' °'];
text(real(Pk*exp(j*plktext))*0.6,imag(Pk*exp(j*plktext))*0.6,sudutSk);

% Ukuran anak panah yang sama
Bj = max([abs(V) abs(I)]);
Bk = min([abs(V) abs(I)]);
pbr = (Bj + Bk)/2 * 0.08;
% fasor tegangan dan arus
[Vx, Vy]=fasor_go(V,pbr);
[lx, ly]=fasor_go(I,pbr);

% menampilkan sudut
[rVx,rVy,XVx,YVy]=bsudut(V,pbr*0.9);
[rIx,rIy,XIx,YIy]=bsudut(I,pbr*0.9);
baxis=max([abs(V) abs(I)]);
% menampilkan batas grafik

figure(2);
plot(Vx', Vy', 'k', 'LineWidth', 2); hold on
plot(lx', ly', 'k', 'LineWidth', 2);
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k', 'LineWidth', 1),
plot([0 0], [-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k', 'LineWidth', 1),

% panah rotasi
plot(rVx,rVy, 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(XVx', YVy', 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(rIx,rIy, 'm-', 'LineWidth', 1);
plot(XIx', YIy', 'm-', 'LineWidth', 1);
hold off
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05 -baxis*1.05 baxis*1.05]);
```

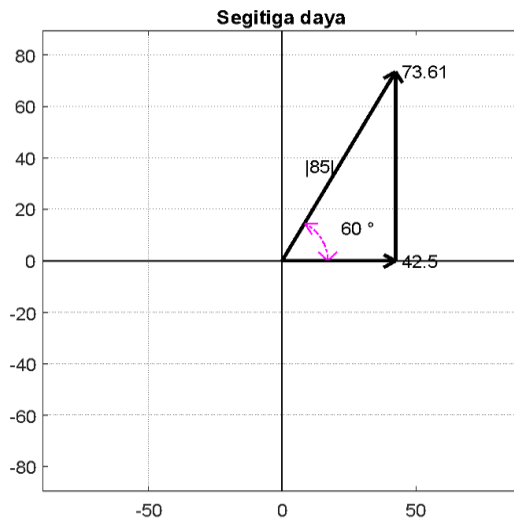
## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
axis('square'); grid
title('Diagram fasor');
text(real(I)*1.2,imag(I),'I');
text(real(V)*1.1,imag(V),'V');

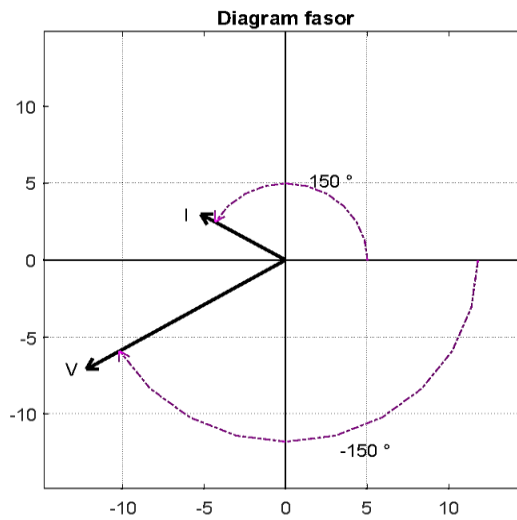
% sudut text
plktext = angle(I)/2;
sudutIk=num2str(round(angle(I)*180/pi*100)/100);
sudutIk = [sudutIk ' °'];
text(real(abs(I)*exp(j*plktext))*0.9,imag(abs(I)*exp(j*plktext))*0.9,sudutIk);
pVtext = angle(V)/2;
sudutV=num2str(round(angle(V)*180/pi*100)/100);
sudutV = [sudutV ' °'];
text(real(abs(V)*exp(j*pVtext))*0.9,imag(abs(V)*exp(j*pVtext))*0.9,sudutV);

% langkah 4 membuat grafik fungsi waktu
figure(3);
plot(t,vt,'k',t,it,'r',t,p,'b','LineWidth',2), hold on
plot([0 2/f],[0 0],'k','LineWidth',2), hold off, grid
Lp=find(p==max(p),1)/1024*2/f;
Lvt=find(vt==max(vt),1)/1024*2/f;
Lit=find(it==max(it),1)/1024*2/f;
text(Lp,max(p)*1.03,'p(t)=v(t)*i(t)');
text(Lvt,max(vt)*1.2,'v(t)');
text(Lit,max(it)*1.4,'it(t)');
title('Daya Sesaat')
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo Gelombang'),
legend('Tegangan','Arus','Daya')
```

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

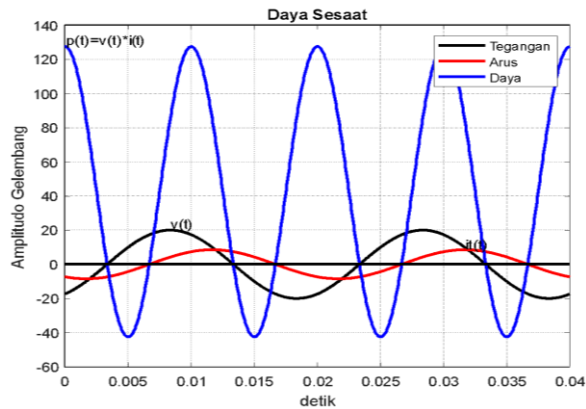


**Gambar 6.9. Diagram Segitiga Daya Pada Kasus 6.2**



**Gambar 6.10. Diagram Fasor Daya Pada Kasus 6.2**

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I



**Gambar 6.11. Diagram Daya Sesaat Pada Kasus 6.2**

### Hasil Running Script

```
=====
faktordaya = 0.5007
=====
```

### Kasus 6.3

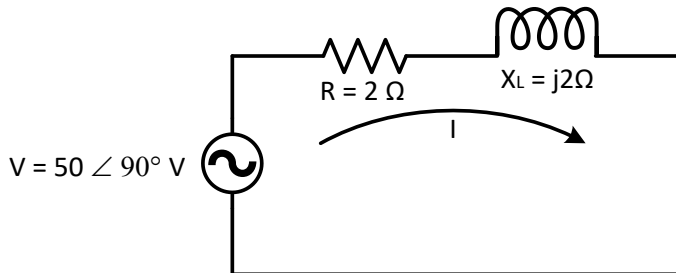
Bila kita memiliki sebuah rangkaian seri dengan  $R = 2$  Ohm dan  $X_L = 2$  Ohm. Tegangan dalam bentuk fasor pada rangkaian tersebut adalah  $V = 50 \angle 90^\circ$  V. Tentukan faktor daya dan Gambarkan segitiga daya dari rangkaian tersebut.

### Penyelesaian

Gambar rangkaiannya seperti Gambar 6.12 di bawah ini. Impedansi pada rangkaian adalah:

$$\begin{aligned}
 Z &= \sqrt{R^2 + X_L^2} \quad (X_L \text{ R}) \\
 &= \sqrt{5^2 + 10^2} \quad (10 \ 5) = 11,18 \ 63,43^\circ \ \Omega
 \end{aligned}$$

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 6.12. Rangkaian Listrik untuk Kasus 6.3**

Arus dalam bentuk fasor pada rangkaian listrik ini adalah:

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{50 \angle 90^\circ}{2,83 \angle 45^\circ} = \frac{50 \angle 90^\circ}{2+j2} = 17,67 \angle 45^\circ \text{ A}$$

Daya kompleks pada rangkaian adalah:

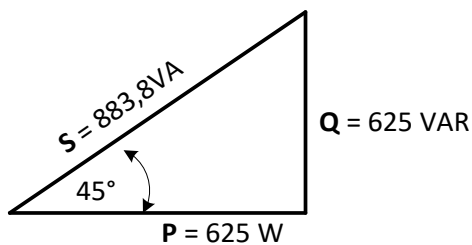
$$S = VI^* = (50 \angle 90^\circ) \cdot (17,67 \angle -45^\circ) = 883,4 \angle 45^\circ \text{ VA}$$

Daya aktif dan reaktif adalah:

$$P = S \cos \phi = 883,4 \cos (45^\circ) = 625 \text{ W}$$

$$Q = S \sin \phi = 883,4 \sin (45^\circ) = 625 \text{ VAR}$$

Gambar segitiga daya seperti Gambar 6.13.



**Gambar 6.13. Segitiga Daya untuk Kasus 6.3**

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Faktor daya adalah:

$$p.f = \cos \cos (45^\circ) = 0.71$$

### Script MATLAB.

```
%=====
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 6.3
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,A.SEAN. Eng., I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,Ph.D.
% I M Ari Nrartha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Bila kita memiliki sebuah rangkaian seri dengan R = 2 Ohm dan  $X_L = 2$  Ohm.
% Tegangan dalam bentuk fasor pada rangkaian tersebut adalah  $V = 50 \angle 90^\circ$  V.
% Dapatkan faktor daya dan Gambarkan segitiga daya dari rangkaian tersebut.
%-----
clear all, close all, clc
j=sqrt(-1);
R = 2; % ohm
XL = 2; % ohm
Vrms = 50; % Volt
sVrms = 90; % derajat

% Langkah 1, mencari arus
V = Vrms*exp(sVrms/180*pi*j);
I = V/(R + j*XL)

% Langkah 2, merubah ke gelombang
f = 50; % Hz
t = linspace(0,2/f,1024);
vt = Vrms*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+sVrms/180*pi);
it = abs(I)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I));
p = vt.*it;

% Langkah 3, mencari nilai rms, daya rata-rata dan faktor daya
Irms = abs(I);
P = 1/(length(t)-1)*sum(p);
S = Vrms*Irms;
faktordaya = P/S;
Q = S * sin(acos(faktordaya));
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

Vrms, Irms, P, Q, S, faktordaya
% konsesi rumus S = VI*
Sk = V*I';
Pk = real(Sk);
Qk = j*imag(Sk);

% Langkah 4, buat diagram fasornya
% Ukuran anak panah yang sama
Bj = max([abs(Sk) abs(Pk) abs(Qk)]);
Bk = min([abs(Sk) abs(Pk) abs(Qk)]);
pbr = (Bj + Bk)/2 * 0.08;
% segitiga daya
[Sx, Sy]=fasor_go(Sk,pbr);
[Px, Py]=fasor_go(Pk,pbr);
[Qx, Qy]=fasor_go(Qk,pbr);
% geser Q ke kanan ujung P
Qx = ones(3,2)*Px(1,2)+Qx;
Qy = ones(3,2)*Py(1,2)+Qy;
% buat sudut
[rSkx,rSky,XSkx,YSky,XSkx0,YSky0]=bsudutd(Sk,pbr);
baxis=max([S P Q]); % menampilkan batas grafik
figure(1);
plot(Sx', Sy', 'k','LineWidth',2); hold on
plot(Px', Py', 'k','LineWidth',2);
plot(Qx', Qy', 'k','LineWidth',2);
% panah rotasi
plot(rSkx,rSky,'m-','LineWidth',1);
plot(XSkx',YSky', 'm-','LineWidth',1);
plot(XSkx0',YSky0', 'm-','LineWidth',1);
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k','LineWidth',1),
plot([0 0],[-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k','LineWidth',1),hold off
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05-baxis*1.05 baxis*1.05]);
axis('square'); grid
title('Segitiga daya');
St = ['|' num2str(round(abs(Sk)*100)/100) '|'];
Pt = num2str(round(abs(Pk)*100)/100);
Qt = num2str(round(abs(Qk)*100)/100);
text(real(Sk)*0.55,imag(Sk)*.5,St);
text(real(Pk)*1.05,imag(Pk),Pt);

```

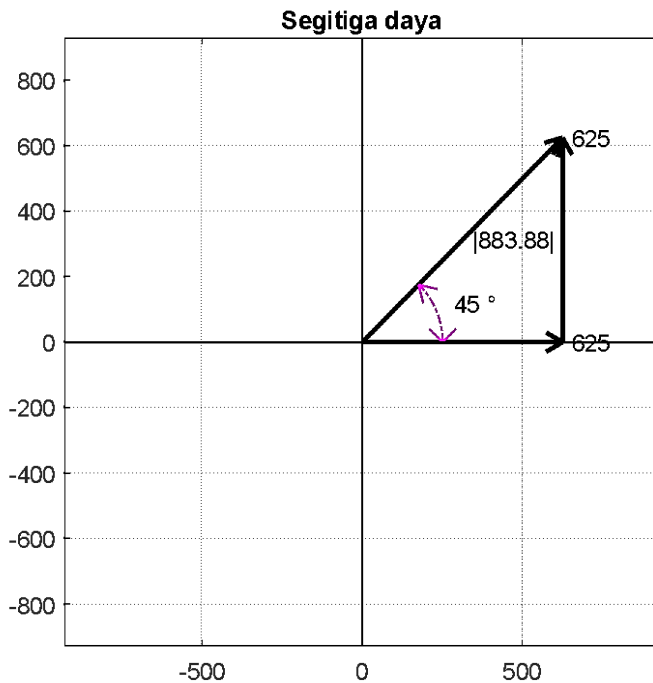


## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
text(Qx(1,2)*1.05,Qy(1,2),Qt);
% sudut text
pSktext = angle(Sk)/2;
sudutSk=num2str(round(angle(Sk)*180/pi*100)/100);
sudutSk = [sudutSk ' °'];
text(real(Pk*exp(j*pSktext))*0.5,imag(Pk*exp(j*pSktext))*0.5,sudutSk);

% Ukuran anak panah yang sama
Bj = max([abs(V) abs(I)]);
Bk = min([abs(V) abs(I)]);
pbr = (Bj + Bk)/2 * 0.08;
% fasor tegangan dan arus
[Vx, Vy]=fasor_go(V,pbr);
[Ix, Iy]=fasor_go(I,pbr);
% menampilkan sudut
[rVx,rVy,XVx,YVy]=bsudut(V,pbr*0.9);
[rIx,rIy,XIx,YIy]=bsudut(I,pbr*0.9);
baxis=max([abs(V) abs(I)]); % menampilkan batas grafik
figure(2);
plot(Vx, Vy, 'k','LineWidth',2); hold on
plot(Ix, Iy, 'k','LineWidth',2);
% panah rotasi
plot(rVx,rVy,'m-','LineWidth',1);
plot(XVx,YVy,'m-','LineWidth',1);
plot(rIx,rIy,'m-','LineWidth',1);
plot(XIx,YIy,'m-','LineWidth',1);
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k','LineWidth',1),
plot([0 0],[-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k','LineWidth',1),hold off
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05-baxis*1.05 baxis*1.05]);
axis('square'); grid
title('Diagram fasor');
text(real(I)*1.2,imag(I),'I');
text(real(V)+2,imag(V),'V');
```

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 6.14. Fasor untuk Segitiga Daya untuk Kasus 6.3**

`% sudut text`

```
pSktext = angle(I)/2;
sudutSk=num2str(round(angle(I)*180/pi*100)/100);
sudutSk = [sudutSk ' °'];
text(real(abs(I)*exp(j*pSktext))*0.9,imag(abs(I)*exp(j*pSktext))*0.9,sudutSk);
pVtext = angle(V)/2;
sudutV=num2str(round(angle(V)*180/pi*100)/100);
sudutV = [sudutV ' °'];
text(real(abs(V)*exp(j*pVtext))*0.9,imag(abs(V)*exp(j*pVtext))*0.9,sudutV);
```

`% langkah 5 membuat grafik fungsi waktu`

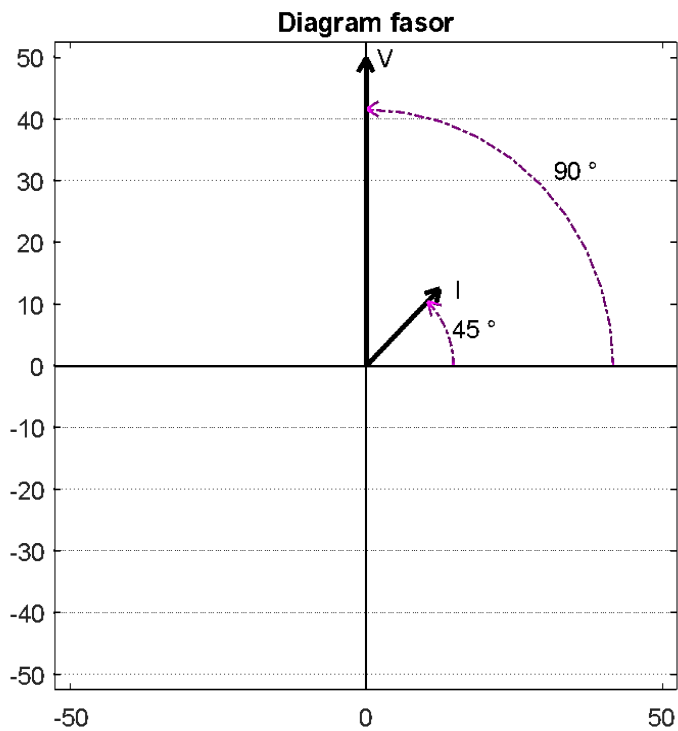
```
figure(3);
plot(t,vt,'k',t,it,'r',t,p,'b','LineWidth',2), hold on
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

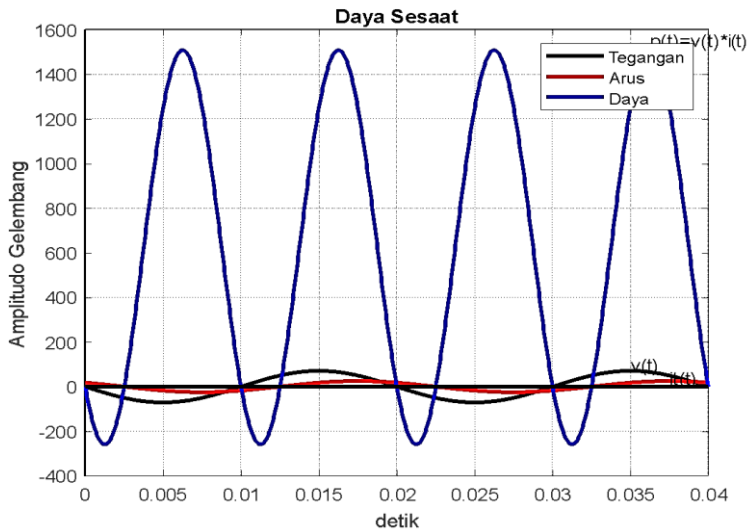
plot([0 2/f],[0 0], 'k', 'LineWidth', 2), hold off, grid
Lp=find(p==max(p),1)/1024*2/f;
Lvt=find(vt==max(vt),1)/1024*2/f;
Lit=find(it==max(it),1)/1024*2/f;
text(Lp,max(p)*1.03,'p(t)=v(t)*i(t)');
text(Lvt,max(vt)*1.4,'v(t)');
text(Lit,max(it)*1.6,'i(t)');
title('Daya Sesaat')
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo Gelombang'),
legend('Tegangan','Arus','Daya')

```



**Gambar 6.15. Diagram Fasor untuk Kasus 6.3**

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I



**Gambar 6.16. Diagram Daya Sesaat untuk Kasus 6.3**

### Hasil Running Program

```
=====
faktordaya = 0.7071
=====
```

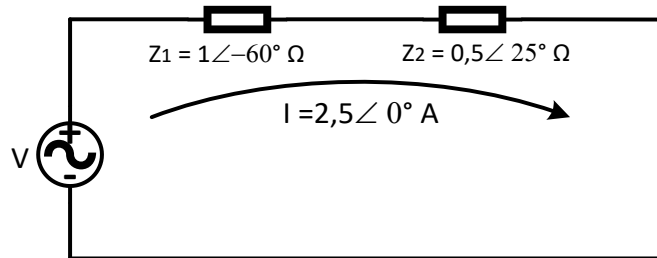
### Kasus 6.4

Bila kita memiliki dua buah impedansi yaitu  $Z_1 = 1 \angle 60^\circ \Omega$  dan  $Z_2 = 0,5 \angle 25^\circ \Omega$ , kedua impedansi terhubung secara serial dan dialiri arus listrik  $I = 2,5 \angle 0^\circ A$ . Tentukan faktor daya dan Gambarkan segitiga daya dari rangkaian tersebut.

### Penyelesaian

Gambar rangkaian seperti Gambar 6.17 di bawah ini.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 6.17. Rangkaian Listrik untuk Kasus 6.4**

Tentukan Impedansi total pada rangkaian untuk mendapatkan nilai dari tegangan sumber yaitu:

$$\begin{aligned}
 Z_T &= Z_1 + Z_2 = 1 \angle -60^\circ + 0,5 \angle 25^\circ \\
 &= 1(\cos(-60) + j\sin(-60)) + 0,5(\cos(25) + j\sin(25)) \\
 &= 0.5000 - j0.8660 + 0.4532 + j0.2113 \\
 &= 0.9532 - j0,6547 \\
 &= 1.156 \angle -34,48^\circ
 \end{aligned}$$

Sudutnya adalah

$$\begin{aligned}
 &\left(\frac{y}{x}\right) \\
 \text{atan} &= \left(\frac{0,6547}{0,9532}\right) = -34,48
 \end{aligned}$$

Argumennya adalah  $|Z| = \sqrt{x^2 + y^2}$

$$\begin{aligned}
 |Z| &= \sqrt{0.9532^2 + 1,0.77^2} \\
 |Z| &= 1.156 \Omega
 \end{aligned}$$

Jadi

$$= 0.9532 - j1,0.77 = 0.981 \angle -34,48^\circ \Omega$$

Tegangan pada rangkaian adalah:

$$V = IZ_T = (2,5 \angle 0^\circ) \cdot (0.981 \angle -34,48^\circ) = 2,4525 \angle -34,48^\circ \text{ V}$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Daya kompleks pada rangkaian adalah:

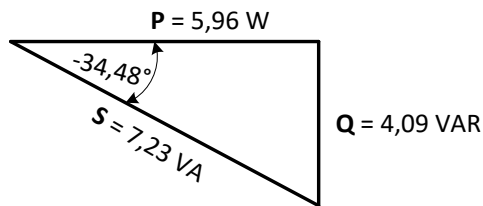
$$S = VI^* = (2,4525 \angle 34,48^\circ \text{ V}) \cdot (2,5 \angle 0^\circ) \\ = 6,131 \angle 34,48^\circ \text{ VA}$$

Daya aktif dan reaktif adalah:

$$P = S \cos \theta = 6,131 \cos (34,48^\circ) = 5,96 \text{ W}$$

$$Q = S \sin \theta = 6,131 \sin (34,48^\circ) = 4,09 \text{ VAR}$$

Gambar segitiga daya seperti pada Gambar 6.10.



**Gambar 6.18. Segitiga Daya untuk Kasus 6.4**

Faktor daya didapat sebagai berikut.

$$p.f = \cos (-34,48^\circ) = 0.8259$$

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 6.4
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,A.SEAN. Eng., I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,Ph.D>
% I M Ari Nrartha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Bila kita memiliki Rangkaian listrik dengan dua buah impedansi yaitu
%  $Z_1 = 1 \angle -60^\circ \Omega$  dan  $Z_2 = 0,5 \angle 25^\circ \Omega$ , kedua impedansi terhubung secara serial
% dan dialiri arus listrik  $I = 2,5 \angle 0^\circ \text{ A}$ . Tentukan faktor daya dan Gambarkan
% segitiga daya dari rangkaian tersebut.
%-----
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
clear all, close all, clc
j=sqrt(-1);
mZ1 = 1; % ohm
sZ1 =-60; % derajat
mZ2 = 0.5; % ohm
sZ2 = 25; % derajat
Irms = 2.5; % Volt
slrms = 0; % derajat

% Langkah 1, mencari tegangan sumber
I = Irms*exp(slrms/180*pi*j);
Z1 = mZ1*exp(sZ1/180*pi*j);
Z2 = mZ2*exp(sZ2/180*pi*j);
V = I * (Z1+Z2);

% Langkah 2, merubah ke gelombang
f = 50; % Hz
t = linspace(0,2/f,1024);
vt = abs(V)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(V));
it = abs(I)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I));
p = vt.*it;

% Langkah 3, mencari nilai rms, daya rata-rata dan faktor daya
Vrms = abs(V);
P = 1/(length(t)-1)*sum(p);
S = Vrms*Irms;
faktordaya = P/S;
Q = S * sin(acos(faktordaya));
Vrms, Irms, P, Q, S, faktordaya
% konsensi rumus S = VI*
Sk = V*I';
Pk = real(Sk);
Qk = j*imag(Sk);

% Langkah 4, buat diagram fasornya
% segitiga daya
[Sx, Sy]=fasor_go(Sk);
[Px, Py]=fasor_go(Pk);
```

