

September
2014

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO



universitas
MALIKUSSALEH

**BAHAN
AJAR**

ASRAN, ST., MT

Rangkaian Listrik I

FAKULTAS TEKNIK

Universitas Malikussaleh

Jurusan Teknik Kimia
Jurusan Teknik Industri
Jurusan Teknik Mesin
Jurusan Teknik Elektro
Jurusan Teknik Slipil
Prodi Teknik Informatika
Prodi Teknik Arsitektur

BAHAN AJAR

RANGKAIAN

LISTRIK I

BAHAN AJAR

Diterbitkan oleh
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

Alamat
Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh
Jl. Cot Tengku Nie, Reuleut, Muara Batu,
Aceh Utara, Provinsi Aceh

BAHAN AJAR

(JURUSAN TEKNIK ELEKTRO)



universitas
MALIKUSSALEH

RANGKAIAN LISTRIK I

Disusun Oleh:
ASRAN, ST., MT

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
2014**



universitas
MALIKUSSALEH

BAHAN AJAR

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

TIM PENGELOLA BAHAN AJAR

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MALIKUSSALEH

PENASEHAT:

Ir. T. Hafli., MT
Dekan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh

PENANGGUNG JAWAB:

Herman Fithra, ST., MT
Pembantu Dekan I Bidang Akademik

Bustami, S.Si., M.Si
Pembantu Dekan II Bidang Keuangan

Edzwarsyah, ST., MT
Pembantu Dekan III Bidang Kemahasiswaan

Salwin, ST., MT
Pembantu Dekan IV Bidang Kerjasama dan Informasi

KETUA PENYUNTING:

M. Ikhwanus, ST., M. Eng
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Misbahul Jannah, ST., MT
Sekereترaris Jurusan Teknik Elektro

TATA USAHA DAN BENDAHARA:

Elizar, S. Sos
Kepala Tata Usaha

Ismail, ST
Bendahara

SAMBUTAN
KETUA JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MALIKUSSALEH

Dalam upaya peningkatan kualitas mutu pembelajaran sesuai dengan Tri Dharma Perguruan Tinggi, salah satunya adalah penyediaan bahan ajar Rangkaian Listrik I. Bahan ajar Rangkaian Listrik I ini dibuat sebagai pegangan untuk dosen pengampu dan mahasiswa dalam melaksanakan proses pembelajaran.

Bahan ajar Rangkaian Listrik I ini sangat penting sebagai salah satu referensi untuk kemudahan dalam proses belajar mengajar untuk mata kuliah pada Jurusan Teknik Elektro di Fakultas Teknik Unimal, Bahan ajar ini semoga dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Kepada sdr Asran, ST, MT yang telah membuat bahan ajar ini dan juga kepada semua pihak yang telah membantunya, kami ucapkan terimakasih.

Reuleut, 24 Agustus 2014
Ketua Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Unimal,

M. Ikhwanus, ST, M. Eng
Nip. 197109122003121001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas terselesaikannya bahan ajar kuliah Rangkaian Listrik I ini.

Bahan ajar kuliah ini dimaksudkan untuk membantu mahasiswa dalam memahami mata kuliah Rangkaian Listrik I, materi yang dibahas cenderung menambahkan latihan-latihan soal untuk menjadi bahan latihan mahasiswa.

Akhirnya penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu terselesaikannya bahan ajar ini.

Saran penulis dan kritikan untuk penyempurnaan dimasa mendatang.

Lhokseumawe, 23 Agustus 2014
Penulis

Asran, ST, MT
Nip. 197204152002121002

LAMPIRAN PENGESAHAN

1. a. Judul : Rangkaian Listrik I
- b. Jenis : Bahan Ajar
- c. Pada :
- d. Waktu : Juni 2014

2. Identitas Penulis
- e. Nama Lengkap dan Gelar : Asran, ST., MT
- f. NIP : 197204152002121002
- g. Golongan/Pangkat/ : Penata /IIIc
- h. Jabatan Akademik : Lektor
- i. Jurusan : Teknik Elektro
- j. Perguruan Tinggi : Universitas Malikussaleh Lhokseumawe
- k. Jumlah Penulis : 1 Orang

Disahkan Oleh :

Jurusan Teknik Elektro
Ketua,

Penulis

M. Ihkwanus, ST., M.Eng
Nip. 197109122003121001

Asran, ST., MT
Nip. 197204152002121002

This page is intentionally left Blank

DAFTAR ISI

Sambutan Ketua Jurusan Teknik Elektro	v
Kata Pengantar	vi
Lampiran Pengesahan	vii
Daftar Isi	ix
Silabus Mata Kuliah.....	xiii
Satuan Acara Pengajaran (Sap).....	xv
BAB 1. KONSEP RANGKAIAN LISTRIK	1
1.1 Diskripsi Singkat	1
1.2 Tujuan Instruksional Khusus	1
1.3 Penyajian	1
1.3.1. Definisi.....	1
1.3.2. Arus Listrik.....	2
1.3.3. Tegangan	4
1.3.4. Energi	5
1.3.5. Daya (P).....	6
1.3.6. Macam Besaran Listrik Dan Satuannya.....	6
1.4 Penutup.....	7
1.4.1. Bahan Diskusi Dan Tugas	7
1.5 Daftar Pustaka.....	11
BAB 2. ELEMEN RANGKAIAN LISTRIK.....	13
1.1 Diskripsi Singkat	13
1.2 Tujuan Instruksional Khusus	13
1.3 Penyajian	13
2.3.1. Elemen Aktif.....	13
2.3.2. Elemen Pasif	15
2.4. Elemen – Elemen Seri Dan Paralel	17
2.4.1. Resistor (R).....	17
2.4.1.1. Resistor Hubungan Seri	18
2.4.1.2.2. Resistor Hubungan Paralel.....	18
2.4.2. Kapasitor (C).....	23
2.4.2.1. Kapasitor Hubungan Seri	25
2.4.2.2. Kapasitor Hubungan Paralel	26
2.4.3. Induktor (L).....	27
2.4.3.2. Induktor Hubungan Seri.....	28
2.4.3.2.2. Induktor Hubungan Paralel	29
2.6 Penutup.....	30
2.6.1.2. Bahan Diskusi Dan Tugas	30
2.7. Daftar Pustaka.....	32

BAB 3. HUKUM – HUKUM DASAR RANGKAIAN	33
3.1 Diskripsi Singkat	33
3.2 Tujuan Instruksional Khusus	33
3.3 Penyajian	33
3.3.1. Hukum Ohm.....	33
3.3.2. Hukum Kirchoff (Ttg Arus, $Kcl = \text{Kirchhoff Current Law}$).....	35
3.3.3. Hukum Kirchoff (Ttg Tegangan, $Kvl = \text{Kirchhoff Voltage Law}$).....	37
3.4 Rangkaian Seri	41
3.4.1. Prinsip Pembagian Tegangan Pada Rangkaian Seri.....	41
3.5 Rangkaian Paralel	44
3.5.1 Prinsip Pembagian Arus Pada Rangkaian Paralel.....	45
3.6 Penutup.....	46
3.6.1 Bahan Diskusi Dan Tugas	46
3.7 Daftar Pustaka.....	48
BAB 4. BILANGAN KOMPLEKS	49
4.1. Diskripsi Singkat	49
4.2. Tujuan Instruksional Khusus	49
4.3. Penyajian	49
4.3.1. Bilangan Kompleks	49
4.3.1.1. Bentuk Polar Kedalam Bentuk Rectangular	50
4.3.1.2. Bentuk Rectangular Kedalam Bentuk Polar	51
4.3.1.3. Penjumlahan Dua Buah Bilangan Kompleks	51
4.3.1.4. Pengurangan Dua Buah Bilangan Kompleks	51
4.3.1.5. Perkalian Dua Buah Bilangan Kompleks	51
4.3.1.6. Pembagian Dua Buah Bilangan Kompleks	52
4.4. Penutup.....	53
4.4.1. Bahan Diskusi Dan Tugas	53
4.5. Daftar Pustaka.....	54
BAB 5. IMPEDANSI KOMPLEKS	55
5.1. Diskripsi Singkat	55
5.2. Tujuan Instruksional Khusus	55
5.3. Penyajian	55
5.3.1. Rangkaian Seri Rl	55
5.3.2. Rangkaian Seri Rc	56
5.4. Penutup.....	58
5.4.1. Bahan Diskusi Dan Tugas	58
5.5. Rangkaian Seri Dan Paralel	61
5.5.1. Rangkaian Seri	61
5.5.2. Rangkaian Paralel	61
5.5.3. Admitansi (Y)	62
5.6. Daftar Pustaka.....	62

BAB 6. BENTUK GELOMBANG BOLAK – BOLIK	63
6.1. Diskripsi Singkat	63
6.2. Tujuan Instruksional Khusus	63
6.3. Penyajian	63
6.3.1. Bentuk Gelombang Bolak - Balik	63
6.3.2. Nilai Rata-Rata Dan Nilai Effektiv.....	65
6.3.3. Harga Rata-Rata Dan Harga Effektiv	66
6.3.4. Form Factor.....	67
6.4. Penutup.....	67
6.4.1. Bahan Diskusi Dan Tugas	67
6.5. Daftar Pustaka.....	70
BAB . TEGANGAN DAN ARUS SINUSOIDAL.....	71
7.1. Diskripsi Singkat	71
7.2. Tujuan Instruksional Khusus	71
7.3. Penyajian	71
7.3.1. Tegangan Dan Arus Sinusoidal	71
7.3.2. Respons Sinusoidal	73
7.3.2.1 Rl Seri	73
7.3.2.2. Rc Seri.....	74
7.3.2.3. Rlc Seri.....	75
7.3.2.4. Rlc Paralel	77
7.4. Penutup.....	79
7.4.2. Bahan Diskusi Dan Tugas	79
7.5 Daftar Pustaka :.....	82
BAB 8. METODE ANALISIS RANGKAIAN	83
8.1 Diskripsi Singkat	83
8.2 Tujuan Instruksional Khusus	83
8.3 Penyajian	83
8.3.1. Analisa Rangkaian Mesh	83
8.3.2. Analisa Rangkaian Dengan Metode Tegangan Node (Metode Simpul)	91
8.3.3 Metode Superposisi.....	98
8.3.4 Teorema Thevenin	104
8.3.5. Teorema Norton.....	109
8.5 Daftar Pustaka.....	114

This page is intentionallly left Blank

SILABUS MATA KULIAH

1. Identitas Perguruan Tinggi

- a. Perguruan Tinggi : Universitas Malikussaleh Lhokseumawe
- b. Fakultas : Teknik
- c. Jurusan : Teknik Elektro
- d. Program Studi : Teknik Elektro

2. Identitas Mata Kuliah

- a. Nama Mata Kuliah : Rangkaian Listrik I
- b. Kode Mata Kuliah : TEE 833
- c. Status Mata Kuliah : Wajib
- d. Sifat Mata Kuliah : Teori
- e. Pratikum : Ada
- f. Dosen Pengampu : Asran, ST., MT
- g. Semester : III
- h. Bobot SKS : 3 SKS
- i. Jumlah Pertemuan : 14 tatap muka + UTS dan UAS

3. Mata Kuliah Prasyarat

- 1). Dasar Teknik Elektro

4. Komponen Penilaian/Evaluasi

- a. Kehadiran Perkuliahan, min 75 %
- b. Tugas – Tugas parsial
- c. Take home/Quis
- d. UTS dan UAS

5. Kompetensi dan lingkup materi Perkuliahan

- a. Setelah mengikuti mata kuliah rangkaian listrik sebagaimana yang disyaratkan dalam ketentuan pelaksanaan kegiatan akademik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh, maka mahasiswa diharapkan :
 - ❖ Mahasiswa dapat memahami dasar rangkaian listrik, hukum-hukum dasar rangkaian listrik, menerapkan konsep/hukum-hukum dasar tersebut dalam analisis dan perhitungan rangkaian serta mampu membuktikan kebenaran teori dasar rangkaian listrik, analisis dan karakteristik rangkaian dengan benar.

6. Pokok – pokok materi Pembelajaran

- 1) Konsep dasar rangkaian
- 2) Elemen rangkaian listrik, Elemen seri dan paralel
- 3) Hukum – hukum rangkaian
- 4) Bilangan kompleks
- 5) Impedansi kompleks
- 6) Bentuk gelombang bolak –balik
- 7) Tegangan dan arus sinusoidal
- 8) Metode analisis rangkaian

7. Pendekatan Pembelajaran

Pelaksanaan pembelajaran dilakukan secara teoritis dan mahasiswa diharapkan sebelum memulai perkuliahan sudah mempelajari pokok bahasan sebelumnya. Pengajaran teoritis dilakukan secara klasikal/kelompok, dengan menggunakan pendekatan metoda ceramah, diskusi dan presentasi kelompok.

8. Media Pembelajaran

Media pembelajaran digunakan menurut sifat dan karakteristik materi perkuliahan yang diajarkan, meliputi penggunaan Laptop, proyektor, white board.

9. Sumber Pustaka/Referensi :

1. “Teori dan Soal- soal Rangkaian Listrik“ edisi kedua, Joseph A. Edminister, Ir. Sahat Pakpahan, Seri buku schum. 1984.
2. Muhammad Ramdhani “Rangkaian listrik” thn. 2008 Penerbit Erlangga.
3. William H. Hayt, Jr., Jack E. Kemmerly, Steven M. Durbin, 2005 “Rangkaian Listrik ”, edisi ke enam. Jilid 1 dan 2. Erlangga.
4. Joseph A. Edminister, 1983, “*Electric Circuit*”, Mc-graw-Hill.
5. Irwin, J.D., *Basic Engineering Circuit Analysis*, 5th Ed. Upper Saddle River : Prentice Hall International Inc., 1996.
6. Johnson, D.E. et.al., *Electric Circuits Analysis*, 3th Ed. Upper Saddle River, Prentice Hall International, Inc., 1997.
7. Mismail, Budiono, *Rangkaian Listrik Jilid Pertama*, Bandung, Penerbit ITB, 1995.
8. D. E Johnson, 1992, “*electric Circuit Analysis*”, Printice-Hall
9. Rj, Smitt, 1984, “*Circuit Device ad System*”, John Wiley & Son
10. W. Hayt, 1986, “*Engineering Circuit Analysis*”, Mc-Graw-Hall

SATUAN ACARA PENGAJARAN (SAP)

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik I
Kode Mata Kuliah : TEE 743
S K S : 3 (Tiga)
Waktu Pertemuan : 3 x 50 menit
Pertemuan : 1

A. Tujuan Pembelajaran Umum (TPU) : Memahami Konsep Rangkaian Listrik

B. Tujuan Pembelajaran Khusus (TPK) : Memahami dan menjelaskan mengenai Konsep Rangkaian listrik, definisi rangkaian listrik, tegangan, daya dan sistem satuan.

C. Pokok Bahasan : Konsep Rangkaian Listrik

D. Sub Pokok Bahasan : Definisi rangkaian listrik, Muatan dan arus listrik, tegangan, energi, daya, Sistem satuan

E. Kegiatan belajar Mengajar :

Tahap Kegiatan	Kegiatan Dosen	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran	Waktu (menit)	Referensi
Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan tata tertib perkuliahan 2. Menjelaskan cakupan materi kuliah dan referensi 3. Menjelaskan TPU dan TPK 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop, projector	3x50	Buku 1, 2,3
Penyajian	<p>Menjelaskan tentang konsep rangkaian listrik</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Definisi dari rangkaian listrik 2. Muatan dan Arus listrik 3. Tegangan 4. Energy, daya 5. Sistem satuan 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop, projector		
Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk bertanya 2. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menjawab pertanyaan (aktivitas mahasiswa) 3. Menjawab pertanyaan 4. Menjelaskan mengenai pertemuan akan datang 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop, projector		

SATUAN ACARA PERKULIAHAN

- Mata Kuliah : Rangkaian Listrik I
Kode Mata Kuliah : TEE 743
S K S : 3 (Tiga)
Waktu Pertemuan : 3 x 50 menit
Pertemuan : 2
- A. Tujuan Pembelajaran Umum (TPU) : Memahami elemen listrik aktif dan Pasif
- B. Tujuan Pembelajaran Khusus (TPK) : Memahami dan dapat menjelaskan mengenai elemen listrik , resistor seri dan paralel, kapasitor seri dan paralel Induktor seri dan paralel.
- C. Pokok Bahasan : Elemen rangkaian listrik
- D. Sub Pokok Bahasan : Elemen aktif dan Elemen pasif
Elemen elemen seri dan paralel,
- E. Kegiatan belajar Mengajar :

Tahap Kegiatan	Kegiatan Dosen	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran	Waktu (menit)	Referensi
Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan TPU dan TPK 2. Menjelaskan referensi 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop, projector	3x50	Buku 1, 2,3
Penyajian	<p>Menjelaskan tentang elemen rangkaian listrik</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Elemen aktif (sumber tegangan dan sumber arus) 4. Elemen pasif (resistor, kapasitor, induktor) 5. Resistor seri paralel, kapasitor seri paralel, induktor seri paralel 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop, projector		
Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 6. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk bertanya 7. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menjawab pertanyaan (aktivitas mahasiswa) 8. Menjawab pertanyaan 9. Menjelaskan mengenai pertemuan akan datang 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop, projector		

SATUAN ACARA PERKULIAHAN

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik I
Kode Mata Kuliah : TEE 743
S K S : 3 (Tiga)
Waktu Pertemuan : 3 x 50 menit
Pertemuan : 3 dan 4

- A. Tujuan Pembelajaran Umum (TPU) : Memahami Hukum – Hukum dasar Rangkaian Elektrik dan pemakai pada analisa rangkaian listrik
- B. Tujuan Pembelajaran Khusus (TPK) : Dapat memahami hukum –hukum Dasar rangkaian elektrik untuk menganalisa rangkaian
- C. Pokok Bahasan : Hukum Dasar rangkaian Listrik
- D. Sub Pokok Bahasan : Hukum ohm, Hk.Kirchoff arus, Hk. Kirchoff tegangan, Resistor seri, Resistor Paralel,
- E. Prinsip Pembagi tegangan dan arus
- F. Kegiatan belajar Mengajar :

Tahap Kegiatan	Kegiatan Dosen	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran	Waktu (menit)	Referensi
Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan TPU dan TPK 2. Menjelaskan referensi 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop. projector	3x50	Buku 1,2,3.4
Penyajian	<p>Menjelaskan tentang Hukum – hukum Dasar rangkaian Listrik</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Hukum ohm 4. Hukum Kirchoff arus 5. Hukum Kirchoff tegangan 6. Resistor seri paralel 7. Prinsip pembagi tegangan dan arus 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop. projector		
Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 8. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk bertanya 9. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menjawab pertanyaan (aktivitas mahasiswa) 10. Menjawab pertanyaan 11. Menjelaskan mengenai pertemuan akan datang 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop. projector		

SATUAN ACARA PERKULIAHAN

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik I
Kode Mata Kuliah : TEE 743
S K S : 3 (Tiga)
Waktu Pertemuan : 3 x 50 menit
Pertemuan : 5

- A. Tujuan Pembelajaran Umum (TPU) : Memahami Operasi bilangan kompleks
- B. Tujuan Pembelajaran Khusus (TPK) : Dapat memahami dan menjelaskan Operasi bilangan kompleks
- C. Pokok Bahasan : Bilangan Kompleks
- D. Sub Pokok Bahasan : Operasi Bilangan Kompleks Konversi rectangular ke polar B Penjumlahan, pengurangan, perkalian dan pembagian dua buah bilangan kompleks
- E. Kegiatan belajar Mengajar :

Tahap Kegiatan	Kegiatan Dosen	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran	Waktu (menit)	Referensi
Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan TPU dan TPK 2. Menjelaskan referensi 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop. projector	3x50	Buku 1,2,3,4
Penyajian	<p>Menjelaskan Tentang Bilangan Kompleks</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Operasi Bilangan kompleks 4. Perubahan rectangular ke polar 5. Perubahan polar ke rectangular 6. Penjumlahan dua buah bilangan kompleks 7. Pengurangan, perkalian, pembagian dua buah bilangan kompleks 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop. projector		
Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 8. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk bertanya 9. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menjawab pertanyaan (aktivitas mahasiswa) 10. Menjawab pertanyaan 11. Menjelaskan mengenai pertemuan akan datang 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop. projector		

SATUAN ACARA PERKULIAHAN

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik I
Kode Mata Kuliah : TEE 743
S K S : 3 (Tiga)
Waktu Pertemuan : 3 x 50 menit
Pertemuan : 6

- A. Tujuan Pembelajaran Umum (TPU) : Memahami Rangkaian impedansi kompleks
- B. Tujuan Pembelajaran Khusus (TPK) : Memahami dan dapat menganalisa rangkaian impedansi kompleks
- C. Pokok Bahasan : Impedansi Kompleks
- D. Sub Pokok Bahasan : Impedansi kompleks, rangkaian seri RL, Rangkaian seri RC Rangkaian seri paralel, Admitansi
- E. Kegiatan belajar Mengajar :

Tahap Kegiatan	Kegiatan Dosen	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran	Waktu (menit)	Referensi
Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan TPU dan TPK 2. Menjelaskan referensi 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop, projector	3x50	Buku 1,2,3,4
Penyajian	<p>Menjelaskan Tentang impedansi Kompleks</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Rangkaian Seri RL 4. Rangkaian Seri RC 5. Rangkaian seri paralel 6. Admitansi 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop, projector		
Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 7. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk bertanya 8. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menjawab pertanyaan (aktivitas mahasiswa) <ol style="list-style-type: none"> 1. Menjawab pertanyaan 2. Menjelaskan mengenai pertemuan akan datang 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop, projector		

SATUAN ACARA PERKULIAHAN

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik I
Kode Mata Kuliah : TEE 743
S K S : 3 (Tiga)
Waktu Pertemuan : 3 x 50 menit
Pertemuan : 7

- F. Tujuan Pembelajaran Umum (TPU) : Memahami mengenai bentuk gelombang arus bolak balik
- G. Tujuan Pembelajaran Khusus (TPK) : Agar mahasiswa dapat memahami gelombang arus bolak –balik menganalisa dan menghitung nilai rata-rata dan nilai efektif
- H. Pokok Bahasan : Bentuk Gelombang Bolak - Balik
- I. Sub Pokok Bahasan : Kurva Sinusoidal, gelombang arus bolak – balik, nilai rata-rata dan nilai efektif
- J. Kegiatan belajar Mengajar :

Tahap Kegiatan	Kegiatan Dosen	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran	Waktu (menit)	Referensi
Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan TPU dan TPK 2. Menjelaskan referensi 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop. projector	3x50	Buku 1,2,3,4
Penyajian	<p>Menjelaskan Tentang Bentuk gelombang bolak-balik</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Menganalisa dan menghitung nilai rata-rata dan nilai efektif 4. Menganalisa dan menghitung harga rata-rata dan harga efektif 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop. projector		
Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 5. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk bertanya 6. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menjawab pertanyaan (aktivitas mahasiswa) 7. Menjawab pertanyaan 8. Menjelaskan mengenai pertemuan akan datang 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop. projector		

SATUAN ACARA PERKULIAHAN

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik I
Kode Mata Kuliah : TEE 743
S K S : 3 (Tiga)
Waktu Pertemuan : 3 x 50 menit
Pertemuan : 8 dan 9

- A. Tujuan Pembelajaran Umum (TPU) : Memahami mengenai tegangan dan arus sinusoidal, respon rangkaian.
- B. Tujuan Pembelajaran Khusus (TPK) : Agar mahasiswa dapat menjelaskan Ttg. tegangan dan arus sinusoidal, respon rangkaian.
- C. Pokok Bahasan : Tegangan dan Arus Sinusoidal
- D. Sub Pokok Bahasan : Tegangan dan arus sinusoidal. Respon sinusoidal, rangkaian RL seri, RC seri, RLC seri, RLC paralel
- E. Kegiatan belajar Mengajar :

Tahap Kegiatan	Kegiatan Dosen	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran	Waktu (menit)	Referensi
Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan TPU dan TPK 2. Menjelaskan referensi 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop. projector	3x50	Buku 1,2,3,4
Penyajian	<p>Menjelaskan Tentang tegangan dan arus sinusoidal</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Menganalisa rangkaian RL seri 2. Menganalisa rangkaian RC seri 3. Menganalisa rangkaian RLC seri dan paralel. 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop. projector		
Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 1. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk bertanya 2. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menjawab pertanyaan (aktivitas mahasiswa) 3. Menjawab pertanyaan 4. Menjelaskan mengenai pertemuan akan datang 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop. projector		

SATUAN ACARA PERKULIAHAN

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik I
Kode Mata Kuliah : TEE 743
S K S : 3 (Tiga)
Waktu Pertemuan : 3 x 50 menit
Pertemuan : 10 dan 11

A. Tujuan Pembelajaran Umum (TPU) : Memahami konsep analisa mesh dan metode simpul

Tujuan Pembelajaran Khusus (TPK) : Agar mahasiswa dapat memahami dan mampu mengaplikasikan analisa mesh dan metode simpul untuk menganalisa rangkaian listrik

B. Pokok Bahasan : Analisa rangkaian mesh dan metode simpul

Sub Pokok Bahasan : Analisa rangkaian mesh dan metode Simpul

C. Kegiatan belajar Mengajar :

Tahap Kegiatan	Kegiatan Dosen	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran	Waktu (menit)	Referensi
Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> Menjelaskan TPU dan TPK Menjelaskan referensi 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop, projector	3x50	Buku 1,2,3,4
Penyajian	<p>Menjelaskan Tentang Analisa arangkaian mesh dan metode simpul</p> <ol style="list-style-type: none"> Menganalisa rangkaian dan mendapatkan persamaan loop rangkaian Menganalisa rangkaian dengan metode simpul 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop, projector		
Penutup	<ol style="list-style-type: none"> Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk bertanya Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menjawab pertanyaan (aktivitas mahasiswa) Menjawab pertanyaan Menjelaskan mengenai pertemuan akan datang 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop, projector		

SATUAN ACARA PERKULIAHAN

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik I
Kode Mata Kuliah : TEE 743
S K S : 3 (Tiga)
Waktu Pertemuan : 3 x 50 menit
Pertemuan : 12

A. Tujuan Pembelajaran Umum (TPU) : Memahami konsep analisa dengan metode superposisi

Tujuan Pembelajaran Khusus (TPK) : Agar mahasiswa dapat dan mampu menganalisa rangkaian dengan menggunakan metode superposisi

B. Pokok Bahasan : Metode superposisi

C. Sub Pokok Bahasan : Metode superposisi

D. Kegiatan belajar Mengajar :

Tahap Kegiatan	Kegiatan Dosen	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran	Waktu (menit)	Referensi
Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan TPU dan TPK 2. Menjelaskan referensi 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop. projector	3x50	Buku 1,2,3,4
Penyajian	<p>Menjelaskan Tentang konsep analisa rangkaian dengan metode superposisi</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Menganalisa rangkaian dengan metode superposisi 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop. projector		
Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 4. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk bertanya 5. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menjawab pertanyaan (aktivitas mahasiswa) 6. Menjawab pertanyaan 7. Menjelaskan mengenai pertemuan akan datang 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop. projector		

SATUAN ACARA PERKULIAHAN

Mata Kuliah : Rangkaian Listrik I
Kode Mata Kuliah : TEE 743
S K S : 3 (Tiga)
Waktu Pertemuan : 3 x 50 menit
Pertemuan : 13 dan 14 + UTS dan UAS

A. Tujuan Pembelajaran Umum (TPU) : Memahami macam-macam teorema rangkaian

Tujuan Pembelajaran Khusus (TPK) : Agar mahasiswa dapat dan mampu menganalisa rangkaian dengan menggunakan teorema thevenin dan norton

B. Pokok Bahasan : Teorema Thevenin dan Norton

C. Sub Pokok Bahasan : Teorema Thevenin dan Norton

D. Kegiatan belajar Mengajar :

Tahap Kegiatan	Kegiatan Dosen	Kegiatan Mahasiswa	Media dan alat Pengajaran	Waktu (menit)	Referensi
Pendahuluan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menjelaskan TPU dan TPK 2. Menjelaskan referensi 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop, projector	3x50	Buku 1,2,3,4
Penyajian	<p>Menjelaskan Tentang konsep teorema rangkaian thevenin dan norton</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Menganalisa rangkaian dengan teorema thevenin 2. Menganalisa rangkaian dengan teorema norton 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop, projector		
Penutup	<ol style="list-style-type: none"> 3. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk bertanya 4. Memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menjawab pertanyaan (aktivitas mahasiswa) 5. Menjawab pertanyaan 6. Menjelaskan mengenai pertemuan akan datang 	Memperhatikan/menyimak/bertanya	Papan tulis (white board), laptop, projector		

BAB 1

KONSEP

RANGKAIAN LISTRIK

1.1 Diskripsi Singkat

Tujuan dari mempelajari rangkaian listrik adalah untuk dapat memahami suatu kumpulan elemen atau komponen listrik yang saling dihubungkan dengan cara tertentu.

1.2 Tujuan Instruksional Khusus

Setelah materi ini diajarkan mahasiswa dapat menjelaskan konsep dari rangkaian listrik, definisi rangkaian listrik, tegangan, daya dan sistem satuan.

1.3 Penyajian

1.3.1. Definisi

Rangkaian listrik adalah suatu kumpulan elemen atau komponen listrik yang saling dihubungkan dengan cara-cara tertentu dan paling sedikit mempunyai satu lintasan tertutup.

Elemen atau komponen yang akan dibahas pada mata kuliah Rangkaian Listrik terbatas pada elemen atau komponen yang memiliki dua buah terminal atau kutub pada kedua ujungnya. Pembatasan elemen atau komponen listrik pada Rangkaian Listrik dapat dikelompokkan kedalam elemen atau komponen aktif dan pasif. Elemen aktif adalah elemen yang menghasilkan energi dalam hal ini adalah sumber tegangan dan sumber arus, mengenai sumber ini akan dijelaskan pada bab berikutnya. Elemen lain adalah elemen pasif dimana elemen ini tidak dapat menghasilkan energi, dapat dikelompokkan menjadi elemen yang hanya dapat menyerap energi dalam hal ini

hanya terdapat pada komponen resistor atau banyak juga yang menyebutkan tahanan atau hambatan dengan simbol R, dan komponen pasif yang dapat menyimpan energi juga diklasifikasikan menjadi dua yaitu komponen atau elemen yang menyerap energi dalam bentuk medan magnet dalam hal ini induktor atau sering juga disebut sebagai lilitan, belitan atau kumparan dengan simbol L, dan kompone pasif yang menyerap energi dalam bentuk medan magnet dalam hal ini adalah kapasitor atau sering juga dikatakan dengan kondensator dengan simbol C, pembahasan mengenai ketiga komponen pasif tersebut nantinya akan dijelaskan pada bab berikutnya.

Elemen atau kompoen listrik yang dibicarakan disini adalah:

1. Elemen listrik dua terminal
 - a.Sumber tegangan
 - b.Sumber arus
 - c.Resistor (R)
 - d.Induktor (L)
 - e.Kapasitor (C)
2. Elemen listrik lebih dari dua terminal
 - a.Transistor
 - b.Op-amp

Berbicara mengenai Rangkaian Listrik, tentu tidak dapat dilepaskan dari pengertian dari rangkaian itu sendiri, dimana rangkaian adalah interkoneksi dari sekumpulan elemen atau komponen penyusunnya ditambah dengan rangkaian penghubungnya dimana disusun dengan cara-cara tertentu dan minimal memiliki satu lintasan tertutup. Dengan kata lain hanya dengan satu lintasan tertutup saja kita dapat menganalisis suatu rangkaian.