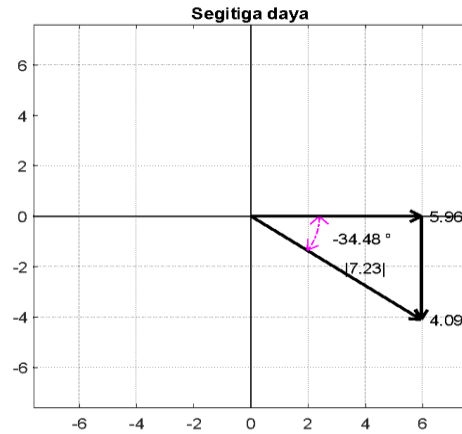
## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
[Qx, Qy]=fasor_go(Qk);
% geser Q ke kanan ujung P
Qx = ones(3,2)*Px(1,2)+Qx;
Qy = ones(3,2)*Py(1,2)+Qy;
baxis=max([S P Q]); % menampilkan batas grafik
figure(1);
plot(Sx', Sy', 'k', 'LineWidth', 2); hold on
plot(Px', Py', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(Qx', Qy', 'k', 'LineWidth', 2);
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k', 'LineWidth', 1),
plot([0 0], [-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k', 'LineWidth', 1), hold off
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05 -baxis*1.05 baxis*1.05]);
axis('square'); grid
title('Segitiga daya');
text(real(Sk)*0.8, imag(Sk), 'S');
text(real(Pk)*1.05, imag(Pk), 'P');
text(Qx(1,2)*1.05, Qy(1,2), 'Q');
% fasor tegangan dan arus
[Vx, Vy]=fasor_go(V);
[lx, ly]=fasor_go(l);
baxis=max([abs(V) abs(l)]); % menampilkan batas grafik
figure(2);
plot(Vx', Vy', 'k', 'LineWidth', 2); hold on
plot(lx', ly', 'k', 'LineWidth', 2);
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k', 'LineWidth', 1),
plot([0 0], [-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k', 'LineWidth', 1), hold off
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05 -baxis*1.05 baxis*1.05]);
axis('square'); grid
title('Diagram fasor');
text(real(l)*1.02, imag(l), 'l');
text(real(V)*1.02, imag(V), 'V');
% langkah 5 membuat grafik fungsi waktu
figure(3);
plot(t, vt, 'k', t, it, 'r', t, p, 'b', 'LineWidth', 2), hold on
plot([0 2/f], [0 0], 'k', 'LineWidth', 2), hold off, grid
text(0.003, max(p)*0.9, 'p(t)=v(t)*i(t)');
text(0.0125, -4.5, 'v(t)');
text(0.001, 2.7, 'i(t)');
title('Daya Sesaat')
```

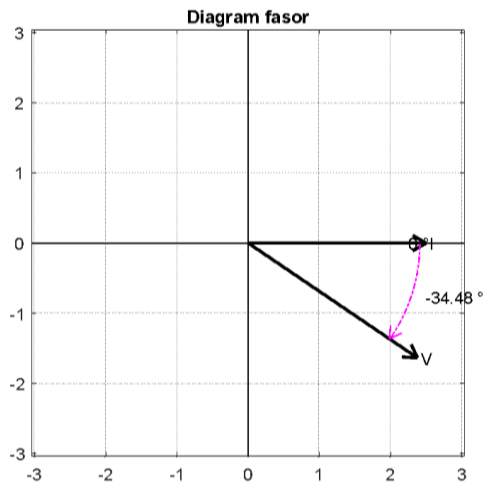


## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo Gelombang'),  
legend('Tegangan','Arus','Daya')

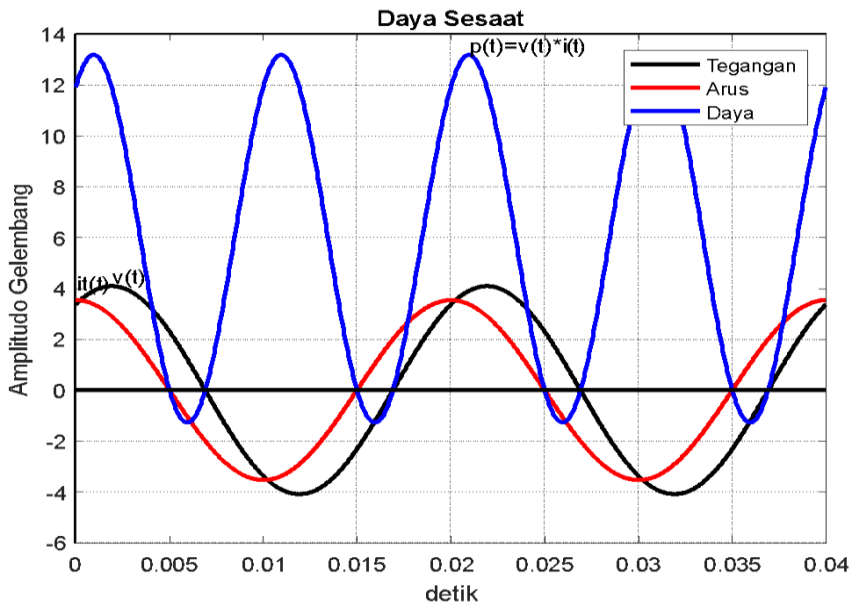


Gambar 6.19. Segitiga Daya untuk Kasus 6.4



Gambar 6.20. Diagram Fasor V dan I untuk Kasus 6.4

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 6.21. Diagram Daya sesaat untuk Kasus 6.4**

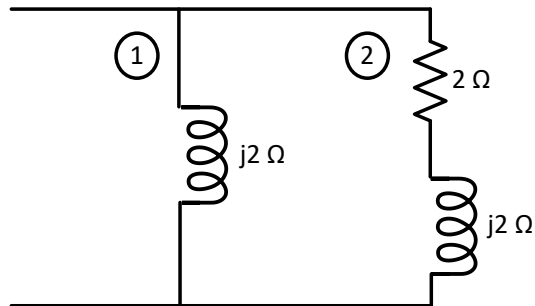
**Hasil Running Program**

```
=====
faktordaya = 0.8259
=====
```

**Kasus 6.5**

Jika kita memiliki sebuah rangkaian listrik seperti pada Gambar 6.22 pada cabang 1 memiliki daya reaktif 10 *kVAR*, tentukan daya kompleks, Diagram Fasor, Segitiga Daya dan Faktor Daya pada Rangkaian Listrik tersebut.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 6.22. Rangkaian Listrik untuk Kasus 6.5**

**Penyelesaian**

Impedansi pada cabang 1 dari rangkaian adalah:

$$Z_1 = 0 + j2 = 2 \angle 90^\circ \Omega$$

$$Z_2 = 5 + j5 = 7 \angle 45^\circ \Omega$$

Arus yang mengalir pada cabang 1 adalah:

$$I_1^* = \sqrt{\frac{Q_1}{Z_1}} = \sqrt{\frac{10000}{2 \angle 90^\circ}} = 70,71 \angle -90^\circ \text{ A}$$

dan

$$I_1 = 70,71 \angle 90^\circ \text{ A} = 114,4548 + j 51,8445 \text{ A}$$

Tegangan pada rangkaian adalah:

$$V = I_1 Z_1 = (70,71 \angle 90^\circ) \cdot (2 \angle 90^\circ) = 141 \angle 180^\circ \text{ V}$$

Arus yang mengalir pada cabang 2 adalah:

$$I_2 = \frac{V}{Z_2} = \frac{141 \angle 180^\circ}{7 \angle 45^\circ} = 20,143 \angle 135^\circ = 136,4945 + j81,5137 \text{ A}$$

Arus total yang mengalir pada rangkaian adalah:

$$\begin{aligned} I_T &= I_1 + I_2 = 70,71 \angle 45^\circ + 20,143 \angle 135^\circ \\ &= 114,4548 + j 51,8445 + 136,4945 + j81,5137 \text{ A} \\ &= 250,95 + j133,34 = 284,1750 \angle 27,9835^\circ \end{aligned}$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Daya kompleks pada rangkaian adalah:

$$S = VI_T^* = (141 \angle 180^\circ) \cdot (284.1750 - 27.9835 \angle \phi) \\ = 40097,09 \angle 152^\circ \text{ VA}$$

Faktor daya didapatkan sebagai berikut.

$$p.f = \cos \phi = \cos (152^\circ) = 0,883$$

### Script MATLAB.

```
%=====
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 6.5
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,A.SEAN. Eng., I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,Ph.D.
% I M Ari Nrartha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Jika kita memiliki sebuah rangkaian listrik seperti pada Gambar 6.22 pada
% cabang 1 dari rangkaian memiliki daya reaktif 10 kVAR, tentukan daya
% kompleks dan faktor daya pada rangkaian.
%-----

clear all, close all, clc
j=sqrt(-1);
Z1 = j*2; % ohm
Z2 = 2 + j*2; % ohm
Q1 = 10; % VAR

% Langkah 1, mencari tegangan sumber
Vrms = sqrt(j*Q1*Z1');
V = Vrms*exp(0*j)
I2 = V/Z2;
It = V/(Z1*Z2/(Z1+Z2))
I1 = It-I2

% Langkah 2,merubah ke gelombang
f = 50; % Hz
t = linspace(0,2/f,1024);
vt = abs(V)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(V));
it = abs(It)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(It));
i1 = abs(I1)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I1));
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
i2 = abs(I2)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I2));  
p = vt.*it;
```

% Langkah 3, mencari nilai rms, daya rata-rata dan faktor daya

```
Irms = abs(It);  
P = 1/(length(t)-1)*sum(p);  
S = Vrms*Irms;  
faktordaya = P/S;  
Q = S * sin(acos(faktordaya));  
Vrms, Irms, P, Q, S, faktordaya
```

% konsensi rumus  $S = VI^*$

```
Sk = V*It';  
Pk = real(Sk);  
Qk = j*imag(Sk);
```

% Langkah 4, buat diagram fasornya

```
% segitiga daya  
[Sx, Sy]=fasor_go(Sk);  
[Px, Py]=fasor_go(Pk);  
[Qx, Qy]=fasor_go(Qk);
```

% geser Q ke kanan ujung P

```
Qx = ones(3,2)*Px(1,2)+Qx;  
Qy = ones(3,2)*Py(1,2)+Qy;  
baxis=max([S P Q]); % menampilkan batas grafik  
figure(1);  
plot(Sx', Sy', 'k','LineWidth',2); hold on  
plot(Px', Py', 'k','LineWidth',2);  
plot(Qx', Qy', 'k','LineWidth',2);  
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k','LineWidth',1),  
plot([0 0],[-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k','LineWidth',1), hold off  
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05 -baxis*1.05 baxis*1.05]);  
axis('square'); grid  
title('Segitiga daya');  
text(real(Sk)*0.8, imag(Sk), 'S');  
text(real(Pk)*1.05, imag(Pk), 'P');  
text(Qx(1,2)*1.05, Qy(1,2), 'Q');
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

% fasor tegangan dan arus

```
[Vx, Vy]=fasor_go(V);  
[I1x, I1y]=fasor_go(I1);  
[I2x, I2y]=fasor_go(I2);  
[Itx, Ity]=fasor_go(It);  
baxis=max([abs(V) abs(I1) abs(I2) abs(It)]);
```

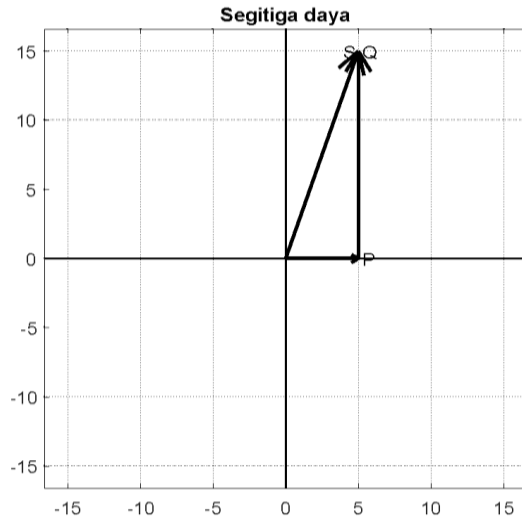
% menampilkan batas grafik

```
figure(2);  
plot(Vx, Vy, 'k', 'LineWidth', 2); hold on  
plot(I1x, I1y, 'k', 'LineWidth', 2);  
plot(I2x, I2y, 'k', 'LineWidth', 2);  
plot(Itx, Ity, 'k', 'LineWidth', 2);  
plot([I1x(1,2) Itx(1,2)], [I1y(1,2) Ity(1,2)], 'k-', [I2x(1,2) Itx(1,2)], ...  
      [I2y(1,2) Ity(1,2)], 'k-', 'LineWidth', 1)  
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k', 'LineWidth', 1),  
plot([0 0], [-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k', 'LineWidth', 1), hold off  
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05 -baxis*1.05 baxis*1.05]);  
axis('square'); grid  
title('Diagram fasor');  
text(real(I1)+0.2, imag(I1), 'I1');  
text(real(I2)*1.1, imag(I2), 'I2');  
text(real(It)*1.1, imag(It), 'It');  
text(real(V)*1.02, imag(V), 'V');
```

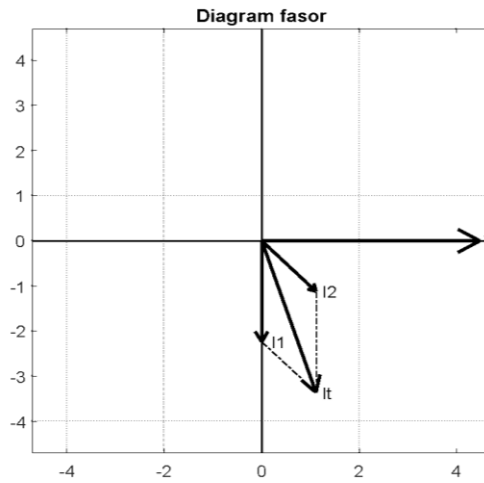
% langkah 5 membuat grafik fungsi waktu

```
figure(3);  
plot(t, vt, 'k', t, it, 'r', t, p, 'b', 'LineWidth', 2), hold on  
plot([0 2/f], [0 0], 'k', 'LineWidth', 2), hold off, grid  
text(0.0035, max(p)*0.9, 'p(t)=v(t)*i(t)');  
text(0.01, -7, 'v(t)');  
text(0.001, 2.2, 'i(t)');  
title('Daya Sesaat')  
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo Gelombang'),  
legend('Tegangan', 'Arus', 'Daya')  
%=====
```

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

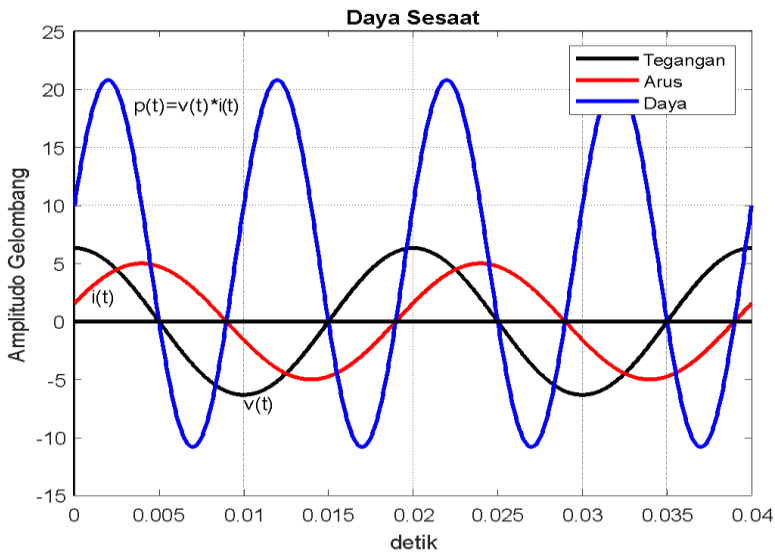


**Gambar 6.23. Diagram Segitiga Daya untuk Kasus 6.5**



**Gambar 6.24. Diagram Fasor untuk Kasus 6.5**

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 6.25. Diagram Daya Sesaat untuk Kasus 6.5**

**Hasil Running Script**

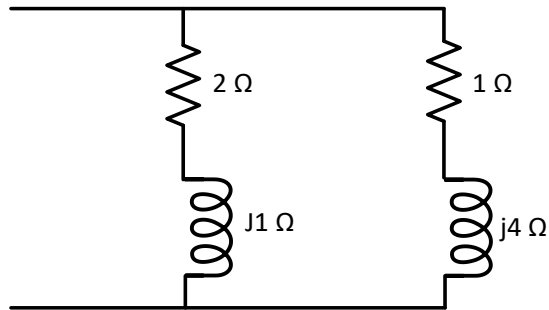
```
=====
faktordaya = 0.3168
=====
```

**Kasus 6.6**

Bila kita memiliki sebuah Rangkaian Listrik paralel pada Gambar 6.25 dengan Daya Aktif Total 180 W. Tentukan Daya, Faktor Daya, Fasor serta Gambarkan Segitiga Daya dari Rangkaian Listrik tersebut.



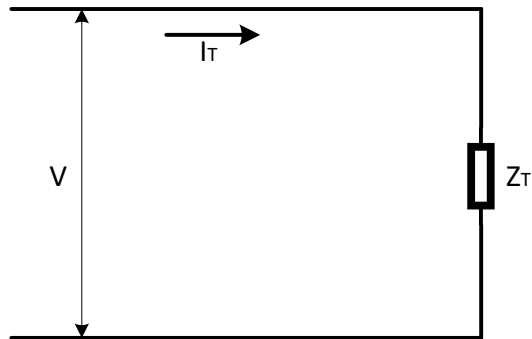
**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 6.26. Rangkaian Listrik untuk Kasus 6.6**

**Penyelesaian**

Rangkaian pengganti dari Gambar 6.26 adalah seperti Gambar 6.27 di bawah ini.



**Gambar 6.27. Rangkaian Pengganti dari Gambar 6.26**

Impedansi total pada rangkaian adalah:

$$Z_1 = 2 + j1 \Omega = 2.2361 \angle 26,57^\circ$$

$$Z_2 = 1 + j4 \Omega = 4.1231 \angle 75.96^\circ$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Karena paralel maka;

$$\begin{aligned} Z_T &= \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{(2.2361 \angle 26,57^\circ) \cdot (4.1231 \angle 75,96^\circ)}{3 + j5} \\ &= 1,58 \angle 43,5^\circ \Omega \\ &= 1.1471 + j1.0882 \Omega \end{aligned}$$

Arus total yang mengalir pada Rangkaian berdasar Daya Aktif adalah:

$$\begin{aligned} P_T &= I_T^2 R_t \\ I_T &= \sqrt{\frac{P_T}{R_T}} = \sqrt{\frac{180}{1,22}} = 12,15 \text{ A} \end{aligned}$$

Tegangan pada rangkaian adalah:

$$V = I_T Z_T = (12,15) \cdot (1,58 \angle 43,5^\circ) = 19,2 \angle 43,5^\circ \text{ V}$$

Arus yang mengalir pada masing-masing cabang dari Gambar 5.12 adalah:

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{V}{Z_1} = \frac{19,2 \angle 43,5^\circ}{2.2361 \angle 26,57^\circ} = 22,86 \angle 2,49^\circ \text{ A} \\ I_2 &= \frac{V}{Z_2} = \frac{19,2 \angle 43,5^\circ}{4.1231 \angle 75,96^\circ} = 12,3 \angle -4,64^\circ \text{ A} \end{aligned}$$

Daya kompleks pada masing-masing cabang adalah:

$$\begin{aligned} S_1 &= VI_1^* = (19,2 \angle 43,5^\circ) \cdot (22,86 \angle -2,49^\circ) \\ &= 438,912 \angle 41,01^\circ \text{ VA} \\ S_2 &= VI_2^* = (19,2 \angle 43,5^\circ) \cdot (12,3 \angle 4,64^\circ) \\ &= 236,16 \angle 38,8^\circ \text{ VA} \end{aligned}$$

Daya aktif dan reaktif pada masing-masing cabang adalah:

$$\begin{aligned} P_1 &= S_1 \cos \phi_1 = 438,912 \cos (41,01^\circ) = 331,64 \text{ W} \\ Q_1 &= S_1 \sin \phi_1 = 438,912 \sin (41,01^\circ) = 290,95 \text{ VAR} \\ P_2 &= S_2 \cos \phi_2 = 236,16 \cos (38,8^\circ) = 186,765 \text{ W} \\ Q_2 &= S_2 \sin \phi_2 = 236,16 \sin (38,8^\circ) = 150,434 \text{ VAR} \end{aligned}$$

dan

$$P_T = P_1 + P_2 = 331,64 + 186,765 = 518,405 \text{ W}$$

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

$$Q_T = Q_1 + Q_2 = 1569 + 908 = 2504 \text{ VAR}$$

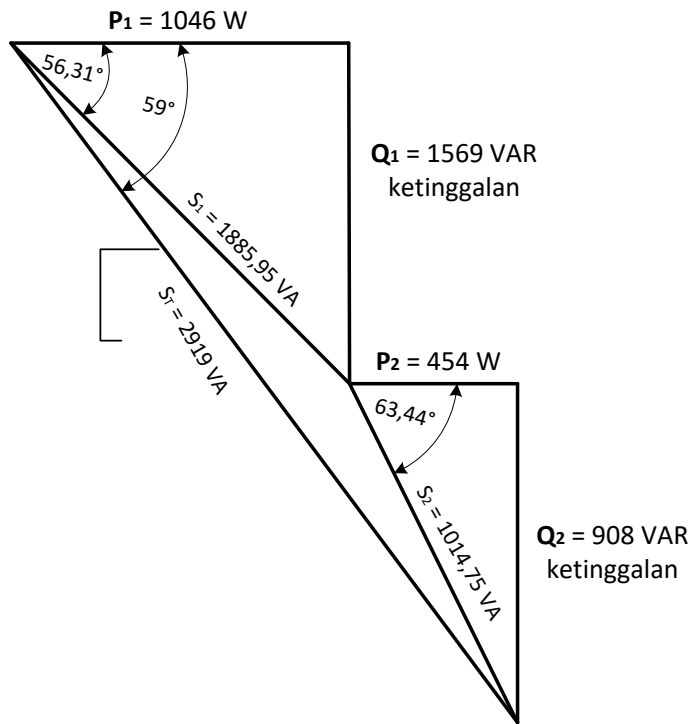
$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = \sqrt{1500^2 + 2504^2} = 2919 \text{ VA}$$

Faktor dayanya adalah:

$$p.f = \cos \cos \left( \left( \frac{Q_T}{P_T} \right) \right) = \cos \cos \left( \left( \frac{2504}{1500} \right) \right)$$

$$= \cos \cos 59^\circ = 0,52 \text{ ketinggalan}$$

Gambar segitiga dayanya diperlihatkan pada Gambar 6.27.