Yang dimaksud dengan satu *lintasan tertutup* adalah satu lintasan saat kita mulai dari titik yang dimaksud akan kembali lagi ketitik tersebut tanpa terputus dan tidak memandang seberapa jauh atau dekat lintasan yang kita tempuh.

Rangkaian listrik merupakan dasar dari teori rangkaian pada teknik elektro yang menjadi dasar atau fundamental bagi ilmu-ilmu lainnya seperti elektronika, sistem daya, sistem komputer, putaran mesin, dan teori kontrol.

1.3.2. Arus Listrik

Pada pembahasan tentang rangkaian listrik, perlu kiranya kita mengetahui terlebih dahulu beberapa hal mengenai apa itu yang dimaksud dengan listrik. Untuk memahami tentang listrik, perlu kita ketahui terlebih dahulu pengertian dari arus. Arus merupakan perubahan kecepatan muatan terhadap waktu atau muatan yang mengalir dalam satuan waktu dengan simbol i (dari kata Perancis : *intensite*), dengan kata lain arus adalah muatan yang bergerak. Selama muatan tersebut bergerak maka akan muncul arus tetapi ketika muatan tersebut diam maka arus pun akan hilang. Muatan akan bergerak jika ada energi luar yang mempengaruhinya. Muatan adalah satuan terkecil dari atom atau sub bagian dari atom. Dimana dalam teori atom modern menyatakan atom terdiri dari partikel inti (proton bermuatan + dan neutron bersifat

netral) yang dikelilingi oleh muatan elektron (-), normalnya atom bermuatan netral.

Muatan terdiri dari dua jenis yaitu muatan positif dan muatan negative. Arah arus searah dengan arah muatan positif (arah arus listrik) atau berlawanan dengan arah aliran elektron. Suatu partikel dapat menjadi muatan positif apabila kehilangan elektron dan menjadi muatan negatif apabila menerima elektron dari partikel lain. Coulomb adalah unit dasar dari satuan International yang digunakan untuk mengukur muatan listrik.

Simbol: Q = muatan konstan
 q = muatan tergantung satuan waktu
 muatan 1 elektron = $- 1,6021 \times 10^{-19}$ Coulomb
 1 coulomb = $- 6,24 \times 10^{18}$ elektron

Secara matematis arus didefinisikan: $i = \frac{dq}{dt}$

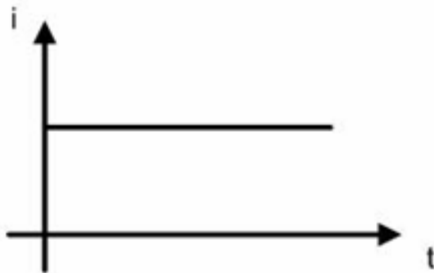
Dengan satuannya: *ampere (A)*

Dalam teori rangkaian arus merupakan pergerakan muatan positif. Ketika terjadi beda potensial disuatu elemen atau komponen maka akan muncul arus dimana arah arus positif mengalir dari potensial tinggi ke potensial rendah dan arah arus negatif mengalir sebaliknya.

Macam-macam arus:

1. Arus searah (DC)

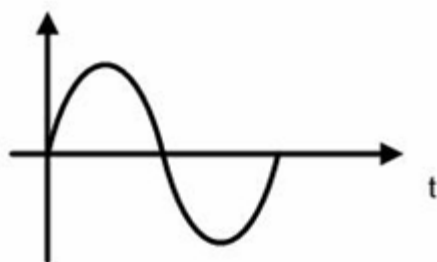
Arus DC adalah arus yang mempunyai nilai tetap atau konstan terhadap satuan waktu, artinya dimana pun kita meninjau arus tersebut pada waktu berbeda akan mendapatkan nilai yang sama.



Gambar 1.1 Salah satu bentuk arus DC

2. Arus bolak-balik (AC)

Arus AC adalah arus yang mempunyai nilai yang berubah terhadap satuan waktu dengan karakteristik akan selalu berulang untuk perioda waktu tertentu (mempunyai perida waktu : T).



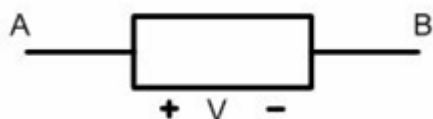
Gambar 1.2 Salah satu bentuk arus AC

1.3.3. Tegangan

Tegangan atau seringkali orang menyebut dengan beda potensial dalam bahasa Inggris *voltage* adalah kerja yang dilakukan untuk menggerakkan satu muatan (sebesar satu coulomb) pada elemen atau komponen dari satu terminal/kutub ke terminal/kutub lainnya, atau pada kedua terminal/kutub akan mempunyai beda potensial jika kita menggerakkan/memindahkan muatan sebesar satu coulomb dari satu terminal ke terminal lainnya.

Keterkaitan antara kerja yang dilakukan sebenarnya adalah energi yang dikeluarkan, sehingga pengertian diatas dapat dipersingkat bahwa tegangan adalah energi per satuan muatan.

Secara matematis: $v = \frac{dw}{dq}$ → satuannya: *Volt*



Gambar 1.3 Beda Potensial antara 2 terminal A - B

Pada gambar 1.3 diatas, jika terminal/kutub A mempunyai potensial lebih tinggi daripada potensial di terminal/kutub B. Maka ada dua istilah yang seringkali dipakai pada Rangkaian Listrik, yaitu:

1. Tegangan turun/ *voltage drop*
Jika dipandang dari potensial lebih tinggi ke potensial lebih rendah dalam hal ini dari terminal A ke terminal B.
2. Tegangan naik/ *voltage rise*
Jika dipandang dari potensial lebih rendah ke potensial lebih tinggi dalam hal ini dari terminal B ke terminal A.

Di sini istilah yang akan dipakai adalah pengertian pada item nomor 1 yaitu tegangan turun. Maka jika beda potensial antara kedua titik tersebut adalah sebesar 5 Volt, maka $V_{AB} = 5$ Volt dan $V_{BA} = -5$ Volt

1.3.4. Energi

Kerja yang dilakukan oleh gaya sebesar satu Newton sejauh satu meter. Jadi energi adalah sesuatu kerja dimana kita memindahkan sesuatu dengan mengeluarkan gaya sebesar satu Newton dengan jarak tempuh atau sesuatu tersebut berpindah dengan selisih jarak satu meter.

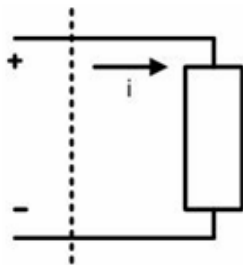
Pada alam akan berlaku hukum Kekekalan Energi dimana energi sebetulnya tidak dapat dihasilkan dan tidak dapat dihilangkan, energi hanya berpindah dari satu bentuk ke bentuk yang lainnya. Contohnya pada pembangkit listrik, energi dari air yang bergerak akan berpindah menjadi energi yang menghasilkan energi listrik, energi listrik akan berpindah menjadi energi cahaya jika energi listrik tersebut melewati suatu lampu, energi cahaya akan berpindah menjadi energi panas jika bola lampu tersebut pemakaiannya lama, demikian seterusnya.

Untuk menyatakan apakah energi dikirim atau diserap tidak hanya polaritas tegangan tetapi arah arus juga berpengaruh.

Elemen/komponen listrik digolongkan menjadi:

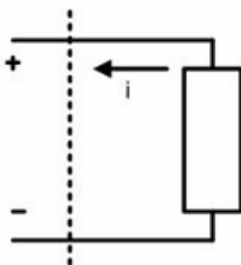
1. Menyerap energi

Jika arus positif meninggalkan terminal positif menuju terminal elemen/komponen, atau arus positif menuju terminal positif elemen/komponen tersebut.



2. Mengirim energi

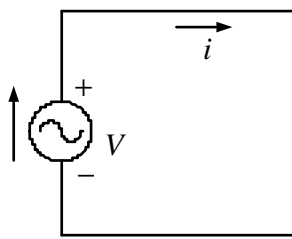
Jika arus positif masuk terminal positif dari terminal elemen/komponen, atau arus positif meninggalkan terminal positif elemen/komponen.



Energi yang diserap/dikirim pada suatu elemen yang bertegangan v dan muatan yang melewatinya Δq adalah $\Delta w = v\Delta q$

Satuannya : Joule (J)

1.3.5. Daya (P)



Daya listrik P adalah perkalian antara tegangan dan arus;

$$P(\text{watt}) = V(\text{volt}) \times i(\text{ampere})$$

Satuannya: Watt

1.3.6. Macam Besaran Listrik Dan Satuannya

1. Besran Listrik

Tabel 1. Macam - macam Besran Listrik

Besaran listrik	Satuan	Alat ukur
Arus	Amper	Ampere meter
Tegangan	Volt	Volt meter
Tahanan	Ohm	Ohm meter
Daya semu	VA	
Daya aktif	Watt	Watt meter
Daya reaktif	VAR	VAR meter
Energi aktif	Wh	KWh meter
Energi reaktif	VARh	KVARh meter
Faktor daya	-	Cos ϕ meter
Frekuensi	Hz	Frekuensi meter

2. Satuan Turunan

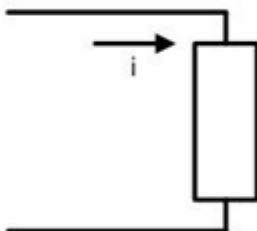
Tabel 2. Satuan Turunan Besran Listrik

Besaran Listrik	Satuan Dasar							
		10^{-12}	10^{-9}	10^{-6}	10^{-3}	10^3	10^6	10^9
Arus	A				mA	kA		
Tegangan	V				mVolt	kV		
Tahanan	Ω			$\mu\Omega$	m Ω	k Ω	M Ω	G Ω
Induktansi	H			μ H	mH			
Kapasitansi	F	nF	pF	μ F				
Daya semu	VA					kVA	MVA	
Daya aktif	Watt					KW	MW	GW
Daya reaktif	VAR					kVAR	MVAR	
Energi aktif	Wh					kWh	MWh	GWh
Energi reaktif	VARh					kVARh	MVARh	
Faktor daya	-	Tidak mempunyai satuan.						
Frekuensi	Hz					kHz	MHz	

1.4. Penutup

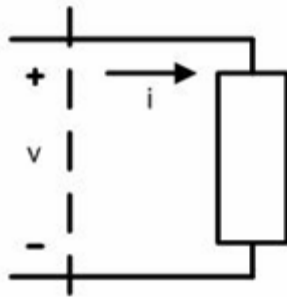
1.4.1. Bahan Diskusi dan Tugas

Contoh 1: Jika arus 6 A, tentukan v jika elemen menyerap daya 18 W ?



Jawab :

Menyerap daya jika arus positif meninggalkan terminal positif



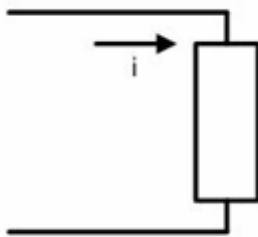
Arus positif karena dari potensial tinggi ke potensial rendah

$$i = 6 \text{ A}$$

$$P = 18 \text{ W}$$

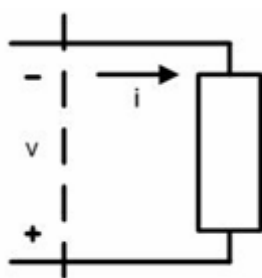
$$v = \frac{P}{i} = \frac{18}{6} = 3 \text{ Volt}$$

2. Jika arus 6 A, tentukan v jika elemen mengirimkan daya 18 W ?



Jawab:

Mengirimkan daya jika arus positif masuk terminal positif



Arus negatif karena dari potensial rendah ke potensial tinggi

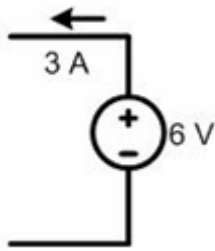
$$i = -6 \text{ A}$$

$$P = 18 \text{ W}$$

$$v = \frac{P}{i} = \frac{18}{-6} = -3 \text{ Volt}$$

3. Tentukan daya pada rangkaian tersebut, apakah sumber tegangan mengirimkan

atau menyerap daya !



Jawab:

Arus positif karena dari potensial tinggi ke potensial rendah

$$i = 3 \text{ A}$$

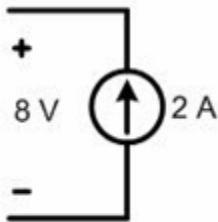
$$v = 6 \text{ V}$$

$$p = vi = 3 \cdot 6 = 18 \text{ W}$$

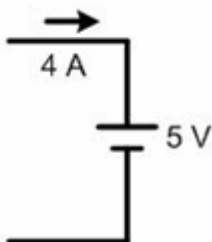
Arus positif meninggalkan terminal positif sumber, sehingga sumber mengirimkan daya.

Soal –Soal Latihan

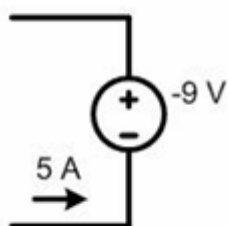
1. Tentukan daya pada rangkaian tersebut, apakah sumber tegangan mengirimkan atau menyerap daya !



2. Tentukan daya pada rangkaian tersebut, apakah sumber tegangan mengirimkan atau menyerap daya !

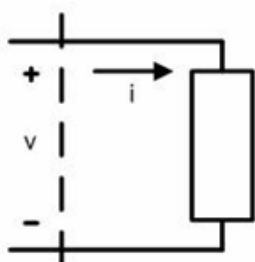


3. Tentukan daya pada rangkaian tersebut, apakah sumber tegangan mengirimkan atau menyerap daya !



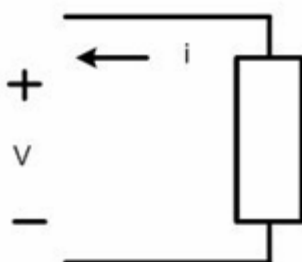
4. Jika $V = 4$ Volt dan $i = 10$ A.

- Tentukan :
- a. Daya yang diserap atau dikirmkan
 - b. Energi diserap atau dikirimkan selama 10 s

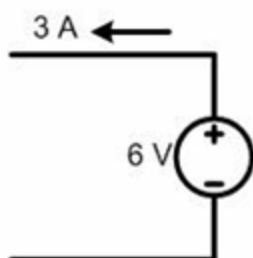


5. Tentukan:

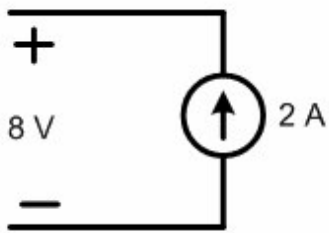
- a. Daya diserap atau dikirim
- b. Nilai daya jika $V = 10$ Volt dan $i = 12$ mA



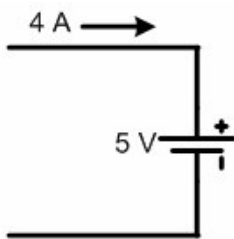
6. Tentukan daya pada rangkaian berikut



7. Tentukan daya pada rangkaian berikut



8. Tentukan daya pada rangkaian berikut



1.5. Daftar Pustaka

1. "Teori dan Soal- soal Rangkaian Listrik" edisi kedua, Joseph A.Edminister, Ir.Sahat Pakpahan, Seri buku schum.1984.
2. Muhammad Ramdhani "Rangkaian listrik" thn. 2008 Penerbit Erlangga.

This page is intentionallly left Blank

BAB 2

ELEMEN

RANGKAIAN LISTRIK

1.1 Diskripsi Singkat

Tujuan dari mempelajari elemen rangkaian listrik adalah untuk memahami dan mengetahui elemen atau komponen listrik aktif dan pasif.

1.2 Tujuan Instruksional Khusus

Setelah materi ini diajarkan mahasiswa dapat menjelaskan mengenai elemen aktif dan pasif, dan dapat menyelesaikan rangkaian resistor seri dan paralel, kapasitor seri dan paralel dan induktor seri dan paralel.

1.3 Penyajian

Elemen Aktif

Elemen aktif adalah elemen yang menghasilkan energi, pada mata kuliah Rangkaian Listrik yang akan dibahas pada elemen aktif adalah sumber tegangan dan sumber arus. Pada pembahasan selanjutnya kita akan membicarakan semua yang berkaitan dengan elemen atau komponen ideal. Yang dimaksud dengan kondisi ideal disini adalah bahwa sesuatunya berdasarkan dari sifat karakteristik dari elemen atau komponen tersebut dan tidak terpengaruh oleh lingkungan luar. Jadi untuk elemen listrik seperti sumber tegangan, sumber arus, komponen resistor, induktor, dan kapasitor pada mata kuliah ini diasumsikan semuanya dalam kondisi ideal.

Elemen aktif dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Sumber Tegangan (*Voltage Source*)

Sumber tegangan ideal adalah suatu sumber yang menghasilkan tegangan yang tetap, tidak tergantung pada arus yang mengalir pada sumber tersebut, meskipun

tegangan tersebut merupakan *fungsi dari waktu* (t).

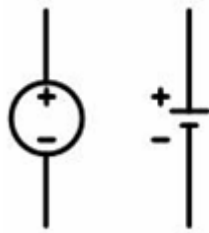
Sifat lain dari sumber tegangan adalah bahwa sumber tegangan mempunyai nilai resistansi dalam $R_d = 0$ (sumber tegangan ideal).

Sumber tegangan terbagi menjadi:

a. Sumber Tegangan Bebas/ *Independent Voltage Source*

Sumber yang menghasilkan tegangan tetap tetapi mempunyai sifat khusus yaitu harga tegangannya *tidak bergantung* pada harga tegangan atau arus lainnya, artinya nilai tersebut berasal dari sumber tegangan dia sendiri.

Simbol:



Gambar 2.1 Simbol sumber tegangan bebas

b. Sumber Tegangan Tidak Bebas/ *Dependent Voltage Source*

Mempunyai sifat khusus yaitu harga tegangan *bergantung* pada harga tegangan atau arus lainnya.

Simbol:



Gambar 2.2 Simbol sumber tegangan tidak bebas

c. Sumber Arus (*Current Source*)

Sumber arus ideal adalah sumber yang menghasilkan arus yang tetap, tidak *bergantung* pada tegangan dari sumber arus tersebut.

Sifat lain dari sumber arus adalah bahwa sumber arus mempunyai nilai resistansi dalam $R_d = \infty$ (sumber arus ideal)

Sumber arus terbagi menjadi:

a. Sumber Arus Bebas/ *Independent Current Source*

Mempunyai sifat khusus yaitu harga arus *tidak bergantung* pada harga tegangan atau arus lainnya.

Simbol:



Gambar 2.3 Simbol sumber arus bebas

b. Sumber Arus Tidak Bebas/ *Dependent Current Source*

Mempunyai sifat khusus yaitu harga arus *bergantung* pada harga tegangan atau arus lainnya.

Simbol:



Gambar 2.4 Simbol sumber arus tidak bebas

2.3.2. Elemen Pasif

Elemen pasif adalah elemen yang tidak menghasilkan energi. Elemen ini hanya menerima energi dalam bentuk menyerap dan menyimpan energi.

Elemen pasif yang dibahas pada mata kuliah ini adalah elemen resistor, induktor dan kapasitor.

1. Resistor (R)

Elemen ini menerima energi dengan cara menyerap sehingga menimbulkan panas. Sering juga disebut dengan tahanan, hambatan, penghantar, atau resistansi dimana resistor mempunyai fungsi sebagai penghambat arus, pembagi arus, dan pembagi tegangan.

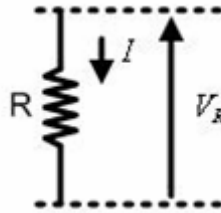
Nilai resistor tergantung dari hambatan jenis bahan resistor itu sendiri (tergantung dari bahan pembuatnya), panjang dari resistor itu sendiri dan luas penampang dari resistor itu sendiri.

Secara matematis:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

dimana : ρ = hambatan jenis
 l = panjang dari resistor
 A = luas penampang

Satuan dari resistor: Ohm (Ω)



Gambar 2.5 Simbol resistor

Jika suatu resistor dilewati oleh sebuah arus maka pada kedua ujung dari resistor tersebut akan menimbulkan beda potensial atau tegangan. Hukum yang didapat dari percobaan ini adalah: Hukum Ohm.

Mengenai pembahasan dari Hukum Ohm akan dibahas pada bab selanjutnya.

$$V_R = I R$$

2. Kapasitor (C)

Sering juga disebut dengan kondensator atau kapasitansi. Mempunyai fungsi untuk membatasi arus DC yang mengalir pada kapasitor tersebut, dan dapat menyimpan energi dalam bentuk medan listrik.

Nilai suatu kapasitor tergantung dari nilai permitivitas bahan pembuat kapasitor, luas penampang dari kaspitor tersebut dan jarak antara dua keping penyusun dari kapasitor tersebut.

Secara matematis:

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

dimana : ϵ = permitivitas bahan

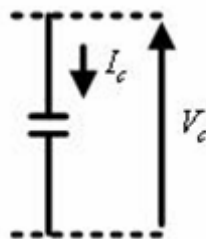
A = luas penampang bahan

d = jarak dua keping

Satuan dari kapasitor : *Farad (F)*

Jika sebuah kapasitor dilewati oleh sebuah arus maka pada kedua ujung kapaistor tersebut akan muncul beda potensial atau tegangan, dimana secara matematis dinyatakan:

$$i_c = C \frac{dv_c}{dt}$$

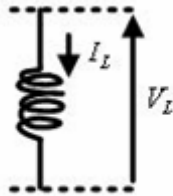


Gambar 2.6 Simbol kapasitor

3. Induktor/ Induktansi/ Lilitan/ Kumbaran (L)

Seringkali disebut sebagai induktansi, lilitan, kumparan, atau belitan. Pada induktor mempunyai sifat dapat menyimpan energi dalam bentuk medan magnet.

Satuan dari induktor: Henry (H)



Gambar 2.7 Simbol induktor

Arus yang mengalir pada induktor akan menghasilkan fluksi magnetik (ϕ) yang membentuk loop yang melingkupi kumparan. Jika ada N lilitan, maka total fluksi adalah:

$$\lambda = LI$$

$$L = \frac{\lambda}{I}$$

$$v = \frac{d\lambda}{dt} = L \frac{di}{dt}$$

2.4. Elemen – Elemen Seri dan Paralel

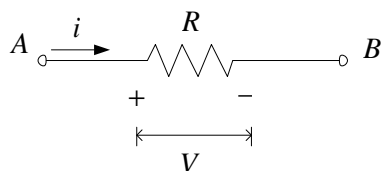
Rangkaian listrik adalah suatu kumpulan elemen atau komponen listrik yang saling dihubungkan dengan cara-cara tertentu dan paling sedikit mempunyai satu lintasan tertutup.

2.4.1. Resistor (R)

Salah satu elemen dari rangkaian listrik yang memiliki struktur menahan arus listrik/berfungsi untuk membatasi arus listrik yang mengalir.

Untuk tahanan murni, tegangan yang mengalir padanya berbanding lurus dengan arus yang mengalir pada tahanan tersebut

Simbol Resistor (R):



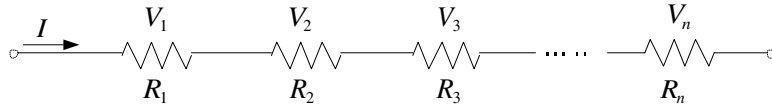
Tegangan pada AB adalah: $V_{AB} = i \times R$

dimana ; $i =$ arus listrik (ampere)

$V_{AB} =$ Tegangan pada terminal (volt)

$$R = \text{Tahanan (} \Omega \text{)}$$

2.4.1.1. Resistor Hubungan seri



Pada resistor hubungan seri *arus* (I) yang mengalir pada setiap elemen sama besarnya.

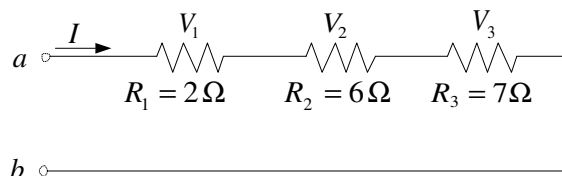
$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 \quad \text{dimana; } V_1 = I \cdot R_1 \quad , \quad V_2 = I \cdot R_2 \quad , \quad V_3 = I \cdot R_3$$

$$I \cdot R_T = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3$$

$$I \cdot R_T = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

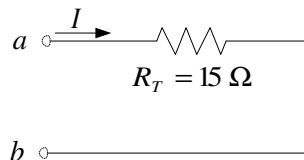
Contoh 1: Tentukan tahanan total (R_T) pada rangkaian dibawah ini.



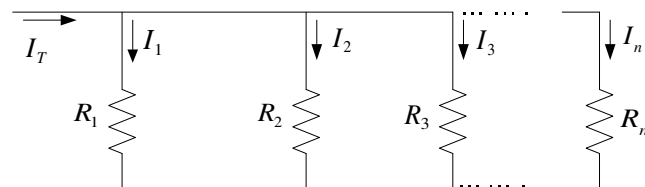
Jawab;

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 2 \Omega + 6 \Omega + 7 \Omega = 15 \Omega$$

Rangkaian menjadi;



2.4.1.2.2. Resistor Hubungan Paralel



Pada resistor hubungan paralel *tegangan* (V) pada setiap elemen sama besarnya.

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots I_n$$

$$\frac{V}{R_T} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} + \dots \frac{V}{R_n}$$

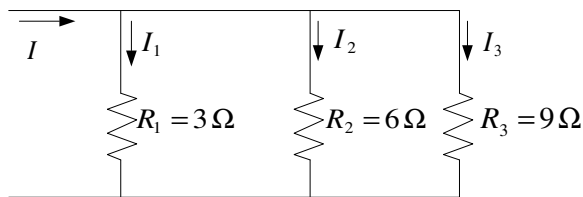
$$V\left(\frac{1}{R_T}\right) = V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}\right)$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Bila rangkaian terdapat hanya dua resistor R_1 dan R_2 yang diparalel, maka tahanan

paralel adalah ; $R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$ atau $\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$

Contoh 1: Tentukan tahanan total (R_T) pada rangkaian dibawah ini.



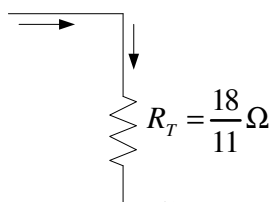
Jawab ;

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

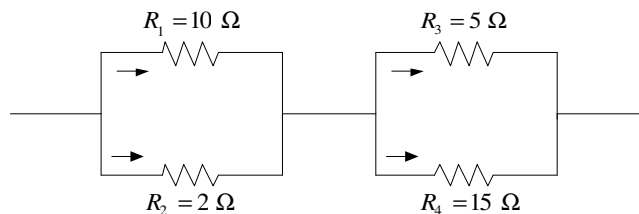
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} + \frac{1}{9} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{R_T} = \frac{6}{18} + \frac{3}{18} + \frac{2}{18}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{11}{18} \quad \rightarrow \quad R_T = \frac{18}{11}$$

Rangkaian R_T adalah:



Contoh 2: Tentukan tahanan ekivalen pada rangkaian dibawah ini.

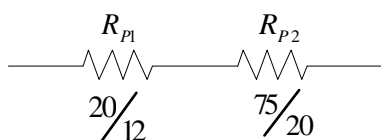


Jawab;

$$R_{p1} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \times 2}{10 + 2} = \frac{20}{12} \Omega$$

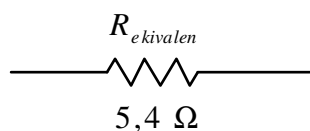
$$R_{p2} = \frac{R_3 \times R_4}{R_3 + R_4} = \frac{5 \times 15}{5 + 15} = \frac{75}{20} \Omega$$

Rangkaian menjadi;



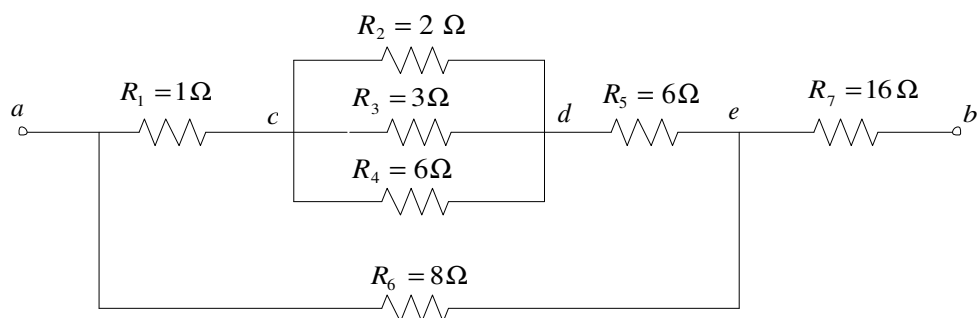
$$R_{eq} = R_{P1} + R_{P2} = \frac{20}{12} + \frac{75}{20} = 5,4 \Omega$$

Rangkaian ekivalen adalah;

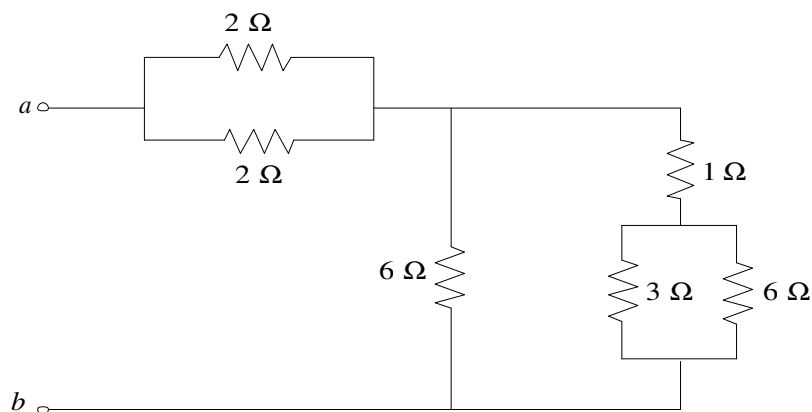


Soal – Soal Latihan

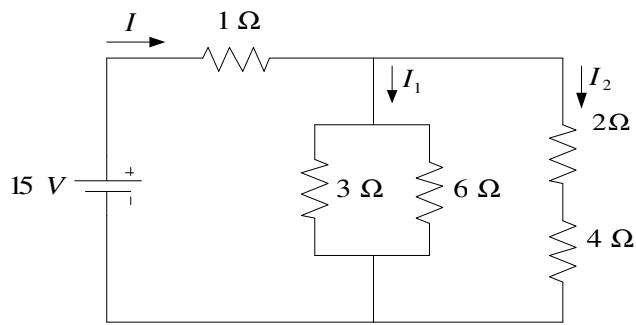
1. Tentukan rangkaian R_T pada terminal ab



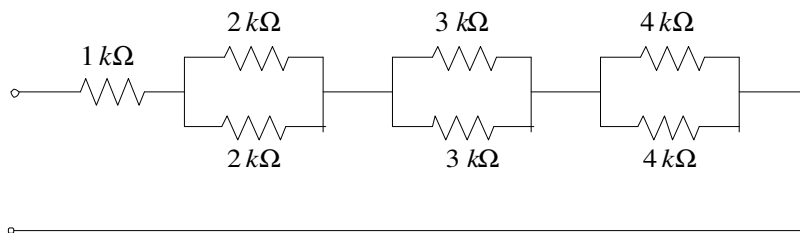
2. Tentukan rangkaian ekivalen resistor R



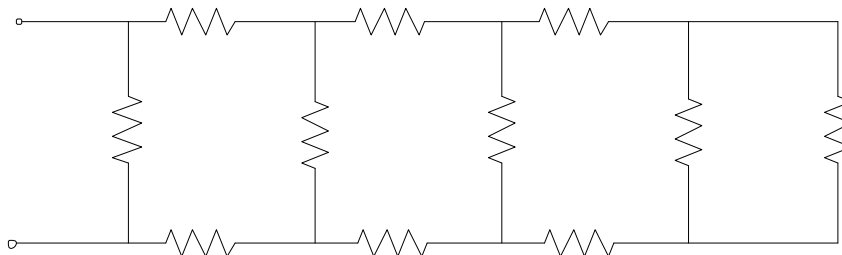
3. Tentukan rangkaian ekivalen resistor dan tentukan besar arus yang mengalir.