**Gambar 6.28. Segitiga Daya untuk Kasus 6.6**

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 6.6
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,A.SEAN. Eng., I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,Ph.D.
% I M Ari Nnartha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Bila kita memiliki rangkaian paralel pada Gambar memiliki daya aktif
% total 1100 W. Dapatkan daya dan faktor daya serta Gambarkan segitiga
% daya dari rangkaian tersebut.
%-----

clear all, close all, clc
j=sqrt(-1);
Z1 = 2 + j*1; % ohm
Z2 = 1 + j*4; % ohm
Pt = 110; % Watt

% Langkah 1, mencari tegangan sumber dan arus total
Zp = Z1*Z2/(Z1+Z2);
Irms = sqrt(Pt/real(Zp))
slrms = atan(imag(Zp)/real(Zp))*180/pi;
It = Irms*exp(slrms/180*pi*j);
V = It*Zp;
Vrms = abs(V);
I2 = V/Z2;
I1 = V/Z1;

% Langkah 2,merubah ke gelombang
f = 50; % Hz
t = linspace(0,2/f,1024);
vt = abs(V)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(V));
it = abs(It)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(It));
i1 = abs(I1)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I1));
i2 = abs(I2)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I2));
p = vt.*it;

% Langkah 3, mencari nilai rms, daya rata-rata dan faktor daya
Irms = abs(It);
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
P = 1/(length(t)-1)*sum(p);
S = Vrms*Irms;
faktordaya = P/S;
Q = S * sin(acos(faktordaya));
Vrms, Irms, P, Q, S, faktordaya
% konsensi rumus S = VI*
% daya beban 1
Sk1 = V*I1';
Pk1 = real(Sk1);
Qk1 = j*imag(Sk1);
% daya beban 2
Sk2 = V*I2';
Pk2 = real(Sk2);
Qk2 = j*imag(Sk2);
% daya beban total
Sk = V*I';
Pk = real(Sk);
Qk = j*imag(Sk);

% Langkah 4, buat diagram fasornya
% segitiga daya beban 1
[S1x, S1y]=fasor_go(Sk1);
[P1x, P1y]=fasor_go(Pk1);
[Q1x, Q1y]=fasor_go(Qk1);
% geser Q1 ke kanan ujung P1
Q1x = ones(3,2)*P1x(1,2)+Q1x;
Q1y = ones(3,2)*P1y(1,2)+Q1y;
% segitiga daya beban 2
[S2x, S2y]=fasor_go(Sk2);
[P2x, P2y]=fasor_go(Pk2);
[Q2x, Q2y]=fasor_go(Qk2);
% geser Q ke kanan ujung P
Q2x = ones(3,2)*P2x(1,2)+Q2x;
Q2y = ones(3,2)*P2y(1,2)+Q2y;

% geser semua diujung S1
S2x = ones(3,2)*S1x(1,2)+S2x;
S2y = ones(3,2)*S1y(1,2)+S2y;
P2x = ones(3,2)*S1x(1,2)+P2x;
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
P2y = ones(3,2)*S1y(1,2)+P2y;
Q2x = ones(3,2)*S1x(1,2)+Q2x;
Q2y = ones(3,2)*S1y(1,2)+Q2y;

% segitiga daya beban total
[Sx, Sy]=fasor_go(Sk);
[Px, Py]=fasor_go(Pk);
[Qx, Qy]=fasor_go(Qk);
% geser Q ke kanan ujung P
Qx = ones(3,2)*Px(1,2)+Qx;
Qy = ones(3,2)*Py(1,2)+Qy;

% plot hasil
baxis=max([S P Q]); % menampilkan batas grafik
figure(1);
plot(S1x', S1y', 'k', 'LineWidth', 2); hold on
plot(P1x', P1y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(Q1x', Q1y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(S2x', S2y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(P2x', P2y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(Q2x', Q2y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(Sx', Sy', 'k', 'LineWidth', 2);, hold off, grid
title('Segitiga daya');
text(real(Sk)*0.8, imag(Sk), 'S');
text(real(Pk)*1.05, imag(Pk), 'P');
text(Qx(1,2)*1.05, Qy(1,2), 'Q');

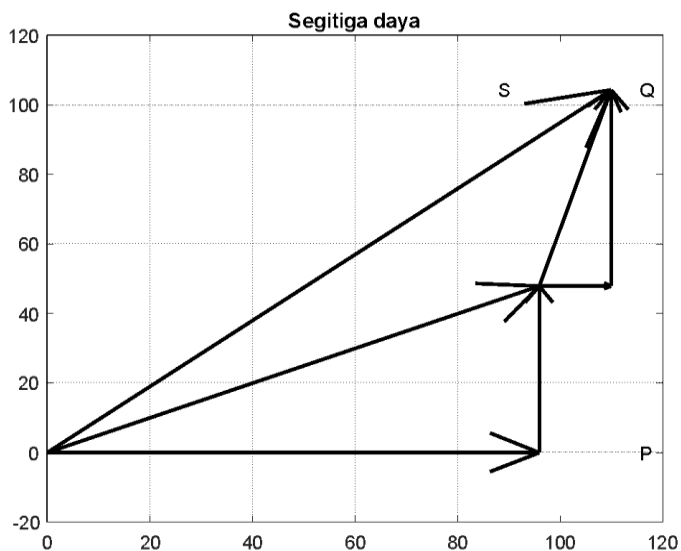
% fasor tegangan dan arus
[Vx, Vy]=fasor_go(V);
[I1x, I1y]=fasor_go(I1);
[I2x, I2y]=fasor_go(I2);
[Itx, Ity]=fasor_go(It);
baxis=max([abs(V) abs(I1) abs(I2) abs(It)]); % menampilkan batas grafik
figure(2);
plot(Vx', Vy', 'k', 'LineWidth', 2); hold on
plot(I1x', I1y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(I2x', I2y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(Itx', Ity', 'k', 'LineWidth', 2);
plot([I1x(1,2) Itx(1,2)], [I1y(1,2) Ity(1,2)], 'k-.', [I2x(1,2) Itx(1,2)], ...
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

[I2y(1,2) Ily(1,2)],'k-','LineWidth',1)
plot([-basis*1.05 basis*1.05], [0 0], 'k','LineWidth',1),
plot([0 0],[-basis*1.05 basis*1.05], 'k','LineWidth',1),hold off
axis([-basis*1.05 basis*1.05-basis*1.05 basis*1.05]);
axis('square'); grid
title('Diagram fasor');
text(real(I1)+0.2,imag(I1),'I1');
text(real(I2)*1.1,imag(I2),'I2');
text(real(It)*1.1,imag(It),'It');
text(real(V)*1.2,imag(V),'V');

```



**Gambar 6.29. Segitiga Daya untuk Kasus 6.6**

```

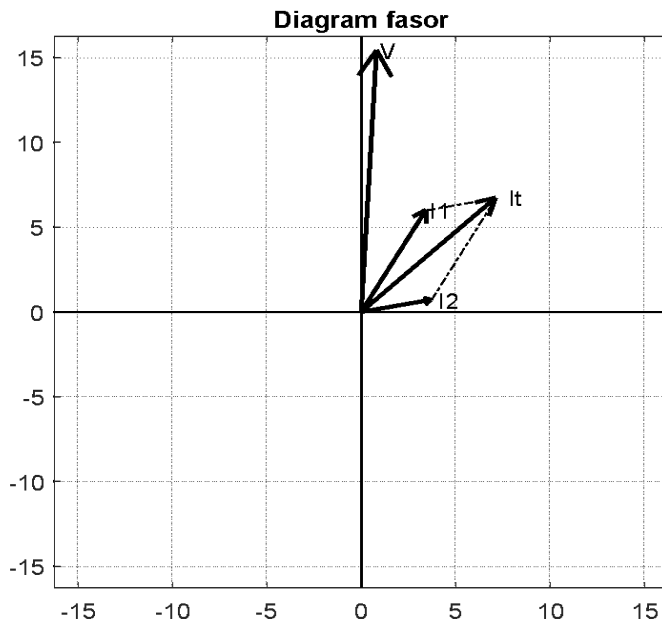
% langkah 5 membuat grafik fungsi waktu
figure(3);
plot(t,vt,'k',t,it,'r',t,p,'b','LineWidth',2), hold on
plot([0 2/f],[0 0], 'k','LineWidth',2), hold off, grid
text(0.008,max(p)*0.9,'p(t)=v(t)*i(t)');
text(0.0105,20,'v(t)');

```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
text(0.001,20,'it(t)');  
title('Daya Sesaat')  
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo Gelombang'),  
legend('Tegangan', 'Arus', 'Daya')
```

% =====



Gambar 6.30. Diagram Fasor untuk Kasus 6.6

### Hasil Running Script

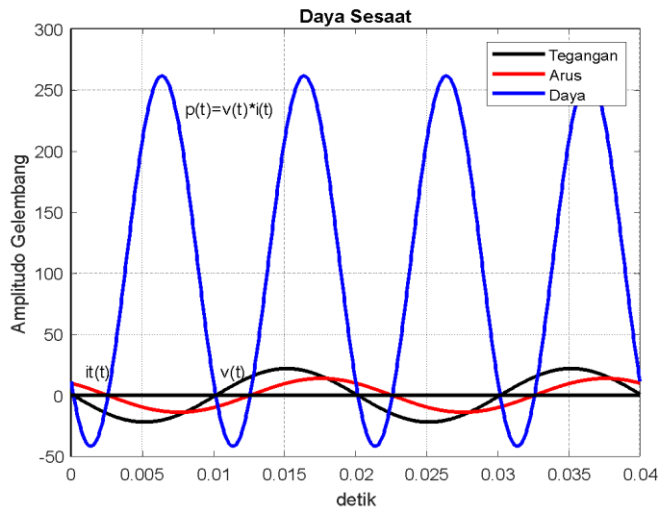
```
=====
```

faktordaya =0.7255

```
=====
```



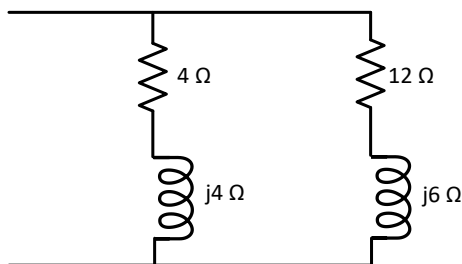
**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 6.31. Segitiga Daya untuk Kasus 6.6**

**Kasus 6,7**

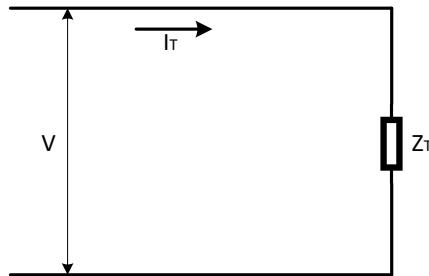
Bila kita memiliki sebuah rangkaian paralel pada Gambar 6.32 memiliki daya reaktif total 1500 VAR. Tentukan daya dan faktor daya serta Gambarkan segitiga daya dari rangkaian tersebut.



**Gambar 6.32. Rangkaian Listrik untuk Kasus 6.7**

### Penyelesaian

Rangkaian pengganti dari Gambar 6.32 ditunjukkan pada Gambar 6.33.



**Gambar 6.33. Rangkaian Pengganti dari Gambar 6.32**

Impedansi total pada rangkaian adalah:

$$\begin{aligned} Z_T &= \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{(5,66 \angle 45^\circ)(13,42 \angle 26,57^\circ)}{16 + j10} \\ &= \frac{75,96 \angle 71,57^\circ}{18,87 \angle 32^\circ} = 4,03 \angle 39,57^\circ \\ &= 3,11 + j2,57 \Omega \end{aligned}$$

Arus total yang mengalir pada rangkaian adalah:

$$I_T = \sqrt{\frac{Q_T}{X_T}} = \sqrt{\frac{2500}{2,57 \angle 90^\circ}} = 31,19 \angle -45^\circ \text{ A}$$

Tegangan pada rangkaian adalah:

$$V = I_T Z_T = (31,19 \angle -45^\circ)(4,03 \angle 39,57^\circ) = 125,7 \angle -5,43^\circ \text{ V}$$

Arus yang mengalir pada masing-masing cabang dari Gambar 6.15 adalah:

$$I_1 = \frac{V}{Z_1} = \frac{125,7 \angle -5,43^\circ}{5,66 \angle 45^\circ} = 22,21 \angle -50,43^\circ \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{V}{Z_2} = \frac{125,7 \angle -5,43^\circ}{13,42 \angle 26,57^\circ} = 9,37 \angle -32^\circ \text{ A}$$

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

Daya kompleks pada masing-masing cabang adalah:

$$S_1 = VI_1^* = (125,7 - 5,43^\circ) \cdot (22,21 \ 50,43^\circ) \\ = 2791,81 \ 45^\circ \text{ VA}$$

$$S_2 = VI_2^* = (125,7 - 5,43^\circ) \cdot (9,37 \ 32^\circ) \\ = 1177,81 \ 26,57^\circ \text{ VA}$$

Daya aktif dan reaktif pada masing-masing cabang adalah:

$$P_1 = S_1 \cos \phi_1 = 2791,8 \cos (45^\circ) = 1974 \text{ W}$$

$$Q_1 = S_1 \sin \phi_1 = 2791,8 \sin (45^\circ) = 1974 \text{ VAR ketinggalan}$$

$$P_2 = S_2 \cos \phi_2 = 1177,81 \cos (26,57^\circ) = 1053 \text{ W}$$

$$Q_2 = S_2 \sin \phi_2 = 1177,81 \sin (26,57^\circ) = 526 \text{ VAR ketinggalan}$$

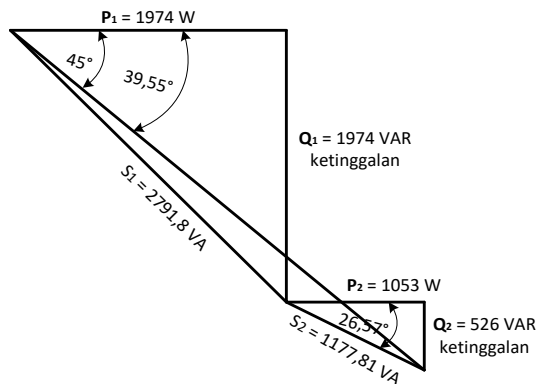
dan

$$P_T = P_1 + P_2 = 1974 + 1053 = 3027 \text{ W}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 = 1974 + 526 = 2500 \text{ VAR}$$

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = \sqrt{3027^2 + 2500^2} = 3926 \text{ VA}$$

Gambar segi dayanya seperti Gambar 6.33 di bawah ini.



**Gambar 6.34. Segitiga Daya untuk Kasus 6.7**

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Faktor dayanya adalah:

$$p.f = \cos \cos \left( \left( \frac{Q_T}{P_T} \right) \right) = \cos \cos \left( \left( \frac{2500}{3027} \right) \right) \\ = \cos \cos 39,55^\circ = 0,77 \text{ ketinggalan}$$

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 6.7
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,A.SEAN. Eng., I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,PhD.
% I M Ari Nrartha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Bila kita memiliki sebuah rangkaian paralel pada Gambar memiliki daya %
% reaktif total 1500 VAR. Tentukan daya dan faktor dayanya serta
% Gambarkan segitiga daya dari rangkaian tersebut.

clear all, close all, clc
j=sqrt(-1);
Z1 = 2 + j*1; % ohm
Z2 = 1 + j*4; % ohm
Q = 190; % Var

% Langkah 1, mencari tegangan sumber dan arus total
Zp = Z1*Z2/(Z1+Z2);
Irms = sqrt(Q/imag(Zp))
P = Irms^2*real(Zp);
S = P + j*Q;
Vrms = abs(S)/Irms;
V = Vrms*exp(0*j);
It = V/Zp;
fd = cos(angle(V)-angle(It));
I2 = V/Z2;
I1 = V/Z1;
Vrms, Irms, P, Q, S, fd

% Langkah 2,merubah ke gelombang
f = 50; % Hz
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
t = linspace(0,2/f,1024);
vt = abs(V)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(V));
it = abs(I)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I));
i1 = abs(I1)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I1));
i2 = abs(I2)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I2));
p = vt.*it;
```

```
% Langkah 3, konsesi rumus  $S = VI^*$ 
```

```
% daya beban 1
```

```
Sk1 = V*I1';
```

```
Pk1 = real(Sk1);
```

```
Qk1 = j*imag(Sk1);
```

```
% daya beban 2
```

```
Sk2 = V*I2';
```

```
Pk2 = real(Sk2);
```

```
Qk2 = j*imag(Sk2);
```

```
% daya beban total
```

```
Sk = V*It';
```

```
Pk = real(Sk);
```

```
Qk = j*imag(Sk);
```

```
% Langkah 4, buat diagram fasornya
```

```
% segitiga daya beban 1
```

```
[S1x, S1y]=fasor_go(Sk1);
```

```
[P1x, P1y]=fasor_go(Pk1);
```

```
[Q1x, Q1y]=fasor_go(Qk1);
```

```
% geser Q1 ke kanan ujung P1
```

```
Q1x = ones(3,2)*P1x(1,2)+Q1x;
```

```
Q1y = ones(3,2)*P1y(1,2)+Q1y;
```

```
% segitiga daya beban 2
```

```
[S2x, S2y]=fasor_go(Sk2);
```

```
[P2x, P2y]=fasor_go(Pk2);
```

```
[Q2x, Q2y]=fasor_go(Qk2);
```

```
% geser Q ke kanan ujung P
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
Q2x = ones(3,2)*P2x(1,2)+Q2x;
```

```
Q2y = ones(3,2)*P2y(1,2)+Q2y;
```

```
% geser semua diujung S1
```

```
S2x = ones(3,2)*S1x(1,2)+S2x;
```

```
S2y = ones(3,2)*S1y(1,2)+S2y;
```

```
P2x = ones(3,2)*S1x(1,2)+P2x;
```

```
P2y = ones(3,2)*S1y(1,2)+P2y;
```

```
Q2x = ones(3,2)*S1x(1,2)+Q2x;
```

```
Q2y = ones(3,2)*S1y(1,2)+Q2y;
```

```
% segitiga daya beban total
```

```
[Sx, Sy]=fasor_go(Sk);
```

```
[Px, Py]=fasor_go(Pk);
```

```
[Qx, Qy]=fasor_go(Qk);
```

```
% geser Q ke kanan ujung P
```

```
Qx = ones(3,2)*Px(1,2)+Qx;
```

```
Qy = ones(3,2)*Py(1,2)+Qy;
```

```
% plot hasil
```

```
baxis=max([S P Q]); % menampilkan batas grafik
```

```
figure(1);
```

```
plot(S1x', S1y', 'k', 'LineWidth', 2); hold on
```

```
plot(P1x', P1y', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
plot(Q1x', Q1y', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
plot(S2x', S2y', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
plot(P2x', P2y', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
plot(Q2x', Q2y', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
plot(Sx', Sy', 'k', 'LineWidth', 2);, hold off, grid
```

```
title('Segitiga daya');
```

```
text(real(Sk)*0.8, imag(Sk), 'S');
```

```
text(real(Pk)*1.05, imag(Pk), 'P');
```

```
text(Qx(1,2)*1.05, Qy(1,2), 'Q');
```

```
% fasor tegangan dan arus
```

```
[Vx, Vy]=fasor_go(V);
```

```
[I1x, I1y]=fasor_go(I1);
```

```
[I2x, I2y]=fasor_go(I2);
```

```
[Itx, Ity]=fasor_go(It);
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

baxis=max([abs(V) abs(I1) abs(I2) abs(It)]); % menampilkan batas grafik
figure(2);
plot(Vx', Vy', 'k', 'LineWidth', 2); hold on
plot(I1x', I1y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(I2x', I2y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(Itx', Ity', 'k', 'LineWidth', 2);
plot([I1x(1,2) Itx(1,2)], [I1y(1,2) Ity(1,2)], 'k-', [I2x(1,2) Itx(1,2)], ...
      [I2y(1,2) Ity(1,2)], 'k-', 'LineWidth', 1)
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k', 'LineWidth', 1),
plot([0 0], [-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k', 'LineWidth', 1), hold off
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05 -baxis*1.05 baxis*1.05]);
axis('square'); grid
title('Diagram fasor');
text(real(I1)+0.2, imag(I1), 'I1');
text(real(I2)*1.1, imag(I2), 'I2');
text(real(It)*1.1, imag(It), 'It');
text(real(V)*1.2, imag(V), 'V');

```

```

% langkah 5 membuat grafik fungsi waktu
figure(3);
plot(t, vt, 'k', t, it, 'r', t, p, 'b', 'LineWidth', 2), hold on
plot([0 2/f], [0 0], 'k', 'LineWidth', 2), hold off, grid
text(0.013, max(p)*0.9, 'p(t)=v(t)*i(t)');
text(0.0105, -40, 'v(t)');
text(0.0052, 25, 'it(t)');
title('Daya Sesaat')
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo Gelombang'),
legend('Tegangan', 'Arus', 'Daya')

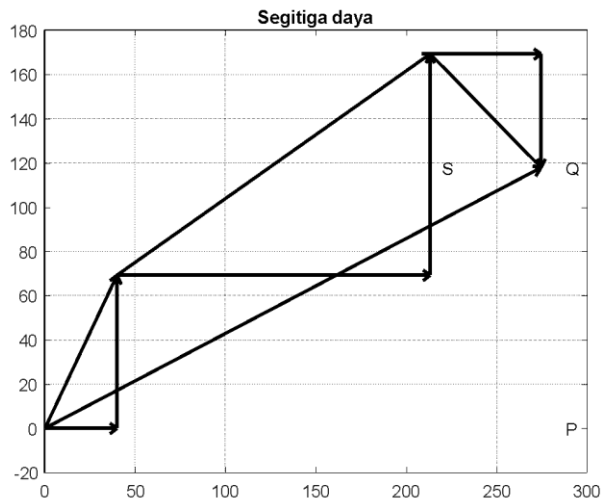
```

```

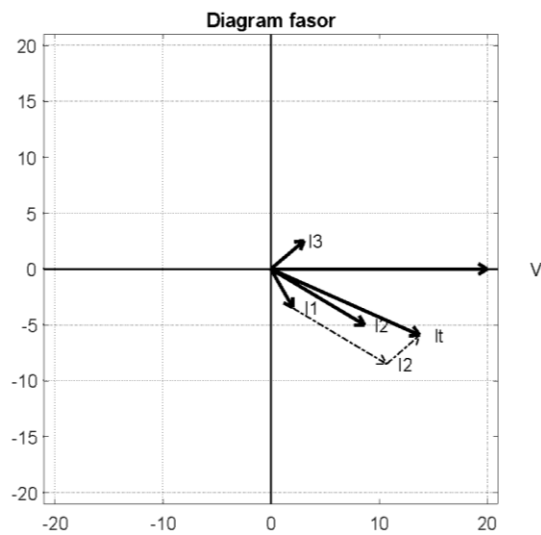
%=====

```

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



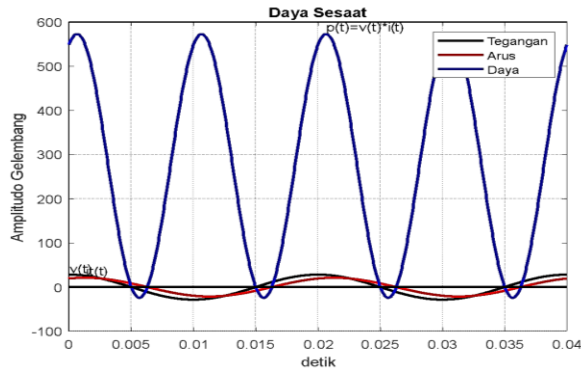
**Gambar 6.35. Segitiga Daya untuk Kasus 6.7**



**Gambar 6.36. Diagram Fasor untuk Kasus 6.7**



## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I



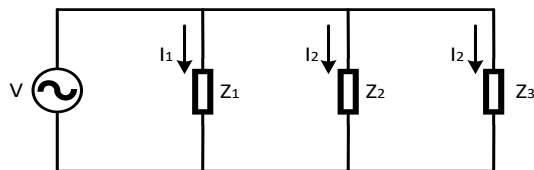
**Gambar 6.37. Diagram Daya Sesaat untuk Kasus 6.7**

### Kasus 6.8

Bila diketahui sebuah rangkaian listrik dengan tiga impedansi yang dihubungkan paralel, yaitu  $Z_1 = 20 \angle 30^\circ \Omega$ ,  $Z_2 = 15 - 15^\circ \Omega$  dan  $Z_3 = 10 \angle 0^\circ \Omega$  dengan tegangan sumber  $V = 100 \angle -45^\circ V$ . Dapatkan daya dan faktor daya serta gambarkan segitiga daya dari rangkaian tersebut.

### Penyelesaian

Gambar rangkaian dari tiga impedansi dan tegangan sumbernya seperti Gambar 6.38 di bawah ini.



**Gambar 6.38. Tiga Impedansi dan Tegangan Sumbernya.**

### Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Arus masing-masing cabang dari Gambar 6.38 adalah:

$$I_1 = \frac{V}{Z_1} = \frac{100 \angle -45^\circ}{20 \angle 30^\circ} = 5 \angle -75^\circ \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{V}{Z_2} = \frac{100 \angle -45^\circ}{15 \angle -45^\circ} = 6,67 \angle 0^\circ \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{V}{Z_3} = \frac{100 \angle -45^\circ}{10 \angle 0^\circ} = 10 \angle -45^\circ \text{ A}$$

Daya kompleks pada masing-masing cabang adalah:

$$S_1 = VI_1^* = (100 \angle -45^\circ) \cdot (5 \angle 75^\circ) \\ = 500 \angle 30^\circ \text{ VA}$$

$$S_2 = VI_2^* = (100 \angle -45^\circ) \cdot (6,67 \angle 0^\circ) \\ = 667 \angle -45^\circ \text{ VA}$$

$$S_3 = VI_3^* = (100 \angle -45^\circ) \cdot (10 \angle 45^\circ) \\ = 1000 \angle 0^\circ \text{ VA}$$

Daya aktif dan reaktif pada masing-masing cabang adalah:

$$P_1 = S_1 \cos \phi_1 = 500 \cos (30^\circ) = 433 \text{ W}$$

$$Q_1 = S_1 \sin \phi_1 = 500 \sin (45^\circ) = 250 \text{ VAR ketinggalan}$$

$$P_2 = S_2 \cos \phi_2 = 667 \cos (-45^\circ) = 472 \text{ W}$$

$$Q_2 = S_2 \sin \phi_2 = 667 \sin (-45^\circ) = 472 \text{ VAR mendahului}$$

$$P_3 = S_3 \cos \phi_3 = 1000 \cos (0^\circ) = 1000 \text{ W}$$

$$Q_3 = S_3 \sin \phi_3 = 1000 \sin (0^\circ) = 0$$

dan

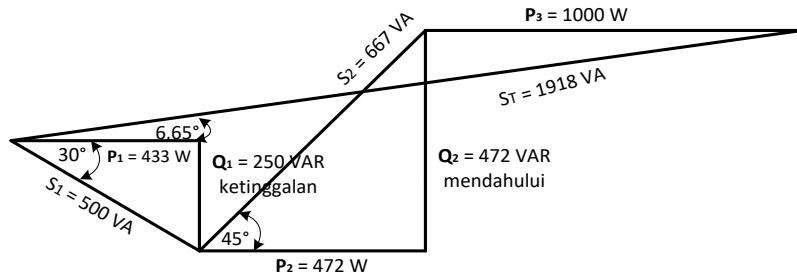
$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 433 + 472 + 1000 = 1905 \text{ W}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 250 - 472 + 0 = 222 \text{ VAR mendahului}$$

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = \sqrt{1905^2 + 222^2} = 1918 \text{ VA}$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Gambar segitiga dayanya seperti Gambar 6.39 di bawah ini.



**Gambar 6.39. Segitiga Daya untuk Kasus 6.8**

Faktor dayanya adalah:

$$\begin{aligned} \text{p. f} &= \cos \cos \left( \left( \frac{Q_T}{P_T} \right) \right) = \cos \cos \left( \left( \frac{222}{1905} \right) \right) \\ &= \cos \cos 6,65^\circ = 0,99 \text{ mendahului} \end{aligned}$$

### Script MATLAB

```

%=====
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 6.8
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,A.SEAN. Eng., I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,PhD.
% I M Ari Nrartha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Bila diketahui sebuah rangkaian listrik dengan tiga impedansi yang dihubungkan
% paralel, yaitu  $Z_1 = 20 \angle 30^\circ \Omega$ ,  $Z_2 = 15 - 15^\circ \Omega$  dan  $Z_3 = 10 \angle 0^\circ \Omega$  dengan tegangan
% sumber  $V = 100 - 45^\circ V$ . Tentukan daya dan faktor daya serta Gambarkan
% segitiga daya dari rangkaian tersebut.
%-----

clear all, close all, clc
j=sqrt(-1);
Z1 = 5*exp(60/180*pi*j); % ohm

```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
Z2 = 2*exp(30/180*pi*j); % ohm
Z3 = 5*exp(-40/180*pi*j); % ohm
V = 20*exp(0/180*pi*j); % Volt

% Langkah 1, mencari daya masing2 beban
S1 = V*(V/Z1)';
I1 = (S1/V)';
S2 = V*(V/Z2)';
I2 = (S2/V)';
S3 = V*(V/Z3)';
I3 = (S3/V)';
S = S1 + S2 + S3;
It = (S/V)';
Q = imag(S); P = real(S); fd = cos(atan(imag(S)/real(S)));
% P, Q, S, fd

% Langkah 2, merubah ke gelombang
f = 50; % Hz
t = linspace(0,2/f,1024);
vt = abs(V)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(V));
it = abs(It)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(It));
i1 = abs(I1)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I1));
i2 = abs(I2)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I2));
p = vt.*it;

% Langkah 3, konsesi rumus S = VI*
% daya beban 1
Sk1 = V*I1';
Pk1 = real(Sk1);
Qk1 = j*imag(Sk1);

% daya beban 2
Sk2 = V*I2';
Pk2 = real(Sk2);
Qk2 = j*imag(Sk2);
% daya beban 3
Sk3 = V*I3';
Pk3 = real(Sk3);
Qk3 = j*imag(Sk3);
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
% daya beban total
Sk = V*I';
Pk = real(Sk);
Qk = j*imag(Sk);
% Ukuran anak panah yang sama
Bj = max([abs(Sk) abs(Sk1) abs(Sk2) abs(Sk3)]);
Bk = min([abs(Sk) abs(Sk1) abs(Sk2) abs(Sk3)]);
pbr = (Bj + Bk)/2 * 0.025;

% Langkah 4, buat diagram fasornya
% segitiga daya beban 1
[S1x, S1y]=fasor_go(Sk1,pbr);
[P1x, P1y]=fasor_go(Pk1,pbr);
[Q1x, Q1y]=fasor_go(Qk1,pbr);

% geser Q1 ke kanan ujung P1
Q1x = ones(3,2)*P1x(1,2)+Q1x;
Q1y = ones(3,2)*P1y(1,2)+Q1y;

% segitiga daya beban 2
[S2x, S2y]=fasor_go(Sk2,pbr);
[P2x, P2y]=fasor_go(Pk2,pbr);
[Q2x, Q2y]=fasor_go(Qk2,pbr);

% geser Q ke kanan ujung P
Q2x = ones(3,2)*P2x(1,2)+Q2x;
Q2y = ones(3,2)*P2y(1,2)+Q2y;

% geser semua diujung S1
S2x = ones(3,2)*S1x(1,2)+S2x;
S2y = ones(3,2)*S1y(1,2)+S2y;
P2x = ones(3,2)*S1x(1,2)+P2x;
P2y = ones(3,2)*S1y(1,2)+P2y;
Q2x = ones(3,2)*S1x(1,2)+Q2x;
Q2y = ones(3,2)*S1y(1,2)+Q2y;

% segitiga daya beban 3
[S3x, S3y]=fasor_go(Sk3,pbr);
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
[P3x, P3y]=fasor_go(Pk3,pbr);  
[Q3x, Q3y]=fasor_go(Qk3,pbr);  
  
% geser Q ke kanan ujung P  
Q3x = ones(3,2)*P3x(1,2)+Q3x;  
Q3y = ones(3,2)*P3y(1,2)+Q3y;  
  
% geser semua diujung S2  
S3x = ones(3,2)*S2x(1,2)+S3x;  
S3y = ones(3,2)*S2y(1,2)+S3y;  
P3x = ones(3,2)*S2x(1,2)+P3x;  
P3y = ones(3,2)*S2y(1,2)+P3y;  
Q3x = ones(3,2)*S2x(1,2)+Q3x;  
Q3y = ones(3,2)*S2y(1,2)+Q3y;  
  
% segitiga daya beban total  
[Sx, Sy]=fasor_go(Sk,pbr);  
[Px, Py]=fasor_go(Pk,pbr);  
[Qx, Qy]=fasor_go(Qk,pbr);  
  
% geser Q ke kanan ujung P  
Qx = ones(3,2)*Px(1,2)+Qx;  
Qy = ones(3,2)*Py(1,2)+Qy;  
  
% plot hasil  
baxis=max([S P Q]); % menampilkan batas grafik  
figure(1);  
plot(S1x', S1y', 'k', 'LineWidth', 2); hold on  
plot(P1x', P1y', 'k', 'LineWidth', 2);  
plot(Q1x', Q1y', 'k', 'LineWidth', 2);  
plot(S2x', S2y', 'k', 'LineWidth', 2);  
plot(P2x', P2y', 'k', 'LineWidth', 2);  
plot(Q2x', Q2y', 'k', 'LineWidth', 2);  
plot(S3x', S3y', 'k', 'LineWidth', 2);  
plot(P3x', P3y', 'k', 'LineWidth', 2);  
plot(Q3x', Q3y', 'k', 'LineWidth', 2);  
plot(Sx', Sy', 'k', 'LineWidth', 2);  
hold off, grid  
title('Segitiga daya');
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
text(real(Sk)*0.8,imag(Sk),'S');
text(real(Pk)*1.05,imag(Pk),'P');
text(Qx(1,2)*1.05,Qy(1,2),'Q');

% Ukuran anak panah yang sama
Bj = max([abs(I1) abs(I2) abs(I3) abs(It) abs(V)]);
Bk = min([abs(I1) abs(I2) abs(I3) abs(It) abs(V)]);
pbr = (Bj + Bk)/2 * 0.08;

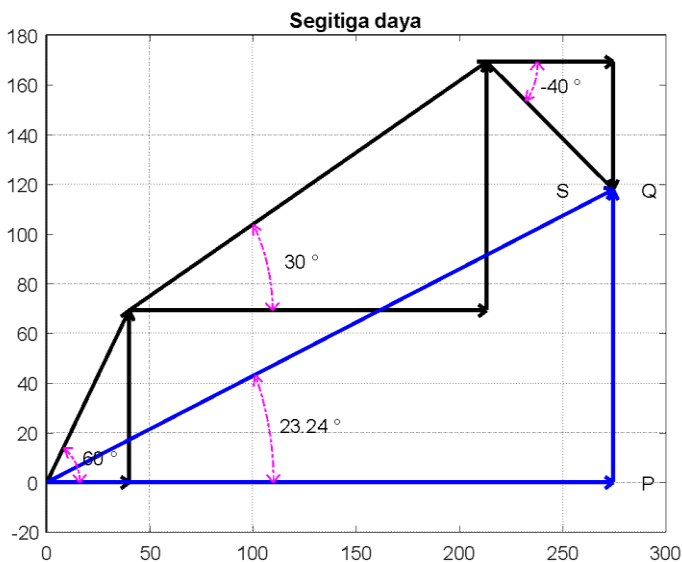
% fasor tegangan dan arus
[Vx, Vy]=fasor_go(V, pbr);
[I1x, I1y]=fasor_go(I1, pbr);
[I2x, I2y]=fasor_go(I2, pbr);
[I3x, I3y]=fasor_go(I3, pbr);
[Itx, Ity]=fasor_go(It,pbr);
baxis=max([abs(V) abs(I1) abs(I2) abs(I3) abs(It)]); % menampilkan batas grafik
figure(2);
plot(Vx, Vy, 'k', 'LineWidth',2); hold on
plot(I1x, I1y, 'k', 'LineWidth',2);
plot(I2x, I2y, 'k', 'LineWidth',2);
plot(I3x, I3y, 'k', 'LineWidth',2);
plot(Itx, Ity, 'k', 'LineWidth',2);

% menggeser i2 ke ujung i1
I2x=ones(3,2)*I1x(1,2)+I2x; I2y=ones(3,2)*I1y(1,2)+I2y;
plot(I2x, I2y, 'k-', 'LineWidth',1);
I3x=ones(3,2)*I2x(1,2)+I3x; I3y=ones(3,2)*I2y(1,2)+I3y;
plot(I3x, I3y, 'k-', 'LineWidth',1);
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k', 'LineWidth',1),
plot([0 0],[-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k', 'LineWidth',1),hold off
axis([-baxis*1.05 baxis*1.05-baxis*1.05 baxis*1.05]);
axis('square'); grid
title('Diagram fasor');
text(real(I1)+1.1,imag(I1),'I1');
text(real(I2)*1.1,imag(I2),'I2');
text(I2x(1,2)*1.1,I2y(1,2),'I2');
text(real(I3)*1.1,imag(I3),'I3');
text(real(It)*1.1,imag(It),'It');
text(real(V)*1.2,imag(V),'V');
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

% langkah 5 membuat grafik fungsi waktu

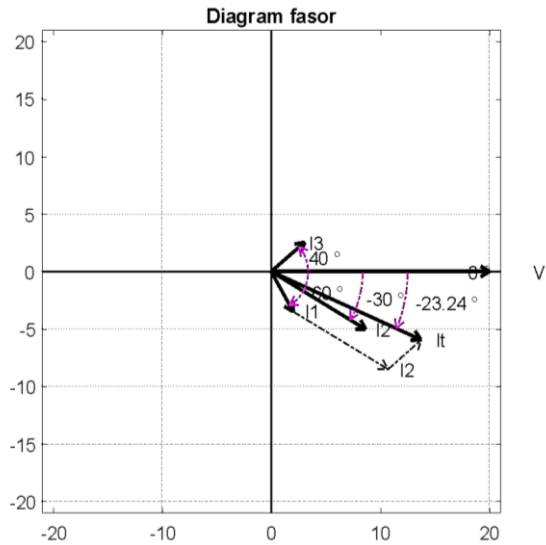
```
figure(3);
plot(t,vt,'k','t,it','r','t,p','b','LineWidth',2), hold on
plot([0 2/f],[0 0],'k','LineWidth',2), hold off, grid
Lp=find(p==max(p),1)/1024*2/f;
Lvt=find(vt==max(vt),1)/1024*2/f;
Lit=find(it==max(it),1)/1024*2/f;
text(Lp,max(p)*1.03,'p(t)=v(t)*i(t)');
text(Lvt,max(vt)*1.5,'v(t)');
text(Lit,max(it)*1.8,'it(t)');
title('Daya Sesaat')
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo Gelombang'),
legend('Tegangan','Arus','Daya')
%=====
```



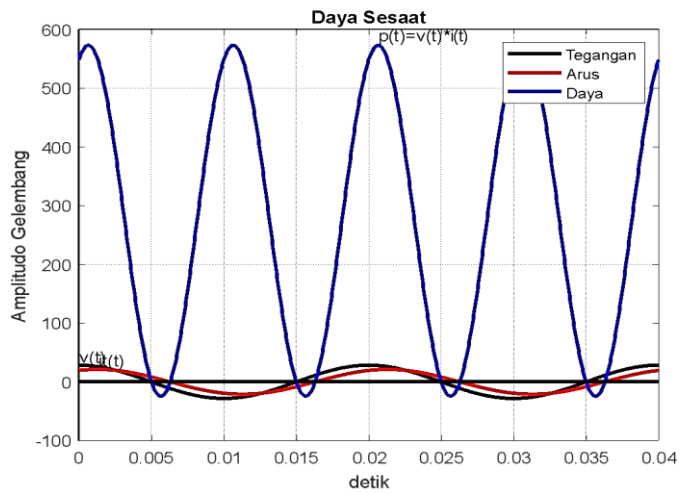
**Gambar 6.40. Segitiga Daya untuk Kasus 6.8**



**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 6.41. Diagram Fasor untuk Kasus 6.8**



**Gambar 6.42. Diagram Daya Sesaat untuk Kasus 6.8**

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Hasil Running Program

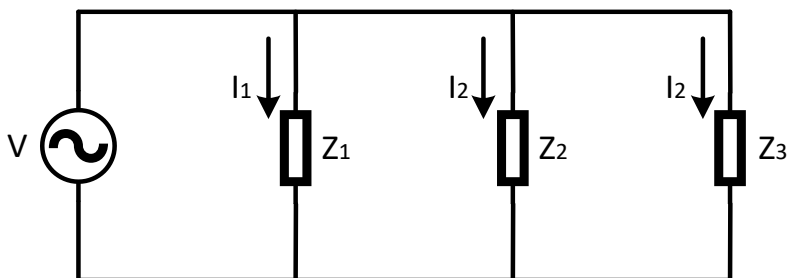
```
=====
sudutSk = '23.24'
sudutSk1 = '60'
sudutSk2 = '30'
sudutSk3 = '-40'
=====
```

### Kasus 6.9

Diketahui sebuah sistem dengan tiga buah impedansi dihubungkan secara paralel, yaitu  $Z_1 = 25 \angle 15^\circ \Omega$ ,  $Z_2 = 15 \angle -60^\circ \Omega$  dan  $Z_3 = 15 \angle 90^\circ \Omega$  dengan tegangan sumber  $V = 240 \angle -30^\circ V$ . Tentukan daya dan faktor daya serta Gambarkan segitiga daya dari rangkaian tersebut.

### Penyelesaian

Gambarkan rangkaian listrik dengan tiga impedansi dan tegangan sumbernya seperti Gambar 6.43 di bawah ini.



Gambar 6.43. Rangkaian Listrik Tiga Impedansi untuk Kasus 6.9

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

Arus masing-masing cabang dari Gambar 6.43 adalah:

$$I_1 = \frac{V}{Z_1} = \frac{240 \angle -30^\circ}{25 \angle 15^\circ} = 9,6 \angle -45^\circ \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{V}{Z_2} = \frac{240 \angle -30^\circ}{15 \angle -60^\circ} = 16 \angle 30^\circ \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{V}{Z_3} = \frac{240 \angle -30^\circ}{15 \angle 90^\circ} = 16 \angle -120^\circ \text{ A}$$

Daya kompleks pada masing-masing cabang adalah:

$$S_1 = VI_1^* = (240 \angle -30^\circ) \cdot (9,6 \angle 45^\circ) \\ = 2304 \angle 15^\circ \text{ VA}$$

$$S_2 = VI_2^* = (240 \angle -30^\circ) \cdot (16 \angle -30^\circ) \\ = 3840 \angle -60^\circ \text{ VA}$$

$$S_3 = VI_3^* = (240 \angle -30^\circ) \cdot (16 \angle 120^\circ) \\ = 3840 \angle 90^\circ \text{ VA}$$

Daya aktif dan reaktif pada masing-masing cabang adalah:

$$P_1 = S_1 \cos \phi_1 = 2304 \cos (15^\circ) = 2226 \text{ W}$$

$$Q_1 = S_1 \sin \phi_1 = 2304 \sin (15^\circ) = 296 \text{ VAR ketinggalan}$$

$$P_2 = S_2 \cos \phi_2 = 3840 \cos (-60^\circ) = 1920 \text{ W}$$

$$Q_2 = S_2 \sin \phi_2 = 3840 \sin (-60^\circ) = 3326 \text{ VAR mendahului}$$

$$P_3 = S_3 \cos \phi_3 = 3840 \cos (90^\circ) = 0$$

$$Q_3 = S_3 \sin \phi_3 = 3840 \sin (90^\circ) = 3840 \text{ VAR ketinggalan}$$

dan

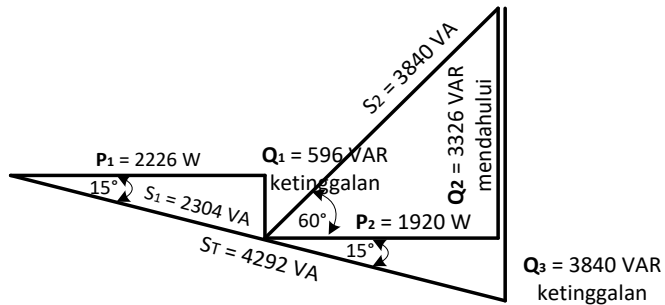
$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 2226 + 1920 + 0 = 4146 \text{ W}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 296 - 3326 + 3840 = 1110 \text{ VAR ketinggalan}$$

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = \sqrt{4146^2 + 1110^2} = 4292 \text{ VA}$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Gambar segitiga dayanya seperti Gambar 6.44.



**Gambar 6.44. Segitiga Daya untuk Kasus 6.9**

$$\begin{aligned}
 \text{p.f} &= \cos \cos \left( \left( \frac{Q_T}{P_T} \right) \right) = \cos \cos \left( \left( \frac{1110}{4146} \right) \right) \\
 &= \cos \cos 15^\circ = 097 \text{ keninggalan}
 \end{aligned}$$

### Script MATLAB