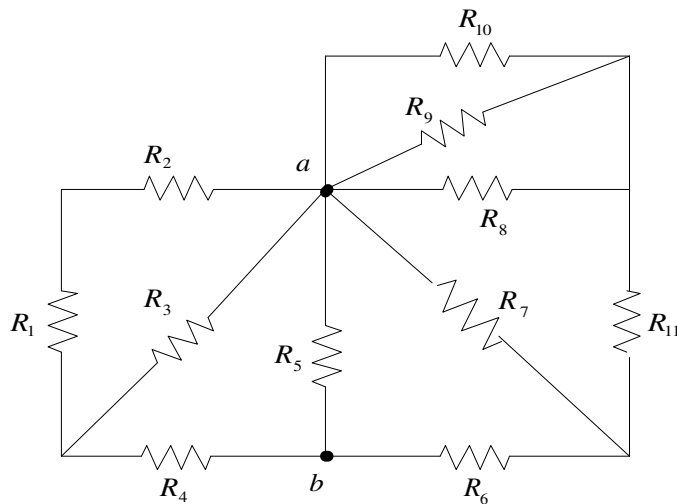
4. Tentukan; *Tahanan total* (R_T)



5. Carilah R_T untuk masing – masing resistor bernilai 100Ω

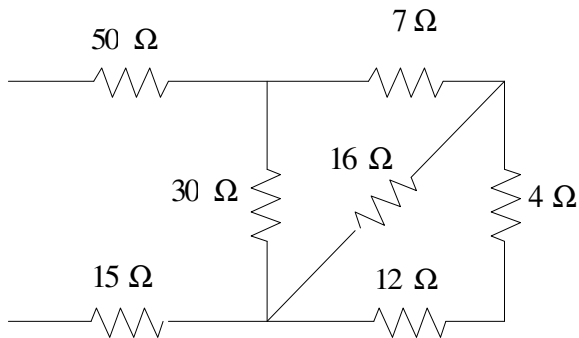


6. Tentukan berapa *tahanan total* (R_T), jika ohm meter dihubungkan pada *terminal ab*.

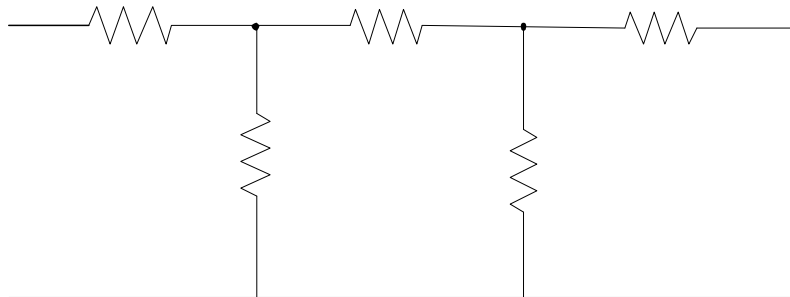


- Dik ;
- $R_1 = 2 \Omega$
 - $R_2 = 1 \Omega$
 - $R_3 = 3 \Omega$
 - $R_4 = 1 \Omega$
 - $R_5 = 4 \Omega$
 - $R_6 = 8 \Omega$
 - $R_7 = 5 \Omega$
 - $R_8 = 6 \Omega$
 - $R_9 = 2 \Omega$
 - $R_{10} = 4 \Omega$
 - $R_{11} = 10 \Omega$

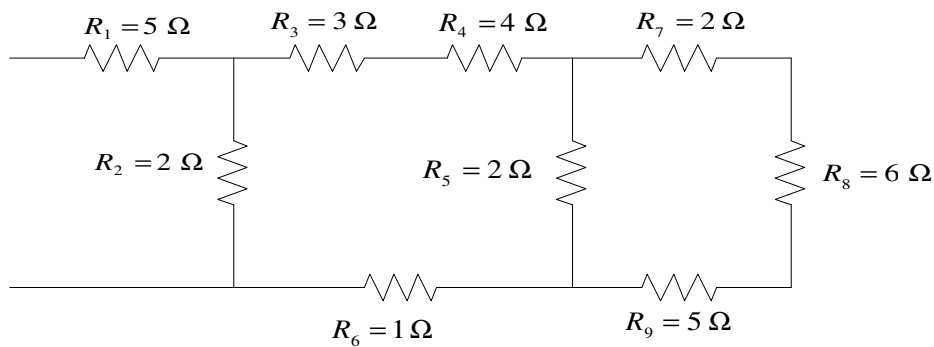
7. Tentukan nilai tahanan total (R_T) pada rangkain tersebut.



8. Hitung; Harga tahanan total (R_T)

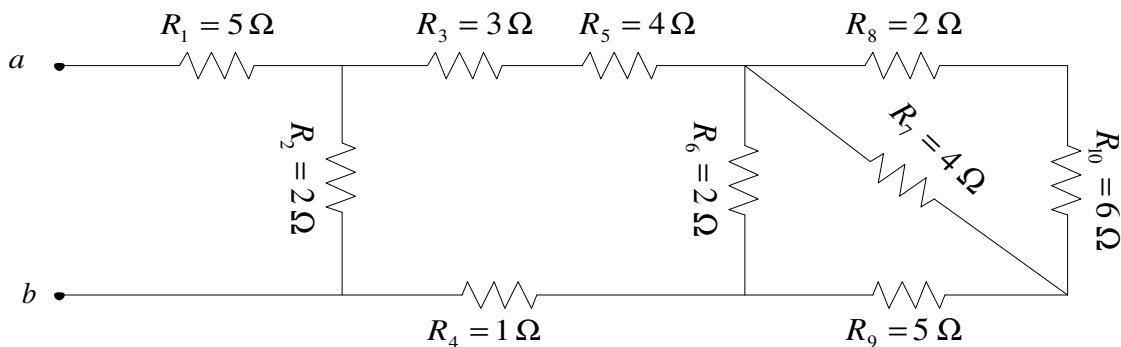


9. Buatlah langkah-langkah seri dan paralel sehingga didapat R_T



10. Pada gambar;

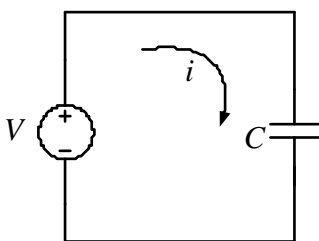
- Hitung harga tahanan total (R_T) jika *ohm meter* dihubungkan pada terminal *ab*
- Hitung arus total (I_T) dan arus yang mengalir pada tahanan R_7 , jika tegangan 24 volt dihubungkan pada terminal *ab*.
- Berapa daya yang diserap oleh tahanan R_3



2.4.2. KAPASITOR (C)

Sering juga disebut dengan kondensator atau kapasitansi. Elemen rangkaian listrik ini mempunyai fungsi untuk membatasi arus DC yang mengalir pada kapasitor tersebut, dan dapat menyimpan energi dalam bentuk medan listrik.

Jika sebuah kapasitor dilewati oleh sebuah arus maka pada kedua ujung kapaistor tersebut akan muncul beda potensial atau tegangan.



Perbedaan potensial V diantara kedua terminal kapasitor berbanding lurus dengan muatan q

$$\text{ arus listrik} = \frac{\text{muatan (coulomb)}}{\text{satuan waktu}}$$

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{dv}{dt}$$

$$i = C \frac{dv}{dt}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{i}{C}$$

dimana ; C = Capacitor (Farad)

$$dv = \frac{i}{C} dt$$

$$1 F = 10^6 \mu F = 10^{12} pF$$

$$\int dv = \int \frac{i}{C} dt$$

$$1 \mu F = 10^{-6} F$$

$$V = \frac{1}{C} \int i dt$$

$$1 pF = 10^{-12} F$$

Daya pada kapasitor;

$$P = V \times i \quad \rightarrow \text{dimana; } Q = CV \quad \rightarrow V = \frac{Q}{C}$$

$$P = \frac{Q}{C} \times C \frac{dV}{dt}$$

$$P = Q \frac{dV}{dt}$$

$$P = CV \cdot \frac{dV}{dt} \quad (\text{watt})$$

Energi (W)

Daya P adalah energi yang dipindahkan dalam satuan waktu.

$$P = \frac{dw}{dt} \quad \rightarrow \quad \text{watt} = \text{joule/detik}$$

$$W = \int_{t_2}^{t_1} P dt \quad \rightarrow \quad \text{joule}$$

Energi (W) pada kapasitor ;

$$W = \int P dt \quad \rightarrow \quad \text{dimana ; } P = CV \cdot \frac{dV}{dt}$$

$$W = \int_{t_0}^t CV \cdot \frac{dV}{dt} \cdot dt$$

$$W = C \int_{t_0}^t V \cdot \frac{dV}{dt} \cdot dt$$

$$W = C \left\{ \frac{1}{2} (V(t))^2 - \frac{1}{2} (V(t_0))^2 \right\}$$

$$W = \underbrace{\frac{1}{2} \cdot C (V(t))^2}_{W_C(t)} - \underbrace{\frac{1}{2} \cdot C (V(t_0))^2}_{W_C(t_0)}$$

$$W_C(t_0) = 0$$

$$W_C(t) = \frac{1}{2} CV^2$$

Reactance capacitive (X_C) ;

Batas arus efektif pada kapasitor dalam rangkaian ac adalah ;

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad (\Omega)$$

Dimana ; $X_c = \text{reaktansi kapasitif (ohm)}$
 $2\pi = \text{konstanta dgn } \pi = 3,14$
 $f = \text{frekuensi (Hz)}$
 $C = \text{kapasitansi (farad)}$

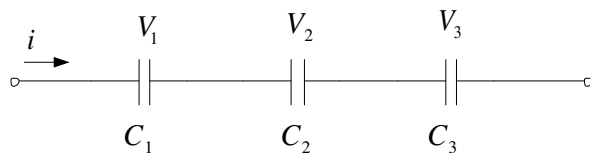
Mis ; $f = 100 \text{ Hz}$
 $C = 50 \mu\text{F}$

Maka,

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

$$X_c = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 100 \times 50 \mu\text{F}} = \frac{1}{628 \times (50 \times 10^{-6})\text{F}} = \frac{1}{0,0314} = 31,85 \Omega$$

2.4.2.1. Kapasitor Hubungan Seri



$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

$$\frac{1}{C_T} \int i dt = \frac{1}{C_1} \int i dt + \frac{1}{C_2} \int i dt + \frac{1}{C_3} \int i dt$$

$$\frac{1}{C_T} \int i dt = \int i dt \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)$$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Pembagi tegangan ;

$$V_1 = \frac{1}{C_1} \int i dt$$

$$V_2 = \frac{1}{C_2} \int i dt$$

$$V_3 = \frac{1}{C_3} \int i dt$$

$$\text{Dimana ; } \rightarrow V_T = \frac{1}{C_T} \int i dt$$

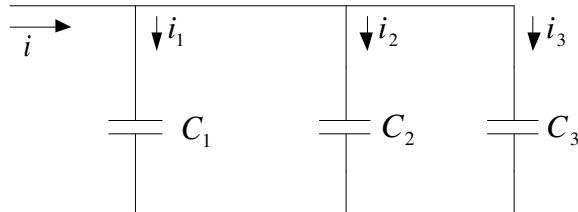
Sehingga ;

$$V_1 = \frac{C_T}{C_1} \cdot V_T$$

$$V_2 = \frac{C_T}{C_2} \cdot V_T$$

$$V_3 = \frac{C_T}{C_3} \cdot V_T$$

2.4.2.2. Kapasitor Hubungan Paralel



$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

$$C_T \frac{dv}{dt} = C_1 \frac{dv}{dt} + C_2 \frac{dv}{dt} + C_3 \frac{dv}{dt}$$

$$C_T \frac{dv}{dt} = (C_1 + C_2 + C_3) \frac{dv}{dt}$$

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$

Pembagi arus ;

$$i_1 = C_1 \frac{dV}{dt}$$

$$i_2 = C_2 \frac{dV}{dt}$$

$$i_3 = C_3 \frac{dV}{dt}$$

$$\text{Dimana ; } \rightarrow i = C_T \frac{dV}{dt} \quad \rightarrow \quad \frac{dV}{dt} = \frac{i}{C_T}$$

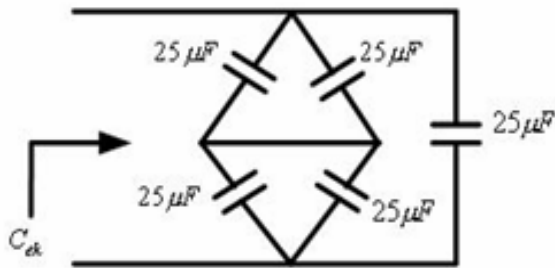
Sehingga ;

$$i_1 = \frac{C_1}{C_T} \cdot i$$

$$i_2 = \frac{C_2}{C_T} \cdot i$$

$$i_3 = \frac{C_3}{C_T} \cdot i$$

Contoh 1 : Tentukan C_{ek} pada rangkaian tersebut.



Jawab :

$$C_{p1} = 25 \mu F + 25 \mu F = 50 \mu F$$

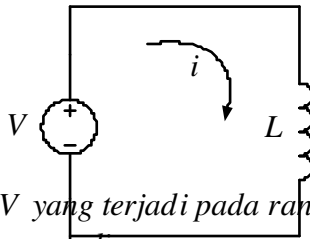
$$C_{p2} = 25 \mu F + 25 \mu F = 50 \mu F$$

$$C_s = \frac{50 \times 50}{50 + 50} = 25 \mu F$$

$$C_{ek} = C_s + 25 \mu F = 25 + 25 = 50 \mu F$$

2.4.3. INDUKTOR (L)

Elemen rangkaian yang digunakan untuk menyatakan tenaga yang tersimpan dalam sebuah medan magnet



Ketika arus yang mengalir pada inductor berubah, fluks magnet disekelilingnya akan mengalami perubahan. Perubahan fluks magnet ini mengakibatkan terjadinya *emf*.

V yang terjadi pada rangkaian tersebut ;

$$V = L \frac{di}{dt}$$

dan arus ;

$$L \frac{di}{dt} = V$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{V}{L}$$

$$di = \frac{V}{L} dt$$

$$\int di = \int \frac{V}{L} dt$$

$$i = \frac{1}{L} \int V dt$$

dimana ; L = Induktor (Henry)

$$1mH = 10^{-3} H$$

Daya pada rangkaian induktif ;

$$P = V \times i$$

$$P = L \frac{di}{dt} \times i$$

$$P = Li \frac{di}{dt}$$

Energi pada rangkaian induktif;

$$W = \int_{t_0}^t P dt \quad \rightarrow \quad \text{dimana ; } P = Li \frac{di}{dt}$$

$$W = L \int_{t_0}^t i \frac{di}{dt} dt$$

$$W = L \left\{ \frac{1}{2} (i(t))^2 - \frac{1}{2} (i(t_0))^2 \right\}$$

$$W = \frac{L}{2} \{ (i(t))^2 - (i(t_0))^2 \}$$

$$W = \underbrace{\frac{L}{2} (i(t))^2}_{W_L(t)} - \underbrace{\frac{L}{2} (i(t_0))^2}_{W_L(t_0)}$$

$$W_L(t_0) = 0$$

$$W_L(t) = \frac{1}{2} L i^2$$

Reactance induktive (X_L);

$$X_L = 2\pi f L \quad (\Omega)$$

Dimana ; $X_L = \text{reaktansi induktif (ohm)}$

$2\pi = \text{constanta dgn } \pi = 3,14$

$f = \text{frekuensi (Hz)}$

$L = \text{induktansi (henry)}$

Mis ; $f = 60 \text{ Hz}$

$L = 20 \text{ H}$

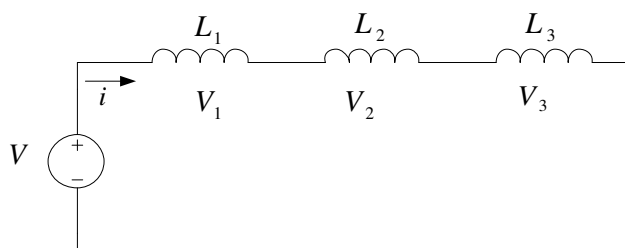
Maka,

$$X_L = 2\pi f L$$

$$X_L = 2 \times 3,14 \times 60 \text{ Hz} \times 20 \text{ H}$$

$$X_L = 7536 \Omega$$

2.4.3.2. Induktor Hubungan seri



$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$L_T \frac{di}{dt} = L_1 \frac{di}{dt} + L_2 \frac{di}{dt} + L_3 \frac{di}{dt}$$

$$\cancel{L_T \frac{di}{dt}} = \cancel{\frac{di}{dt}} (L_1 + L_2 + L_3)$$

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3$$

Pembagi tegangan :

$$V_1 = L_1 \frac{di}{dt}$$

$$V_2 = L_2 \frac{di}{dt}$$

$$V_3 = L_3 \frac{di}{dt}$$

$$\text{Dimana : } \rightarrow V = L_T \frac{di}{dt} \rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{V}{L_T}$$

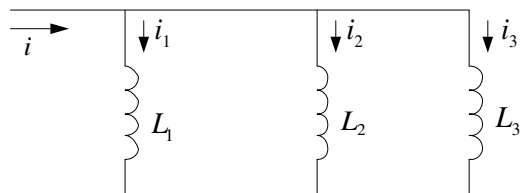
Sehingga ,

$$V_1 = \frac{L_1}{L_T} \cdot V$$

$$V_2 = \frac{L_2}{L_T} \cdot V$$

$$V_3 = \frac{L_3}{L_T} \cdot V$$

2.4.3.2.2. Induktor Hubungan Paralel



$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

$$\frac{1}{L_T} \int V dt = \frac{1}{L_1} \int V dt + \frac{1}{L_2} \int V dt + \frac{1}{L_3} \int V dt$$

$$\cancel{\frac{1}{L_T} \int V dt} = \cancel{\int V dt} \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \right)$$

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}$$

Pembagi arus :

$$i_1 = \frac{1}{L_1} \int V dt$$

$$i_2 = \frac{1}{L_2} \int V dt$$

$$i_3 = \frac{1}{L_3} \int V dt$$

Dimana : $\rightarrow i = \frac{1}{L_T} \int V dt \rightarrow \int V dt = L_T \cdot i$

$$i_1 = \frac{L_T}{L_1} \cdot i$$

$$i_2 = \frac{L_T}{L_2} \cdot i$$

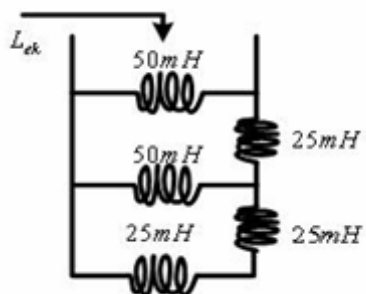
$$i_3 = \frac{L_T}{L_3} \cdot i$$

\

2.6 Penutup

2.6.1.2. Bahan Diskusi dan Tugas

Contoh 1 : Tentukan nilai L_{ek} pada gambar dibawah ini :



Jawab :

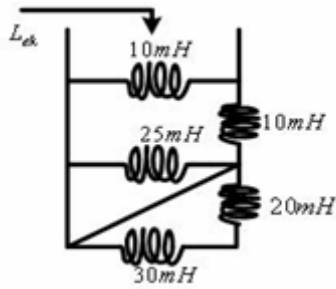
$$L_{S1} = 25mH + 25mH = 50mH$$

$$L_{S1} // 50mH \rightarrow L_{P1} = \frac{50 \times 50}{50 + 50} = 25mH$$

$$L_{S2} = L_{P1} + 25mH = 25mH + 25mH = 50mH$$

$$L_{S2} // 50mH \rightarrow L_{ek} = \frac{50 \times 50}{50 + 50} = 25mH$$

Contoh 2 : Tentukan nilai L_{ek} pada gambar dibawah ini :



Jawab :

$$L_{S1} = 30mH + 20mH = 50mH$$

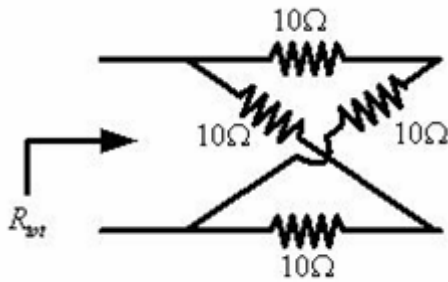
$$L_{S1} // 0 // 25mH \rightarrow L_{P1} = 0mH$$

$$L_{S2} = L_{P1} + 10mH = 0 + 10mH = 10mH$$

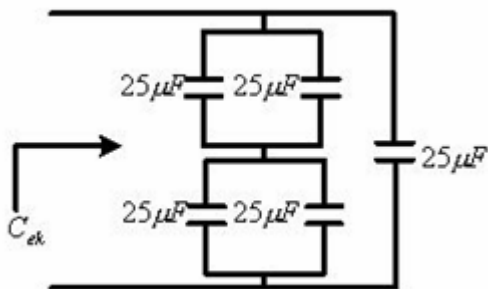
$$L_{S2} // 10mH \rightarrow L_{ek} = \frac{L_{S2} \times 10}{L_{S2} + 10} = 5mH$$

Soal – Soal Latihan

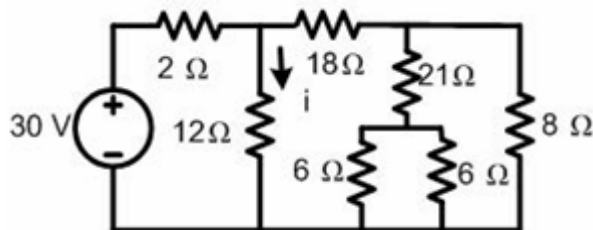
1. Tentukan tahanan totalnya :



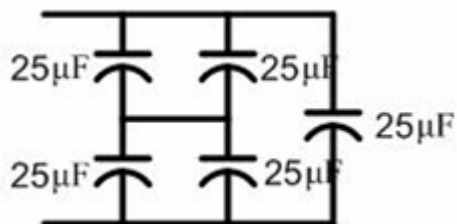
2. Tentukan C_{ek} pada gambar berikut :



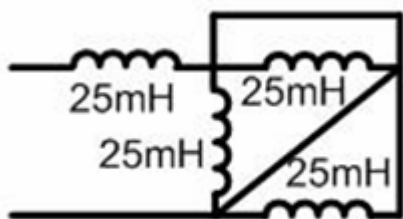
3. Tentukan R_{ek} pada rangkaian berikut :



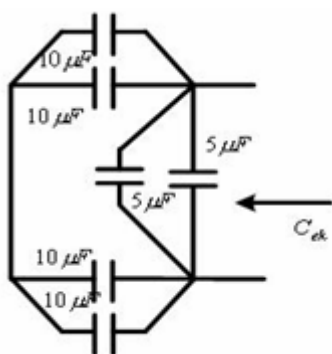
4. Tentukan C_{ek} pada rangkaian berikut :



5. Tentukan L_{ek} pada rangkaian berikut :



6. Tentukan C_{ek} pada rangkaian tersebut



2.7. Daftar Pustaka

1. "Teori dan Soal- soal Rangkaian Listrik" edisi kedua, Joseph A.Edminister, Ir.Sahat Pakpahan, Seri buku schum.1984.
2. Muhammad Ramdhani "Rangkaian listrik" thn. 2008 Penerbit Erlangga.
3. William H. Hayt, Jr., Jack E. Kemmerly, Steven M. Durbin, 2005 "Rangkaian Listrik ", edisi ke enam. Jilid 1 dan 2.Erlangga.

BAB 3

HUKUM – HUKUM DASAR RANGKAIAN

3.1 Diskripsi Singkat

Tujuan dari mempelajari hukum – hukum dasar rangkaian adalah untuk dapat memahami hukum – hukum rangkaian listrik dan pemakaian pada analisa rangkaian listrik.

3.2 Tujuan Instruksional Khusus

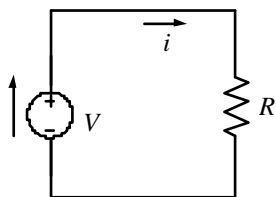
Setelah materi ini diajarkan mahasiswa dapat menjelaskan tentang hukum dasar rangkaian listrik yaitu hukum ohm, kirchoff arus, kirchof tegangan dan resistor seri paralel dan dapat menganalisa rangkaian listrik.

3.3 Penyajian

3.3.1. Hukum Ohm

Jika sebuah penghantar atau resistansi atau hantaran dilewati oleh sebuah arus maka pada kedua ujung penghantar tersebut akan muncul beda potensial, atau Hukum Ohm menyatakan bahwa tegangan melintasi berbagai jenis bahan pengantar adalah berbanding lurus dengan arus yang mengalir melalui bahan tersebut.

Secara matematis : $V = R \times i \rightarrow i = \frac{V}{R}$



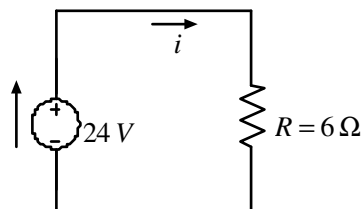
Hubungan daya dengan hukum ohm ;

$$P = V \times i$$

$$P = R \times i \times i = i^2 \times R$$

$$P = V \times i \quad \rightarrow \quad P = V \times \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R}$$

Contoh 1 ;



Dik ; $V = 24 \text{ Volt}$ $R = 6 \Omega$

Dit ; i dan P

Jawab ;

$$i = \frac{V}{R} = \frac{24}{6} = 4 \text{ Ampere}$$

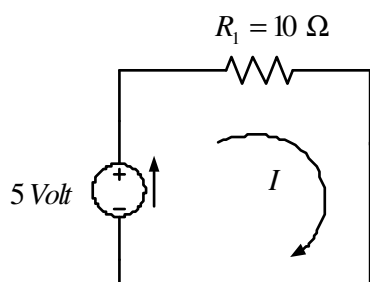
$$P = V \times i = 24 \times 4 = 96 \text{ Watt}$$

atau,

$$P = i^2 \times R = 4^2 \times 6 = 96 \text{ Watt}$$

$$P = \frac{V^2}{R} = \frac{24^2}{6} = \frac{576}{6} = 96 \text{ Watt}$$

Contoh 2 ;



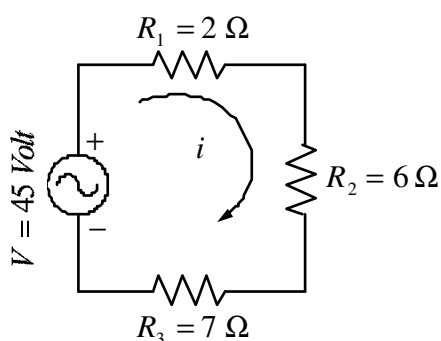
Dari rangkaian disamping carilah arus I dan hitung daya yang diserap oleh resistor.

Jawab ;

$$I = \frac{V}{R_1} = \frac{5}{10} = 0,5 \text{ Ampere}$$

$$P_{R1} = I^2 \times R_1 = 0,5^2 \times 10 \Omega = 2,5 \text{ Watt}$$

Contoh 3 ;



Dari rangkaian disamping ;

Tentukan ; daya yang diserap masing –masing resistor.

Jawab ;

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

$$i = \frac{45}{15} = 3 \text{ Ampere}$$

Daya pada resistor R_1 adalah ; $P_{R1} = i^2 \times R_1 = 3^2 \times 2 = 18 \text{ Watt}$

Daya pada resistor R_2 adalah ; $P_{R2} = i^2 \times R_2 = 3^2 \times 6 = 54 \text{ Watt}$

Daya pada resistor R_3 adalah ; $P_{R_3} = i^2 \times R_3 = 3^2 \times 7 = 63 \text{ Watt}$

Maka, daya total adalah ; $P_T = P_{R_1} + P_{R_2} + P_{R_3} = 18 + 54 + 63 = 135 \text{ Watt}$

atau,

$$P = V \times i = 45 \times 3 = 135 \text{ Watt}$$

Contoh : 4

Jika pada suatu rangkaian diberikan tegangan 10 V, maka timbul arus sebesar 2 A. Berapa arus yang muncul jika tegangan yang diberikan pada rangkaian tersebut sebesar 15 V.

Jawab :

$$R = \frac{V}{I} = \frac{10}{2} = 5 \Omega$$

$$\Rightarrow I = \frac{V}{R} = \frac{15}{5} = 3 \text{ A}$$

Contoh : 5

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

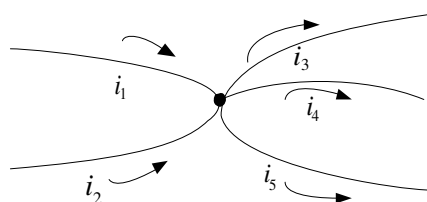
Jawab :

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

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

3.3.2. Hukum Kirchoff (ttg arus, KCL = Kirchoff Current Law)

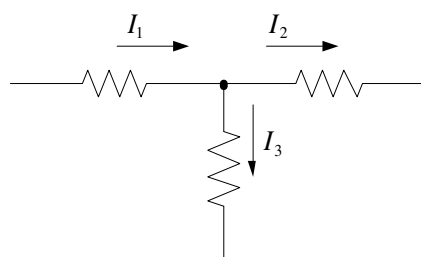
“Jumlah arus yang menuju titik cabang sama dengan jumlah arus yang meninggalkan titik cabang”



$$i_1 + i_2 = i_3 + i_4 + i_5$$

atau ,

$$i_1 + i_2 - i_3 - i_4 - i_5 = 0$$



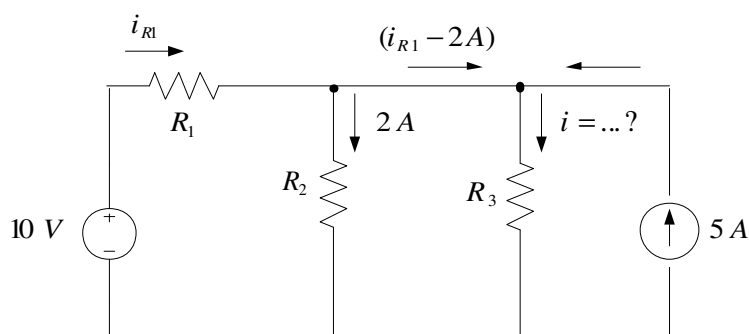
$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

Cabang ; merupakan jalan tunggal dalam sebuah jaringan yang dibentuk dari sebuah elemen sederhana dan simpul pada tiap ujung elemen tersebut.

Simpul ; sebuah titik dimana dua atau lebih elemen yang mempunyai hubungan yang sama.

Loop ; lintasan tertutup yaitu ; lintasan dimana simpul tempat kita mulai adalah sama dengan dimana simpul kita terakhir.

Contoh 1: Hitunglah arus yang melewati resistor R_3 , jika diketahui bahwa sumber tegangan memasok arus sebesar 3 A.



Jawab ;

Identifikasikan maksud dan tujuan yang hendak dicapai dari soal tersebut ;

- Arus yang melewati resistor R_3 telah diberi label i sebagaimana terlihat pada rangkaian diatas.
- Arus ini mengalir dari node atas R_3 , yang dihubungkan pada tiga buah cabang rangkaian yang lain. Arus yang mengalir masuk ke dalam node dari masing-masing cabang akan ditambahkan untuk membentuk arus i .
- Dengan menjumlahkan arus-arus yang mengalir masuk kedalam node akan diperoleh persamaan ;

$$i_{R1} - 2 - i + 5 = 0$$

- Pada sumber tegangan 10 Volt memasok arus sebesar 3 A, menunjukkan bahwa arus ini merupakan i_{R1}

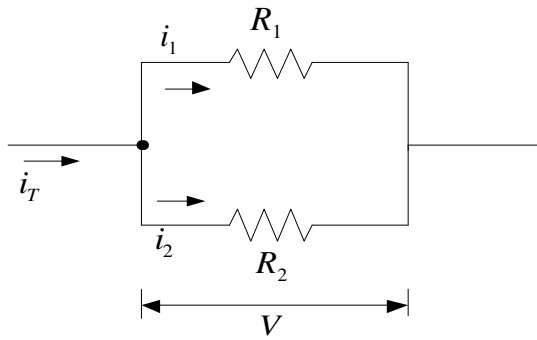
Maka, akan didapat ; $i_{R1} - 2 - i + 5 = 0$

$$i = i_{R1} - 2 + 5$$

$$i = 3 - 2 + 5$$

$$i = 6 \text{ A}$$

Contoh 2 ; Tentukan arus yang melewati resistor



Jawab ;

$$i_1 = \frac{V}{R_1}$$

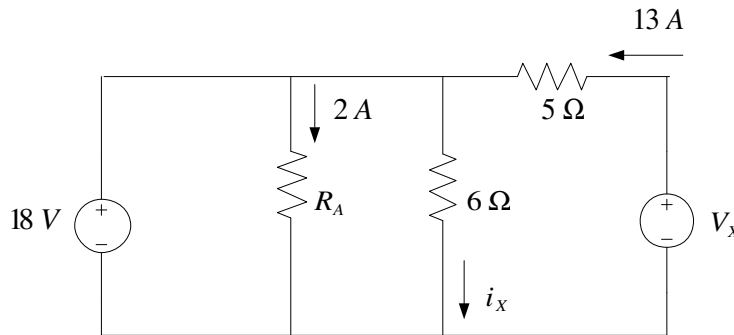
$$i_2 = \frac{V}{R_2}$$

$$i_T = i_1 + i_2$$

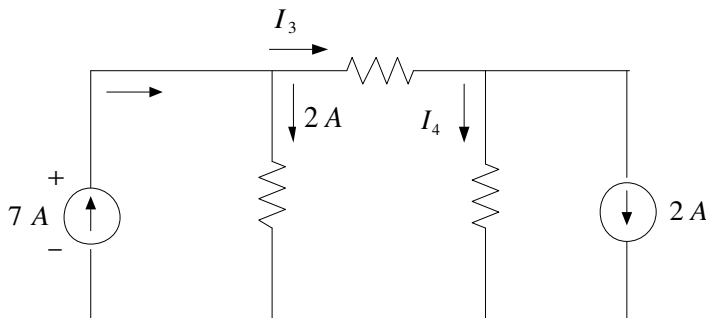
Soal -Soal Latihan

1. Dik ; $i_x = 3 A$ dan sumber $18 Volt$ mengalirkan *arus sebesar 8 A*.

Dit ; Berapakan nilai R_A .

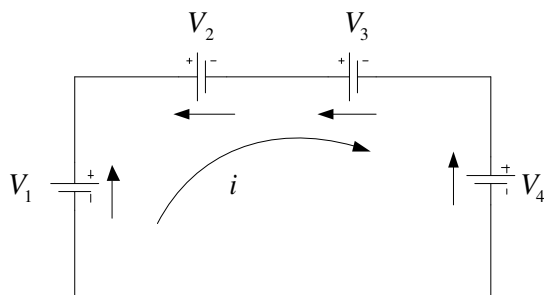


2. Tentukan arus I_3 dan arus I_4



3.3.3. Hukum Kirchoff (ttg tegangan, KVL = Kirchhoff Voltage Law)

“Jumlah aljabar seluruh tegangan mengelilingi sebuah rangkaian tertutup adalah nol”



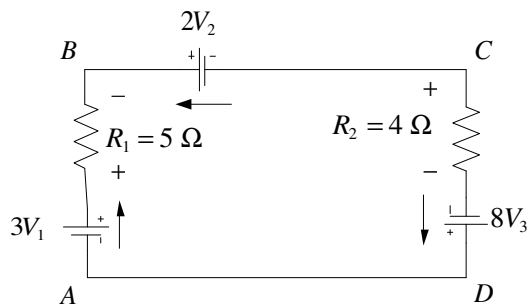
$$V_1 = V_2 + V_3 + V_4$$

$$V_1 - V_2 - V_3 - V_4 = 0$$

Prosedur umum yang ditempuh dalam menetapkan persamaan rangkaian adalah sebagai berikut ;

- Tarik panah potensial dari kabel negative ke positif
- Tentukan arah aliran arus
- Disamping tiap resistor, gambarkan panah beda potensial dengan arah yang berlawanan dengan aliran arus
- Tuliskan persamaan tegangan kirchoff (KVL) yang dimulai pada sembarang titik dan berakhir pada titik itu pula

Contoh 1: Tentukan ; arus (I) dalam rangkaian.



Jawab ;

$$V_1 - IR_1 - V_2 - IR_2 + V_3 = 0$$

$$V_1 - V_2 + V_3 = IR_1 + IR_2$$

$$3 - 2 + 8 = I(5 + 4)$$

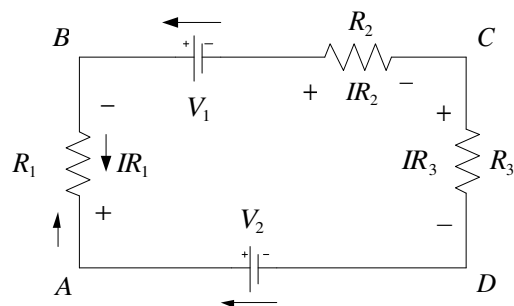
$$9 = I(9)$$

$$I = \frac{9}{9} = 1 \text{ Ampere}$$

Dengan cara ketemu kutup ;

$$-V_1 + IR_1 + V_2 + IR_2 - V_3 = 0$$

Contoh 2: Tentukan : I arus yg mengalir pada rangkaian.



Jawab ;

Loop ABCD ;

$$-IR_1 - V_1 - IR_2 - IR_3 + V_2 = 0$$

$$V_2 - V_1 = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

$$V_2 - V_1 = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$I = \frac{V_2 - V_1}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Jika ; $R_1 = 5 \Omega$, $R_2 = 3 \Omega$, $R_3 = 4 \Omega$

$V_1 = 10 \text{ volt}$, $V_2 = 25 \text{ volt}$

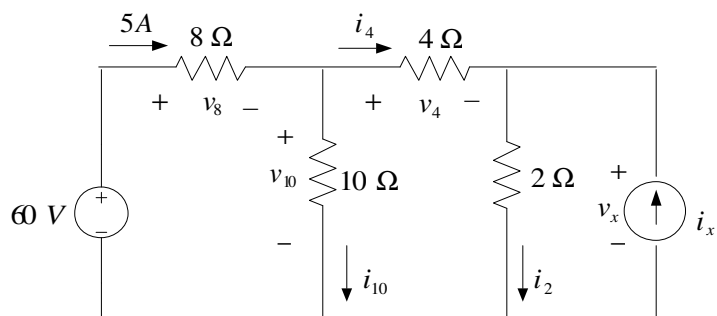
Maka arus (I) adalah ;

$$I = \frac{25 - 10}{5 + 3 + 4} = \frac{15}{12}$$

$I = 1,25 \text{ Ampere}$

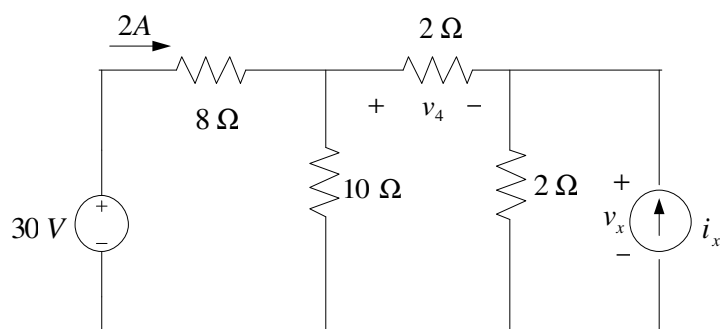
Soal – Soal Latihan

1. Tentukan ; V_x dalam rangkaian.

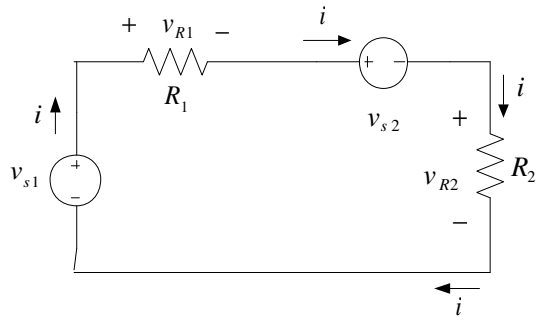


2. Tentukan ; V_x dalam rangkaian.

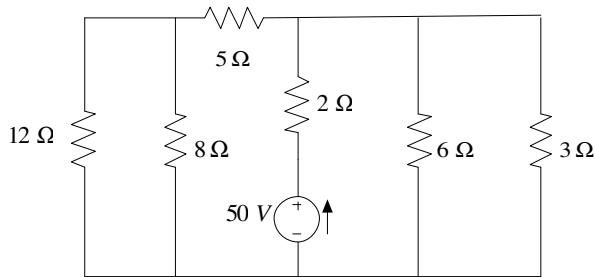
Kunci ; 12,8 volt



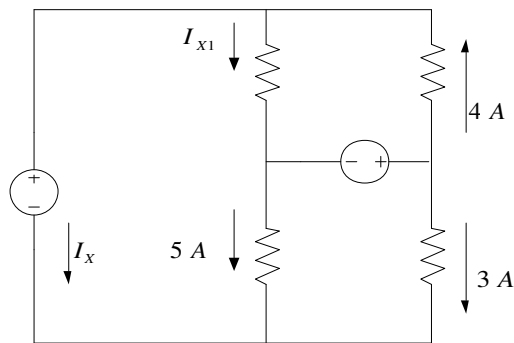
3. Tentukan arus dalam rangkaian



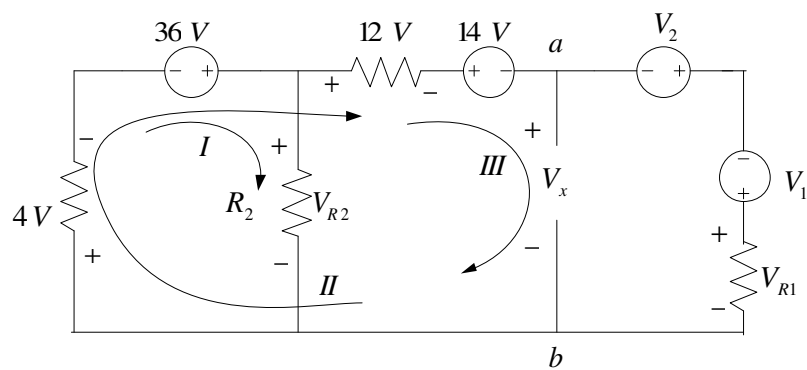
Dari gambar dibawah, berapa besar arus yang diberikan oleh sumber tegangan 50 V



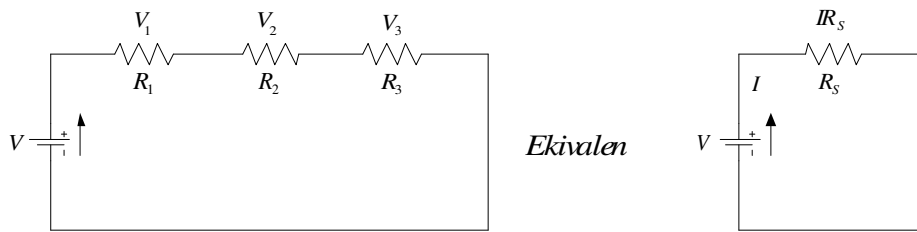
4. Dit ; I_X dan I_{X1}



5. Pada gambar dibawah tentukan ; V_{R2} dan V_X



3.4 Rangkaian Seri



Arus yang mengalir pada setiap elemen sama besarnya.

$$R_s = R_1 + R_2 + R_3$$

$$V_1 = I \cdot R_1$$

$$V_2 = I \cdot R_2$$

$$V_3 = I \cdot R_3$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

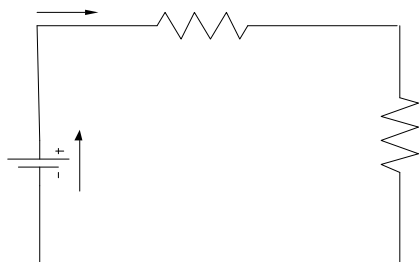
$$V = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3$$

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

$$V = I \cdot R_s \quad \rightarrow \quad I = \frac{V}{R_s}$$

$R_s =$ Tahanan resistor seri

3.4.1. Prinsip Pembagian Tegangan Pada Rangkaian Seri



Arus pada rangkaian seri sama, yang berbeda adalah : drop tegangannya.

$$V_1 = I \cdot R_1$$

$$V_2 = I \cdot R_2$$

$$V = I \cdot R_s \quad \rightarrow \quad R_s = R_1 + R_2$$

Untuk $V_1 = \dots$,

$$V_1 = I \cdot R_1 \quad \rightarrow \quad I = \frac{V_1}{R_1} \quad \dots (1)$$

$$V = I \cdot R_s \quad \rightarrow \quad I = \frac{V}{R_s} \quad \dots (2)$$

Substitusi pers. 1 dan 2 didapat :

$$\frac{V_1}{R_1} = \frac{V}{R_s} \quad \rightarrow \quad V_1 = \frac{R_1}{R_s} \cdot V$$

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

Untuk $V_2=...$,

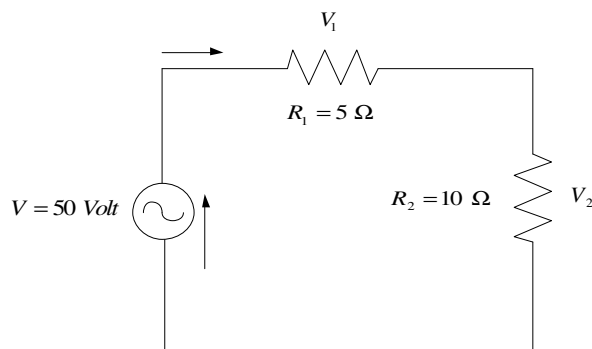
$$V_2 = IR_2 \quad \rightarrow \quad I = \frac{V_2}{R_2} \quad \dots (3)$$

Substitusi pers. 3 dan 2 didapat :

$$\frac{V_2}{R_2} = \frac{V}{R_s} \quad \rightarrow \quad V_2 = \frac{R_2}{R_s} \cdot V$$

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

Contoh 1: Tentukan : drop tegangan pada R_1 dan R_2 (Gunakan aturan pembagi tegangan)



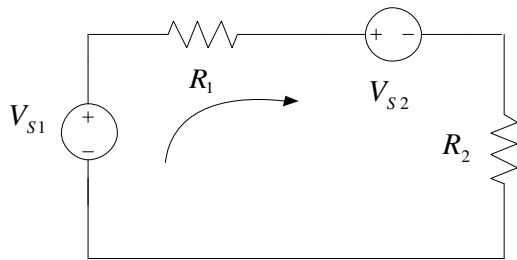
Jawab :

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V = \frac{5}{15} \cdot 50 = \frac{250}{15} = 16,67 \text{ Volt}$$

$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V = \frac{10}{15} \cdot 50 = \frac{500}{15} = 33,33 \text{ Volt}$$

Maka,

$$V = V_1 + V_2 = 16,67 + 33,33 = 50 \text{ Volt}$$

Contoh 2:

Dik ; $V_{S1} = 220 \text{ Volt}$, $R_1 = 25 \Omega$
 $V_{S2} = 20 \text{ Volt}$, $R_2 = 15 \Omega$

Dit ; a. Arus yang mengalir
 b. Tegangan pada setiap resistor
 c. Daya yang diserap setiap resistor

Jawab ;

$$a. I = \frac{V_{S1} - V_{S2}}{R_1 + R_2} = \frac{220 - 20}{25 + 15} = 5 \text{ A}$$

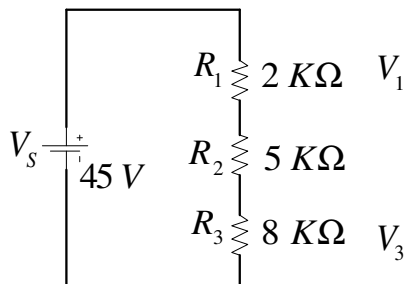
$$b. V_{R1} = I \cdot R_1 = 5 \times 25 = 125 \text{ Volt} \quad \text{atau, } V_{R1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V_{S1} - V_{S2}$$

$$V_{R2} = I \cdot R_2 = 5 \times 15 = 75 \text{ Volt}$$

$$c. P_{R1} = I^2 \cdot R_1 = 5^2 \times 25 = 625 \text{ Watt}$$

$$P_{R2} = I^2 \cdot R_2 = 5^2 \times 15 = 375 \text{ Watt}$$

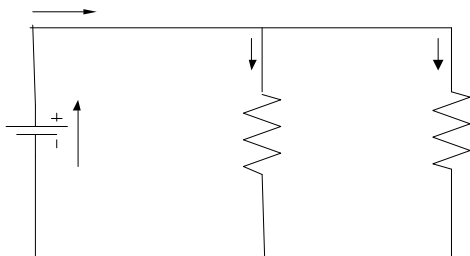
Contoh 3: Gunakan aturan pembagi tegangan, untuk menentukan V_1 dan V_3 untuk rangkaian seri pada gambar berikut :

**Jawab :**

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} \cdot V_s$$

$$V_3 = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \cdot V_s$$

3.5 Rangkaian Paralel



$$I_T = I_1 + I_2 \quad \dots (4)$$

$$I_T = \frac{V}{R_T} \quad \dots (5)$$

$$I_1 = \frac{V}{R_1} \quad \dots (6)$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} \quad \dots (7)$$

Substitusi pers. (5)(6)(7) ke pers.(4) ;

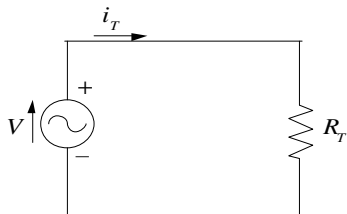
$$I_T = I_1 + I_2$$

$$\frac{V}{R_T} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2}$$

$$V \left(\frac{1}{R_T} \right) = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \text{atau,} \quad R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Rangkaian setara dengan ;



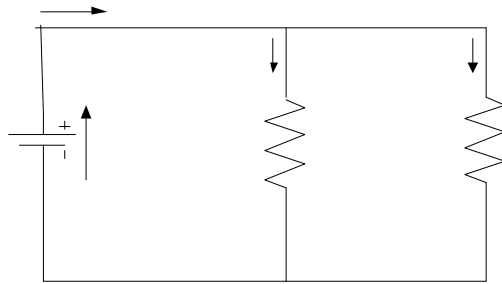
Bila rangkaian terdapat n resistor yang paralel (*mis*; R_1, R_2, R_3, R_4), maka tahanan ekivalen rangkaian paralel adalah ;

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}$$

Tapi, untuk dua resistor R_1 dan R_2 yang diparalel, maka tahanan ukurannya dapat ditentukan ;

$$R_p = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

3.5.1 Prinsip Pembagian Arus Pada Rangkaian Paralel



“ Arti rangkaian paralel ; komponen dikatakan berhubungan paralel satu sama lain bila tegangan yang melintasinya adalah sama ”

$$V_1 = I_1 \cdot R_1$$

$$V_2 = I_2 \cdot R_2$$

$$V = I_T \cdot R_p \quad \rightarrow \quad R_p = \text{tahanan resistor paralel}$$

Pada hubungan paralel tegangan adalah sama.

$$V = V_1 = V_2$$

Untuk, $I_1 = \dots$.

$$I_1 \cdot R_1 = I_T \cdot R_p$$

$$I_1 = \frac{R_p}{R_1} \cdot I_T = \frac{R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)}{R_1} \cdot I_T$$

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I_T$$

Untuk, $I_2 = \dots$.

$$I_2 \cdot R_2 = I_T \cdot R_p$$

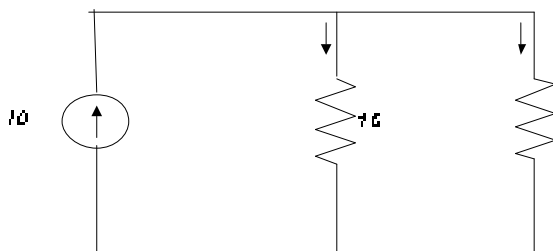
$$I_2 = \frac{R_p}{R_2} \cdot I_T = \frac{R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)}{R_2} \cdot I_T$$

$$I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I_T$$

3.6 Penutup

3.6.1 Bahan Diskusi dan Tugas

Contoh 1: Gunakan aturan pembagi arus, untuk menentukan i_1 dan i_2 pada gambar berikut :



Jawab:

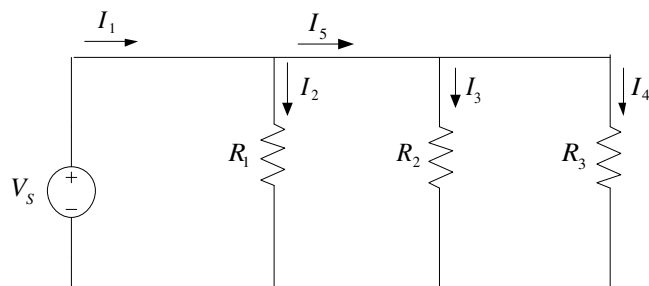
$$i_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot i = \frac{5}{10 + 5} \cdot 10 \text{ A} = \frac{50}{15} \text{ Ampere}$$

$$i_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot i = \frac{10}{10 + 5} \cdot 10 \text{ A} = \frac{100}{15} \text{ Ampere}$$

$$i = i_1 + i_2 = \frac{50}{15} + \frac{100}{15} = \frac{150}{15} = 10 \text{ Ampere}$$

arus i = arus i_1 ditambah arus i_2

Contoh 2 ;



Jawab ;

$$I_1 - I_2 - I_5 = 0$$

$$\text{dimana ; } I_5 = I_3 + I_4$$

maka ;

$$I_1 - I_2 - (I_3 + I_4) = 0$$

$$I_1 - I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

$$I_1 = \frac{V_s}{R_1} + \frac{V_s}{R_2} + \frac{V_s}{R_3}$$

$$I_1 = V_s \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

Contoh 3 ;

Jika; $V_s = 24 \text{ Volt}$,

$R_1 = 10 \Omega$, $R_2 = 15 \Omega$, $R_3 = 20 \Omega$

Tentukan ; a). arus yang mengalir pada setiap elemen
 b). daya yang diserap setiap elemen

Jawab ;

a). $I_1 = V_s \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$

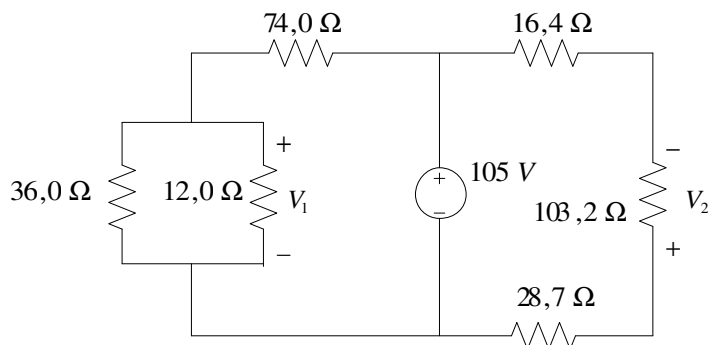
$$I_2 = \frac{V_s}{R_1} \quad , \quad I_3 = \frac{V_s}{R_2} \quad , \quad I_4 = \frac{V_s}{R_3}$$

$$I_5 = I_3 + I_4$$

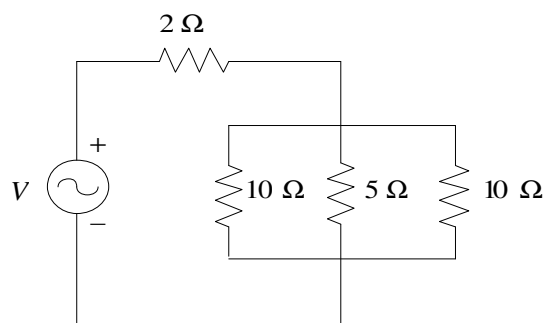
b). $P_{R2} = I_2^2 \times R_1$, $P_{R3} = I_3^2 \times R_2$, $P_{R4} = I_4^2 \times R_3$

Soal – Soal Latihan

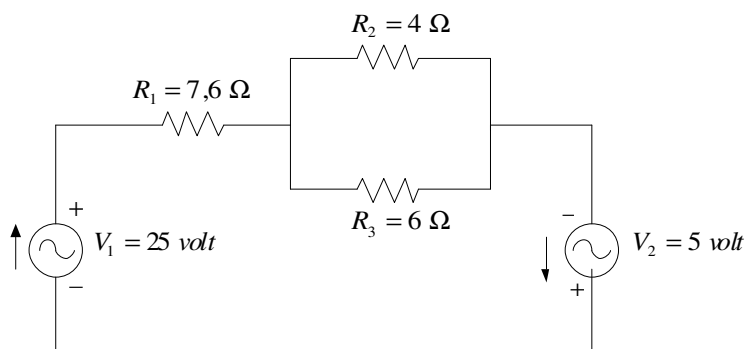
1. Dengan menggunakan aturan pembagi tegangan, hitung V_1 dan V_2 pada rangkaian dibawah ini.



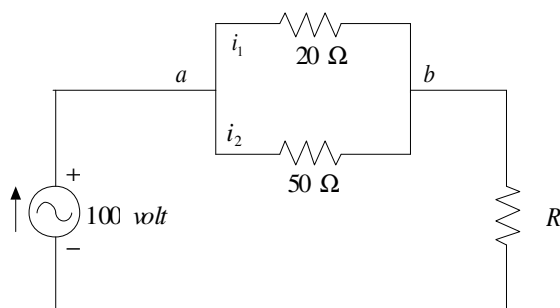
2. Tentukan tegangan (V) jikan arus pada tahanan 5 Ω adalah 14 Ampere



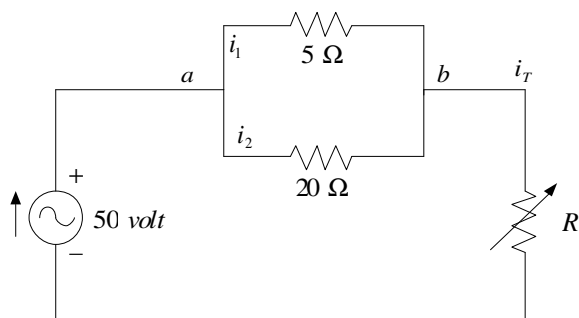
3. Tentukan daya yang disupply oleh masing-masing sumber



4. Jika drop tegangan pada tahanan R adalah 25 volt, maka tentukan harga tahanan R tersebut.



5. Bila daya pada tahanan 5Ω adalah 20 watt. Hitung harga tahanan variable R



3.7 Daftar Pustaka

1. Teori dan Soal- soal Rangkaian Listrik“ edisi kedua, Joseph A.Edminister, Ir.Sahat Pakpahan, Seri buku schum.1984.
2. Muhammad Ramdhani “Rangkaian listrik” thn. 2008 Penerbit Erlangga.
3. William H. Hayt, Jr., Jack E. Kemmerly, Steven M. Durbin, 2005 “Rangkaian Listrik ”, edisi ke enam. Jilid 1 dan 2.Erlangga.
4. Joseph A. Edminister, 1983, “Electric Circuit”, Mc-graw-Hill.

BAB 4

BILANGAN KOMPLEKS

4.1. Diskripsi Singkat

Tujuan dari mempelajari materi bilangan kompleks adalah untuk dapat memahami operasi bilangan kompleks.

4.2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah materi ini diajarkan mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan operasi bilangan kompleks, konversi rectangular ke polar. Penjumlahan, pengurangan perkalian dan pembagian dua buah bilangan kompleks.

4.3. Penyajian

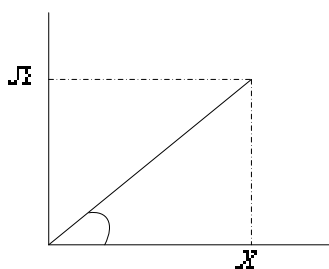
4.3.1. Bilangan Kompleks

Bilangan kompleks Z adalah sebuah bilangan dalam bentuk $X + jY$, dimana X dan Y adalah bilangan nyata dan $j = \sqrt{-1}$

$$X = r \cos \theta$$

$$Y = r \sin \theta \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned} Z &= X \pm jY \\ Z &= r \cos \theta + j r \sin \theta \\ Z &= r (\cos \theta + j \sin \theta) \end{aligned}$$

dimana : $r = \sqrt{X^2 + Y^2}$



$$\tan \theta = \frac{y}{x}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y}{x}$$

Bentuk Bilangan kompleks :

1. Bentuk Rectanguler $\Rightarrow Z = X + jY$
2. Bentuk Polar $\Rightarrow Z = r \angle \theta$
3. Bentuk Exsponensial $\Rightarrow Z = r e^{j\theta}$
4. Bentuk Trigonometri $\Rightarrow Z = r (\text{Cos } \theta + j \text{Sin } \theta)$

Rumus Euler

$$e^{j\theta} = (\text{Cos } \theta + j \text{Sin } \theta)$$

Sehingga,

$$Z = r (\text{Cos } \theta + j \text{Sin } \theta)$$

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

4.3.1.1. Bentuk Polar kedalam Bentuk Rectangular

Contoh 1 : Nyatakan $Z = 50 \angle 53,1^\circ$ kedalam bentuk rectangular

Jawab :

$$Z = 50 \angle 53,1^\circ \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned} r &= 50 \\ \theta &= 53,1 \end{aligned}$$

Kedalam bentuk rectangular :

$$Z = x + jy$$

$$x = r \text{Cos } \theta = 50 \text{Cos } 53,1$$

$$y = r \text{Sin } \theta = 50 \text{Sin } 53,1$$

maka,

$$Z = r (\text{Cos } \theta + j \text{Sin } \theta)$$

$$Z = 50 (\text{Cos } 53,1^\circ + j \text{Sin } 53,1^\circ)$$

$$Z = 50 (0,6 + j0,8)$$

$$Z = 30 + j40$$

4.3.1.2. Bentuk Rectangular kedalam Bentuk Polar

Contoh 2: Nyatakan $Z = -10 + j 20$ kedalam *bentuk polar*.