```

%=====
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 6.8
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,A.SEAN. Eng., I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,PhD.
% I M Ari Nrartha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Diketahui sebuah sistem dengan tiga buah impedansi dihubungkan secara
% paralel, yaitu  $Z_1 = 25 \angle 15^\circ \Omega$ ,  $Z_2 = 15 \angle -60^\circ \Omega$  dan  $Z_3 = 15 \angle 90^\circ \Omega$  dengan
% tegangan sumber  $V = 240 \angle -30^\circ V$ . Tentukan daya dan faktor daya serta
% Gambarkan segitiga daya dari rangkaian tersebut.
%-----
clear all, close all, clc
j=sqrt(-1);
Z1 = 5*exp(15/180*pi*j); % ohm
Z2 = 2*exp(-60/180*pi*j); % ohm
Z3 = 5*exp(-90/180*pi*j); % ohm

```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
V = 20*exp(0/180*pi*j); % Volt

% Langkah 1, mencari daya masing2 beban
S1 = V*(V/Z1);
I1 = (S1/V);
S2 = V*(V/Z2);
I2 = (S2/V);
S3 = V*(V/Z3);
I3 = (S3/V);
S = S1 + S2 + S3;
It = (S/V);
Q = imag(S); P = real(S); fd = cos(atan(imag(S)/real(S)));
% P, Q, S, fd

% Langkah 2, merubah ke gelombang
f = 50; % Hz
t = linspace(0,2/f,1024);
vt = abs(V)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(V));
it = abs(It)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(It));
i1 = abs(I1)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I1));
i2 = abs(I2)*sqrt(2)*sin(2*pi*f*t+pi/2+angle(I2));
p = vt.*it;

% Langkah 3, konsesi rumus S = VI*
% daya beban 1
Sk1 = V*I1';
Pk1 = real(Sk1);
Qk1 = j*imag(Sk1);
% daya beban 2
Sk2 = V*I2';
Pk2 = real(Sk2);
Qk2 = j*imag(Sk2);
% daya beban 3
Sk3 = V*I3';
Pk3 = real(Sk3);
Qk3 = j*imag(Sk3);

% daya beban total
Sk = V*It'
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

$P_k = \text{real}(S_k)$

$Q_k = j * \text{imag}(S_k)$

% Ukuran anak panah yang sama

$B_j = \max([\text{abs}(S_k) \text{abs}(S_{k1}) \text{abs}(S_{k2}) \text{abs}(S_{k3})]);$

$B_k = \min([\text{abs}(S_k) \text{abs}(S_{k1}) \text{abs}(S_{k2}) \text{abs}(S_{k3})]);$

$pbr = (B_j + B_k) / 2 * 0.025;$

% Langkah 4, buat diagram fasornya

% segitiga daya beban 1

$[S1x, S1y] = \text{fasor\_go}(S_{k1}, pbr);$

$[P1x, P1y] = \text{fasor\_go}(P_{k1}, pbr);$

$[Q1x, Q1y] = \text{fasor\_go}(Q_{k1}, pbr);$

% geser Q1 ke kanan ujung P1

$Q1x = \text{ones}(3,2) * P1x(1,2) + Q1x;$

$Q1y = \text{ones}(3,2) * P1y(1,2) + Q1y;$

% segitiga daya beban 2

$[S2x, S2y] = \text{fasor\_go}(S_{k2}, pbr);$

$[P2x, P2y] = \text{fasor\_go}(P_{k2}, pbr);$

$[Q2x, Q2y] = \text{fasor\_go}(Q_{k2}, pbr);$

% geser Q ke kanan ujung P

$Q2x = \text{ones}(3,2) * P2x(1,2) + Q2x;$

$Q2y = \text{ones}(3,2) * P2y(1,2) + Q2y;$

% geser semua diujung S1

$S2x = \text{ones}(3,2) * S1x(1,2) + S2x;$

$S2y = \text{ones}(3,2) * S1y(1,2) + S2y;$

$P2x = \text{ones}(3,2) * S1x(1,2) + P2x;$

$P2y = \text{ones}(3,2) * S1y(1,2) + P2y;$

$Q2x = \text{ones}(3,2) * S1x(1,2) + Q2x;$

$Q2y = \text{ones}(3,2) * S1y(1,2) + Q2y;$

% segitiga daya beban 3

$[S3x, S3y] = \text{fasor\_go}(S_{k3}, pbr);$

$[P3x, P3y] = \text{fasor\_go}(P_{k3}, pbr);$

$[Q3x, Q3y] = \text{fasor\_go}(Q_{k3}, pbr);$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
% geser Q ke kanan ujung P
Q3x = ones(3,2)*P3x(1,2)+Q3x;
Q3y = ones(3,2)*P3y(1,2)+Q3y;

% geser semua diujung S2
S3x = ones(3,2)*S2x(1,2)+S3x;
S3y = ones(3,2)*S2y(1,2)+S3y;
P3x = ones(3,2)*S2x(1,2)+P3x;
P3y = ones(3,2)*S2y(1,2)+P3y;
Q3x = ones(3,2)*S2x(1,2)+Q3x;
Q3y = ones(3,2)*S2y(1,2)+Q3y;

% segitiga daya beban total
[Sx, Sy]=fasor_go(Sk,pbr);
[Px, Py]=fasor_go(Pk,pbr);
[Qx, Qy]=fasor_go(Qk,pbr);

% geser Q ke kanan ujung P
Qx = ones(3,2)*Px(1,2)+Qx;
Qy = ones(3,2)*Py(1,2)+Qy;
% plot hasil
baxis=max([S P Q]); % menampilkan batas grafik
figure(1);
plot(S1x', S1y', 'k', 'LineWidth', 2); hold on
plot(P1x', P1y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(Q1x', Q1y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(S2x', S2y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(P2x', P2y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(Q2x', Q2y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(S3x', S3y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(P3x', P3y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(Q3x', Q3y', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(Sx', Sy', 'k', 'LineWidth', 2);,
hold off, grid
title('Segitiga daya');
text(real(Sk)*0.8, imag(Sk), 'S');
text(real(Pk)*1.05, imag(Pk), 'P');
text(Qx(1,2)*1.05, Qy(1,2), 'Q');
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

% Ukuran anak panah yang sama

$B_j = \max([\text{abs}(I_1) \text{ abs}(I_2) \text{ abs}(I_3) \text{ abs}(I_t) \text{ abs}(V)]);$

$B_k = \min([\text{abs}(I_1) \text{ abs}(I_2) \text{ abs}(I_3) \text{ abs}(I_t) \text{ abs}(V)]);$

$pbr = (B_j + B_k)/2 * 0.08;$

% fasor tegangan dan arus

$[V_x, V_y] = \text{fasor\_go}(V, pbr);$

$[I_1x, I_1y] = \text{fasor\_go}(I_1, pbr);$

$[I_2x, I_2y] = \text{fasor\_go}(I_2, pbr);$

$[I_3x, I_3y] = \text{fasor\_go}(I_3, pbr);$

$[I_tx, I_ty] = \text{fasor\_go}(I_t, pbr);$

$\text{baxis} = \max([\text{abs}(V) \text{ abs}(I_1) \text{ abs}(I_2) \text{ abs}(I_3) \text{ abs}(I_t)]);$  % menampilkan batas grafik

$\text{figure}(2);$

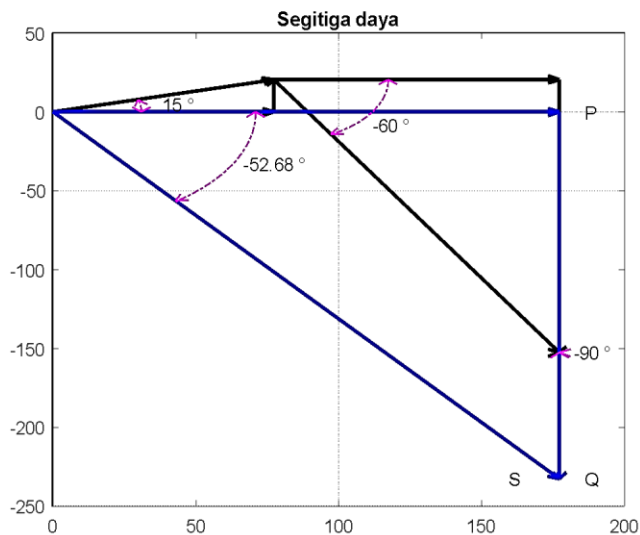
$\text{plot}(V_x, V_y, 'k', 'LineWidth', 2);$  hold on

$\text{plot}(I_1x, I_1y, 'k', 'LineWidth', 2);$

$\text{plot}(I_2x, I_2y, 'k', 'LineWidth', 2);$

$\text{plot}(I_3x, I_3y, 'k', 'LineWidth', 2);$

$\text{plot}(I_tx, I_ty, 'k', 'LineWidth', 2);$



**Gambar 6.45. Segitiga Daya untuk Kasus 6.9**

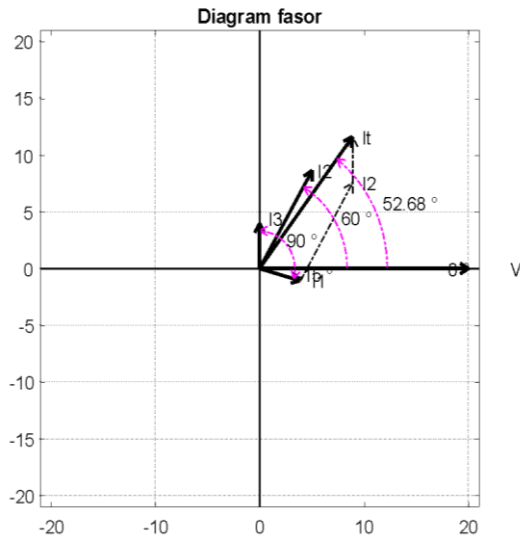


## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

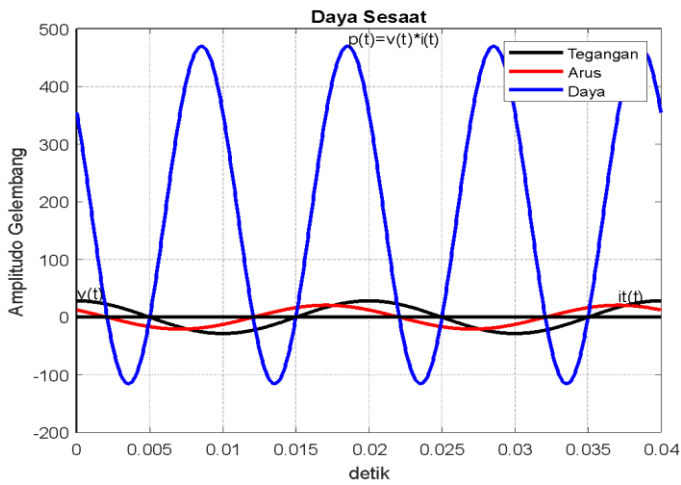
```
% menggeser i2 ke ujung i1
I2x=ones(3,2)*I1x(1,2)+I2x; I2y=ones(3,2)*I1y(1,2)+I2y;
plot(I2x', I2y', 'k-', 'LineWidth', 1);
I3x=ones(3,2)*I2x(1,2)+I3x; I3y=ones(3,2)*I2y(1,2)+I3y;
plot(I3x', I3y', 'k-', 'LineWidth', 1);
plot([-baxis*1.05 baxis*1.05], [0 0], 'k', 'LineWidth', 1),
plot([0 0], [-baxis*1.05 baxis*1.05], 'k', 'LineWidth', 1), hold off
axis('square'); grid
title('Diagram fasa');
text(real(I1)+1.1, imag(I1), 'I1');
text(real(I2)*1.1, imag(I2), 'I2');
text(I2x(1,2)*1.1, I2y(1,2), 'I2');
text(real(I3)*1.1, imag(I3), 'I3');
text(real(It)*1.1, imag(It), 'It');
text(real(V)*1.2, imag(V), 'V');

% langkah 5 membuat grafik fungsi waktu
figure(3);
plot(t, vt, 'k', t, it, 'r', t, p, 'b', 'LineWidth', 2), hold on
plot([0 2/f], [0 0], 'k', 'LineWidth', 2), hold off, grid
Lp=find(p==max(p), 1)/1024*2/f;
Lvt=find(vt==max(vt), 1)/1024*2/f;
Lit=find(it==max(it), 1)/1024*2/f;
text(Lp, max(p)*1.03, 'p(t)=v(t)*i(t)');
text(Lvt, max(vt)*1.5, 'v(t)');
text(Lit, max(it)*1.8, 'it(t)');
title('Daya Sesaat')
xlabel('detik'), ylabel('Amplitudo Gelombang'),
legend('Tegangan', 'Arus', 'Daya')
```

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 6.46. Diagram Fasor untuk Kasus 6.9**



**Gambar 6.47. Diagram Daya Sesaat untuk Kasus 6.9**

### Hasil Running Program

```
=====
sudutSk = '-52.68'
sudutSk1 = '15'
sudutSk2 = '-60'
sudutSk3 = '-90'
=====
```

### Kasus 6.10

Bila diketahui tiga buah beban dengan masing-masing yaitu beban pertama memiliki nilai 5 kW pada faktor daya 0,8 ketinggalan, beban kedua adalah 4 kVA dan daya reaktif 2 kVAR mendahului, dan beban ketiga senilai 6 kVA pada faktor daya 0,9 ketinggalan. Tentukan daya yang lain dari masing-masing beban dan tentukan faktor daya serta Gambarkan segitiga daya.

### Penyelesaian

Perhitungan daya yang tidak diketahui pada:

#### Beban 1:

Diberikan  $P_1 = 5 \text{ kW}$ ,  $p.f_1 = 0,8$  ketinggalan, maka:

$$\theta_1 = p.f_1 = 0,8 = 36,87^\circ$$

$$S_1 = \frac{P_1}{p.f_1} = \frac{5000}{0,8} = 6250 \text{ VA} = 6,25 \text{ kVA}$$

$$Q_1 = S_1 \sin \theta_1 = 6250 \sin 36,87^\circ \\ = 3750 \text{ VAR} = 3,75 \text{ kVAR ketinggalan}$$

#### Beban 2:

Diberikan  $S_2 = 4 \text{ kVA}$ ,  $Q_2 = 2 \text{ kVAR}$  mendahului, maka:

$$\theta_2 = \left( \frac{Q_2}{S_2} \right) = \left( \frac{2}{4} \right) = 30^\circ$$

$$P_2 = S_2 \cos \theta_2 = 4000 \cos 30^\circ = 3464 \text{ W} = 3,464 \text{ kW}$$

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

**Beban 3:**

Diberikan  $S_3 = 6 \text{ kVA}$ ,  $p. f_3 = 0,9$  ketinggalan, maka:

$$\theta_3 = p. f_3 = 0,9 = 25,84^\circ$$

$$P_3 = S_3 \cos \theta_3 = 6000 \cdot 0,9 = 5400 \text{ W} = 5,4 \text{ kW}$$

$$Q_3 = S_3 \sin \theta_3 = 6000 \sin 25,84^\circ = 2615 \text{ VAR}$$

= 2,615 kVAR ketinggalan

dan

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 5000 + 3664 + 5400 = 13864 \text{ W} = 13,864 \text{ kW}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 3750 - 2000 + 2615 = 4365 \text{ VAR}$$

= 4,365 kVAR ketinggalan

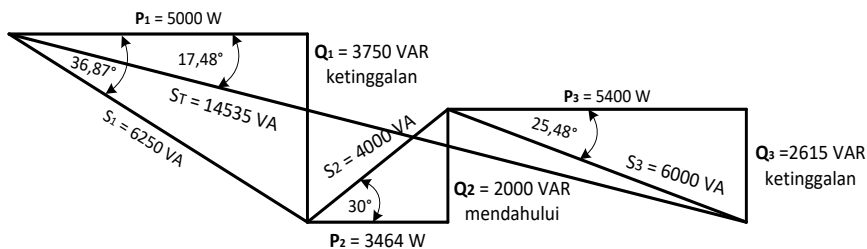
$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} = \sqrt{13864^2 + 4365^2} = 14535 \text{ VA} = 14,535 \text{ kVA}$$

Faktor dayanya adalah:

$$p. f = \cos \theta = \cos \left( \arctan \left( \frac{Q_T}{P_T} \right) \right) = \cos \left( \arctan \left( \frac{4365}{13864} \right) \right)$$

$$= \cos 17,48^\circ = 0,95 \text{ ketinggalan}$$

Gambar segitiga dayanya seperti Gambar 6.48 di bawah ini.



**Gambar 6.48. Gambar Segitiga Daya untuk Kasus 6.10**

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Script MATLAB

```
%=====
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 6.8
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,A.SEAN. Eng., I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,PhD.
% I M Ari Nrartha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Bila diketahui tiga buah beban dengan masing masing yaitu beban pertama %
% memiliki nilai 5 kW pada faktor daya 0,8 ketinggalan, beban kedua adalah 4
% kVA dan daya0,9 Ketinggian. Tentukan daya yang lain dari masing-masing
% beban dan tentukan faktor daya serta Gambarkan segitiga daya.
% =====

clear all, close all, clc
j=sqrt(-1);
P1 = 5e3; pf1 =.8; %lag
S1 = 5e3 + j*P1/pf1*sin(acos(pf1));
Q1 = j*imag(S1);
mS2 = 4e3;
mQ2 = 2e3; % leading
mP2 = sqrt(mS2^2-mQ2^2);
S2 = mP2-j*mQ2;
P2 = real(S2); Q2 = j*imag(S2);
S3 = 6e3*exp(j*acos(0.9)); % lag
P3 = real(S3); Q3 = j*imag(S3);

% Langkah 1, mencari daya total
S = S1 + S2 + S3;
P = real(S); Q = j*imag(S);

% Ukuran anak panah yang sama
Bj = max([abs(S) abs(S1) abs(S2) abs(S3)]);
Bk = min([abs(S) abs(S1) abs(S2) abs(S3)]);
pbr = (Bj + Bk)/2 * 0.025;

% Langkah 4, buat diagram fasornya
% segitiga daya beban 1
[S1x, S1y]=fasor_go(S1,pbr);
[P1x, P1y]=fasor_go(P1,pbr);
[Q1x, Q1y]=fasor_go(Q1,pbr);
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

% geser Q1 ke kanan ujung P1

$Q1x = \text{ones}(3,2)*P1x(1,2)+Q1x;$

$Q1y = \text{ones}(3,2)*P1y(1,2)+Q1y;$

% segitiga daya beban 2

$[S2x, S2y]=\text{fasor\_go}(S2,\text{pbr});$

$[P2x, P2y]=\text{fasor\_go}(P2,\text{pbr});$

$[Q2x, Q2y]=\text{fasor\_go}(Q2,\text{pbr});$

% geser Q ke kanan ujung P

$Q2x = \text{ones}(3,2)*P2x(1,2)+Q2x;$

$Q2y = \text{ones}(3,2)*P2y(1,2)+Q2y;$

% geser semua diujung S1

$S2x = \text{ones}(3,2)*S1x(1,2)+S2x;$

$S2y = \text{ones}(3,2)*S1y(1,2)+S2y;$

$P2x = \text{ones}(3,2)*S1x(1,2)+P2x;$

$P2y = \text{ones}(3,2)*S1y(1,2)+P2y;$

$Q2x = \text{ones}(3,2)*S1x(1,2)+Q2x;$

$Q2y = \text{ones}(3,2)*S1y(1,2)+Q2y;$

% segitiga daya beban 3

$[S3x, S3y]=\text{fasor\_go}(S3,\text{pbr});$

$[P3x, P3y]=\text{fasor\_go}(P3,\text{pbr});$

$[Q3x, Q3y]=\text{fasor\_go}(Q3,\text{pbr});$

% geser Q ke kanan ujung P

$Q3x = \text{ones}(3,2)*P3x(1,2)+Q3x;$

$Q3y = \text{ones}(3,2)*P3y(1,2)+Q3y;$

% geser semua diujung S2

$S3x = \text{ones}(3,2)*S2x(1,2)+S3x;$

$S3y = \text{ones}(3,2)*S2y(1,2)+S3y;$

$P3x = \text{ones}(3,2)*S2x(1,2)+P3x;$

$P3y = \text{ones}(3,2)*S2y(1,2)+P3y;$

$Q3x = \text{ones}(3,2)*S2x(1,2)+Q3x;$

$Q3y = \text{ones}(3,2)*S2y(1,2)+Q3y;$

% segitiga daya beban total

$[Sx, Sy]=\text{fasor\_go}(S,\text{pbr});$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
[Px, Py]=fasor_go(P,pbr);  
[Qx, Qy]=fasor_go(Q,pbr);
```

```
% geser Q ke kanan ujung P
```

```
Qx = ones(3,2)*Px(1,2)+Qx;
```

```
Qy = ones(3,2)*Py(1,2)+Qy;
```

```
% plot hasil
```

```
baxis=max([S P Q]); % menampilkan batas grafik
```

```
figure(1);
```

```
plot(S1x', S1y', 'k', 'LineWidth', 2); hold on
```

```
plot(P1x', P1y', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
plot(Q1x', Q1y', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
plot(S2x', S2y', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
plot(P2x', P2y', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
plot(Q2x', Q2y', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
plot(S3x', S3y', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
plot(P3x', P3y', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
plot(Q3x', Q3y', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
plot(Sx', Sy', 'k', 'LineWidth', 2);,
```

```
hold off, grid
```

```
title('Segitiga daya');
```

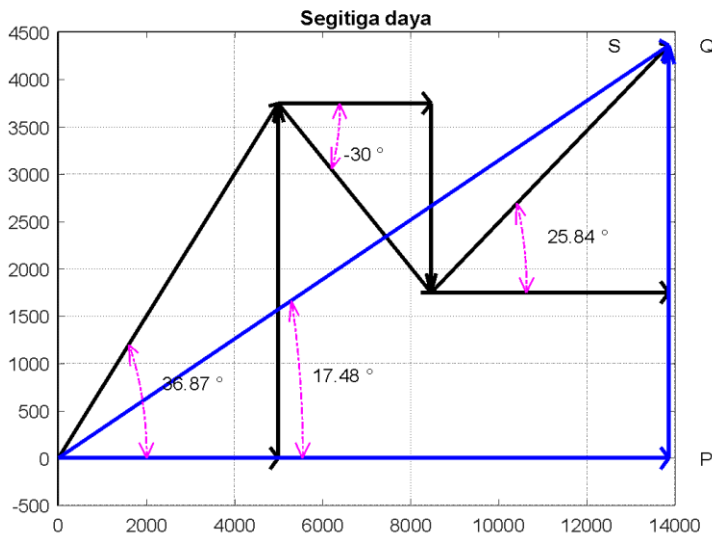
```
text(real(S)*0.8, imag(S), 'S');
```

```
text(real(P)*1.05, imag(P), 'P');
```

```
text(Qx(1,2)*1.05, Qy(1,2), 'Q');
```

```
%=====
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I



**Gambar 6.49. Gambar Segitiga Daya untuk Kasus 6.10**

### Hasil Running Program

```

=====
P = 1.3864e+04
Q = 0.0000e+00 + 4.3653e+03i
sudutS = '7.48'
sudutSk1 = '36.87'
sudutSk2 = '-30'
sudutSk3 = '25.84'

```

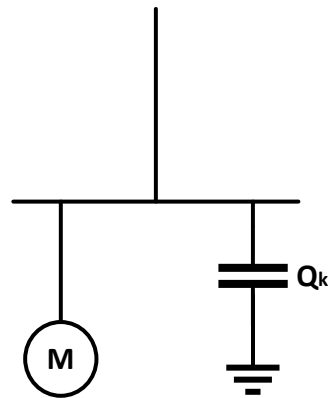
### 6.10. Perbaikan Faktor Daya

Perbaikan faktor daya atau *power factor (p.f)* atau *cos cos* dalam sistem tenaga listrik pada suatu industri adalah untuk meningkatkan faktor daya dari sistem tenaga listrik yang sebelumnya memiliki kualitas rendah. Beban-beban motor pada industri adalah beban induktif. Untuk mengubah faktor daya



### Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

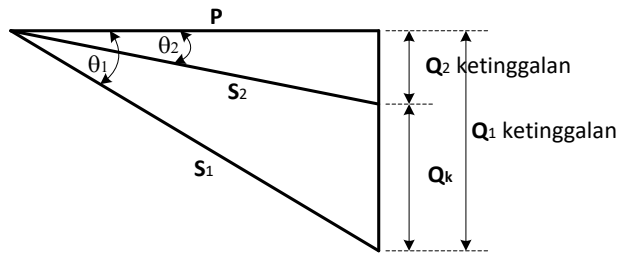
yang rendah ke faktor daya yang lebih baik pada beban motor adalah dengan menambahkan kapasitor ( $Q_k$ ) pada beban motor tersebut yang dipasang secara paralel. Gambar 6.50 adalah pemasangan kapasitor ( $Q_k$ ) untuk perbaikan faktor daya dengan sebuah motor (**M**) yang dipasang secara paralel.