Jawab :

$$Z = -10 + j 20$$

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

$$\tan \theta = \frac{y}{x}$$

$$r = \sqrt{10^2 + 20^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y}{x}$$

$$r = \sqrt{500}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{20}{-10}$$

$$r = 22,36$$

$$\theta = \tan^{-1} (-2) = -63,4^\circ$$

jadi bentuk polar-nya adalah:

$$Z = r \angle \theta \quad \rightarrow \quad Z = 22,36 \angle -63,4^\circ$$

4.3.1.3. Penjumlahan dua buah bilangan kompleks.

$$Z_1 = 5 - j2$$

$$Z_2 = -3 - j8$$

Jawab :

$$\begin{aligned} Z_1 + Z_2 &= (5 - j2) + (-3 - j8) \\ &= 5 - 3 - j2 - j8 \\ &= 2 - j10 \end{aligned}$$

4.3.1.4. Pengurangan dua buah bilangan kompleks

$$Z_1 = 5 - j2$$

$$Z_2 = -3 - j8$$

Jawab:

$$\begin{aligned} Z_1 - Z_2 &= (5 - j2) - (-3 - j8) \\ &= 5 + 3 - j2 + j8 \\ &= 8 - j6 \end{aligned}$$

4.3.1.5. Perkalian dua buah bilangan kompleks

a. *Bentuk Rectangular*

$$Z_1 = x_1 + jy_1$$

$$Z_2 = x_2 + jy_2$$

Jawab:

$$\begin{aligned} Z_1 \cdot Z_2 &= (x_1 + jy_1) \cdot (x_2 + jy_2) \\ &= x_1x_2 + jx_1y_2 + jx_2y_1 + j^2y_1y_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{dimana : } \Rightarrow \quad j^2 &= -1 \\ &= x_1x_2 + jx_1y_2 + jx_2y_1 - y_1y_2 \\ &= (x_1x_2 - y_1y_2) + j(x_1y_2 + x_2y_1) \end{aligned}$$

b. *Bentuk polar*

$$Z_1 = r_1 \angle \theta_1$$

$$Z_2 = r_2 \angle \theta_2$$

Jawab:

$$\begin{aligned} Z_1 \cdot Z_2 &= r_1 \angle \theta_1 \cdot r_2 \angle \theta_2 \\ &= r_1 \cdot r_2 \angle \theta_1 + \theta_2 \end{aligned}$$

c. *Bentuk eksponensial*

$$Z_1 = r_1 e^{j\theta_1}$$

$$Z_2 = r_2 e^{j\theta_2}$$

Jawab :

$$\begin{aligned} Z_1 \cdot Z_2 &= (r_1 e^{j\theta_1}) \cdot (r_2 e^{j\theta_2}) \\ &= r_1 \cdot r_2 e^{j(\theta_1 + \theta_2)} \end{aligned}$$

4.3.1.6. Pembagian dua buah bilangan kompleksa. *Bentuk Rectangular*

$$Z_1 = x_1 + jy_1$$

$$Z_2 = x_2 + jy_2$$

Jawab:

$$\begin{aligned} \frac{Z_1}{Z_2} &= \frac{x_1 + jy_1}{x_2 + jy_2} \cdot \frac{(x_2 - jy_2)}{(x_2 - jy_2)} \\ &= \frac{x_1x_2 - jx_1y_2 + jx_2y_1 - j^2y_1y_2}{x_2^2 - jx_2y_2 + jx_2y_2 - j^2y_2^2} \\ &= \frac{x_1x_2 + j(x_2y_1 - jx_1y_2) + y_1y_2}{x_2^2 + y_2^2} \end{aligned}$$

b. *Bentuk polar*

$$Z_1 = r_1 \angle \theta_1$$

$$Z_2 = r_2 \angle \theta_2$$

Jawab :

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{r_1 \angle \theta_1}{r_2 \angle \theta_2} = \frac{r_1}{r_2} \angle \theta_1 - \theta_2$$

c. *Bentuk exponensial*

$$Z_1 = r_1 e^{j\theta_1}$$

$$Z_2 = r_2 e^{j\theta_2}$$

Jawab :

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{r_1 e^{j\theta_1}}{r_2 e^{j\theta_2}} = \frac{r_1}{r_2} e^{j(\theta_1 - \theta_2)}$$

Catatan:

1. Penjumlahan dan pengurangan bilangan kompleks sebaiknya dalam bentuk rectangular.
2. Perkalian dan pembagian bilangan kompleks sebaiknya dalam bentuk polar.

4.4. Penutup

4.4.1. Bahan Diskusi dan Tugas

1. Hitunglah perkalian dari dua bilangan kompleks dibawah ini :

a.) $Z_1 = 2 + j3$

$$Z_2 = -1 - j3$$

b.) $Z_1 = 2 \angle 30^\circ$

$$Z_2 = 5 \angle -45^\circ$$

c.) $Z_1 = 5e^{j\frac{\pi}{3}}$

$$Z_2 = 2e^{-j\frac{\pi}{6}}$$

2. Hitunglah pembagian dari dua bilangan kompleks dibawah ini :

a.) $Z_1 = 4 - j5$

$$Z_2 = 1 + j2$$

b.) $Z_1 = 2 \angle 45^\circ$

$$Z_2 = 5 \angle 30^\circ$$

c.) $Z_1 = 10e^{j\frac{\pi}{2}}$

$$Z_2 = 5e^{-j\frac{\pi}{6}}$$

3. Ubahlah bentuk polar ke rectangular :

- a.) $40\angle 10^\circ$
- b.) $80\angle -98^\circ$
- c.) $150\angle -5^\circ$

4. Ubahlah bentuk rectangular ke polar :

- a.) $5 + j2$
- b.) $5 + j0,3$
- c.) $3 + j4$

4.5. Daftar Pustaka

1. Teori dan Soal- soal Rangkaian Listrik“ edisi kedua, Joseph A.Edminister, Ir.Sahat Pakpahan, Seri buku schum.1984.
2. Muhammad Ramdhani “Rangkaian listrik” thn. 2008 Penerbit Erlangga.
3. William H. Hayt, Jr., Jack E. Kemmerly, Steven M. Durbin, 2005 “*Rangkaian Listrik* ”, edisi ke enam. Jilid 1 dan 2.Erlangga.
4. Joseph A. Edminister, 1983, “*Electric Circuit*”, Mc-graw-Hill.

BAB 5

IMPEDANSI KOMPLEKS

5.1. Diskripsi Singkat

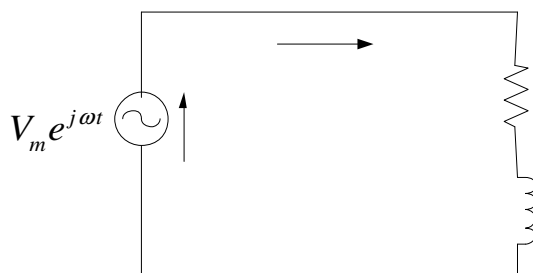
Tujuan dari mempelajari materi impedansi kompleks adalah untuk dapat memahami rangkaian impedansi kompleks.

5.2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah materi ini diajarkan mahasiswa dapat memahami dan menganalisa rangkaian impedansi kompleks, rangkaian seri RL, rangkaian seri RC, rangkaian seri paralel dan admitansi.

5.3. Penyajian

5.3.1..Rangkaian Seri RL



Menurut hukum kirchoff tegangan pers. rangkaian loop diatas adalah :

$$R \cdot i(t) + L \frac{di(t)}{dt} = V_m e^{j\omega t} \quad \text{..... (1)}$$

Persamaan differensial linier orde 1.

diselesaikan dengan substitusi : $i(t) = Ke^{j\omega t}$ (2)

Substitusikan pers. (2) ke (1) :

$$R \cdot Ke^{j\omega t} + L \frac{d}{dt} Ke^{j\omega t} = V_m e^{j\omega t}$$

$$R \cdot Ke^{j\omega t} + j\omega L \cdot Ke^{\omega t} = V_m e^{j\omega t}$$

$$(R + j\omega L) \cdot Ke^{j\omega t} = V_m e^{j\omega t}$$

$$K = \frac{V_m}{R + j\omega L} \quad \dots\dots (3)$$

Substitusikan pers. (3) ke (2) :

$$i(t) = \frac{V_m}{R + j\omega L} \cdot e^{j\omega t}$$

karena impedansi adalah : $Z = \frac{V(t)}{i(t)}$

maka,

$$Z = \frac{V_m e^{j\omega t}}{V_m e^{j\omega t} / R + j\omega L} \quad \rightarrow \quad Z = V_m e^{j\omega t} \cdot \frac{R + j\omega L}{V_m e^{j\omega t}}$$

$$Z = R + j\omega L$$

Jadi gambar rangkaiannya adalah :

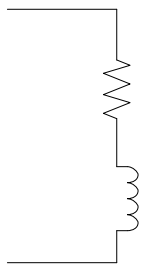
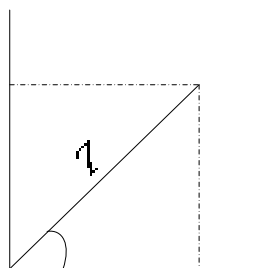


Diagram impedansinya :

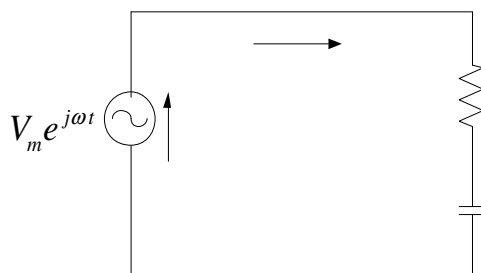


$$xL = \omega L$$

$$xL = 2\pi fL$$

$$\omega = 2\pi f$$

5.3.2. Rangkaian Seri RC



Persamaan hukum kirchoff tegangan :

$$V_R + V_C = V_m e^{j\omega t} \quad \rightarrow \quad V_R = R i(t)$$

$$V_C = \frac{1}{C} \int i(t) dt$$

$$R i(t) + \frac{1}{C} \int i(t) dt = V_m e^{j\omega t} \quad \dots (1)$$

Pers. diffirensial linier orde 1 dengan mensubsitusikan :

$$i(t) = K e^{j\omega t} \quad \dots (2)$$

Subsitusikan pers. (2) ke (1) :

$$R \cdot K e^{j\omega t} + \frac{1}{C} \int K e^{j\omega t} \cdot dt = V_m e^{j\omega t}$$

$$R \cdot K e^{j\omega t} + \frac{1}{j\omega C} \cdot K e^{j\omega t} = V_m e^{j\omega t}$$

$$\left(R + \frac{1}{j\omega C}\right) \cdot K e^{j\omega t} = V_m e^{j\omega t}$$

$$K = \frac{V_m}{R + \frac{1}{j\omega C}}$$

$$K = \frac{V_m}{R - j\frac{1}{\omega C}} \quad \dots (3)$$

Subsitusikan pers. (3) ke (2) :

$$i(t) = \frac{V_m}{R - j\frac{1}{\omega C}} \cdot e^{j\omega t}$$

dimana impedansi : $Z = \frac{V(t)}{i(t)}$

$$Z = \frac{V_m \cdot e^{j\omega t}}{V_m \cdot e^{j\omega t} / \left(R - j\frac{1}{\omega C}\right)} \quad \rightarrow \quad Z = V_m e^{j\omega t} \cdot \frac{R + j\omega L}{V_m e^{j\omega t}}$$

$$Z = R - j\frac{1}{\omega C}$$

karena, $x_C = \frac{1}{\omega C}$

maka, $Z = R - jx_C$

Jadi gambar rangkaiannya adalah :

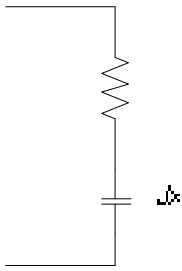
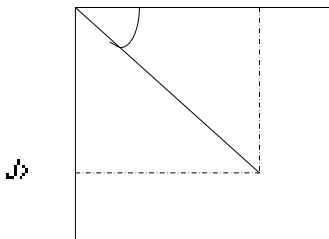


Diagram impedansinya :



5.4. Penutup

5.4.1. Bahan Diskusi dan Tugas

Contoh 1: Sebuah rangkaian RL seri dengan $R = 5 \Omega$ dan $L = 2 \text{ mH}$, mempunyai tegangan $V = 150 \sin 5000 t \text{ Volt}$

Tentukan impedansi kompleks Z

Jawab :

$$xL = \omega L$$

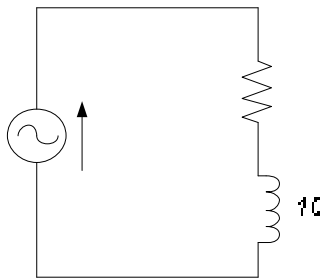
$$xL = 5000 \times 2 \times 10^{-3}$$

$$xL = 10 \Omega$$

maka,

$$Z = R + jxL$$

$$Z = 5 + j10 \quad \text{atau,} \rightarrow \quad Z = 11,18 \angle 63,4^\circ$$



Gambar Rangkaianya

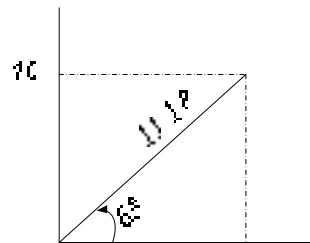


Diagram impedansinya

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

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

$$r = \sqrt{5^2 + 10^2}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{10}{5}$$

$$r = \sqrt{125}$$

$$\theta = \tan^{-1} 2$$

$$r = 11,18$$

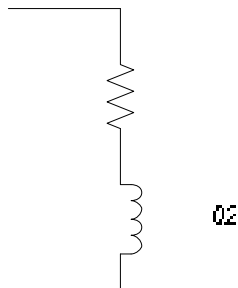
$$\theta = 63,4^\circ$$

$$Z = r \angle \theta^\circ \rightarrow Z = 11,18 \angle 63,4^\circ$$

Contoh 2: Dua elemen seri dengan $R = 20 \Omega$ dan $L = 0,02 H$, mempunyai Impedansi $Z = 40 \angle \theta^\circ$

Tentukan sudut θ° dan frekuensi (f)

Jawab :

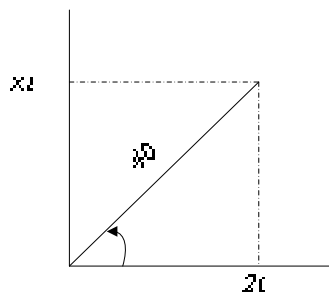


$$Z = 40 \angle \theta^\circ$$

$$Z = R + jxL$$

$$Z = 20 + jxL$$

Diagram impedansinya :



$$\cos \theta^\circ = \frac{x}{r} = \frac{R}{Z}$$

$$\cos \theta^\circ = \frac{20}{40}$$

$$\cos \theta^\circ = 0,5$$

$$\theta^\circ = \cos^{-1} 0,5$$

$$\theta^\circ = 60^\circ$$

$$\sin \theta^\circ = \frac{xL}{40}$$

$$xL = 40 \sin \theta^\circ$$

$$xL = 40 \sin 60^\circ$$

$$xL = 40 \times 0,866$$

$$xL = 34,64 \Omega$$

$$xL = \omega L$$

$$xL = 2\pi fL$$

$$34,64 = 2 \times 3,14 \times 0,02 f$$

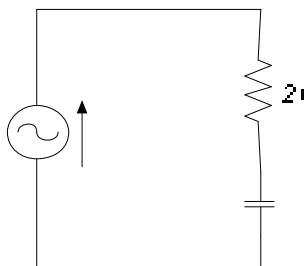
$$f = \frac{34,64}{0,1256}$$

$$f = 275,79 \text{ Hz}$$

Contoh 3: Sebuah rangkaian RC seri dengan $R = 20 \Omega$ dan $C = 5 \mu F$, mempunyai tegangan $V = 150 \cos 10000 t \text{ Volt}$

Tentukan impedansi kompleks Z

Jawab :

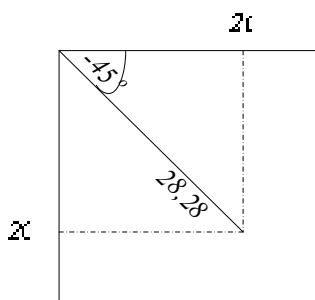


$$XC = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{10000 \times 5 \times 10^{-6}} = \frac{10^6}{5 \times 10^{-4}} = 20 \quad \Omega$$

$$Z = R - jxC$$

$$Z = 20 - j20 \quad \text{atau,} \Rightarrow \quad Z = 28,28 \angle -45^\circ \quad \Omega$$

Diagram impedansinya :



Soal – Soal Latihan

1. Gambarkan diagram fasor dan diagram impedansi serta tentukan konstanta elemen rangkaian, jika :

$$V = 311 \sin (2500t + 170^\circ) \quad \text{Volt}$$

$$i = 15,5 \sin (2500t - 145^\circ) \quad \text{Ampere}$$

2. Gambarkan diagram fasor dan diagram impedansi serta tentukan konstanta elemen rangkaian, jika :

$$V = 50 \sin (2000t - 25^\circ) \quad \text{Volt}$$

$$i = 8 \sin (2000t + 5^\circ) \quad \text{Ampere}$$

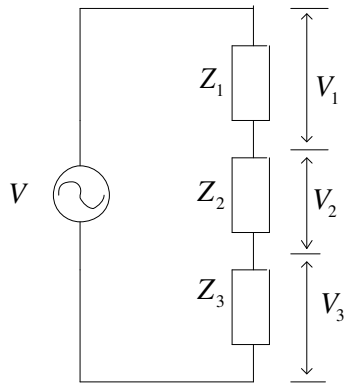
3. Gambarkan diagram fasor dan diagram impedansi serta tentukan konstanta elemen rangkaian, jika :

$$V = 28,3 \cos (800t + 150^\circ) \quad \text{Volt}$$

$$i = 11,3,5 \cos (800t + 140^\circ) \quad \text{Ampere}$$

5.5. Rangkaian Seri dan Paralel

5.5.1. Rangkaian seri



$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_1 = I \cdot Z_1$$

$$V_2 = I \cdot Z_2$$

$$V_3 = I \cdot Z_3$$

maka,

$$V = I \cdot Z_1 + I \cdot Z_2 + I \cdot Z_3$$

$$V = I \cdot (Z_1 + Z_2 + Z_3)$$

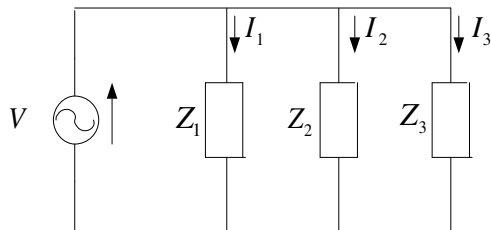
$$V = I \cdot Z_{eq}$$

dimana ; $Z_{equivalen} = Z_1 + Z_2 + Z_3$

atau,

$$I = \frac{V}{Z_{eq}}$$

5.5.2. Rangkaian Paralel



$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

$$V = V_1 = V_2 = V_3$$

$$I_1 = \frac{V}{Z_1}, \quad I_2 = \frac{V}{Z_2}, \quad I_3 = \frac{V}{Z_3}$$

maka,

$$I_T = \frac{V}{Z_1} + \frac{V}{Z_2} + \frac{V}{Z_3}$$

$$I_T = V \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} \right)$$

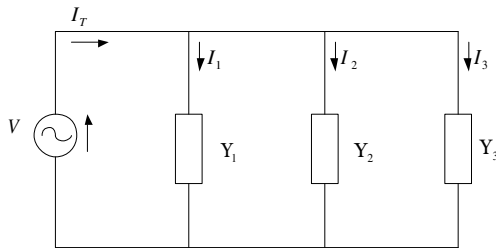
$$I_T = \frac{V}{Z_{eq}} \quad \rightarrow \quad \text{dimana ; } \frac{1}{Z_{eq}} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3}$$

5.5.3. Admitansi (Y)

dimana ; \rightarrow Admitansi ; $Y = \frac{1}{Z}$

Impedansi ; $Z = \frac{V}{I}$ \rightarrow maka ; $Y = \frac{1}{\frac{V}{I}}$

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



$$I_T = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_T = VY_1 + VY_2 + VY_3$$

$$I_T = V(Y_1 + Y_2 + Y_3)$$

$$I_T = V Y_{eq} \quad \rightarrow \quad \text{dimana ; } Y_{eq} = Y_1 + Y_2 + Y_3$$

5.6. Daftar Pustaka

1. "Teori dan Soal- soal Rangkaian Listrik" edisi kedua, Joseph A.Edminister, Ir.Sahat Pakpahan, Seri buku schum.1984.
2. Muhammad Ramdhani "Rangkaian listrik" thn. 2008 Penerbit Erlangga.
3. William H. Hayt, Jr., Jack E. Kemmerly, Steven M. Durbin, 2005 "Rangkaian Listrik ", edisi ke enam. Jilid 1 dan 2.Erlangga.
4. Joseph A. Edminister, 1983, "Electric Circuit", Mc-graw-Hill.

BAB 6

BENTUK GELOMBANG BOLAK – BOLIK

6.1. Diskripsi Singkat

Tujuan dari mempelajari bentuk gelombang bolak – balik adalah untuk dapat memahami gelombang arus bolak - balik.

6.2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah materi ini diajarkan mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan tentang bentuk gelombang bolak – balik dan menganalisa/menghitung nilai rata – rata dan nilai efektif, harga rata – rata dan harga efektif.

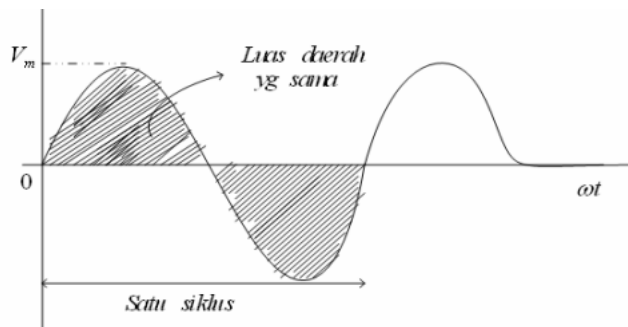
6.3. Penyajian

6.3.1. Bentuk Gelombang Bolak - Balik

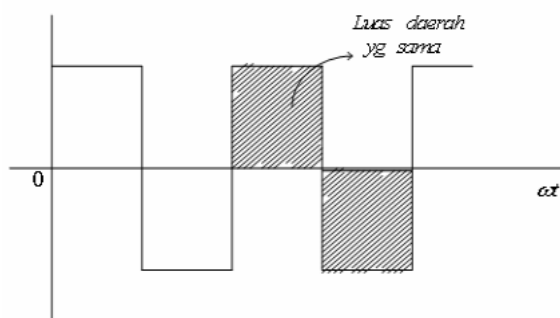
Arus bolak-balik (*arus ac*) ialah ; arus yang mempunyai dua arah. Arus bolak-balik besarnya berubah-ubah secara berskala disekitar nilai nol, satu saat positif dan saat berikutnya negatif.

Contoh bentuk gelombang bolak-balik:

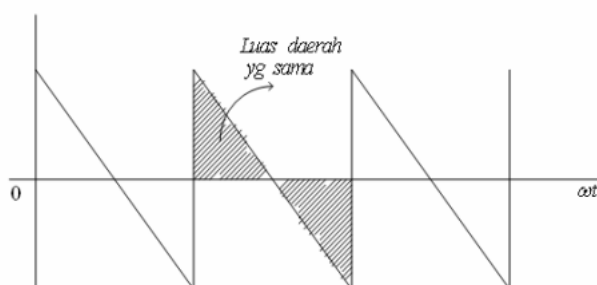
a. *Gelombang sinusoidal yang mengikuti variasi hukum sinus*



b. Gelombang segi empat



c. Gelombang gigi gergaji



Biasanya suatu arus bolak-balik yang murni mempunyai bentuk sinus atau cosinus.

Mis: $i = i_m \sin(\omega t + \alpha)$

$i = i_m \cos(\omega t + \beta)$

Ada 3 besaran yang menentukan bentuk sinusoidal tersebut yaitu: α , β , ω

Dimana: α , β disebut: sudut fasa

ω disebut: frekuensi sudut

i_m disebut: amplitude maximum

Bagian arus ac yang terdapat dalam satu periode disebut: gelombang.

Banyaknya gelombang dalam satu detik disebut: frekuensi.

Bila periode dari suatu arus ac murni = T detik

maka,

banyaknya gelombang terdapat dalam satu detik adalah: $\frac{1}{T} = \text{frekuensi}$

jadi, $T = \frac{1}{f}$

mis: $T = 50 \text{ mS}$

$f = \dots? \rightarrow f = \frac{1}{50 \text{ mS}} = \frac{1}{50 \times 10^{-3}} = 20 \text{ Hz}$

Contoh: Sebuah arus mempunyai persamaan: $i = 10 \sin(100\pi t + \alpha)$

Ditanya: a). Hitung: T dari arus tersebut dan f tersebut.

Jawab:

Dik: $i_m = 10$

$\omega = 100\pi$

Dimana, $\omega = 2\pi f$

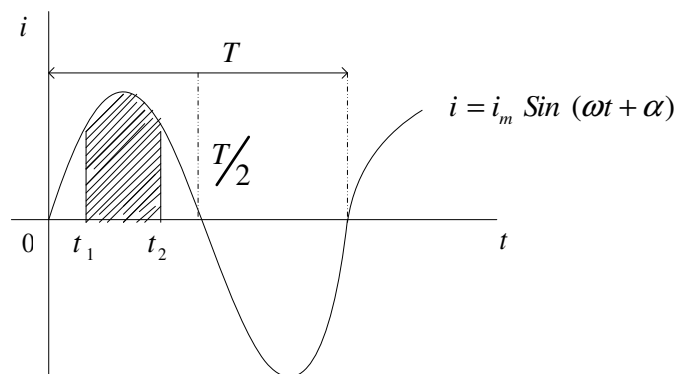
$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ det ik}$

$100\pi = 2\pi f$

$f = \frac{100}{2} = 50 \text{ Hz}$

6.3.2. Nilai Rata-Rata Dan Nilai Effektiv

Dalam sebuah arus bolak-balik yang murni dapat ditentukan nilai rata-rata dari arus tersebut antara batas waktu tertentu, mis ; t_1 dan t_2



$$i_{rata-rata} = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} i dt$$

Hasil integral ini adalah luas daerah luas daerah yang diarsir atau luas daerah yang dibatasi oleh garis lengkung dari persamaan: $i = i_m \text{ Sin}(\omega t + \alpha)$ dan sumbu tegangan t_1 dan t_2 , kalau $(t_1 - t_2) = T$

maka persamaan:

$$i_{rata-rata} = \frac{1}{T} \int_0^T i dt$$

Jika, $i = i_m \text{ Sin}(\omega t + \alpha)$ dimasukkan kedalam integral, maka didapat:

$$i_{rata-rata} = \frac{1}{T} \int_0^T i_m \text{ Sin}(\omega t + \alpha) dt$$

$$i_{rata-rata} = \frac{1}{T} \left[-\frac{i_m}{\omega} \text{ Cos}(\omega t + \alpha) \right]$$

$$i_{rata-rata} = 0$$

Untuk satu periode (T) nilai rata-rata arus adalah = 0

Untuk menghitung nilai rata-rata arus diambil:

$$\frac{1}{2} T \left(\frac{1}{2} \text{ periode} \right)$$

$$i_{rata-rata} = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} i dt$$

Maka untuk $i = i_m \sin \omega t$ didapat:

$$i_{rata-rata} = \frac{2 i_m}{\pi}$$

Contoh: Sebuah arus sinus dengan persamaan: $i = 100 \sin (377 t)$ Ampere

- Hitung:
- Nilai rata-rata arus tersebut
 - Frekuensi (f)
 - Periode (T)

Jawab ;

$$a). i_{rata-rata} = \frac{2 i_m}{\pi} = \frac{2 \times 100}{3,14} = 63,69 \text{ Ampere}$$

$$b). \omega = 2\pi f \quad \rightarrow \quad 377 = 2 \times 3,14 f$$

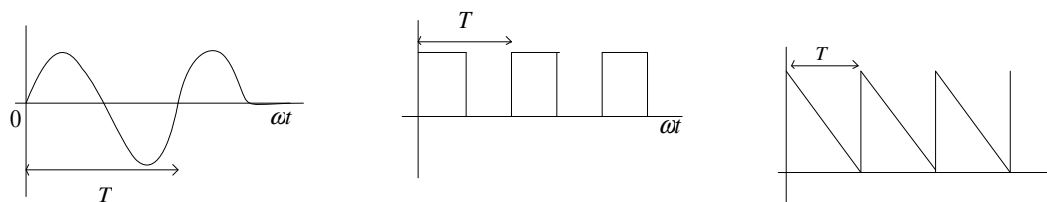
$$f = \frac{377}{6,28}$$

$$f = 60,03 \text{ Hz}$$

$$c). T = \frac{1}{f} = \frac{1}{60,03} = 0,0167 \text{ dtk}$$

6.3.3. Harga Rata-Rata Dan Harga Efektif

Bentuk gelombang periodik dapat berupa seperti gambar berikut:



Gelombang periodic yang mempunyai fungsi $y(t)$ dengan periode T mempunyai harga avarege (rata-rata):

$$Y_{av} = \frac{1}{T} \int_0^T y(t) dt$$

Sedangkan untuk harga efektif yaitu:

$$Y_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T y(t)^2 dt}$$

6.3.4. Form Factor

adalah ; perbandingan antara harga efektif dengan harga rata-rata.

$$\text{Form Factor} = \frac{Y_{rms}}{Y_{av}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T y(t)^2 dt}}{\frac{1}{T} \int_0^T y(t) dt}$$

Harga rms (root mean square) untuk beberapa bentuk sinus dan cosines:

$$\begin{aligned} \text{Jika fungsi } y(t) = & a_0 + (a_1 \cos \omega t + a_2 \cos 2\omega t + \dots) \\ & + (b_1 \sin \omega t + b_2 \sin 2\omega t + \dots) \end{aligned}$$

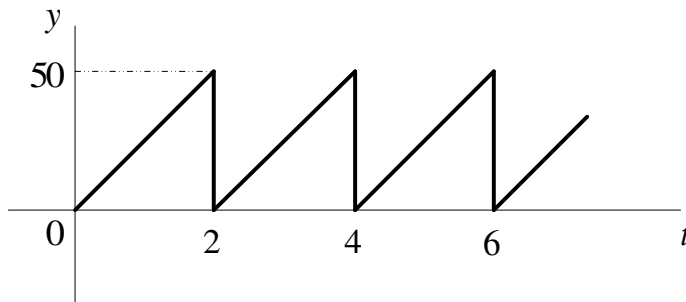
Maka harga efektifnya:

$$Y_{rms} = \sqrt{a_0^2 + \frac{1}{2}(a_1^2 + a_2^2 + \dots) + \frac{1}{2}(b_1^2 + b_2^2 + \dots)}$$

6.4. Penutup

6.4.1. Bahan Diskusi dan Tugas

Contoh 1: Pada gambar dibawah tentukan harga rata-rata dan harga efektif.