**Gambar 6.50. Pemasangan Kapasitor ( $Q_k$ ) untuk Perbaikan Faktor Daya**

Besar harga kapasitor yang harus dipasang secara paralel dengan sebuah motor dapat ditentukan dengan, misalnya, daya aktif pada sebuah motor adalah  $P$  dalam satuan *kilo Watt (kW)* dengan faktor daya pada kondisi pertama adalah  $p.f_1 = \cos \phi_1$  ketinggalan. Motor ini akan diperbaiki dengan faktor daya menjadi  $p.f_2 = \cos \phi_2$  ketinggalan. Untuk menentukan besar harga kapasitor yang harus dipasang, perhatikan Gambar 6.51.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 6.51. Penentuan Kapasitor dengan Daya Kompleks**

Untuk menentukan besar harga kapasitor yang harus dipasang. Besar harga daya kompleks dan daya reaktif pada faktor daya kondisi pertama adalah:

$$S_1 = \frac{P}{p.f_1} = \frac{P}{\cos \theta_1} \dots\dots\dots (6.18)$$

$$Q_1 = S_1 \sin \theta_1 = \left( \frac{P}{\cos \theta_1} \right) \sin \theta_1 = P \tan \theta_1 \dots\dots (6.19)$$

Besar harga daya kompleks dan daya reaktif pada faktor daya untuk perbaikan adalah:

$$S_2 = \frac{P}{p.f_2} = \frac{P}{\cos \theta_2} \dots\dots\dots (6.20)$$

$$Q_2 = S_2 \sin \theta_2 = \left( \frac{P}{\cos \theta_2} \right) \sin \theta_2 = P \tan \theta_2 \dots\dots (6.21)$$

Sehingga besar kapasitor yang harus dipasang adalah:

$$Q_k = Q_1 - Q_2 = P (\tan \theta_1 - \tan \theta_2) \dots\dots\dots (6.22)$$

**Kasus 6.11**

Sebuah motor induksi dengan  $P = 300 \text{ kW}$  dan faktor dayanya adalah 0,65 ketinggalan. Motor induksi tersebut akan diperbaiki faktor dayanya menjadi 0,90 ketinggalan. Tentukan

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

besar harga kapasitor yang harus dipasang dan berapa persen kVA yang direduksi.

### Penyelesaian

Besar harga kapasitor yang harus dipasang adalah:

$$\begin{aligned} Q_k &= P(\tan \theta_1 - \tan \theta_2) \\ &= 300[\tan(0,65) - \tan(0,90)] \\ &= 205,44 \text{ kVAR} \end{aligned}$$

Besar harga daya kompleks pada faktor daya kondisi sebelum perbaikan dan setelah perbaikan adalah:

$$\begin{aligned} S_1 &= \frac{300}{0,65} = 461,54 \text{ kVA} \\ S_2 &= \frac{300}{0,90} = 333,33 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Besar harga kVA yang direduksi dalam persen adalah:

$$\begin{aligned} \% \text{ kVA}_{\text{reduksi}} &= \frac{S_1 - S_2}{S_1} \times 100 \% \\ &= \left( \frac{461,54 - 333,33}{461,54} \right) \times 100 \% \\ &= 28 \% \end{aligned}$$

### Script MATLAB

```
%%=====
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 6.8
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,A.SEAN. Eng., I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,PhD.
% I M Ari Nrartha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Sebuah motor induksi dengan P = 300 kW dan faktor dayanya adalah 0,65
% ketinggalan. Motor induksi tersebut akan diperbaiki faktor dayanya menjadi 0,90
% ketinggalan. Tentukan besar harga kapasitor yang harus dipasang dan berapa
% persen kVA yang direduksi.
%-----
Pm = 300e3;
pfm = 0.65; %lag
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

pfmsk = 0.9; % faktor daya setelah kompensasi

% Langkah 1 hitung Q motor sebelum dan sesudah kompensasi

$Q_m = P_m / p_{fm} \cdot \sin(\cos(p_{fm}))$ ;

$Q_{msk} = P_m / p_{fmsk} \cdot \sin(\cos(p_{fmsk}))$ ;

$Q_{com} = Q_{msk} - Q_m$ ;

% Langkah 2, membuat segitiga daya sistem

$S_m = P_m + j \cdot Q_m$ ;

$Q_m = j \cdot Q_m$ ;

$S_{msk} = P_m + j \cdot Q_{msk}$ ;

$Q_{msk} = j \cdot Q_{msk}$ ;

$Q_{com} = j \cdot Q_{com}$ ;

% Ukuran anak panah yang sama

$B_j = \max([\text{abs}(S_m) \text{abs}(S_{msk})])$ ;

$B_k = \min([\text{abs}(S_m) \text{abs}(S_{msk})])$ ;

$pbr = (B_j + B_k) / 2 \cdot 0.025$ ;

% segitiga daya beban motor

$[S_{mx}, S_{my}] = \text{fasor\_go}(S_m, pbr)$ ;

$[P_{mx}, P_{my}] = \text{fasor\_go}(P_m, pbr)$ ;

$[Q_{mx}, Q_{my}] = \text{fasor\_go}(Q_m, pbr)$ ;

% geser Q1 ke kanan ujung P1

$Q_{mx} = \text{ones}(3,2) \cdot P_{mx}(1,2) + Q_{mx}$ ;

$Q_{my} = \text{ones}(3,2) \cdot P_{my}(1,2) + Q_{my}$ ;

% segitiga daya beban motor sk

$[S_{mskx}, S_{msky}] = \text{fasor\_go}(S_{msk}, pbr)$ ;

$[Q_{mskx}, Q_{msky}] = \text{fasor\_go}(Q_{msk}, pbr)$ ;

% geser Q1 ke kanan ujung P1

$Q_{mskx} = \text{ones}(3,2) \cdot P_{mx}(1,2) + Q_{mskx}$ ;

$Q_{msky} = \text{ones}(3,2) \cdot P_{my}(1,2) + Q_{msky}$ ;

% segitiga daya beban kompensasi

$[Q_{cx}, Q_{cy}] = \text{fasor\_go}(Q_{com}, pbr)$ ;

$Q_{cx} = \text{ones}(3,2) \cdot S_{mx}(1,2) + Q_{cx}$ ;

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
Qcy = ones(3,2)*Smy(1,2)+Qcy;
```

```
% plot hasil
```

```
baxis=max([Sm Pm Qm]); % menampilkan batas grafik
```

```
figure(1);
```

```
plot(Smx', Smy', 'k', 'LineWidth', 2); hold on
```

```
plot(Pmx', Pmy', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
plot(Qmx', Qmy', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
plot(Smskx', Smsky', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
plot(Qmskx', Qmsky', 'k', 'LineWidth', 2);
```

```
plot(Qcx', Qcy', 'r', 'LineWidth', 2);
```

```
hold off, grid
```

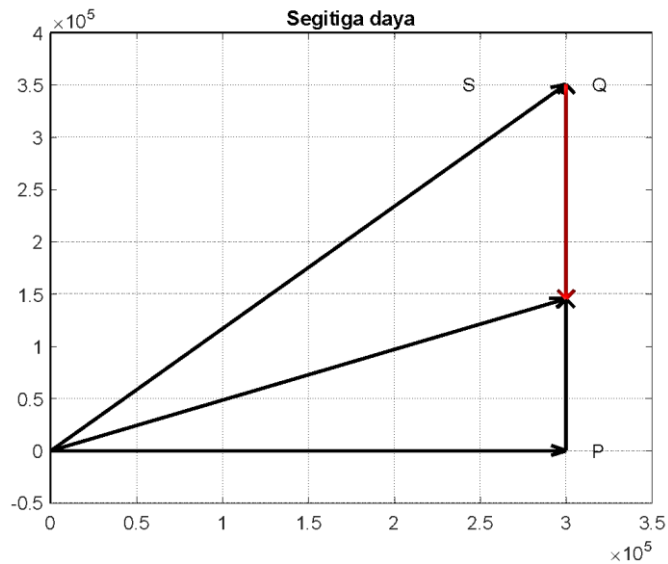
```
title('Segitiga daya');
```

```
text(real(Sm)*0.8, imag(Sm), 'S');
```

```
text(real(Pm)*1.05, imag(Pm), 'P');
```

```
text(Qmx(1,2)*1.05, Qmy(1,2), 'Q');
```

```
%=====
```



**Gambar 6.52. Gambar Segitiga Daya untuk Kasus 6.11**

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Hasil Running Program

```
=====
Qcom =-2.0544e+05
=====
```

### Kasus 6.12

Sebuah beban diinginkan memiliki faktor daya 0,9 ketinggalan dengan kapasitor yang harus dipasang sebesar 20 kVAR. Jika daya kompleks pada faktor daya tersebut adalah 185 kVA, Gambarkan segitiga dayanya dan dapatkan besar harga faktor daya sebelum dipasang kapasitor.

### Penyelesaian

Besar harga sudut, daya aktif dan reaktif pada faktor daya perbaikan adalah:

$$\theta_2 = 0,9 = 29,84^\circ$$

$$P = S_2 \cdot \text{p.f}_2 = 185 \cdot 0,9 = 167 \text{ kW}$$

$$Q_2 = S_2 \cdot \sin \theta_2 = 185 \sin 29,85^\circ = 81 \text{ kVAR ketinggalan}$$

Besar harga daya reaktif pada beban sebelum ada pemasangan kapasitor adalah:

$$Q_1 = Q_2 + Q_k = 80,64 + 20 = 101 \text{ kVAR ketinggalan}$$

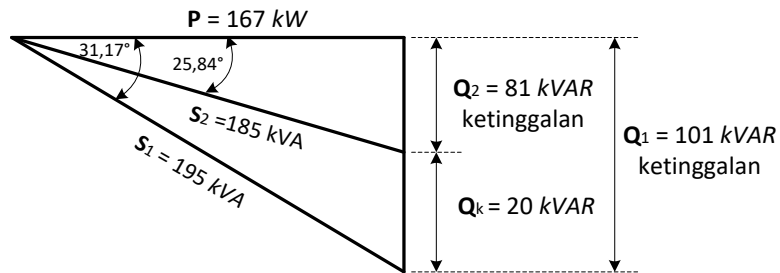
Besar harga sudut dan daya kompleks pada beban sebelum ada pemasangan kapasitor adalah:

$$\theta_1 = \left( \frac{Q_1}{P} \right) = \left( \frac{101}{167} \right) = 31,17^\circ$$

$$S_1 = \frac{P}{\cos \theta_1} = \frac{167}{\cos 31,17^\circ} = 195 \text{ kVA}$$

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

Gambar segitiga dayanya ditunjukkan pada Gambar 6.53



**Gambar 6.53. Segitiga Daya untuk Kasus 6.12**

Besar harga faktor daya sebelum dipasang kapasitor adalah:

$$p. f_1 = \cos \theta_1 = \cos 31,17^\circ = 0,86 \text{ ketinggalan}$$

Script MATLAB

```

%=====
% Script MATLAB Rangkaian Seri, Paralel, dan Campuran Kasus 6.12
% Dr. Ir. I K Wiryajati,ST.,MT.,IPU.,A.SEAN. Eng., I N W Satiawan,ST.,M.Sc.,PhD.
% I M Ari Nrartha,ST.,MT., Ni Made Seniari,ST.,MT.
% Desember 2021
%-----
% Sebuah beban diinginkan memiliki faktor daya 0,9 ketinggalan dengan kapasitor
% yang harus dipasang sebesar 20 kVAR. Jika daya kompleks pada faktor daya
% tersebut adalah 185 kVA, Gambarkan segitiga dayanya dan tentukan besar faktor
% daya sebelum dipasang kapasitor.
%-----
Qcom = -20e3; % Q kompensasi
pfsk = 0.9; % lag pf setelah
Ssk = 185e3; % S setelah kompensasi

% Langkah 1 hitung Q sesudah kompensasi dan sebelum kompensasi
Qsk = Ssk*sin(acos(pfsk));
Qbk = Qsk-Qcom;
    
```

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```
Pbk = Ssk*pfsk;  
Sbk = Pbk + j*Qbk;  
pfbk = cos(atan(Qbk/Pbk))
```

% Langkah 2, membuat segitiga daya sistem

```
Ssk = Pbk + j*Qsk;  
Qbk = j*Qbk;  
Qsk = j*Qsk;  
Qcom = j*Qcom;
```

% Ukuran anak panah yang sama

```
Bj = max([abs(Sbk) abs(Ssk)]);  
Bk = min([abs(Sbk) abs(Ssk)]);  
pbr = (Bj + Bk)/2 * 0.025;
```

% segitiga daya beban bk

```
[Sbkx, Sbkj]=fasor_go(Sbk,pbr);  
[Pbkx, Pbkj]=fasor_go(Pbk,pbr);  
[Qbkx, Qbkj]=fasor_go(Qbk,pbr);
```

% geser Q1 ke kanan ujung P bk

```
Qbkx = ones(3,2)*Pbkx(1,2)+Qbkx;  
Qbkj = ones(3,2)*Pbkj(1,2)+Qbkj;
```

% segitiga daya beban motor sk

```
[Sskx, Sskj]=fasor_go(Ssk,pbr);  
[Qskx, Qskj]=fasor_go(Qsk,pbr);
```

% geser Q1 ke kanan ujung P1

```
Qskx = ones(3,2)*Pbkx(1,2)+Qskx;  
Qskj = ones(3,2)*Pbkj(1,2)+Qskj;
```

% segitiga daya beban kompensasi

```
[Qcx, Qcy]=fasor_go(Qcom,pbr);  
Qcx = ones(3,2)*Sbkx(1,2)+Qcx;  
Qcy = ones(3,2)*Sbkj(1,2)+Qcy;
```

% plot hasil

```
baxis=max([Sbk Pbk Qbk]); % menampilkan batas grafik
```

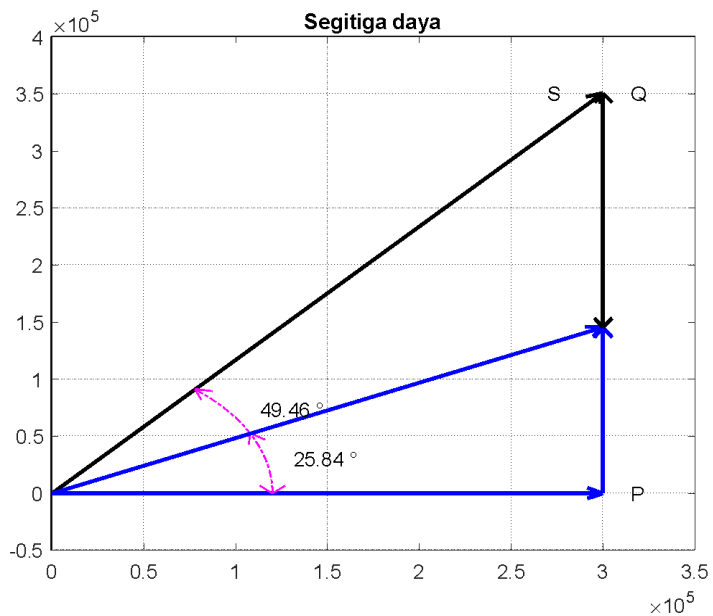


## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

```

figure(1);
plot(Sbqx', Sbky', 'k', 'LineWidth', 2); hold on
plot(Pbqx', Pbky', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(Qbqx', Qbky', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(Ssxx', Ssyy', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(Qsxx', Qsyy', 'k', 'LineWidth', 2);
plot(Qcx', Qcy', 'r', 'LineWidth', 2);
hold off, grid
title('Segitiga daya');
text(real(Sbk)*0.8, imag(Sbk), 'S');
text(real(Pbk)*1.05, imag(Pbk), 'P');
text(Qbqx(1,2)*1.05, Qbky(1,2), 'Q');
%=====