Jawab:

Dik ; periode $T = 2$

$$0 < t < 2 \Rightarrow y = m x \quad \rightarrow \quad x = t$$

$$y = m \cdot t \quad \rightarrow \quad m = \tan \alpha$$

$$m = \frac{y}{t} = \frac{50}{2} = 25$$

$$y(t) = 25t$$

Harga rata-rata adalah:

$$Y_{av} = \frac{1}{T} \int_0^T y(t) dt = \frac{1}{2} \int_0^2 25t dt = \frac{25}{2} \int_0^2 t dt = \frac{25}{2} \times \frac{1}{2} t^2 \Big|_0^2$$

$$Y_{av} = \frac{25}{2} \cdot \left(\frac{1}{2} \times 2^2 - 0 \right) = \frac{25}{2} \times \frac{4}{2}$$

$$Y_{av} = 25$$

Harga efektif Y_{rms} adalah:

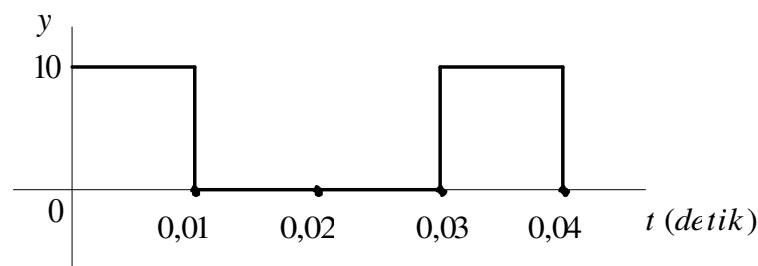
$$Y_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T y(t)^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{2} \int_0^2 (25t)^2 dt} = \sqrt{\frac{625}{2} \int_0^2 t^2 dt}$$

$$Y_{rms} = \sqrt{\frac{625}{2} \times \frac{1}{3} \cdot t^3 \Big|_0^2} = \sqrt{\frac{625}{6} \times (2^3 - 0)} = \sqrt{\frac{625}{6} \times 8}$$

$$Y_{rms} = \sqrt{833,333}$$

$$Y_{rms} = 28,87$$

Contoh 2: Tentukan harga rata-rata dan harga efektif.



Jawab ;

Dik ; periode $T = 0,03$

$$0 < t < 0,01 \Rightarrow y(t) = 10$$

$$0,01 < t < 0,03 \Rightarrow y(t) = 0$$

Harga rata-rata adalah:

$$Y_{av} = \frac{1}{T} \int_0^T y(t) dt$$

$$Y_{av} = \frac{1}{0,03} \int_0^{0,01} 10 dt + \frac{1}{0,03} \int_{0,01}^{0,03} 0 dt$$

$$Y_{av} = \frac{10}{0,03} \cdot t \Big|_0^{0,01} = \frac{10}{0,03} \cdot (0,01 - 0) = \frac{1000}{3} \cdot \frac{1}{100} = \frac{10}{3}$$

$$Y_{av} = 3,33$$

Harga efektif Y_{rms} adalah:

$$Y_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T y(t)^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{0,03} \int_0^{0,01} (10)^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{0,03} \int_0^{0,01} 100 dt}$$

$$Y_{rms} = \sqrt{\frac{100}{0,03} \times t \Big|_0^{0,01}} = \sqrt{\frac{100}{0,03} \cdot (0,01 - 0)} = \sqrt{\frac{10.000}{3} \cdot 0,01}$$

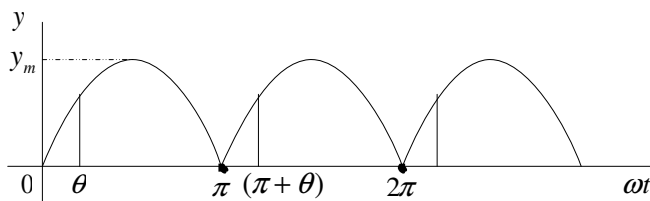
$$Y_{rms} = \sqrt{\frac{100}{3}}$$

$$Y_{rms} = \sqrt{33,33}$$

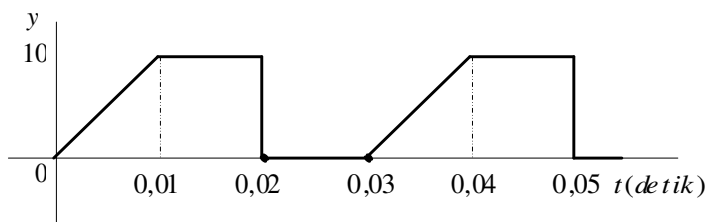
$$Y_{rms} = 5,77$$

Soal – Soal Latihan

1. Jika harga rata-rata dari gelombang diatas adalah $\frac{1}{2}$ dari harga maximum, maka tentukan harga sudut θ .



2. Tentukan harga Y_{rms} pada gelombang diatas.

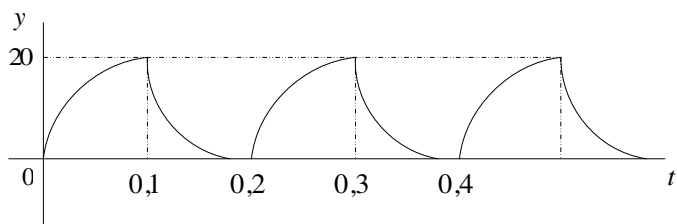


3. Dik: periode $T = 0,2$

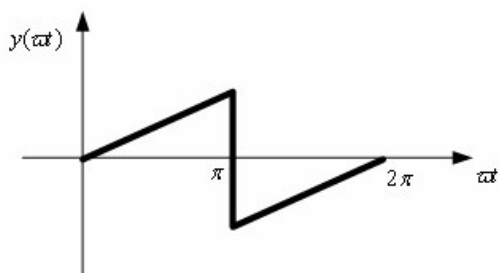
$$0 < t < 0,1 \Rightarrow Y_1 = 20 (1 - e^{-100t})$$

$$0,1 < t < 0,2 \Rightarrow Y_2 = 20 e^{-50(t-0,1)}$$

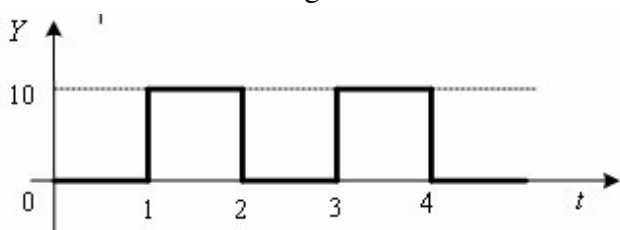
Dit; Y_{rms}



4. Tentukan harga rata-rat dan efektifnya.



5. Tentukan Yrms dari gambar berikut:



6.5. Daftar Pustaka

1. "Teori dan Soal- soal Rangkaian Listrik" edisi kedua, Joseph A.Edminister, Ir.Sahat Pakpahan, Seri buku schum.1984.
2. Muhammad Ramdhani "Rangkaian listrik" thn. 2008 Penerbit Erlangga.
3. William H. Hayt, Jr., Jack E. Kemmerly, Steven M. Durbin, 2005 "Rangkaian Listrik ", edisi ke enam. Jilid 1 dan 2.Erlangga.
4. Joseph A. Edminister, 1983, "Electric Circuit", Mc-graw-Hill.

BAB 7

TEGANGAN DAN ARUS SINUSOIDAL

7.1. Deskripsi Singkat

Tujuan dari mempelajari materi tegangan dan arus sinusoidal adalah untuk dapat memahami mengenai tegangan, arus sinusoidal dan respon rangkaian.

7.2. Tujuan Instruksional Khusus

Setelah materi ini diajarkan mahasiswa dapat memahami dan menjelaskan tentang tegangan, arus sinusoidal dan respon rangkaian sinusoidal..

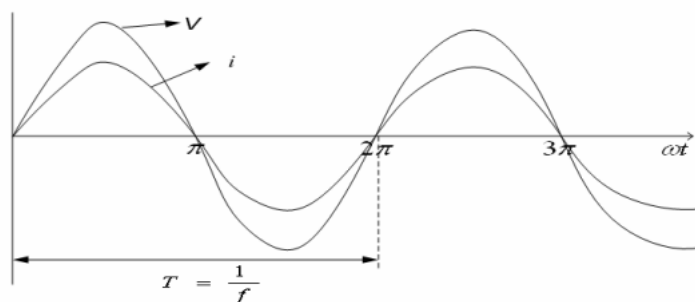
7.3. Penyajian

7.3.1. Tegangan dan Arus Sinusoidal

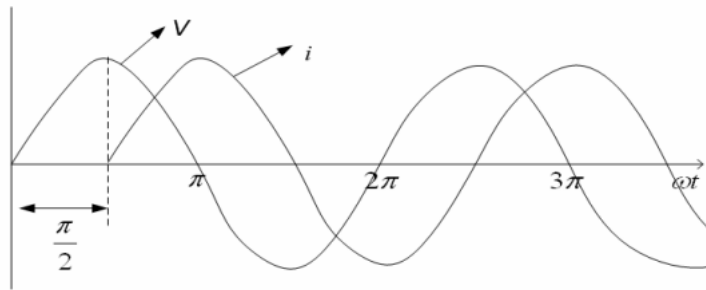
$$V = V_m \sin \omega t$$

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

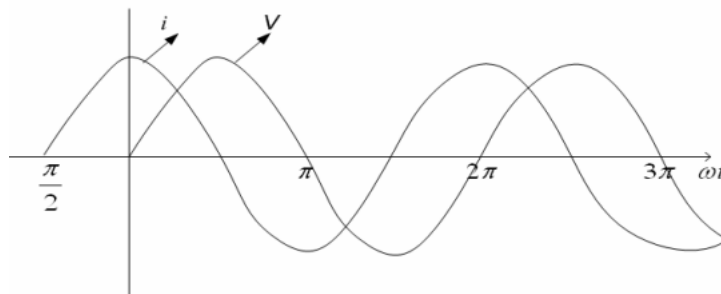
Untuk tegangan (R) → Tegangan dan arus sephasa.



Untuk induktansi (L) → Arus tertinggal terhadap tegangan 90°



Untuk kapasitansi (C) → Arus mendahului tegangan 90°



Kesimpulan:

Elemen	Harga Tegangan	Jika, $i = I_m \text{ Sin} \alpha t$	Jika, $i = I_m \text{ Cos} \alpha t$
R	$V_R = R \times i$	$V_R = R I_m \text{ Sin} \alpha t$	$V_R = R I_m \text{ Cos} \alpha t$
L	$V_L = L \frac{di}{dt}$	$V_L = \omega L I_m \text{ Cos} \alpha t$	$V_L = -\omega L I_m \text{ Sin} \alpha t$
C	$V_C = \frac{1}{C} \int i dt$	$V_C = -\frac{I_m}{\omega C} \text{ Cos} \alpha t$	$V_C = \frac{I_m}{\omega C} \text{ Sin} \alpha t$

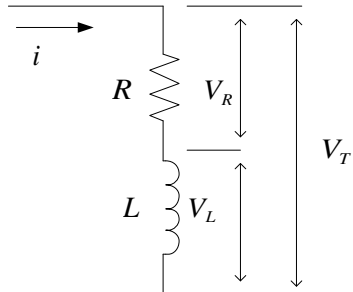
Elemen	Harga Arus	Jika, $V = V_m \text{ Sin} \alpha t$	Jika, $V = V_m \text{ Cos} \alpha t$
R	$I_R = \frac{V}{R}$	$I_R = \frac{V_m \text{ Sin} \alpha t}{R}$	$I_R = \frac{V_m \text{ Cos} \alpha t}{R}$
L	$I_L = \frac{1}{L} \int V dt$	$I_L = \frac{-V_m \text{ Cos} \omega t}{\omega L}$	$I_L = \frac{V_m \text{ Sin} \omega t}{\omega L}$
C	$I_C = C \frac{dV}{dt}$	$I_C = V_m \omega C \cdot \text{Cos} \alpha t$	$I_C = -V_m \omega C \cdot \text{Sin} \alpha t$

Bila ada perbedaan phasa: $V = V_m \text{ Sin}(\alpha t - \phi)$

7.3.2. 7.3.2. RESPON SINUSOIDAL

7.3.2.1 RL Seri

Contoh: Sebuah rangkaian seri RL, $i = I_m \sin \omega t$



Tentukan tegangan total (V_T) sebagai fungsi sinus

Jawab:

$$V_T = V_R + V_L \quad \text{dimana ; } V_R = R \cdot i = R \cdot I_m \sin \omega t$$

$$V_L = L \frac{di}{dt} = L \frac{d}{dt} I_m \sin \omega t = \omega L I_m \cos \omega t$$

$$V_T = R I_m \sin \omega t + \omega L I_m \cos \omega t$$

Jika,

$$V_T = A \sin (\omega t + \varphi)$$

$$V_T = A \sin \omega t \cos \varphi + A \cos \omega t \sin \varphi$$

$$A \cos \varphi = R I_m \quad \rightarrow \quad \cos \varphi = \frac{R I_m}{A}$$

$$A \sin \varphi = \omega L I_m \quad \rightarrow \quad \sin \varphi = \frac{\omega L I_m}{A}$$

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

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{\omega L}{R} \right)$$

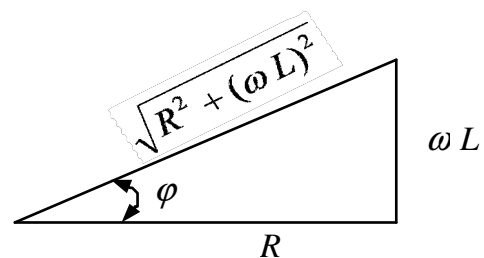
$$A \cos \varphi = R I_m$$

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

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

Maka,

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



Segitiga induktansi

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

Jadi,

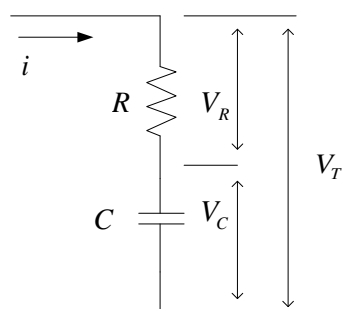
$$V_T = A \sin(\omega t + \varphi)$$

$$V_T = I_m \cdot \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

$$V_T = I_m \cdot \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} \cdot \sin\left(\omega t + \tan^{-1} \frac{\omega L}{R}\right)$$

7.3.2.2. RC Seri

Contoh: Sebuah rangkaian seri RC



Jika, $i = I_m \cos \omega t$, Hitung ; V_T

Jawab:

$$V_T = V_R + V_C \cdot \quad \text{dimana ; } V_R = R \cdot i = R \cdot I_m \cos \omega t$$

$$V_C = \frac{1}{C} \int i \, dt = \frac{1}{C} \int I_m \cos \omega t \, dt$$

$$V_T = R I_m \cos \omega t + \frac{1}{C} \int I_m \cos \omega t \, dt$$

$$V_T = R I_m \cos \omega t + \frac{I_m}{\omega C} \sin \omega t$$

Jika,

$$V_T = A \cos(\omega t + \varphi)$$

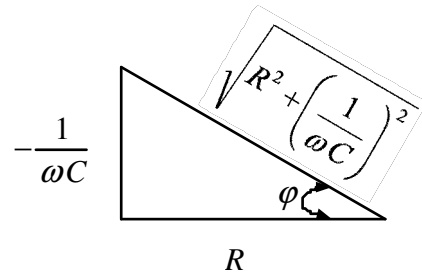
$$V_T = A \cos \omega t \cos \varphi - A \sin \omega t \sin \varphi$$

$$A \cos \varphi = R I_m \quad \rightarrow \quad \cos \varphi = \frac{R I_m}{A}$$

$$-A \sin \varphi = \frac{I_m}{\omega C} \quad \rightarrow \quad \sin \varphi = -\frac{I_m}{A \omega C}$$

$$\tan \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = -\frac{I_m / A \omega C}{R \cdot I_m / A} = -\frac{1}{\omega C \cdot R}$$

$$\varphi = -\tan^{-1}\left(-\frac{1}{\omega C \cdot R}\right)$$



$$A \cos \varphi = R I_m$$

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

dimana, $\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}$

$$A = \frac{R I_m}{\frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}}}$$

$$A = I_m \cdot \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

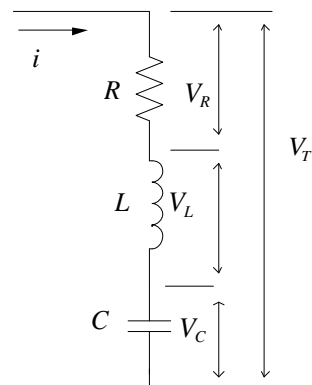
Jadi,

$$V_T = A \cos(\omega t + \varphi)$$

$$V_T = I_m \cdot \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

$$V_T = I_m \cdot \sqrt{R^2 + \left(\frac{1}{\omega C}\right)^2} \cdot \cos\left(\omega t - \tan^{-1} \frac{1}{\omega C \cdot R}\right)$$

7.3.2.3. RLC Seri



Dik, $i = I_m \sin \omega t$, Ditanya ; V_T

Jawab:

$$V_T = V_R + V_L + V_C \quad \text{dimana ; } V_R = R \cdot i \quad , \quad V_L = L \frac{di}{dt} \quad , \quad V_C = \frac{1}{C} \int i \, dt$$

$$V_T = R \cdot I_m \sin \omega t + L \frac{d}{dt} \cdot I_m \sin \omega t + \frac{1}{C} \int I_m \sin \omega t \, dt$$

$$V_T = R \cdot I_m \sin \omega t + \omega L \cdot I_m \cos \omega t - \frac{I_m}{\omega C} \cos \omega t$$

$$V_T = R \cdot I_m \sin \omega t + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \cdot I_m \cos \omega t$$

Jika,

$$V_T = A \sin (\omega t + \varphi)$$

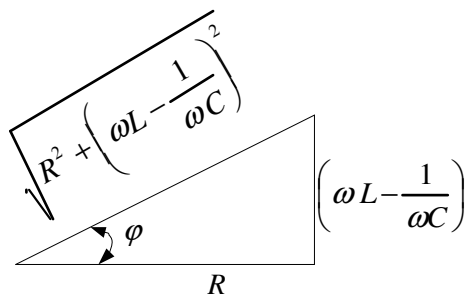
$$V_T = A \sin \omega t \cos \varphi + A \cos \omega t \sin \varphi$$

$$A \cos \varphi = R I_m \quad \rightarrow \quad \cos \varphi = \frac{R I_m}{A}$$

$$A \sin \varphi = \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \cdot I_m \quad \rightarrow \quad \sin \varphi = \frac{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)}{A} \cdot I_m$$

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

$$\tan \varphi = \frac{\omega L - \frac{1}{\omega C}}{R} \quad \text{atau,} \quad \varphi = \tan^{-1} \frac{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)}{R}$$



$$\text{Dimana ; } \cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}}$$

Maka,

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

$$A = \frac{R \cdot I_m}{R} \cdot \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \rightarrow A = I_m \cdot \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

Jadi,

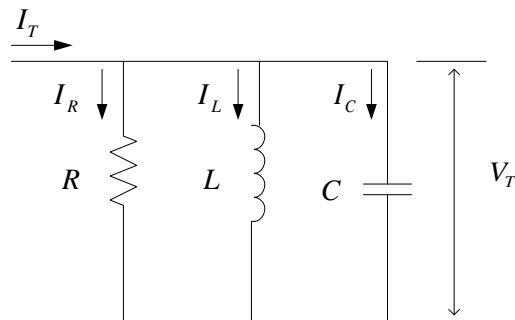
$$V_T = A \sin(\omega t + \varphi)$$

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

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

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad \text{dimana, } Z = \text{Impedansi}$$

7.3.2.4. RLC Paralel



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

Dit ; I_R , I_L , I_C dan I_T (dalam fungsi sinus)

Jawab:

$$I_T = I_R + I_L + I_C$$

$$I_T = \frac{V}{R} + \frac{1}{L} \int V dt + C \frac{dV}{dt}$$

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

$$I_T = \frac{V_m \sin \omega t}{R} - \frac{V_m}{\omega L} \cos \omega t + \omega C V_m \cos \omega t$$

$$I_T = \frac{V_m \sin \omega t}{R} + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right) \cdot V_m \cos \omega t$$

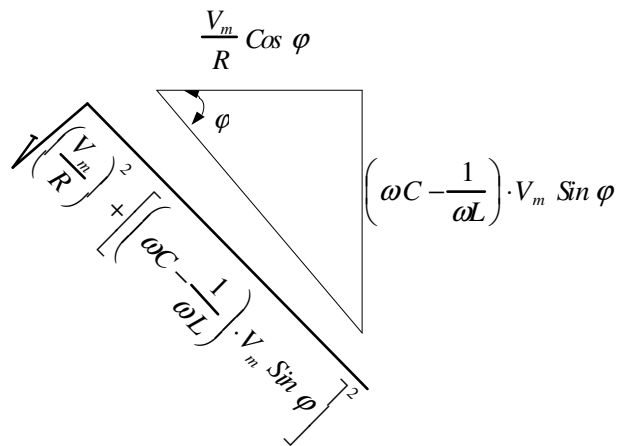
Karena V dalam fungsi sinus:

$$I_T = A \sin (\omega t + \varphi)$$

$$I_T = A \sin \omega t \cos \varphi + A \cos \omega t \sin \varphi$$

$$A \cos \varphi = \frac{V_m}{R} \quad \rightarrow \quad \cos \varphi = \frac{V_m}{AR}$$

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



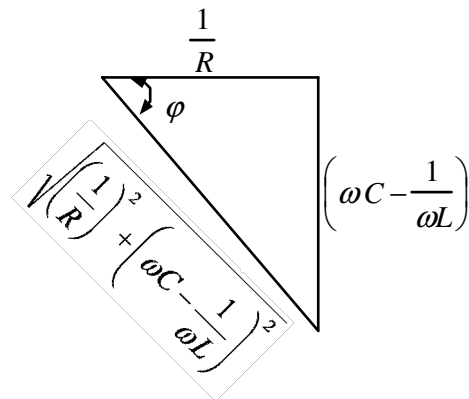
$$A \sin \varphi = \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right) \cdot V_m \quad \rightarrow \quad \sin \varphi = \frac{\left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right) \cdot V_m}{A}$$

$$\tan \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = \frac{V_m \cdot \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right) / A}{V_m / AR}$$

$$\tan \varphi = R \cdot \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right) \quad \rightarrow \quad \varphi = \tan^{-1} \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right) \cdot R$$

dimana ;

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



maka ;

$$A = \frac{V_m}{R \cdot \cos \varphi} = \frac{\frac{V_m}{R \cdot \frac{1}{R}}}{\sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}} = V_m \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2}$$

Jadi ;

$$I_T = A \sin (\omega t + \varphi)$$

$$I_T = V_m \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2} \cdot \sin (\omega t + \varphi)$$

$$I_T = V_m \cdot \sqrt{\left(\frac{1}{R}\right)^2 + \left(\omega C - \frac{1}{\omega L}\right)^2} \cdot \sin \left[\omega t + \tan^{-1} \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right) \cdot R \right]$$

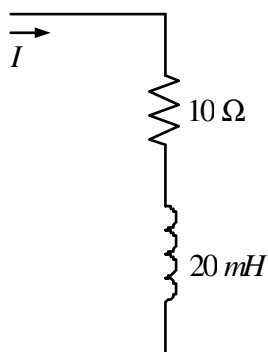
7.4. Penutup

7.4.2. Bahan Diskusi dan Tugas

Soal – Soal Latihan

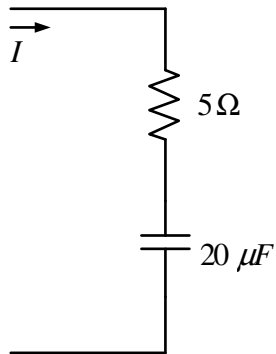
1. Dik ; $I = 2 \sin 500t$ Ampere

Ditanya ; V_T dalam fungsi sinus



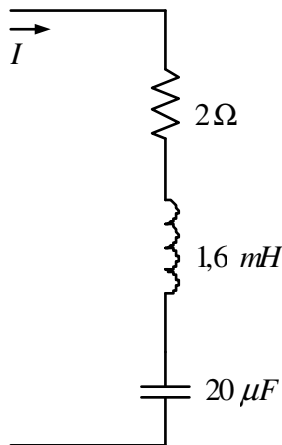
2. Dik ; $I = 2 \cos 500t$ Ampere

Ditanya ; V_T dalam fungsi sinus



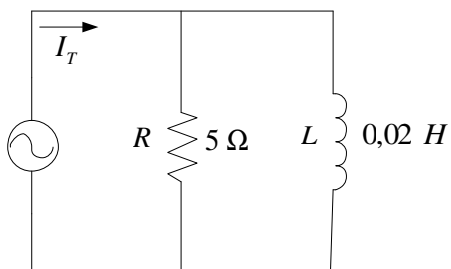
3. Dik ; $I = 3 \cos (5000t - 60^\circ)$ Ampere

Ditanya ; V_T dalam fungsi sinus



4. Dik, $V = 100 \sin (1000t + 50^\circ)$,

Ditanya ; Arus I_T dalam fungsi sinus



5. Sebuah rangkaian seri terdiri dari 2 elemen dengan tegangan dan arus masing-masing sebagai berikut ;

$$V_T = 255 \sin (300t + 45^\circ) \text{ Volt}$$

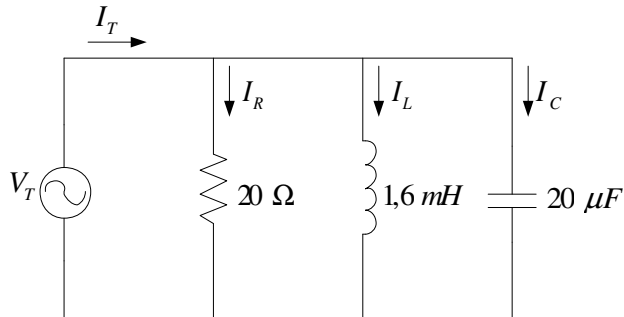
$$I_T = 8,5 \sin (300t + 15^\circ) \text{ Ampere}$$

Tentukan kedua elemen tersebut.

6. Dik ; $V_T = 50 \sin(5000t + 45^\circ)$ Volt

Dit ; a). I_R , I_L dan I_C

b). I_T

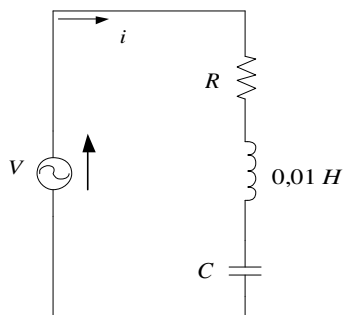


7. Dik ; $V = 353,5 \cos(3000t - 10^\circ)$ Volt

$i = 12,5 \cos(3000t - 55^\circ)$ A

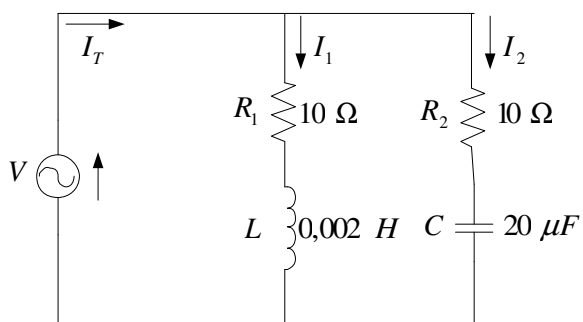
$L = 0,01$ H

Tentukan harga ; R dan C



8. Dik ; $V = 100 \sin 5000t$

Dit ; Tentukan I_1 , I_2 dan I_T



7.5 Daftar Pustaka :

1. “Teori dan Soal- soal Rangkaian Listrik“ edisi kedua, Joseph A.Edminister, Ir.Sahat Pakpahan, Seri buku schum.1984.
2. Muhammad Ramdhani “Rangkaian listrik” thn. 2008 Penerbit Erlangga.
3. William H. Hayt, Jr., Jack E. Kemmerly, Steven M. Durbin, 2005 “*Rangkaian Listrik* ”, edisi ke enam. Jilid 1 dan 2.Erlangga.
4. Joseph A. Edminister, 1983, “*Electric Circuit*”, Mc-graw-Hill.

BAB 8

METODE ANALISIS RANGKAIAN

8.1 Diskripsi Singkat

Tujuan dari mempelajari materi metode analisis rangkaian adalah untuk dapat menyelesaikan suatu permasalahan yang muncul dalam menganalisa suatu rangkaian, apabila konsep dasar atau hukum – hukum dasar rangkaian seperti hukum ohm dan hukum kirchoff tidak dapat menyelesaikan permasalahan pada rangkaian tersebut.

8.2 Tujuan Instruksional Khusus

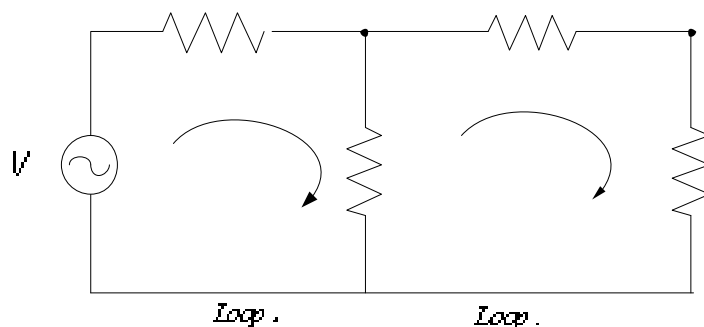
Setelah materi ini diajarkan mahasiswa dapat memahami dan mampu mengaplikasikan analisa mesh, metode node, superposisi, teori thevenin dan Norton untuk menganalisa rangkaian.

8.3 Penyajian

8.3.1. Analisa Rangkaian Mesh

Analisa loop dapat digunakan pada jaringan yang terletak pada satu bidang mesh yang didefinisikan sebagai sebuah loop yang tidak menyandung loop lain didalamnya atau (loop terkecil dalam sebuah rangkaian).

1. Analisa Rangkaian



Persamaan pada loop 1 :

$$I_1 \cdot Z_1 + (I_1 - I_2) \cdot Z_2 - V_1 = 0$$

$$I_1 \cdot Z_1 + I_1 \cdot Z_2 - I_2 \cdot Z_2 = V_1$$

$$(Z_1 + Z_2)I_1 - I_2 \cdot Z_2 = V_1 \quad \text{..... (1)}$$

Persamaan pada loop II :

$$I_2 \cdot Z_3 + I_2 \cdot Z_4 + (I_2 - I_1) \cdot Z_2 = 0$$

$$I_2 \cdot Z_3 + I_2 \cdot Z_4 + I_2 \cdot Z_2 - I_1 \cdot Z_2 = 0$$

$$-Z_2 \cdot I_1 + (Z_2 + Z_3 + Z_4)I_2 = 0 \quad \text{..... (2)}$$

Pers. loop I dan loop II disusun dalam bentuk matrik :

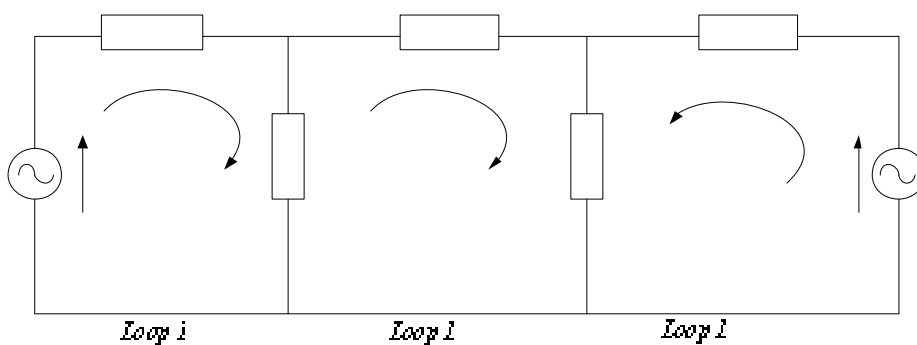
$$\begin{bmatrix} (Z_1 + Z_2) & -Z_2 \\ -Z_2 & (Z_2 + Z_3 + Z_4) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\Delta Z = \begin{vmatrix} (Z_1 + Z_2) & -Z_2 \\ -Z_2 & (Z_2 + Z_3 + Z_4) \end{vmatrix}$$

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} V_1 & -Z_2 \\ 0 & (Z_2 + Z_3 + Z_4) \end{vmatrix}}{\Delta Z}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} (Z_1 + Z_2) & V_1 \\ -Z_2 & 0 \end{vmatrix}}{\Delta Z}$$

2. Analisa Rangkaian



Persamaan pada loop I :

$$I_1 \cdot Z_A + (I_1 - I_2) \cdot Z_B - V_A = 0$$

$$I_1 \cdot Z_A + I_1 \cdot Z_B - I_2 \cdot Z_B = V_A$$

$$(Z_A + Z_B)I_1 - Z_B \cdot I_2 = V_A \quad \text{..... (1)}$$

Persamaan pada loop II :

$$I_2 \cdot Z_C + (I_2 + I_3)Z_D + (I_2 - I_1)Z_B = 0$$

$$I_2 \cdot Z_C + I_2 \cdot Z_D + I_3 \cdot Z_D + I_2 Z_B - I_1 \cdot Z_B = 0$$

$$-Z_B \cdot I_1 + (Z_B + Z_C + Z_D) \cdot I_2 + Z_D \cdot I_3 = 0 \quad \dots (2)$$

Persamaan pada loop III :

$$I_3 \cdot Z_E + (I_3 + I_2) \cdot Z_D - V_B = 0$$

$$Z_D \cdot I_2 + (Z_D + Z_E) \cdot I_3 = V_B \quad \dots (3)$$

Pers. loop I, loop II dan loop III disusun dalam bentuk matrik :

$$1. \text{ Pers. Loop I} \quad \rightarrow \quad (Z_A + Z_B)I_1 - Z_B \cdot I_2 + 0 = V_A$$

$$2. \text{ Pers. Loop II} \quad \rightarrow \quad -Z_B \cdot I_1 + (Z_B + Z_C + Z_D) \cdot I_2 + Z_D \cdot I_3 = 0$$

$$3. \text{ Pers. Loop III} \quad \rightarrow \quad 0 + Z_D \cdot I_2 + (Z_D + Z_E) \cdot I_3 = V_B$$

$$\begin{pmatrix} (Z_A + Z_B) & -Z_B & 0 \\ -Z_B & (Z_B + Z_C + Z_D) & Z_D \\ 0 & Z_D & (Z_D + Z_E) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_A \\ 0 \\ V_B \end{pmatrix}$$

$$\Delta Z = \begin{vmatrix} (Z_A + Z_B) & -Z_B & 0 \\ -Z_B & (Z_B + Z_C + Z_D) & Z_D \\ 0 & Z_D & (Z_D + Z_E) \end{vmatrix}$$

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} V_A & -Z_B & 0 \\ 0 & (Z_B + Z_C + Z_D) & Z_D \\ V_B & Z_D & (Z_D + Z_E) \end{vmatrix}}{\Delta Z}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} (Z_A + Z_B) & V_A & 0 \\ -Z_B & 0 & Z_D \\ 0 & V_B & (Z_D + Z_E) \end{vmatrix}}{\Delta Z}$$

$$I_3 = \frac{\begin{vmatrix} (Z_A + Z_B) & -Z_B & V_A \\ -Z_B & (Z_B + Z_C + Z_D) & 0 \\ 0 & Z_D & V_B \end{vmatrix}}{\Delta Z}$$

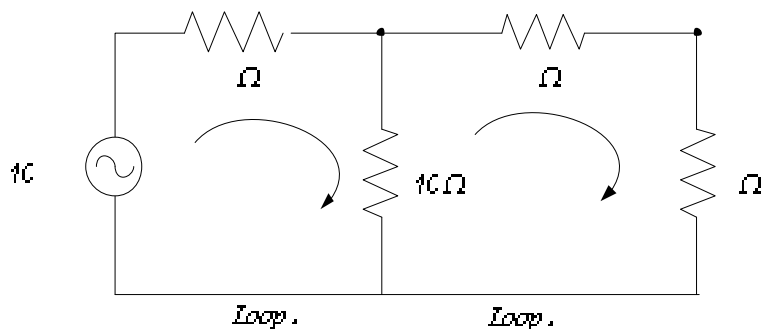
Dengan menyelesaikan *Determinan Matrik* dapat kita tentukan I_1 , I_2 dan I_3 ;

Rumus Determinan Matrik :

$$1) \cdot \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} = a_{11} \cdot a_{22} - a_{12} \cdot a_{21}$$

$$2) \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} = a_{11} \cdot a_{22} \cdot a_{33} + a_{12} \cdot a_{23} \cdot a_{31} + a_{13} \cdot a_{21} \cdot a_{32} - a_{13} \cdot a_{22} \cdot a_{31} - a_{11} \cdot a_{23} \cdot a_{32} - a_{12} \cdot a_{21} \cdot a_{33}$$

Contoh 1: Hitung arus I_1 dan I_2 dengan *Analisa Mesh*



Jawab :

Persamaan pada loop I :

$$5 \cdot I_1 + (I_1 - I_2) \cdot 10 - 100 = 0$$

$$5 \cdot I_1 + 10 \cdot I_1 - 10 \cdot I_2 = 100$$

$$15 \cdot I_1 - 10 \cdot I_2 = 100 \quad \text{..... (1)}$$

Persamaan pada loop II :

$$2 \cdot I_2 + 4 \cdot I_2 + (I_2 - I_1) \cdot 10 = 0$$

$$2 \cdot I_2 + 4 \cdot I_2 + 10 \cdot I_2 - 10 \cdot I_1 = 0$$

$$-10 I_1 + 16 \cdot I_2 = 0 \quad \text{..... (2)}$$

Pers. loop I dan loop II disusun dalam bentuk matrik :

$$\begin{vmatrix} 15 & -10 \\ -10 & 16 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} I_1 \\ I_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 100 \\ 0 \end{vmatrix}$$

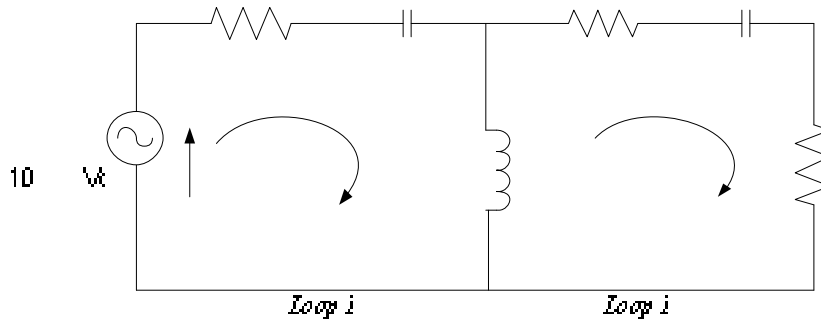
$$\Delta Z = \begin{vmatrix} 15 & -10 \\ -10 & 16 \end{vmatrix} = 240 - 100 = 140$$

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 100 & -10 \\ 0 & 16 \end{vmatrix}}{\Delta Z} = \frac{1600 - 0}{140} = \frac{1600}{140} = 11,43 \text{ Ampere}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 15 & 100 \\ -10 & 0 \end{vmatrix}}{\Delta Z} = \frac{0 - (-1000)}{140} = \frac{1000}{140} = 7,14 \text{ Ampere}$$

Contoh 2:

- Tentukan daya yang disuplay oleh sumber
- Tentukan daya pada masing-masing resistor

**Jawab :**

Persamaan pada loop I :

$$(2 - j2)I_1 + (I_1 - I_2).j2 - 10\angle 0 = 0$$

$$2I_1 - j2.I_1 + j2.I_1 - j2.I_2 = 10\angle 0$$

$$2I_1 - j2I_2 = 10\angle 0$$

..... (1)

Persamaan pada loop II :

$$(3 - j5).I_2 + 1I_2 + (I_2 - I_1).j2 = 0$$

$$3I_2 - j5.I_2 + 1I_2 + j2.I_2 - j2.I_1 = 0$$

$$-j2I_1 + (4 - j3).I_2 = 0$$

..... (2)

Pers. loop I dan loop II disusun dalam bentuk matrik :

$$\begin{bmatrix} 2 & -j2 \\ -j2 & (4 - j3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10\angle 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\Delta Z = \begin{vmatrix} 2 & -j2 \\ -j2 & (4 - j3) \end{vmatrix} = 2(4 - j3) - \{(-j2).(-j2)\} = 8 - j6 - (j^2.4)$$

$$\Delta Z = 8 - j6 + 4 = 12 - j6$$

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 10\angle 0 & -j2 \\ 0 & (4 - j3) \end{vmatrix}}{\Delta Z} = \frac{10\angle 0.(4 - j3) - \{(-j2).(0)\}}{12 - j6} = \frac{40 - j30}{12 - j6}$$

$$I_1 = \frac{50 \angle -36,87}{13,416 \angle -26,56} = 3,726 \angle -10,31 \text{ Ampere}$$

atau,

$$I_1 = 3,665 - j0,67 \text{ Ampere}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 2 & 10\angle 0 \\ -j2 & 0 \end{vmatrix}}{\Delta Z} = \frac{0 - \{(10\angle 0) \cdot (-j2)\}}{12 - j6} = \frac{j20}{12 - j6}$$

$$I_2 = \frac{20 \angle 90}{13,416 \angle -26,56} = 1,49 \angle 116,56 \text{ Ampere}$$

a.) Daya yang disupply oleh sumber adalah :

$$P_{\text{Sumber}} = 10 \angle 0 \times I_1$$

$$P_{\text{Sumber}} = 10 \angle 0 \times 3,726 \angle -10,31 = 37,26 \text{ Watt}$$

b.) Daya pada masing-masing resistor adalah :

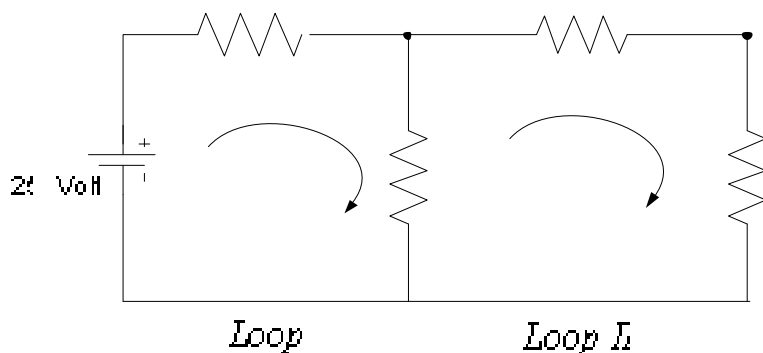
$$\text{Daya pada resistor } 2 \Omega \rightarrow P_{R_2} = I_1^2 \times R = 3,726^2 \times 2 = 27,76 \text{ Watt}$$

$$\text{Daya pada resistor } 3 \Omega \rightarrow P_{R_3} = I_2^2 \times R = 1,49^2 \times 3 = 6,66 \text{ Watt}$$

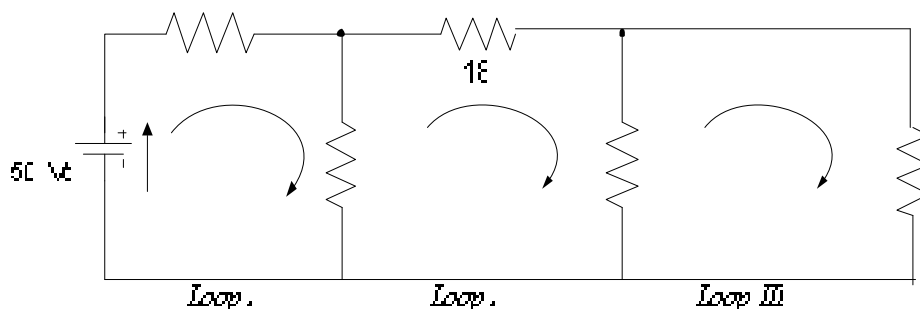
$$\text{Daya pada resistor } 1 \Omega \rightarrow P_{R_1} = I_2^2 \times R = 1,49^2 \times 1 = 2,22 \text{ Watt}$$

Soal -Soal Latihan

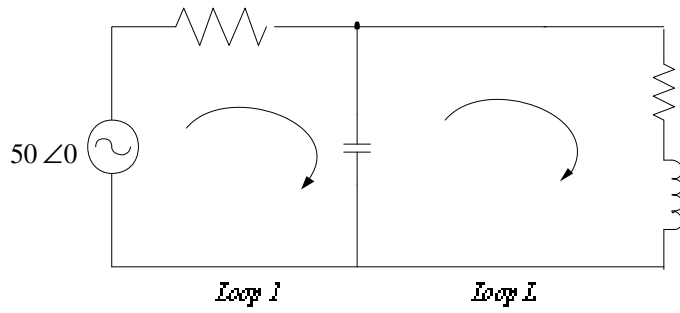
1. Hitung : arus I_1 dan I_2 dengan analisa mesh



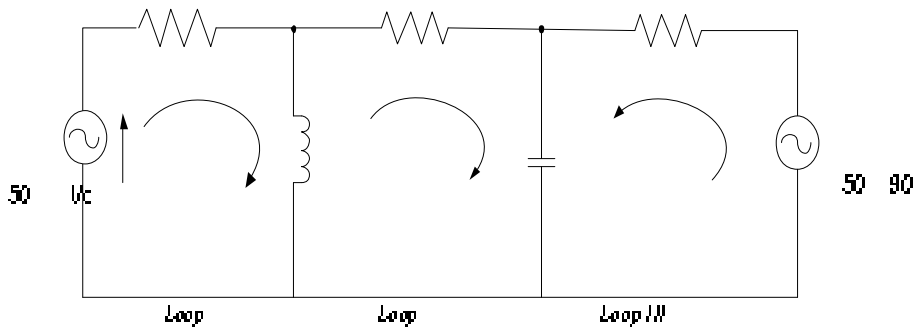
2. Hitung : arus I_1 dan I_2 dan I_3 dengan analisa mesh



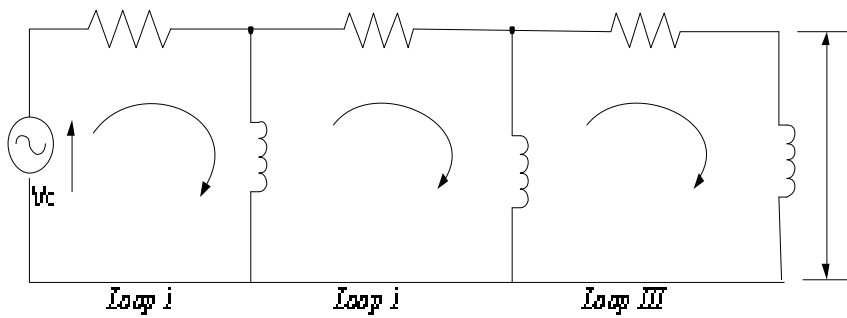
3. Tentukan arus pada tahanan 3Ω



4. Tentukan : daya pada masing- masing resistor

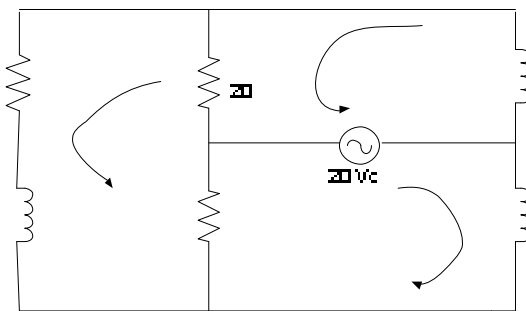


5. Tentukan tegangan V_0

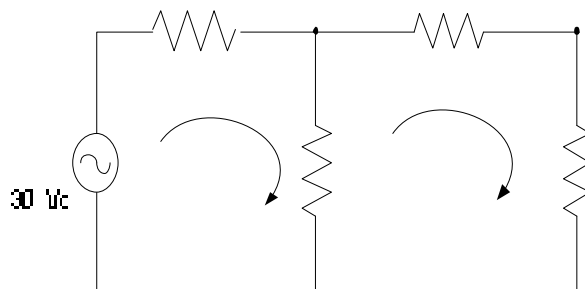


Jawab : $V_0 = I_3 \times j2 = 1,56 \angle 128,7$

6. Tentukan arus melalui impedansi $3 + j4$

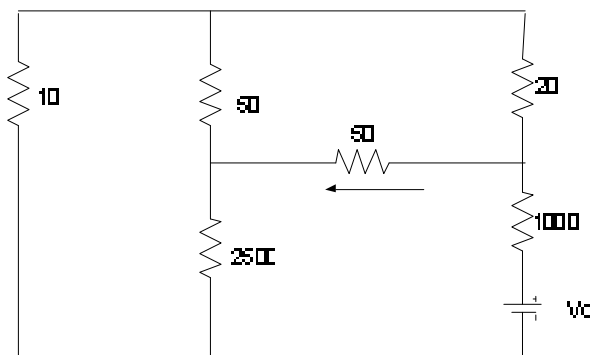


7. Tentukan : a. Arus I_1 dan I_2
 b. Daya pada tahnna 6Ω

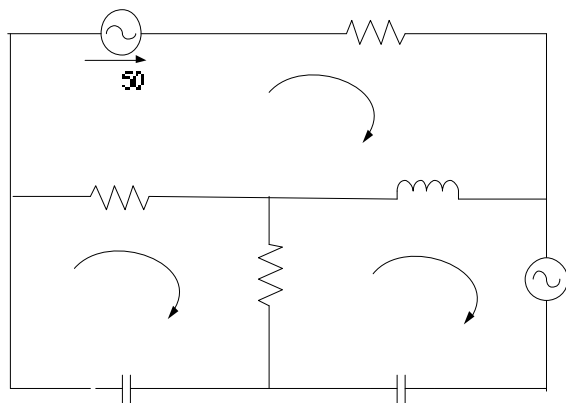


Jawab : $I_1 = 3,75 A$, $I_2 = ,87 A$

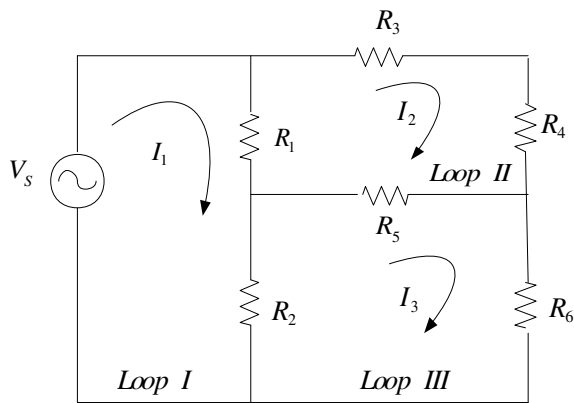
8. Hitung arus yang mengalir pada tahanan 50Ω



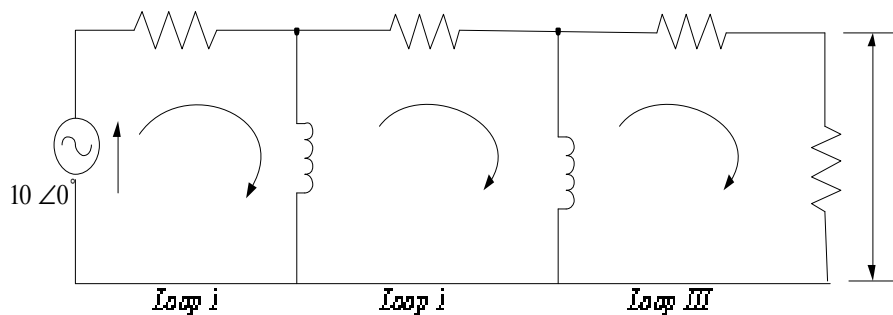
9. Berapa Tegangan V_2 , jik arus $I_1 = 0$



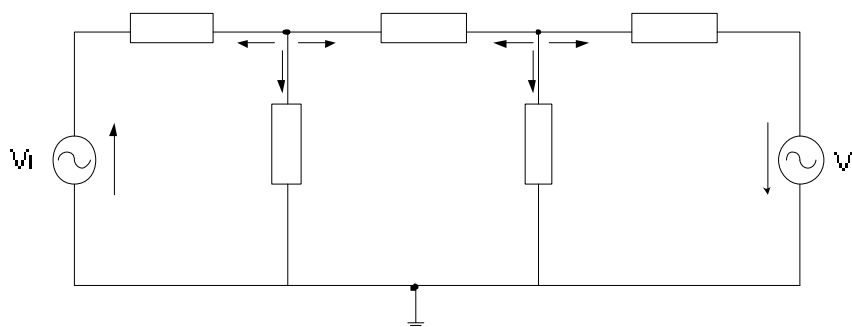
10. Tentukan ; Arus I_1, I_2 dan I_3 . dengan analisa mesh



11. Tentukan arus I_1 , I_2 dan I_3 dengan menggunakan analisa mesh dan berapa besar tegangan V_0



8.3.2. Analisa Rangkaian dengan metode Tegangan Node (Metode Simpul)



Titik 1,2 adalah titik *node (simpul titik)*

Node 3 adalah *Node refferensi*

$V_{1,3}$ = tegangan antara node 1 dan 3

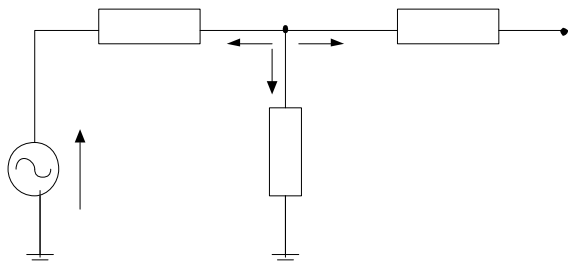
$V_{2,3}$ = tegangan antara node 2 dan 3

Notasi V_1 adalah untuk $V_{1,3}$ dan,

Notasi V_2 adalah untuk $V_{2,3}$

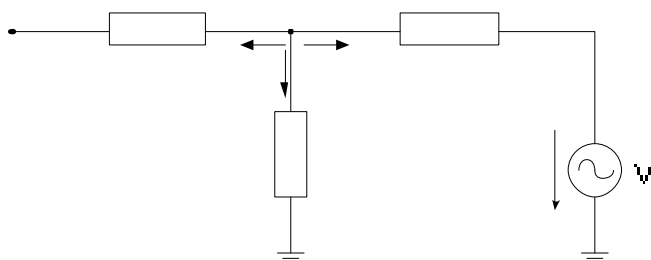
Analisa Rangkaian Untuk Node 1,3

$$\frac{V_1 - V_m}{Z_A} + \frac{V_1}{Z_B} + \frac{V_1 - V_2}{Z_C} = 0 \quad \dots\dots (1)$$



Analisa Rangkaian Untuk Node 2,3

$$\frac{V_2 - V_1}{Z_C} + \frac{V_2}{Z_D} + \frac{V_2 + V_n}{Z_E} = 0 \quad \dots\dots (2)$$



Persamaan 1 dan 2 diselesaikan (uraikan) :

$$\begin{aligned} \text{Pers. 1} \rightarrow \frac{V_1 - V_m}{Z_A} + \frac{V_1}{Z_B} + \frac{V_1 - V_2}{Z_C} &= 0 \\ \frac{V_1}{Z_A} - \frac{V_m}{Z_A} + \frac{V_1}{Z_B} + \frac{V_1}{Z_C} - \frac{V_2}{Z_C} &= 0 \\ \frac{V_1}{Z_A} + \frac{V_1}{Z_B} + \frac{V_1}{Z_C} - \frac{V_2}{Z_C} &= \frac{V_m}{Z_A} \\ \left(\frac{1}{Z_A} + \frac{1}{Z_B} + \frac{1}{Z_C} \right) \cdot V_1 - \frac{1}{Z_C} \cdot V_2 &= \frac{1}{Z_A} \cdot V_m \end{aligned}$$

Karena Admitansi, $Y = \frac{1}{Z}$,

Maka,

$$(Y_A + Y_B + Y_C) \cdot V_1 - Y_C \cdot V_2 = Y_A \cdot V_m \quad \dots\dots (3)$$

$$\begin{aligned}
 \text{Pers. 2} \rightarrow \frac{V_2 - V_1}{Z_C} + \frac{V_2}{Z_D} + \frac{V_2 + V_n}{Z_E} &= 0 \\
 \frac{V_2}{Z_C} - \frac{V_1}{Z_C} + \frac{V_2}{Z_D} + \frac{V_2}{Z_E} + \frac{V_2}{Z_E} &= 0 \\
 \left(-\frac{1}{Z_C}\right) \cdot V_1 + \left(\frac{1}{Z_C} + \frac{1}{Z_D} + \frac{1}{Z_E}\right) \cdot V_2 &= \left(-\frac{1}{Z_E}\right) \cdot V_n \\
 -Y_C \cdot V_1 + (Y_C + Y_D + Y_E) V_2 &= -Y_E \cdot V_n \quad \dots (4)
 \end{aligned}$$

Persamaan 3 dan 4, disusun secara matrik :

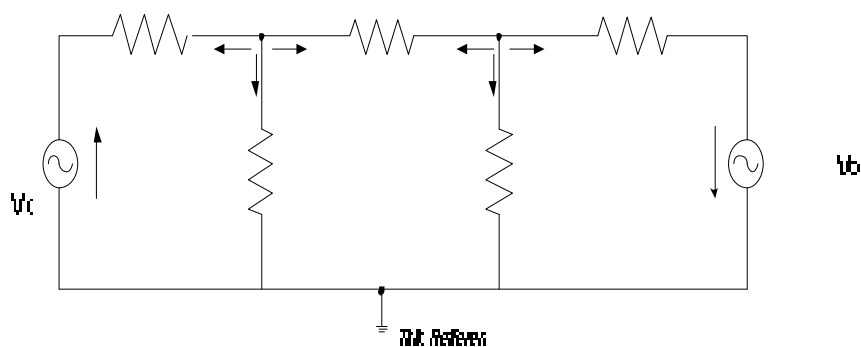
$$\begin{vmatrix} (Y_A + Y_B + Y_C) & -Y_C \\ -Y_C & (Y_C + Y_D + Y_E) \end{vmatrix} \begin{vmatrix} V_1 \\ V_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} Y_A \cdot V_m \\ -Y_E \cdot V_n \end{vmatrix}$$

$$\Delta Z = \begin{vmatrix} (Y_A + Y_B + Y_C) & -Y_C \\ -Y_C & (Y_C + Y_D + Y_E) \end{vmatrix}$$

$$V_1 = \frac{\begin{vmatrix} Y_A \cdot V_m & -Y_C \\ Y_E \cdot V_n & (Y_C + Y_D + Y_E) \end{vmatrix}}{\Delta Z}$$

$$V_2 = \frac{\begin{vmatrix} (Y_A + Y_B + Y_C) & Y_A \cdot V_m \\ -Y_C & Y_E \cdot V_n \end{vmatrix}}{\Delta Z}$$

Contoh 1: Tentukan arus I pada tahanan R_1 dengan Metode Tegangan Simpul



Jawab :

Pers. antara titik simpul 1 dan 3 :

$$\frac{V_1 - V_A}{R_1} + \frac{V_1}{R_2} + \frac{V_1 - V_2}{R_3} = 0$$

$$\frac{V_1 - 10}{2} + \frac{V_1}{5} + \frac{V_1 - V_2}{5} = 0$$

$$\frac{1}{2} \cdot V_1 - \frac{10}{2} + \frac{1}{5} \cdot V_1 + \frac{1}{5} \cdot V_1 - \frac{1}{5} \cdot V_2 = 0$$

$$\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{5} + \frac{1}{5}\right) \cdot V_1 - \frac{1}{5} \cdot V_2 = 5$$

$$0,9V_1 - 0,2V_2 = 5 \quad \text{..... (1)}$$

Pers. antara titik simpul 2 dan 3 :

$$\frac{V_2 - V_1}{R_3} + \frac{V_2}{R_5} + \frac{V_2 - V_B}{R_4} = \frac{V_2 - V_1}{5} + \frac{V_2}{5} + \frac{V_2 + 27}{1} = 0$$

$$\frac{1}{5} \cdot V_2 - \frac{1}{5} V_1 + \frac{1}{5} \cdot V_2 + V_2 + 27 = 0$$

$$-\frac{1}{5} V_1 + \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{5} + 1\right) V_2 = -27$$

$$-0,2 \cdot V_1 + 1,45 \cdot V_2 = -27 \quad \text{.....(2)}$$

Persamaan 1 dan 2, disusun dalam bentuk matrik :

$$\begin{bmatrix} 0,9 & -0,2 \\ -0,2 & 1,45 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 \\ -27 \end{bmatrix}$$

$$\Delta Z = \begin{vmatrix} 0,9 & -0,2 \\ -0,2 & 1,45 \end{vmatrix} = 1,305 - 0,04 = 1,265$$

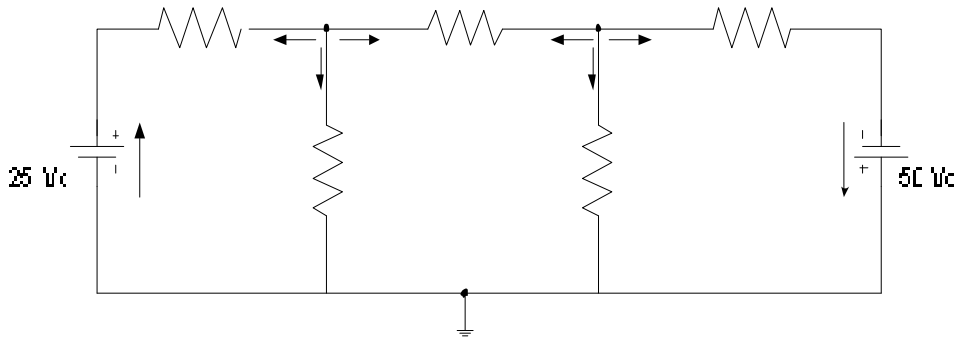
$$V_1 = \frac{\begin{vmatrix} 5 & -0,2 \\ -27 & 1,45 \end{vmatrix}}{\Delta Z} = \frac{7,25 - 5,4}{1,265} = \frac{1,85}{1,265} = 1,462 \text{ Volt}$$

$$V_2 = \frac{\begin{vmatrix} 0,9 & 5 \\ -0,2 & -27 \end{vmatrix}}{\Delta Z} = \frac{24,3 + 1}{1,265} = \frac{23,3}{1,265} = 18,42 \text{ Volt}$$

Karena arah arus R_1 , menuju titik simpul 1 :

$$\text{maka, } \rightarrow iR_1 = \frac{V_A - V_1}{R_1} = \frac{10 - 1,462}{2} = \frac{8,538}{2} = 4,269 \text{ A}$$

Contoh 2: Tentukan arus I pada tahanan 5Ω dengan *metode tegangan simpul*



Jawab :

Analisa Node 1 :

$$\frac{V_1 - 25}{2} + \frac{V_1}{4} + \frac{V_1 - V_2}{5} = 0$$

$$(0,5 + 0,25 + 0,2)V_1 - 0,2V_2 = 12,5$$

$$0,95V_1 - 0,2V_2 = 12,5 \quad \dots (1)$$

Analisa Node 2 :

$$\frac{V_2 - V_1}{5} + \frac{V_2}{2} + \frac{V_2 + 50}{2} = 0$$

$$-0,2V_1 + 1,2V_2 = -25$$

$$\dots (2)$$

Pers. 1 dan 2 disusun dalam Bentuk Matrik :

$$\begin{bmatrix} 0,95 & -0,2 \\ -0,2 & 1,2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12,5 \\ -25 \end{bmatrix}$$

$$\Delta Z = \begin{vmatrix} 0,95 & -0,2 \\ -0,2 & 1,2 \end{vmatrix} = 1,14 - 0,04 = 1,1$$

$$V_1 = \frac{\begin{vmatrix} 12,5 & -0,2 \\ -25 & 1,2 \end{vmatrix}}{\Delta Z} = \frac{15 - 5}{1,1} = \frac{10}{1,1} = 9,09 \text{ Volt}$$

$$V_2 = \frac{\begin{vmatrix} 0,95 & 12,5 \\ -0,2 & -25 \end{vmatrix}}{\Delta Z} = \frac{-23,75 + 2,5}{1,1} = \frac{-21,25}{1,1} = -19,32 \text{ Volt}$$

Arus pada tahanan 5Ω adalah :

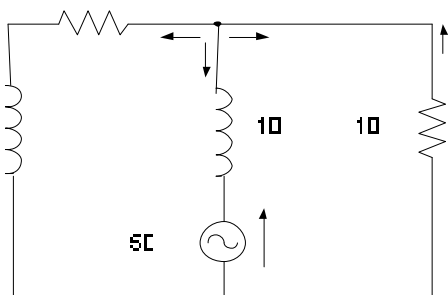
$$I_{R5} = \frac{V_1 - V_2}{5} = \frac{9,09 - (-19,32)}{5} = \frac{28,41}{5} = 5,68 \text{ A}$$

Daya pada tahanan 4Ω adalah :

$$I_{R4} = \frac{V_1}{4} = \frac{9,09}{4} = 2,27 \text{ A}$$

$$P_{R4} = I_{R4}^2 \times 4 = 2,27^2 \times 4 = 20,61 \text{ Watt}$$

Contoh 3: Tentukan tegangan pada node 1 dan arus I_1 seperti arah pada gambar.