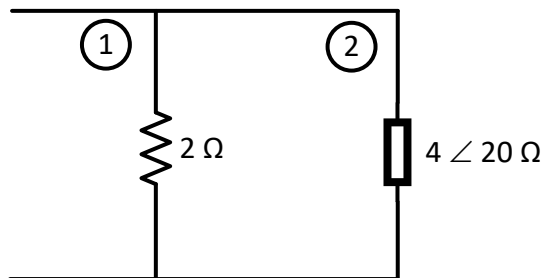
```



**Gambar 6.54. Segitiga Daya untuk Kasus 6.12**

**LATIHAN-LATIHAN**

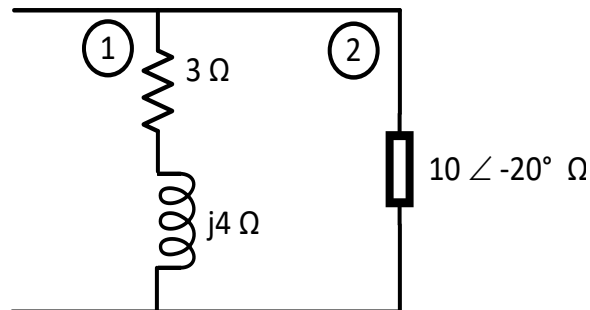
1. Sebuah impedansi  $Z = 5 - j15 \Omega$  jika tegangan sumber pada impedansi tersebut adalah  $V_s = 40 \angle 15^\circ$  Volt, Dapatkan daya rata-rata dan persamaan daya sesaat pada impedansi tersebut.
2. Suatu rangkaian dengan tegangan  $V(t) = 100 \cos(850t + 35^\circ)$  V dengan arus yang mengalir pada rangkaian adalah  $i(t) = 4 \cos(850t + 18^\circ)$  A. Dapatkan dan Gambarkan segitiga daya dari rangkaian tersebut serta faktor dayanya.
3. Jika daya aktif pada cabang 1 dari rangkaian paralel pada Gambar 6.55 adalah 10 kW, Dapatkan daya kompleks dan faktor daya pada rangkaian tersebut.



**Gambar 6.55. Untuk Soal Latihan 3**

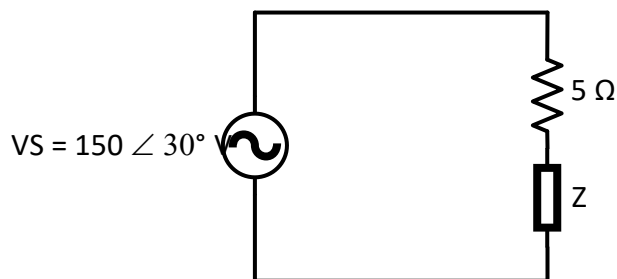
4. Rangkaian paralel pada Gambar 6.56, daya reaktif total adalah 10 kVAR. Dapatkan daya dan faktor daya serta Gambarkan segitiga daya dari rangkaian tersebut.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Gambar 6.56. Untuk Soal Latihan 4**

5. Tiga impedansi dihubungkan paralel, yaitu  $Z_1 = 5 - 10^\circ \Omega$ ,  $Z_2 = 10 \angle 25^\circ \Omega$  dan  $Z_3 = 15 \angle 0^\circ \Omega$  dengan tegangan sumber  $V_s = 100 \angle 0^\circ V$ . Dapatkan daya dan faktor dayanya serta Gambarkan segitiga daya dari rangkaian tersebut.
6. Suatu rangkaian seri seperti Gambar 6.57 dengan daya aktif adalah  $950 W$  dan faktor dayanya  $0,8$  ketinggalan. Dapatkan daya kompleks dan impedansi  $Z$  pada rangkaian tersebut.



**Gambar 6.57. Untuk Soal Latihan 6**

### Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

7. Tiga buah impedansi yang dihubungkan paralel dengan masing-masing besar harganya adalah  $Z_1 = 20 \angle 15^\circ \Omega$ ,  $Z_2 = 10 \angle -60^\circ \Omega$  dan  $Z_3 = 10 \angle 90^\circ \Omega$ . Jika tegangan sumber pada hubungan paralel tersebut adalah  $V_s = 200 \angle -30^\circ V$ , Dapatkan daya dan faktor dayanya serta Gambarkan segitiga daya dari rangkaian tersebut.
8. Tiga buah beban dengan beban 1: 8 kVAR pada faktor daya 0,85 ketinggalan, beban 2: 8 kVA dan daya reaktif 4,5 kVAR mendahului, beban 3: 6 kW pada faktor daya 0,80 ketinggalan. Dapatkan daya yang lain dari masing-masing beban dan Dapatkan faktor daya serta Gambarkan segitiga dayanya.
9. Daya reaktif pada sebuah motor induksi adalah  $Q = 200 \text{ kVAR}$  dengan faktor dayanya adalah 0,65 ketinggalan. Jika motor induksi tersebut akan diperbaiki faktor dayanya menjadi 0,90 ketinggalan, Dapatkan nilai kapasitor yang harus dipasang dan berapa persen kVA yang direduksi.
10. Pada sebuah beban memiliki daya aktif  $P = 1000 \text{ kW}$  dan memiliki faktor daya 0,65 ketinggalan. Jika pada beban tersebut diinginkan memiliki faktor daya 0,95 ketinggalan, Dapatkan nilai kapasitor yang harus dipasang dan berapa persen kVA yang direduksi.

---

## LAMPIRAN

---

### LAMPIRAN



# A

1. Identitas Trigonometris
  - a.  $\sin^2\theta + \cos^2\theta = 1$
  - b.  $\sec^2\theta = 1 + \tan^2\theta$
  - c.  $\operatorname{cosec}^2\theta = 1 + \cot^2\theta$
2. Penjumlahan Trigonometris
  - a.  $\sin \sin (\alpha + \beta) = \sin \sin \alpha \cos \cos \beta + \cos \cos \alpha \sin \sin \beta$
  - b.  $\sin \sin (\alpha - \beta) = \sin \sin \alpha \cos \cos \beta - \cos \cos \alpha \sin \sin \beta$
  - c.  $\cos \cos (\alpha + \beta) = \cos \cos \alpha \cos \cos \beta - \sin \sin \alpha \sin \sin \beta$
  - d.  $\cos \cos (\alpha - \beta) = \cos \cos \alpha \cos \cos \beta + \sin \sin \alpha \sin \sin \beta$
3. Penjumlahan Tangen
  - a.  $\tan \tan (\alpha + \beta) = \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 - \tan \alpha \tan \beta}$
  - b.  $\tan \tan (\alpha - \beta) = \frac{\tan \alpha - \tan \beta}{1 + \tan \alpha \tan \beta}$
  - c. Misalkan  $\alpha = \beta = \theta$

$$\text{Maka : } \sin \sin 2\theta = 2 \sin \sin \theta + \cos \theta$$

$$\cos \cos 2\theta = \cos^2\theta - \sin^2\theta$$

$$= 1 - \sin^2\theta$$

$$= 2\cos^2\theta - 1$$

$$\tan \tan 2\theta = \frac{\theta}{1 - \tan^2\theta}$$

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

d. Misalkan  $\theta = \frac{\phi}{2}$

$$\text{Maka : } \sin \sin \phi = 2 \sin \sin \frac{\phi}{2} \cos \frac{\phi}{2}$$

$$\cos \cos \theta = \cos^2 \frac{\phi}{2} - \sin^2 \frac{\phi}{2}$$

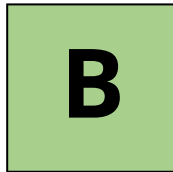
$$= 1 - \sin^2 \frac{\phi}{2}$$

$$= 2\cos^2 \frac{\phi}{2} - 1$$

$$\tan \tan \theta = \frac{\frac{\phi}{2}}{1 - \tan^2 \frac{\phi}{2}}$$

4. Sudut negatif:  $\sin \sin (-\theta) = -\sin \sin \theta$   
 $\cos \cos (-\theta) = \cos \cos \theta$   
 $\tan \tan (-\theta) = -\tan \tan \theta$
5. Sudut yang memiliki perbandingan Trigonometri yang sama
- a. Sama sinus :  $\theta$  dan  $(180-\theta)$
  - b. Sama cosinus:  $\theta$  dan  $(360-\theta)$ , yaitu  $(-\theta)$
  - c. Sama tangent:  $\theta$  dan  $(180+ \theta)$

LAMPIRAN



## BILANGAN KOMPLEKS

### B.1. Representasi Bilangan Kompleks

Suatu bilangan kompleks ( $z$ ) dapat direpresentasikan dengan sebuah persamaan yang dibentuk dari bilangan ( $x$ ) riil dan ( $iy$ ) imajiner seperti pada persamaan berikut:

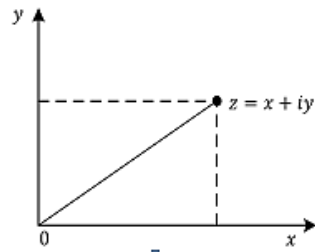
$$z = x + iy \dots\dots\dots (B.1)$$

Dengan  $x$  adalah bilangan riil atau nyata,  $y$  adalah bilangan imajiner atau bilangan khayal, dengan  $i$  adalah komponen satuan imajiner/khayal. yang memiliki sifat sebagai berikut.

$$i^2 = -1 \text{ atau } i = \sqrt{-1}$$

Dalam bidang kompleks atau disebut dengan dalam koordinat  $z$ , koordinat ini sering disebut dengan istilah koordinat kartesius atau koordinat kartesian. Representasi tersebut dalam sumbu riil dinyatakan dalam  $x$  dan dalam sumbu  $y$  imajiner/khayal pada sumbu  $y$ . Bila di gambarkan dalam bidang  $xy$  dapat digambarkan sebagai berikut.

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I



Gambar B.1. Representasi Bidang Kompleks

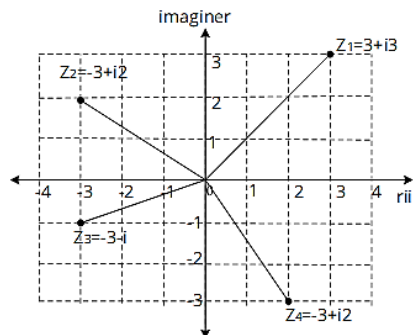
### Kasus B.1.

Gambarkan bilangan kompleks berikut dalam bidang kompleks ( $z$ ),

$$z_1 = 3 + i3, z_2 = 3 - i2, z_3 = -3 - i, \text{ dan } z_4 = 2 - i3,$$

### Penyelesaian

Gambar yang dihasilkan dari bilangan kompleks tersebut dalam bidang kompleks dapat diperlihatkan pada Gambar B.2. Bidang Kompleks dari Kasus B.1.



Gambar B.2. Bidang Kompleks untuk Kasus B.1.



## **B.2. Aritmatika Bilangan Kompleks**

Operasi bilangan kompleks memiliki operasi sama dengan bilangan desimal seperti operasi penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian.

Operasi dari dua buah atau lebih bilangan kompleks dapat di lihat pada metode penjumlahan seperti berikut: bila  $z_1 = 3 + i4$ , dan  $z_2 = 2 - i8$

### **1. Penjumlahan**

Dalam operasi penjumlahan bilangan kompleks, penjumlahan dilakukan dengan mengelompokkan bagian riil dan bagian imajinerinya lalu dijumlahkan masing-masing.

$$z_1 = x_1 + iy_1, \text{ dan } z_2 = x_2 - iy_2$$

$$z_1 + z_2 = (x_1 + x_2) + i(y_1 + y_2) \dots\dots\dots (B.2)$$

### **Kasus B2.1**

Dapatkan penjumlahan dari bilangan kompleks berikut:

$$3 + 4i \text{ dan } 2 - 8i$$

### **Penyelesaian**

$$= (3 + 4i) + (2 - 8i)$$

$$= (3 + 2) + (4i - 8i)$$

$$= 5 + (-4i)$$

$$= 5 - 4i$$

### **2. Pengurangan**

Sama dengan operasi penjumlahan, pada operasi pengurangan bilangan kompleks dilakukan dengan

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

mengelompokkan bagian riil dan imajinerinya kemudian dilakukan pengurangan pada masing-masing bagian.

$$z_1 = x_1 + iy_1, \text{ dan } z_2 = x_2 - iy_2$$

$$z_1 - z_2 = (x_1 - x_2) + i(y_1 - y_2) \dots\dots\dots (B.3)$$

**Kasus B.2.3**

**Dapatkan pengurangan dari bilangan kompleks berikut:**

$6 + 3i$  oleh  $3 - 2i$ .

**Penyelesaian**

$$= (6 + 3i) - (3 - 2i)$$

$$= (6 - 3) + (3i - (-2i))$$

$$= 3 + 5i$$

**3. Perkalian**

Operasi perkalian pada bilangan kompleks didefinisikan sebagai berikut

$$\begin{aligned} z_1 z_2 &= (x_1, y_1)(x_2, y_2) \\ &= (x_1 x_2 - y_1 y_2, x_1 y_2 + y_1 x_2) \end{aligned}$$

Hasil operasi di atas dapat diperoleh dari

$$z_1 z_2 = (x_1 + iy_1)(x_2 + iy_2)$$

Dengan memanfaatkan sifat distributif, diperoleh)

$$z_1 z_2 = x_1 x_2 + ix_1 y_2 + iy_1 x_2 + i^2 y_1 y_2$$

Karena  $i^2 = -1$ ,

Maka didapatkan

$$\begin{aligned} z_1 z_2 &= x_1 x_2 + ix_1 y_2 + iy_1 x_2 + (-1)y_1 y_2 \\ &= x_1 x_2 - y_1 y_2 + ix_1 y_2 + iy_1 x_2 \\ &= (x_1 x_2 - y_1 y_2) + i(x_1 y_2 + y_1 x_2) \end{aligned}$$

$$= (x_1x_2 - y_1y_2, x_1y_2 + y_1x_2) \dots\dots\dots (B.4)$$

**Kasus B2.4**

Tentukan hasil dari

$$(2+3i)(1-2i).$$

**Penyelesaian**

$$\begin{aligned} (2 + 3i)(1 - 2i) &= 2 \cdot 1 - 2 \cdot 2i + 3i \cdot 1 - 3i \cdot 2 \\ &= 2 - 4i + 3i - 6i^2 \\ &= 2 - 4i + 3i - 6(-1) \\ &= 8 - i \end{aligned}$$

**4. Pembagian**

Operasi pembagian pada himpunan bilangan kompleks didefinisikan sebagai

$$\frac{z_1}{z_2} = z_1 z_2^{-1}$$

Dengan  $z_2^{-1}$  merupakan invers perkalian dari  $z_2$ .

Jika

$$z_1 = (x_1, y_1) = x_1 + iy_1 \text{ dan } z_2 = (x_2, y_2) = x_2 + iy_2, z_2 \neq 0,$$

maka

$$\begin{aligned} \frac{z_1}{z_2} &= z_1 z_2^{-1} \\ &= (x_1, y_1) \left( \frac{x_2}{x_2^2+y_2^2}, \frac{-y_2}{x_2^2+y_2^2} \right) \\ &= \left( x_1 \cdot \frac{x_2}{x_2^2+y_2^2} - y_1 \frac{-y_2}{x_2^2+y_2^2}, x_1 \cdot \frac{-y_2}{x_2^2+y_2^2} - y_1 \frac{x_2}{x_2^2+y_2^2} \right) \\ &= \left( \frac{x_1x_2+y_1y_2}{x_2^2+y_2^2}, \frac{y_1x_2-x_1y_2}{x_2^2+y_2^2} \right), \\ &= \frac{x_1x_2+y_1y_2}{x_2^2+y_2^2} + i \frac{y_1x_2-x_1y_2}{x_2^2+y_2^2} \dots\dots\dots (B.5) \end{aligned}$$

## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

### Kasus B2.5

Tentukan bentuk paling sederhana dari  $\frac{5i}{i-2}$ .

### Penyelesaian

Konjugat dari  $i-2$  adalah  $-i-2$ ,

Sehingga

$$\begin{aligned} & \frac{5i}{i-2} = \frac{5i}{i-2} \cdot \frac{-i-2}{-i-2} \\ & = \frac{-5i^2 - 10i}{-i^2 + (-2)(2)} \\ & = \frac{5-10i}{5} \\ & = 1 - 2i \end{aligned}$$

### B.3. Konjugat Bilangan Kompleks

Bila diketahui suatu bilangan kompleks,  $z = x + iy$  maka Konjugat bilangan kompleks dapat dilambangkan dengan  $z^* = x - iy$  tanda bintang adalah memberikan anda konjugat dari bilangan tersebut, sedangkan tanda minus dipasangkan sebagai lawan dari persamaan awal. Untuk lebih memahami perhatikan kasus berikut:

#### Kasus B.3.1

Bila diketahui sebuah bilangan kompleks  $z = 4 + i3$  Dapatkan konjugat bilangan tersebut dan gambarkan pada bidang s.

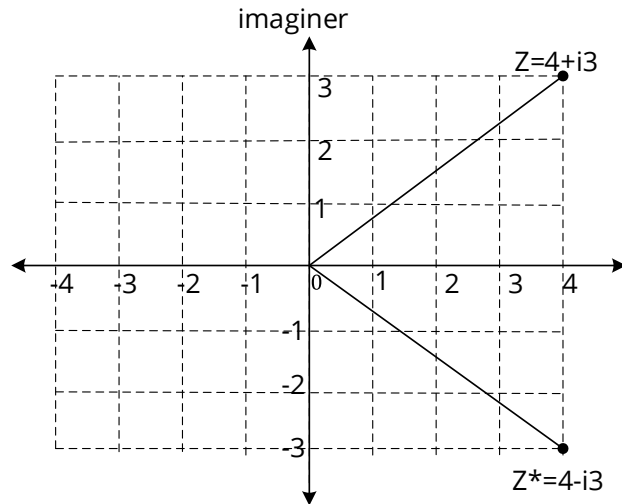
Penyelesaian.

$$z = 4 + i3$$

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

Konjugat bilangan kompleks tersebut sebagai berikut.

Gambar dari bilangan tersebut seperti dapat diperlihatkan pada gambar berikut:



Gambar B.3. Bidang kompleks untuk Kasus B.3.1.

**B.4. Bentuk Bilangan Kompleks**

Selain bentuk bilangan kompleks, adalah bentuk kutub dan eksponensial. Jika sama dengan bilangan kompleks  $z = 4 + i3$ , maka dalam bentuk:

Polar,  $z = r \angle \theta$  ..... (B.6)

Eksponensial,  $z = re^{i\theta}$  ..... (B.7)

Dalam koordinat kutub dapat didefinisikan sebagai berikut.

$\theta, \theta,$  ..... (B.8)

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

dan

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \dots\dots\dots (B.9)$$

$$\theta = \arctan \frac{y}{x} \dots\dots\dots (B.10)$$

Konjugat dari bilangan kompleks dalam bentuk kutub dan eksponensial dapat ditulis sebagai berikut.

Kutub:  $z = r \angle \theta$ , Konjugatnya  $z^* = r \angle -\theta$  ..... (B.11)

Eksponensial,  $z = r e^{-i\theta}$ , Konjugat  $z^* = r e^{-i\theta}$ , ..... (B.12)

**Kasus B.3.1.**

Diketahui sebuah bilangan kompleks  $z = 4 + i6$ . Dapatkan bilangan tersebut dalam koordinat kutub, eksponen dan konjugat.

**Penyelesaian**

$$z = 4 + i6$$

$$r = \sqrt{4^2 + 6^2} = 7,21$$

$$\theta = \arctan \frac{6}{4} = 56,31^\circ$$

Bilangan dalam bentuk koordinat kutub, eksponensial, dan konjugat didapat sebagai berikut.

Kutub :  $z = 7,21 \angle 56,31^\circ$ , konjugatnya:  $z^* = 7,21 \angle -56,31^\circ$ ,

Eksponensial :  $z = 7,21 e^{j56,31}$ , Konjugatnya  $z^* = 7,21 e^{-j56,31}$ ,

**B.5. Perkalian dan Pembagian pada Koordinat Kutub dan Eksponensial**

Bilangan dalam bentuk koordinat Kutub  $z_1 = r_1 \angle \theta_1$  dan  $z_2 = r_2 \angle \theta_2$  bila dilakukan operasi aritmatika seperti perkalian dan pembagian dapat dilakukan sebagai berikut.

a. Perkalian

$$z_1 z_2 = (r_1 \angle \theta_1)(r_2 \angle \theta_2) = r_1 r_2 \angle (\theta_1 + \theta_2) \dots\dots\dots (B.13)$$

b. Pembagian

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{r_1 \angle \theta_1}{r_2 \angle \theta_2} = \frac{r_1}{r_2} (\theta_1 - \theta_2) \dots\dots\dots (B.14)$$

Sedangkan bila dua buah bilangan kompleks dalam bentuk eksponensial dengan  $z_1 = r_1 e^{-i\theta_1}$ , dan  $z_2 = r_2 e^{-i\theta_2}$ , maka bentuk perkalian dan pembagian dapat dikalikan sebagai berikut.

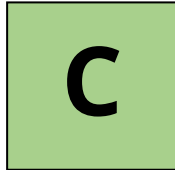
a. Perkalian

$$z_1 z_2 = (r_1 e^{-i\theta_1})(r_2 e^{-i\theta_2}) = r_1 r_2 \angle e^{-i(\theta_1 + \theta_2)} \dots\dots\dots (B.15)$$

b. Pembagian

$$\frac{z_1}{z_2} = \frac{r_1 e^{-i\theta_1}}{r_2 e^{-i\theta_2}} = \frac{r_1}{r_2} \angle e^{-i(\theta_1 - \theta_2)} \dots\dots\dots (B.16)$$

**LAMPIRAN**



### **TRANSFORMASI LAPLACE**

Penyelesaian transformasi laplace dasar dengan daerah konvergensi (perhatikan daerah konvergensi) dalam bentuk tabel seperti berikut:

Tabel C.1. Transformasi Laplace Dasar

<b>No</b>	<b>Fungsi waktu <math>f(t)</math></b>	<b>Transformasi Laplace <math>[Lf(t)] = F(s)</math></b>
1		
2	$u(t)$ : unit step	$\frac{1}{s}, s > 0$
3	$t$	$\frac{1}{s^2}, s > 0$
4		$\frac{n!}{s^{n+1}}, s > 0$
5	$p > -1$	$\frac{\tau(p+1)}{s^{p+1}}, s > 0$
6		$\frac{1}{(s-a)}, s > 0$
7	$\cos \omega t$	$\frac{s}{(s^2 + \omega^2)}, s > 0$
8	$\sin \omega t$	$\frac{\omega}{(s^2 + \omega^2)}, s > 0$



**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

No	Fungsi waktu $f(t)$	Transformasi Laplace $[Lf(t)] = F(s)$
9	$\sinh at$	$\frac{s}{(s^2 + \omega^2)}, s >  a $
10	$\cosh at$	$\frac{a}{(s^2 + a^2)}, s >  a $
11	$e^{-at} \cos \omega t$	$\frac{s+a}{(s+a)^2 + \omega^2}, s > 0$
12		$\frac{\omega}{(s+a)^2 + \omega^2}$
13	$\frac{e^{-at} - e^{-bt}}{b-a}$	$\frac{1}{(s+a)(s+b)}, s > 0$
14	$\frac{\omega}{\sqrt{(1-\zeta^2)}} e^{-\zeta\omega t} \sin[\omega\sqrt{(1-\zeta^2)}t]$	$\frac{\omega^2}{s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2}, s > 0$
15	$\frac{1}{T^n(n-1)!} t^{n-1} e^{-t/T}$	$\frac{1}{(1+sT)^n}, s > 0$
16	$1 - \cos \omega t$	$\frac{\omega^2}{s(s^2 + \omega^2)}, s > 0$
17	$1 - e^{-t/T}$	$\frac{1}{s(1+Ts)}, s > 0$
18	$1 - \frac{t+T}{T} e^{-t/T}$	$\frac{1}{s(1+Ts)^2}, s > 0$
19	$\frac{\omega^2}{\sqrt{(1-\zeta^2)}} e^{-\zeta\omega t} \sin[\omega\sqrt{(1-\zeta^2)}t + \phi]$ dengan	$\frac{s\omega^2}{s^2 + 2\zeta\omega s + \omega^2}, s > 0$

**LAMPIRAN** **D**

**PENYELESAIAN MATRIKS PADA RANGKAIAN LISTRIK**

Dila diketahui tiga buah arus *mesh* seperti persamaan berikut:

$$\begin{aligned} Z_{11} \cdot I_1 + Z_{12} \cdot I_2 + Z_{13} \cdot I_3 &= V_1 \\ Z_{21} \cdot I_1 + Z_{22} \cdot I_2 + Z_{23} \cdot I_3 &= V_2 \dots\dots\dots (D.1) \\ Z_{31} \cdot I_1 + Z_{32} \cdot I_2 + Z_{33} \cdot I_3 &= V_3 \end{aligned}$$

Bentuk di atas dapat di ubah menjadi bentuk matriks seperti berikut:

$$[Z_{11} \ Z_{12} \ Z_{13} \ Z_{21} \ Z_{22} \ Z_{23} \ Z_{31} \ Z_{32} \ Z_{33}] [I_1 \ I_2 \ I_3] = [V_1 \ V_2 \ V_3] \dots\dots\dots (D.2)$$

Atau dalam bentuk ringkas dapat di tulis:

$$[Z][I] = [V] \dots\dots\dots (D.3)$$

Arus dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut.

$$I_1 = \frac{[V_1 \ Z_{12} \ Z_{13} \ V_2 \ Z_{22} \ Z_{23} \ V_3 \ Z_{32} \ Z_{33}]}{\Delta_z} \dots\dots\dots (D.4)$$

$$I_2 = \frac{[Z_{11} \ V_1 \ Z_{13} \ Z_{21} \ V_2 \ Z_{23} \ Z_{31} \ V_3 \ Z_{33}]}{\Delta_z} \dots\dots\dots (D.5)$$

$$I_3 = \frac{[Z_{11} \ Z_{12} \ V_1 \ Z_{21} \ Z_{22} \ V_2 \ Z_{31} \ Z_{32} \ V_3]}{\Delta_z} \dots\dots\dots (D.6)$$

Dengan  $\Delta_z$  adalah determinan dari matriks impedansi tersebut yang dapat ditulis Kembali menjadi:

$$\Delta_z = [Z_{11} \ Z_{12} \ Z_{13} \ Z_{21} \ Z_{22} \ Z_{23} \ Z_{31} \ Z_{32} \ Z_{33}] \dots\dots\dots (D.7)$$

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I**

Dengan menggunakan cara Minor dan cofactor matriks sebagai berikut.

$$I_1 = \frac{V_1}{Z_{\text{trans } 11}} \dots \dots \dots (D.8)$$

$$I_2 = \frac{V_{12}}{Z_{\text{trans } 12}} \dots \dots \dots (D.9)$$

$$I_3 = \frac{V_3}{Z_{\text{trans } 13}} \dots \dots \dots (D.10)$$

Dengan

$$Z_{\text{trans } 11} = \frac{\Delta_z}{\Delta_{11}} \dots \dots \dots (D.11)$$

$$Z_{\text{trans } 12} = \frac{\Delta_z}{\Delta_{12}} \dots \dots \dots (D.12)$$

$$Z_{\text{trans } 13} = \frac{\Delta_z}{\Delta_{13}} \dots \dots \dots (D.13)$$

Di mana

$\Delta_{11} = (-1)^{i+j} [Z_{22} \ Z_{23} \ Z_{32} \ Z_{33}]$ , menyatakan bahwa baris ke i pada  $i=1$  dan kolom ke j pada  $j=1$ , sehingga didapatkan sebagai berikut.

$\Delta_{11} = (-1)^2 [Z_{22} \ Z_{23} \ Z_{32} \ Z_{33}]$ , Sehingga  $\Delta_{11}$  merupakan determinan minor matriks dari impedansi dari elemen  $Z_{11}$  atau  $[Z_{11}]$ .

$\Delta_{12} = (-1)^{i+j} [Z_{21} \ Z_{23} \ Z_{31} \ Z_{33}]$ , menyatakan bahwa baris ke i pada  $i=1$  dan kolom ke j pada  $j=2$ , sehingga didapatkan sebagai berikut.

$\Delta_{11} = (-1)^3 [Z_{21} \ Z_{23} \ Z_{31} \ Z_{33}]$ , Sehingga  $\Delta_{11}$  merupakan determinan minor matriks dari

### Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

impedansi dari elemen  $Z_{12}$  atau  $[Z_{12}]$ .

$\Delta_{12} = (-1)^{i+j} [Z_{21} Z_{23} Z_{31} Z_{33}]$ , menyatakan bahwa baris ke  $i$  pada  $i=1$  dan kolom ke  $j$  pada  $j=3$ , sehingga didapatkan sebagai berikut.

$\Delta_{11} = (-1)^4 [Z_{21} Z_{22} Z_{31} Z_{32}]$ , Sehingga  $\Delta_{11}$  merupakan determinan minor matriks dari impedansi dari elemen  $Z_{13}$  atau  $[Z_{13}]$ .

---

## **DAFTAR PUSTAKA**

---

- Brian Hahn dan Daniel T. Valentine, "*Essential MATLAB for engineer and scientists*", Elsevier, 2007.
- Cekamas Cekdin dan Taufik Barlian "Rangkaian Listrik, Penerbit Andi Yogyakarta, Edisi 1., ISBN 978-979-29-3513-4, Yogyakarta, 2013.
- Charles K. Alexander and Matthew N. O. Sadiku" *Fundamentals of Clifford W. Ashley. The Ashley Book of Knots*. Doubleday, New York. ISBN 0-385-04025-3.
- Electric Circuits*" Published by McGraw-Hill Education, 2 Penn Plaza, New York, NY 10121. Copyright © 2017 by McGraw-Hill Education.
- Geoffrey Budworth (1999). *The Ultimate Encyclopedia of Knots & Ropework*. Annes Publishing Limited. ISBN 1-55267-986-1
- James W. Nilsson and Susan A. Riedel "*Instructor and Solution Manual for Electrical Circuit*" edition 10. publishing as Prentice Hall, One Lake Street, Upper Saddle River, New Jersey, 07458.
- James W. Nilsson and Susan A. Riedel" *ELECTRIC CIRCUITS* Copyright 2015, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall, One Lake Street, Upper Saddle River, New Jersey, 07458.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

Jhon Bird" *Electrical Circuit Theory and Technology*" Second Edition,  
Oxford, 2003

Steven T. Karris" *Circuit Analysis II with MATLAB® Applications*"  
Orchard Publications. All rights reserved. Canada, 2003.

William H.H, dan Jack E. K,"*Engineering Circuit Analysis*",Third  
Edition, McGraw-Hill,1978.

---

## **RIWAYAT HIDUP PENULIS**

---



**Dr. Ir. I Ketut Wiryajati, S.T., M.T., IPU.,  
ASEAN Eng.**

(kjatiwiry@unram.ac.id, +6282236260303)

Lahir di Desa Penyaringan pada April 1966. Pendidikan formal Pendidikan SD, SMP dan SMAN semua ditempuh di kota Kelahirannya Negara, Kuliah S-1 (UNUD 1994) Teknik Elektro, S-2 (ITS 2003) Teknik Elektro, S-3 (UNUD 2020) Teknik Elektro, Pendidikan Profesi Ir. (UNUD 2018), saat ini ia sebagai Insinyur Profesional Utama pada PII, ia juga telah teregistrasi sebagai ASEAN Engineer. Selain Aktif sebagai konsultan pada bidang MEP dan Komputer Dr. Wiryajati juga aktif sebagai Tenaga Ahli Elektronika Bandara, Tenaga Ahli Mekanikal dan Elektrikal di perusahaan swasta nasional, juga tersertifikasi sebagai Hipnoteraphis, CH., CHt., CTM. Keaktifan dalam mengajar sebagai dosen tetap pada Teknik Elektro Universitas Mataram, NTB, Indonesia. Selain aktif berorganisasi ia juga aktif menulis buku referensi dan ia sudah menerbitkan Jurnal Nasional maupun Internasional, ketertarikan riset adalah pada bidang Konversi Daya, Pengembangan Energi terbarukan (Renewable Energy), Power Electronics and Drives, Motor-motor listrik dan member IET sejak 2014 IEEE, 2018. Sampai sekarang.

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**



**Dr. I Nyoman Wahyu Satiawan, S.T., M.Sc.**

Lahir di Singaraja-Bali pada September 1970. Pendidikan Strata-1 (S-1) di Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana diselesaikan Tahun 1996. Pendidikan lanjut Strata-2 (Master Degree) dan Strata-3 (Doctorate Degree) di Liverpool John Moores University diselesaikan pada Tahun 2000 dan 2013. Aktif sebagai dosen di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram sejak Tahun 1998. Dr. Satiawan, saat ini adalah Ketua Laboratorium Teknik Kendali Jurusan Teknik Elektro Universitas Mataram dan Ketua Kelompok Penelitian Power Electronics and Drives Fakultas Teknik, Universitas Mataram sejak Tahun 2013. Bidang riset yang ditekuni adalah di bidang Konversi Daya untuk pegebangan Energi terbarukan (Renewable Energy). Dalam 10 tahun terakhir Dr. Satiawan telah menghasilkan dan puluhan jurnal baik Nasional maupun Internasional dan juga prosiding konferensi Internasional. Ia juga suda menghasilkan buku berjudul Teknik Modulasi Inverter Jembatan-H (Unram Press) dan member IEEE sejak tahun 2017.



**I Made Ari Nrartha, S.T., M.T.**

lahir di Denpasar, Bali Indonesia, pada April 1973. Pendidikan formal ditempuh dari Pendidikan Dasar hingga Pendidikan Menengah ditempuh di kota kelahiran Denpasar, Bali. Made Ari Nrartha memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro (S.T.) dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember,



## Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan Matlab Dan Simulink I

Surabaya, Indonesia, pada tahun 1997 dan memperoleh gelar Magister Teknik (MT) dari Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia, pada tahun 2001. Sejak 1999 sampai sekarang, I Made Ari Nrartha, S.T., M.T. selain sebagai kepala Lab bidang Power Sistem Tenaga Listrik ia juga aktif sebagai staf pengajar di Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia. Selain berorganisasi ia juga aktif menulis Buku dan Jurnal nasional maupun internasional fokus penelitiannya adalah Sistem Tenaga Listrik, Sumber Energi Terbarukan, Smart Metering, dan Smart Grid.



**Ni Made Seniari, ST., MT.** Lahir di Desa Ringgede, Penebel, Tabanan, Bali pada tanggal 20 Maret 1970. Pendidikan Strata-1 (S-1) di Jurusan Teknik Elektro Universitas Udayana selesai tahun 1996, dan S-2 di Institut Teknologi Bandung (ITB) selesai tahun

2003. Dari tahun 1997 sampai saat ini bertugas sebagai dosen di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram. Pengajaran yang dilakukan adalah Rangkaian Listrik 1,2, Elektromagnetik, Pengukuran Besaran Listrik dan Ilmu Bahan Listrik. Riset yang dilakukan berkaitan dengan Medan Listrik, Medan Magnet dan tegangan Induksi akibat sambaran petir dan riset bahan isolasi cair. Sedangkan pengabdian Masyarakat (PKM) berkaitan dengan dampak dan analisis pemasangan sistem proteksi petir, memberi pelatihan pemasangan instalasi listrik, dan mengajak siswa SMP maupun SD belajar merangkai listrik.

---

## INDEKS

---

### **A**

Admitansixii, xxi, 226, 227, 228, 232, 233	192, 193, 194, 197, 198, 199, 200, 202, 204, 205, 206, 207, 209, 210, 211, 214, 216, 217, 220, 221, 222, 225, 226, 227, 228, 230, 232, 233, 236, 239, 240, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 254, 255, 257, 258, 261, 262, 264, 266, 267, 269, 271, 272, 274, 277, 281, 283, 285, 287, 289, 291, 293, 294, 297, 302, 303, 306, 311, 312, 329, 345
Angka .....ix, 10	Arus listrikk, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 61, 63, 65, 68, 70, 242, 252, 267, 269
Arusx, xi, xiii, xvi, xvii, xviii, xix, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 89, 91, 92, 93, 94, 95, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 156, 163, 164, 167, 168, 169, 170, 171, 174, 175, 176, 177, 178, 180, 181, 187, 188, 190,	<i>Arus mesh</i> .....345
	<b>C</b>
	Commandix, 3, 4, 5, 6, 9, 11, 27
	<b>D</b>
	Dayav, vii, x, xii, xxii, xxiii, xxiv, 50, 58, 61, 62, 63, 64, 114,

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

241, 242, 243, 244, 245, 246,	Daya reaktifxii, 242, 250, 251,
247, 248, 249, 250, 251, 252,	252, 253, 273, 275, 288, 314,
253, 254, 255, 256, 258, 259,	321, 325, 329, 331
260, 261, 262, 263, 265, 266,	Daya semu .....xii, 252
267, 269, 270, 271, 272, 273,	Daya sesaatxii, xxii, xxiii, xxiv,
275, 276, 277, 278, 279, 281,	114, 242, 246, 247, 248, 249,
282, 283, 284, 285, 286, 287,	250, 258, 260, 266, 267, 271,
288, 290, 291, 292, 293, 294,	273, 277, 279, 287, 294, 296,
295, 296, 297, 298, 299, 300,	303, 304, 312, 313, 329
301, 303, 304, 305, 306, 307,	
308, 309, 310, 311, 312, 313,	<b>E</b>
314, 315, 316, 317, 318, 319,	Editor .....ix, xiv, 3, 4, 5
320, 321, 322, 323, 324, 325,	Efektifxi, 155, 156, 158, 160,
326, 327, 328, 329, 330, 331,	162, 163, 164, 165, 168, 170,
350, 351	171, 172, 173, 175, 178, 181,
Daya aktifxii, 242, 250, 251,	184, 185, 186, 187, 226, 242
252, 253, 261, 269, 279, 281,	Elemenxi, xiii, xvi, xvii, xviii, 17,
283, 290, 297, 306, 320, 325,	41, 58, 59, 60, 65, 66, 75, 78,
329, 330, 331	79, 80, 84, 87, 99, 100, 101,
Daya kompleksxii, xxiv, 242,	102, 104, 106, 108, 110, 116,
250, 252, 253, 254, 261, 269,	117, 119, 120, 121, 122, 125,
273, 275, 281, 290, 297, 306,	132, 133, 134, 136, 137, 139,
321, 322, 325, 326, 329, 330	140, 141, 144, 152, 153, 154,
Daya listrikxii, 61, 62, 63, 64,	187, 190, 191, 205, 206, 207,
241, 242	215, 238, 242, 243, 244, 245,
Daya rata-rataxii, 246, 247,	246, 346, 347
248, 249, 250, 255, 262, 270,	
276, 283, 329	

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

<b>F</b>	301, 302, 303, 310, 311, 312, 318, 324, 328
Fasorxi, xiii, xix, xx, xxi, xxii, xxiii, xxiv, 112, 113, 114, 128, 133, 155, 158, 160, 162, 165, 166, 167, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 188, 193, 194, 195, 198, 199, 200, 202, 203, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 215, 218, 219, 220, 223, 224, 228, 229, 231, 234, 235, 237, 244, 245, 246, 248, 250, 254, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 270, 271, 272, 273, 276, 277, 278, 279, 284, 285, 286, 287, 292, 293, 294, 295, 300, 301, 302, 304, 309, 310, 311, 312, 313, 316, 317, 318, 323, 327	Fourier..... vii
Figureix, 6, 28, 46, 47, 114, 194, 198, 199, 202, 204, 208, 209, 212, 214, 218, 220, 223, 225, 229, 230, 235, 236, 249, 256, 257, 258, 263, 264, 265, 271, 276, 277, 285, 286, 293, 294,	Fungsiix, x, xiii, xv, xvii, 1, 2, 3, 5, 9, 12, 13, 14, 15, 17, 27, 34, 36, 37, 38, 39, 46, 47, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 112, 113, 114, 117, 118, 126, 130, 134, 138, 142, 146, 150, 156, 157, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 175, 178, 181, 187, 188, 194, 199, 204, 209, 214, 220, 224, 230, 236, 246, 247, 248, 258, 265, 271, 277, 286, 294, 303, 312
<b>G</b>	
Gambarix, xiii, xiv, xv, xvi, xvii, xviii, xix, xx, xxi, xxii, xxiii, xxiv, 3, 4, 5, 6, 7, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 45, 46, 47, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 90, 91,	

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

92, 93, 94, 95, 97, 98, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 109, 110, 111, 115, 118, 119, 120, 121, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 166, 167, 171, 172, 174, 175, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 195, 196, 197, 199, 200, 201, 203, 204, 205, 206, 207, 209, 210, 211, 214, 215, 216, 217, 220, 221, 222, 224, 225, 226, 227, 228, 231, 232, 233, 237, 238, 239, 240, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 250, 252, 253, 254, 259, 260, 261, 265, 266, 267, 268, 269, 272, 273, 274, 275, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 295, 296, 297, 298, 303, 304, 305, 306, 307, 311, 313, 315, 319, 320, 321, 324, 326, 328, 329, 330, 335, 340	Gelombangxi, xvii, xviii, xix, xx, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 114, 115, 116, 119, 124, 127, 131, 132, 135, 136, 139, 143, 147, 151, 155, 156, 157, 159, 161, 163, 164, 165, 166, 167, 184, 185, 186, 187, 193, 194, 195, 199, 204, 209, 214, 220, 224, 225, 226, 230, 236, 246, 247, 249, 251, 255, 258, 262, 266, 270, 272, 275, 277, 283, 287, 291, 294, 299, 303, 308, 312 Grafikx, xiv, 1, 3, 6, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 44, 45, 46, 47, 113, 118, 123, 126, 130, 134, 138, 142, 146, 150, 156, 194, 198, 202, 208, 212, 218, 223, 229, 235, 251, 256, 257, 258, 263, 264, 265, 271, 276, 277, 285, 286, 293, 294, 301, 302, 303, 310, 311, 312, 318, 324, 327 <b>H</b> Harga rata-rataxi, 156, 157, 159, 161, 184, 185, 186, 187, 247
---	--

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

<b>I</b>	95, 100, 106, 110, 111, 113,
Induktansi bersama.....	54 116, 120, 124, 127, 128, 132,
Induktansi sendiri .....	54 136, 140, 144, 148, 152, 156,
Internasionalx, xiii, 48, 49, 51,	163, 170, 190, 191, 192, 196,
54, 63, 350, 351, 352	200, 201, 205, 206, 207, 210,
	211, 215, 216, 217, 221, 222,
<b>J</b>	226, 227, 228, 232, 238, 239,
Jurnal.....	350, 351, 352 240, 241, 242, 247, 248, 250,
	251, 252, 261, 267, 268, 269,
<b>K</b>	273, 274, 275, 279, 280, 288,
Karakter .....	ix, 7, 21 296, 298, 305, 319, 348, 350,
Karakteristik .....	ix, 1, 2 352
<b>L</b>	
Latihanvii, x, xi, xii, xvii, xix, xx,	
xxii, xxiv, 40, 93, 94, 152,	
153, 154, 184, 185, 186, 187,	
188, 189, 238, 239, 240, 329,	
330	
Lingkungan.....	ix, 1, 3
Lintasanx, xvi, 64, 65, 66, 70,	
71, 82, 90	
Listriki, iii, v, vii, viii, ix, x, xii, xv,	
xvi, xvii, xviii, xix, xx, xxi, xxii,	
xxiii, 31, 49, 50, 51, 52, 53,	
54, 55, 57, 58, 61, 62, 63, 64,	
65, 68, 70, 75, 76, 85, 93, 94,	
	<b>M</b>
	MATLABi, iii, iv, v, vii, ix, x, xiii,
	xiv, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10,
	11, 12, 14, 15, 17, 22, 23, 24,
	25, 26, 27, 28, 29, 36, 58, 62,
	64, 70, 74, 87, 106, 108, 112,
	113, 117, 122, 125, 129, 133,
	137, 141, 145, 149, 158, 159,
	160, 161, 162, 164, 165, 172,
	173,175, 177, 178, 180, 181,
	192, 193, 197, 201, 207, 211,
	217, 222, 228, 233, 248, 255,
	262, 269, 275, 283, 291, 298,
	307, 316, 322, 326, 348, 349

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

<b>O</b>	191, 192, 193, 195, 197, 199,
Operasiix, x, xiii, 2, 10, 11, 17,	201, 204, 207, 211, 215, 217,
36, 336, 337, 338, 342	222, 228, 233, 248, 255, 260,
	262, 269, 275, 283, 291, 298,
<b>R</b>	307, 316, 322, 326, 330
Rangkaian campuranxii, 190,	<b>S</b>
215	Satuanx, xiii, 48, 49, 50, 51, 53,
Rangkaian listriki, v, vii, viii, ix,	54, 55, 57, 61, 63, 96, 97,
x, xii, xv, xvi, xvii, xviii, xix, xx,	226, 241, 251, 252, 320, 334
xxi, xxii, xxiii, 1, 31, 48, 51,	Simpulx, xvi, xvii, 64, 65, 66, 67,
57, 58, 61, 75, 76, 85, 93, 94,	68, 71, 80, 82, 83, 84, 88, 89,
100, 106, 110, 111, 113, 116,	90, 91, 92, 94
120, 124, 127, 128, 132, 136,	Sinusoidalvii, xi, xii, xiii, xvii,
140, 144, 148, 152, 156, 170,	xviii, xix, xx, xxi, 58, 62, 64,
190, 191, 192, 196, 200, 205,	70, 74, 95, 97, 98, 99, 100,
206, 210, 211, 216, 217, 222,	101, 102, 103, 104, 106, 107,
227, 232, 238, 239, 240, 241,	108, 109, 112, 113, 117, 122,
242, 247, 248, 261, 268, 273,	125, 129, 133, 137, 141, 145,
274, 275, 279, 280, 288, 296,	149, 157, 158, 159, 164, 166,
298, 305, 345, 348, 352	167, 175, 178, 181, 200, 204,
Rangkaian paralelxi, 133, 143,	206, 207, 210, 214, 221, 225,
145, 147, 149, 153, 205, 209,	226, 231, 243, 247
214, 220, 225, 230, 236, 283,	Sumberiv, v, vii, x, xi, xii, xvi,
288, 291, 329	58, 59, 60, 61, 62, 64, 66, 70,
Rangkaian serixi, xviii, 104,	72, 74, 75, 85, 86, 95, 106,
105, 110, 111, 117, 152, 153,	108, 112, 113, 117, 122, 125,
174, 175, 177, 187, 188, 190,	126, 129, 133, 134, 137, 138,

**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

141, 142, 145, 146, 149, 150,	67, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76,
163, 190, 192, 193, 194, 199,	77, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 86,
200, 202, 204, 205, 207, 209,	88, 89, 90, 91, 92, 94, 95, 99,
214, 215, 216, 220, 230, 232,	100, 101, 102, 103, 104, 105,
233, 236, 241, 243, 251, 268,	106, 107, 108, 109, 110, 111,
270, 275, 283, 291, 296, 298,	112, 113, 114, 115, 116, 117,
305, 307, 329, 330, 331, 352	118, 119, 120, 121, 122, 123,
Sumber arusx, xvi, 58, 59, 60,	124, 125, 126, 127, 128, 129,
61, 66, 85, 86, 163	130, 131, 132, 133, 134, 135,
Sumber teganganx, xi, xvi, 58,	136, 137, 138, 139, 141, 142,
59, 60, 61, 62, 64, 70, 72, 74,	143, 144, 145, 146, 147, 149,
75, 85, 95, 106, 108, 112,	150, 151, 152, 153, 154, 155,
113, 117, 122, 125, 129, 133,	156, 157, 159, 161, 163, 164,
137, 141, 145, 149, 190, 200,	165, 167, 169, 170, 171, 174,
202, 205, 207, 251	175, 176, 177, 178, 187, 188,
<b>T</b>	190, 191, 192, 193, 194, 196,
	197, 198, 199, 200, 201, 202,
Tabelix, xiii, 11, 12, 13, 14, 17,	204, 205, 207, 209, 214, 215,
22, 37, 49, 50, 51, 99, 100,	216, 220, 226, 230, 232, 233,
106, 108, 169, 170, 343	236, 238, 240, 241, 242, 243,
Tahananx, xi, xv, xvii, 50, 52,	244, 245, 246, 247, 248, 249,
53, 56, 57, 58, 62, 65, 66, 72,	250, 251, 252, 254, 255, 257,
74, 101, 102, 103, 104, 110,	258, 260, 262, 264, 266, 268,
111, 113, 200, 201, 243	270, 271, 272, 274, 275, 277,
Tahanan murni ...xvii, 101, 102	281, 283, 285, 287, 289, 291,
Teganganx, xi, xiii, xvi, xvii,	293, 294, 296, 298, 302, 303,
xviii, xix, xxiii, 31, 32, 55, 57,	305, 307, 311, 312, 329, 330,
58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65,	331, 352



**Teori Dan Teknik Penyelesaian Kasus Rangkaian Listrik Dengan  
Matlab Dan Simulink I**

Tegangan simpul.....65

**W**

Windows ..ix, xiv, 3, 4, 5, 6, 7, 9

Rangkaian listrik pada bidang teknik elektro merupakan pengetahuan yang paling dasar yang wajib dimiliki oleh setiap mahasiswa, praktisi, para insinyur, peneliti yang berminat pada bidang teknik elektro. Buku ini dirancang agar mudah dipahami oleh para insinyur, peneliti, akademisi, praktisi, mahasiswa sarjana, pascasarjana, diploma, bahkan para siswa umum yang tertarik dengan keilmuan teknik, yang dapat digunakan sebagai bahan referensi maupun bahan ajar pada bidang teknik elektro maupun industri. Dengan membaca, mengikuti dan menjalankan *script*-nya secara langsung, pembaca akan lebih cepat dapat memahami isi dari buku ini. Selain teori dan latihan dengan jawaban buku ini memanda pemahaman dengan lebih terarah. Buku ini menyajikan *script* sangat terinci sehingga sangat mudah untuk diikuti oleh pembaca. Buku ini merupakan hasil pembelajaran secara bertahap dan berkelanjutan bagi mahasiswa teknik pada universitas.

Buku ini mengoptimalkan programnya dengan perseganaran yang umum dan secara komprehensif tentang konsep, teori dan aplikasi dengan diikuti dengan *script* dan penggambaran dengan perangkat lunak. Uraian dengan cara menghitung kasus tiap kasus selanjutnya menjabarkan *script* dan membandingkan dengan hasil manual, sehingga mudah dipahami oleh pembaca. Buku ini menyajikan pada bab demi bab meliputi: Pengenalan MATLAB dan Simulink pada Rangkaian Listrik, Pengetahuan Umum tentang Rangkaian Listrik, Sumber Tegangan dan Arus Sinusoidal, Nilai Rata-Rata Efektif dan Fase, Rangkaian Seri, Paralel dan Campuran, Daya pada Rangkaian Listrik, Metode Arus Mesh dan Tegangan Simpul, Teorema Jaringan, Rangkaian Kopling Magnetik, Rangkaian Tiga Fase Sinetri, dan Transformasi Fourier pada Rangkaian Listrik. Penjelasan yang mendalam dan detail disajikan pada lampiran sebagai bahan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam.

Penerbit: Elex Media Komputindo (CV ELUXI STAMA)  
Jl. Pahlawan Revolusi 11, Yogyakarta 55271  
Telp/Fax : (0274) 404040  
Anggota IKAPI (IDN-01-00012)

• info@elexmedia.com  
• Penerbit Elexmedia  
• ElexMedia, Yogyakarta  
• [www.elexmedia.com](http://www.elexmedia.com)



Kategori : Teknik Elektro

ISBN 978-602-71401-1-1