Jawab :

$$\frac{V_1}{5 + j5} + \frac{V_1 - 50 \angle 0}{j10} + \frac{V_1}{10} = 0$$

$$\frac{1}{7,071 \angle -45} V_1 + \frac{1}{10 \angle 90} V_1 - \frac{50 \angle 0}{10 \angle 90} + 0,1 V_1 = 0$$

$$0,141 \angle -45 V_1 + 0,1 \angle -90 V_1 - 5 \angle -90 + 0,1 V_1 = 0$$

$$(0,099 - j0,099) V_1 - j0,1 V_1 + j5 + 0,1 V_1 = 0$$

$$0,099 V_1 - j0,099 V_1 - j0,1 V_1 + 0,1 V_1 = -j5$$

$$(0,199 - j0,199) V_1 = 5 \angle -90$$

$$(0,281 \angle -45) V_1 = 5 \angle -90$$

$$V_1 = \frac{5 \angle -90}{0,281 \angle -45}$$

$$V_1 = 17,793 \angle -45 \text{ Volt}$$

dan arus I_1 adalah :

$$I_1 = \frac{V_1}{10} = \frac{17,793 \angle -45}{10}$$

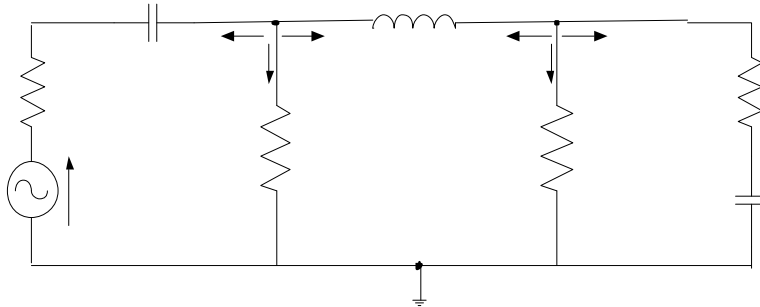
$$I_1 = 1,779 \angle -45 \text{ A} \rightarrow I_1 = 1,779 \angle -45 + 180 \text{ A}$$

$$I_1 = 1,779 \angle 135 \text{ A}$$

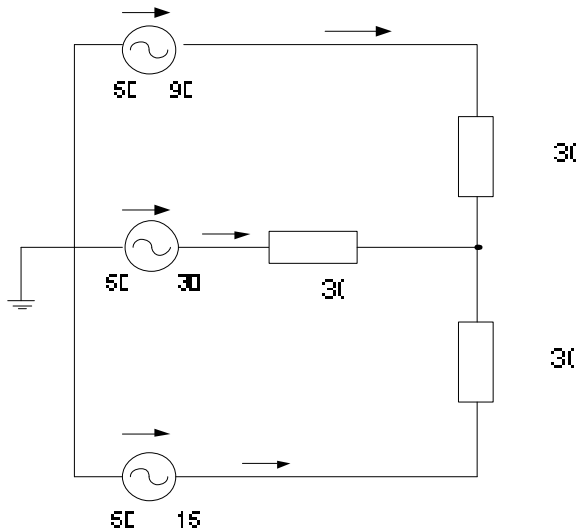
Soal – Soal Latihan

1. Jika $V_A = 50 \angle 0^\circ$ Volt

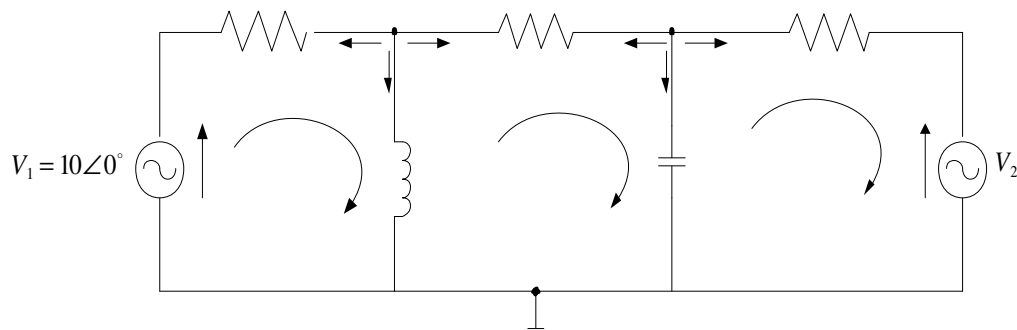
Tentukan: a. Daya yang disuplay pada rangkaian dengan metode simpul (node)
 b. Daya masing-masing resistor.



2. Tentukan arus Line I_A , I_B dan I_C dengan metode node (simpul).

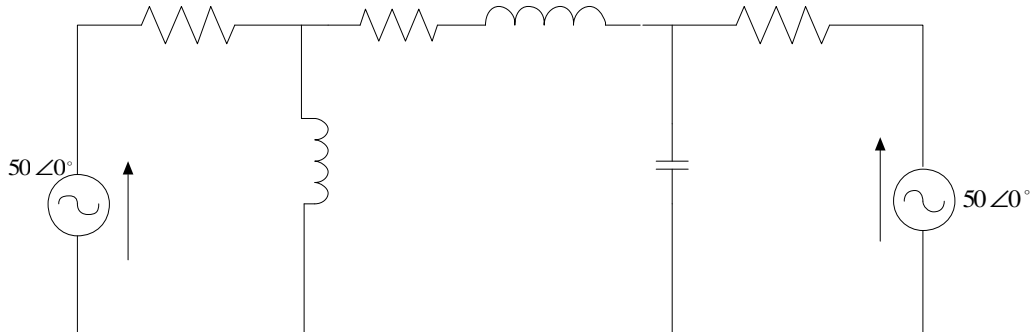


3. Perhatikan gambar dibawah, pilihlah salah satu cara (analisa mesh atau analisa simpul), untuk mendapatkan harga tegangan V_2

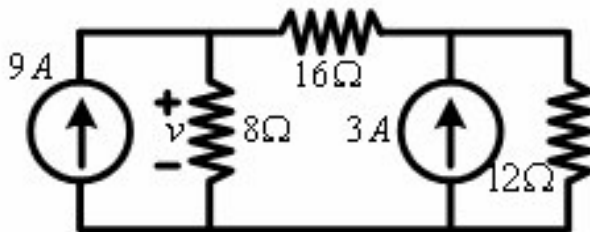


4. Perhatikan gambar rangkaian dibawah. Berapa daya yang dibangkitkan oleh kedua sumber tegangan (V_1 dan V_2).

Pilih salah satu metoda analisa Mesh atau analisa simpul (node) dalam penyelesaian



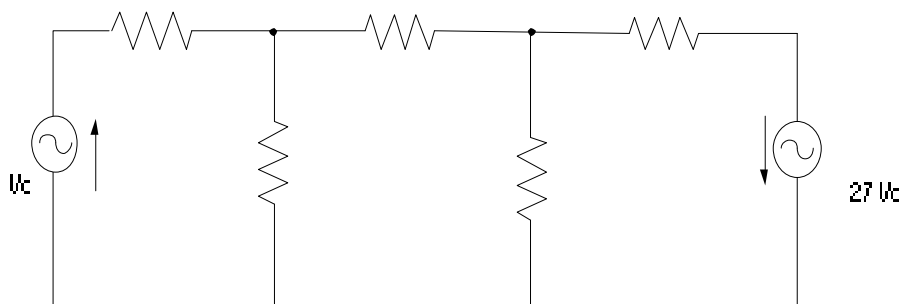
5. Tentukan nilai tegangan v dengan analisa node.



8.3.3 Metode Superposisi

Prinsip superposisi menyatakan bahwa respon tegangan atau arus yang diinginkan pada setiap titik didalam rangkaian linier yang mempunyai lebih dari satu sumber bebas didapat sebagai jumlah respon yang disebabkan oleh setiap sumber bebas yang bekerja sendiri-sendiri.

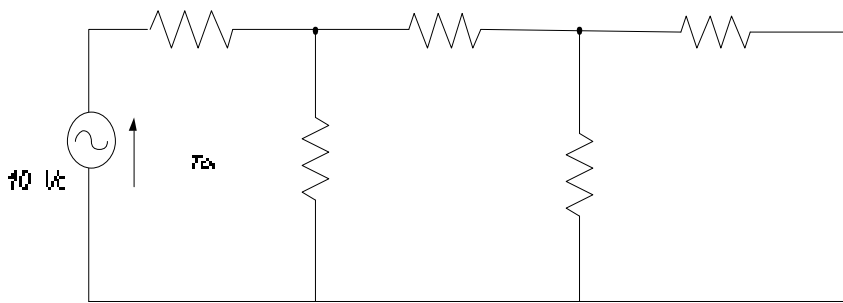
Contoh 1: Tentukan arus yang melalui pada tahanan $2\ \Omega$ dengan metoda Superposisi



Jawab :

Arus I yang mengalir disebabkan oleh sumber V_1

Dimana, V_2 diset = 0



$$R_{T1} = R_4 // R_5 = \frac{R_4 \times R_5}{R_4 + R_5} = \frac{1 \times 4}{1 + 4} = \frac{4}{5} = 0,8 \quad \Omega$$

$$R_{T2} = R_{T1} \text{ Seri } R_3 = 0,8 + 5 = 5,8 \quad \Omega$$

$$R_{T3} = R_2 // R_{T2} = \frac{R_2 \times R_{T2}}{R_2 + R_{T2}} = \frac{5 \times 5,8}{5 + 5,8} = \frac{29}{10,8} = 2,685 \quad \Omega$$

Maka,

$$R_{Total} = R_1 + R_{T3} = 2 + 2,685 = 4,685 \quad \Omega$$

$$I_{Total} = \frac{V_1}{R_{Total}} = \frac{10}{4,685} = 2,134 \quad \text{Ampere}$$

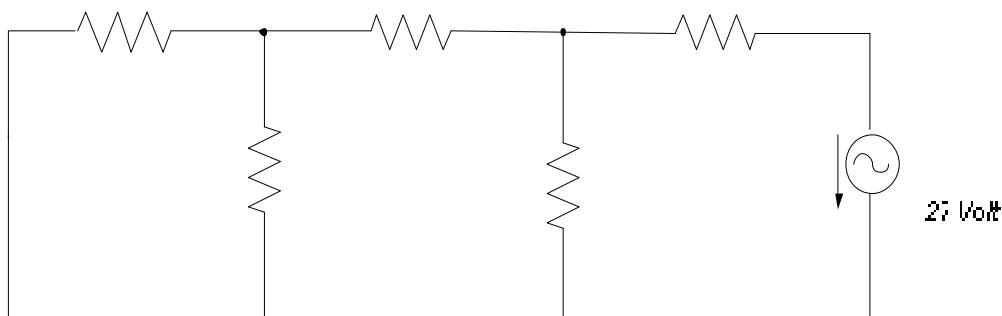
Cara kedua (secara langsung) :

$$R_{Total} = \frac{\left\{ \frac{(R_5 \times R_4)}{R_5 + R_4} + R_3 \right\} \times R_2}{\left\{ \frac{(R_5 \times R_4)}{R_5 + R_4} + R_3 \right\} + R_2} + R_1$$

$$R_{Total} = \frac{\left\{ \frac{(1 \times 4)}{1 + 4} + 5 \right\} \times 5}{\left\{ \frac{(1 \times 4)}{1 + 4} + 5 \right\} + 5} + 2 = \frac{(0,8 + 5) \times 5}{0,8 + 5 + 5} + 2 = \frac{29}{10,8} + 2$$

$$R_{Total} = 2,685 + 2 = 4,685 \quad \Omega$$

V_1 diset = 0



$$R_{Total} = \frac{\left\{ \frac{(2 \times 5)}{2+5} + 5 \right\} \times 4}{\left\{ \frac{(2 \times 5)}{2+5} + 5 \right\} + 4} + 1 = \frac{(6,249) \times 4}{10,429} + 1 = \frac{25,714}{10,429} + 1 = 2,466 + 1 = 3,466 \quad \Omega$$

Node 1 :

$$\frac{V_A}{R_1} + \frac{V_A}{R_2} + \frac{V_A - V_B}{R_3} = 0$$

$$\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \cdot V_A - \frac{1}{R_3} \cdot V_B = 0$$

$$(0,5 + 0,2 + 0,2) \cdot V_A - 0,2 \cdot V_B = 0$$

$$0,9 \cdot V_A - 0,2 \cdot V_B = 0 \quad \dots (1)$$

Node 2 :

$$\frac{V_B - V_A}{R_3} + \frac{V_B}{R_5} + \frac{V_B + V_2}{R_4} = 0$$

$$-\frac{1}{R_3} \cdot V_A + \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) \cdot V_B + \frac{1}{R_4} \cdot V_2 = 0$$

$$-0,2 \cdot V_A + (0,2 + 1 + 0,25) \cdot V_B = -V_2$$

$$-0,2 \cdot V_A + 1,45 \cdot V_B = -27 \quad \dots (2)$$

Persamaan 1 dan 2 disusun ke bentuk matrik :

$$\begin{bmatrix} 0,9 & -0,2 \\ -0,2 & 1,45 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_A \\ V_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -27 \end{bmatrix}$$

$$\Delta Z = \begin{vmatrix} 0,9 & -0,2 \\ -0,2 & 1,45 \end{vmatrix} = 1,305 - 0,04 = 1,265$$

$$V_A = \frac{\begin{vmatrix} 0 & -0,2 \\ -27 & 1,45 \end{vmatrix}}{\Delta Z} = \frac{-5,4}{1,265} = -4,269 \quad \text{Volt}$$

$$V_B = \frac{\begin{vmatrix} 0,9 & 0 \\ -0,2 & -27 \end{vmatrix}}{\Delta Z} = \frac{-24,3}{1,265} = -19,21 \quad \text{Volt}$$

Ditanya arus I pada tahanan 2Ω :

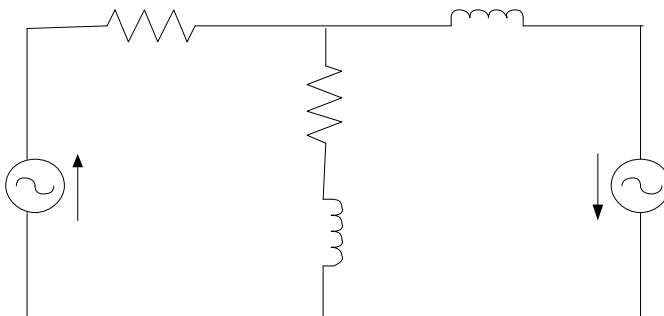
$$I_2 = \frac{V_A}{R_1} = \frac{-4,269}{2} = -2,134 \text{ Ampere}$$

Arus pada tahanan 2Ω adalah:

$$I_{Total} = I_1 + I_2$$

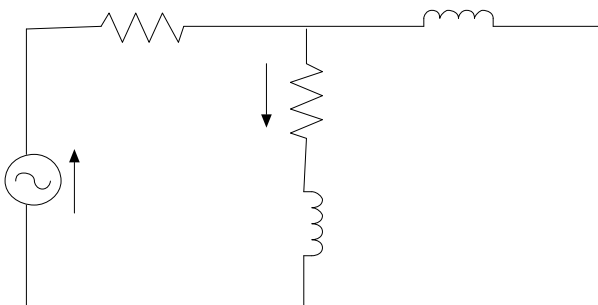
$$I_1 = I_{Total} - I_2 = 4,268 \text{ Ampere}$$

Contoh 2: Tentukan arus I pada impedansi $(3 + j4)$ dengan metode superposisi



Jawab :

V_2 diset = 0



$$\frac{1}{Z_1} = \frac{1}{Z_{BC}} + \frac{1}{Z_{BD}}$$

$$\frac{1}{Z_1} = \frac{1}{3 + j4} + \frac{1}{j5} = 0,12 - j0,16 - j0,2 = 0,12 - j0,36$$

$$Z_1 = \frac{1}{0,12 - j0,36} = \frac{1}{0,379 \angle -71,57^\circ} = 2,638 \angle 71,57^\circ$$

$$Z_{Total} = 5 + Z_1 = 5 + 0,834 + j2,5 = 5,834 + j2,5$$

$$Z_{Total} = 6,347 \angle 23,196^\circ \Omega$$

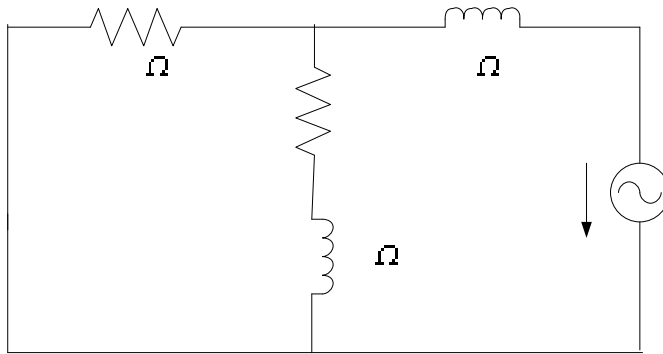
$$I_{Total} = \frac{V_1}{Z_{Total}} = \frac{50 \angle 90^\circ}{6,347 \angle 23,196^\circ} = 7,878 \angle 66,804^\circ \text{ Ampere}$$

$$V_{BC} = I_{Total} \times Z_1 = 7,878 \angle 66,804^\circ \times 2,638 \angle 71,57^\circ$$

$$V_{BC} = 20,78 \angle 138,374^\circ \text{ Volt}$$

$$I_1 = \frac{V_{BC}}{3 + j4} = \frac{20,78 \angle 138,374^\circ}{5 \angle 53,13^\circ} = 4,156 \angle 85,244^\circ \text{ Ampere}$$

$V_I \text{ diset} = 0$



$$\frac{1}{Z_1} = \frac{1}{Z_{BD}} + \frac{1}{Z_{BC}}$$

$$\frac{1}{Z_1} = \frac{1}{5} + \frac{1}{3 + j4} = 0,2 + 0,12 - j0,16 = 0,12 - j0,36$$

$$\frac{1}{Z_1} = 0,32 - j0,16$$

$$Z_1 = \frac{1}{0,32 - j0,16} = \frac{1}{0,358 \angle -26,565^\circ} = 2,793 \angle 26,565^\circ$$

$$Z_{Total} = j5 + Z_1 = j5 + 2,5 + j1,25 = 2,5 + j6,25$$

$$Z_{Total} = 6,731 \angle 68,198^\circ \Omega$$

$$I_{Total} = \frac{V_2}{Z_{Total}} = \frac{50 \angle 0^\circ}{6,731 \angle 68,198^\circ} = 7,428 \angle -68,198^\circ \text{ Ampere}$$

$$V_{BC} = I_{Total} \times Z_1 = 7,428 \angle -68,198^\circ \times 2,793 \angle 26,565^\circ$$

$$V_{BC} = 20,746 \angle -41,633^\circ \text{ Volt}$$

$$I_2 = \frac{V_{BC}}{3 + j4} = \frac{20,746 \angle -41,633^\circ}{5 \angle 53,13^\circ} = 4,149 \angle -94,763^\circ \text{ Ampere}$$

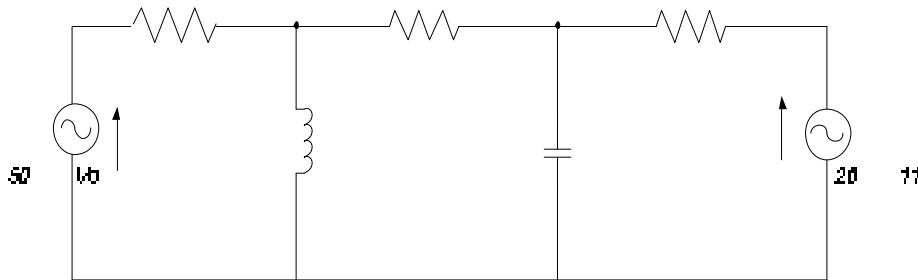
Arus pada impedansi $3+j4 \Omega$ adalah :

$$I = I_1 + I_2 = 4,156 \angle 85,243^\circ + 4,149 \angle -94,763^\circ \text{ Ampere}$$

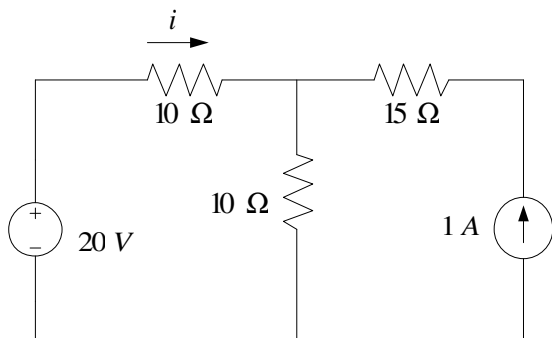
$$= 0,344 + j4,1417 - 0,344 - j4,1356 \text{ Ampere}$$

Soal - Soal Latihan

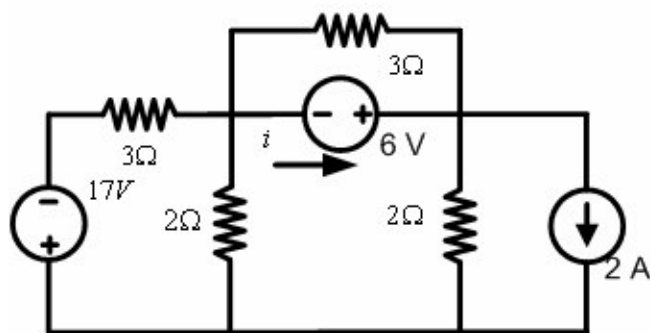
1. Tentukan arus yang melalui tahanan 4Ω dengan metoda superposisi



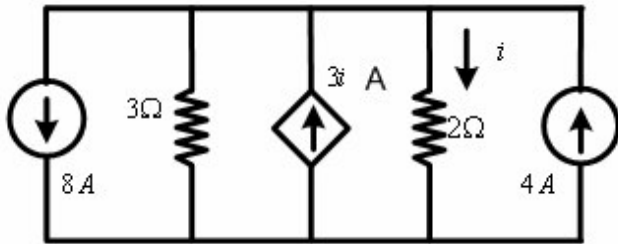
2. Berapakah arus i dengan teorema superposisi.



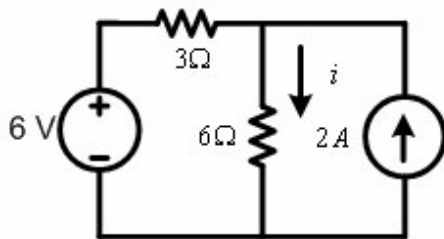
3. Tentukan nilai i dengan superposisi.



4. Tentukan nilai i dengan superposisi

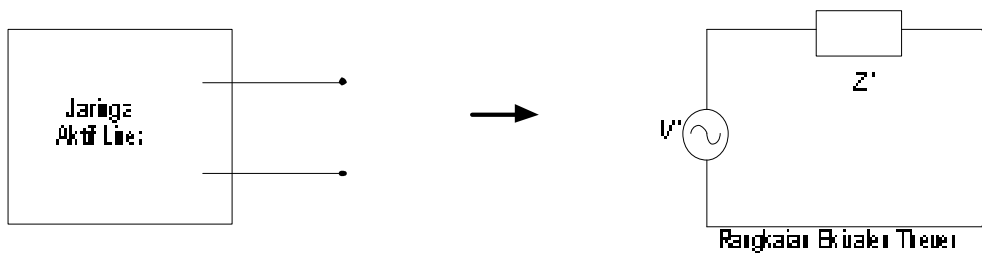


5. Tentukan nilai i dengan superposisi

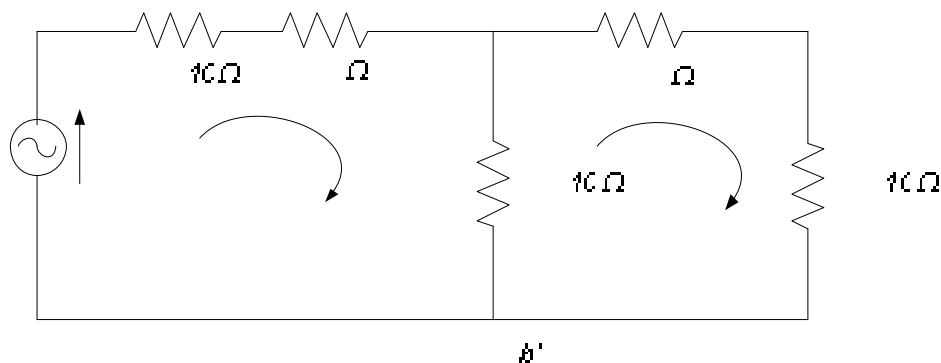


8.3.4 Teorema Thevenin

Sebuah jaringan linier, aktif, resistif yang mengandung satu atau lebih sumber tegangan atau sumber arus dapat diganti dengan satu sumber tegangan atau satu tahanan (resistansi) seri. Tujuan sebenarnya dari teorema ini adalah untuk menyederhanakan analisis rangkaian, yaitu membuat rangkaian ekuivalen yang berupa sumber tegangan (*tegangan pengganti thevenin V'*) yang dihubungkan seri dengan suatu impedansi ekuivalen.



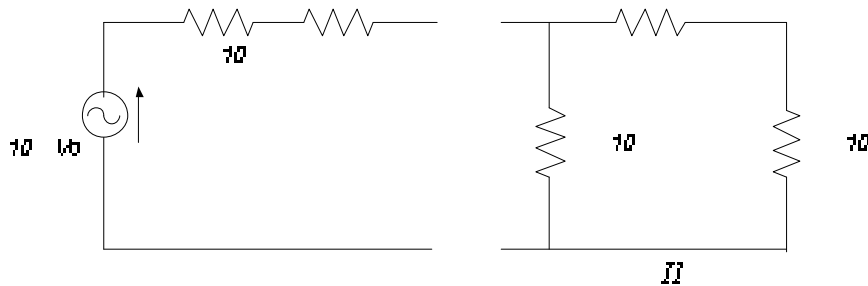
Contoh :



Dengan teori thevenin, tentukan arus I_1 dan I_2

Langkah-langkah penyelesaian :

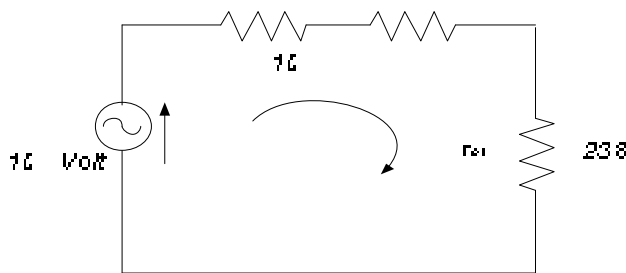
- 1.) Untuk menghitung I_1 , buat dua terminal $a - a'$, $b - b'$, dimana rangkaian dipotong pada $a - a'$



$$\text{Tahanan total bagian II, } = \frac{R_3 \cdot (R_4 + R_5)}{R_3 + R_4 + R_5}$$

$$R(a - a') = \frac{10 \cdot (1 + 10)}{10 + 1 + 10} = \frac{110}{21} = 5,238 \quad \Omega$$

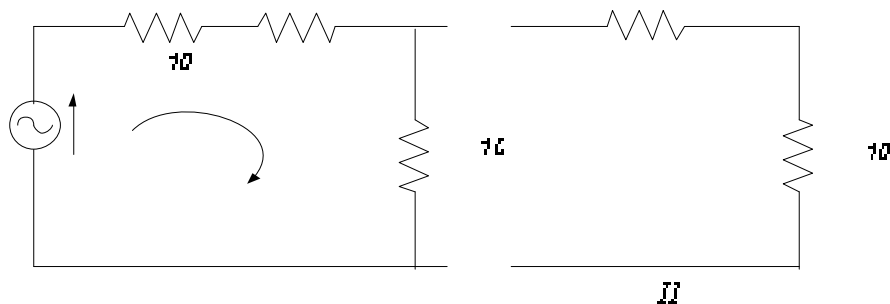
- 2.) Maka dibagian II dapat digantikan dengan satu tahanan sebesar $5,238 \Omega$ dan bila bagian I dihubungkan kembali dengan bagian II, rangkaian menjadi :



- 3.) Hitung arus I_1

$$I_1 = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_{Total}} = \frac{100}{10 + 1 + 5,238} = 6,158 \quad \text{Ampere}$$

- 4.) Untuk menghitung I_2 rangkaian dipotong pada $b - b'$



dibagian I didapat arus I_a ;

$$I_a = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{100}{10 + 1 + 10} = 4,762 \quad \text{Ampere}$$

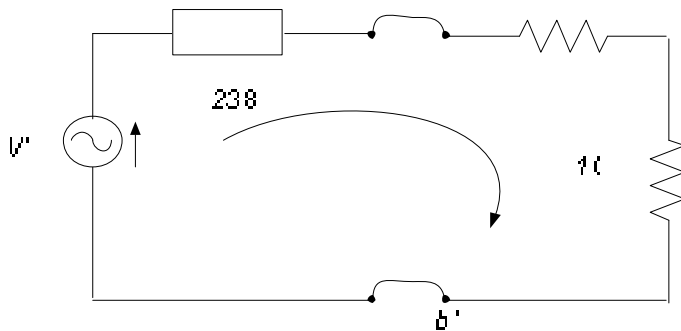
5.) Tentukan tegangan ekivalen V_2'

$$V_2' = I_a \times R_3 = 4,762 \times 10 = 47,62 \text{ Volt}$$

6.) Bahagian I diganti dengan sumber tegangan V_2' dan satu tahanan ekivalen (Z')

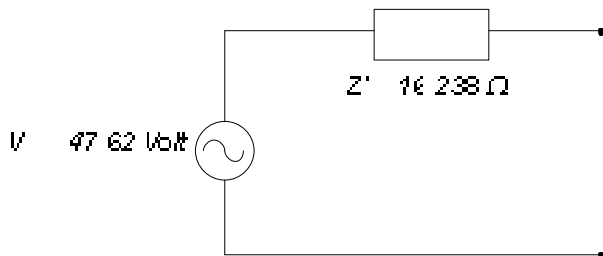
$$Z' = \frac{R_3 \cdot (R_1 + R_2)}{R_3 + R_1 + R_2} = \frac{10(10+1)}{10+10+1} = 5,238 \ \Omega$$

maka rangkaian menjadi :

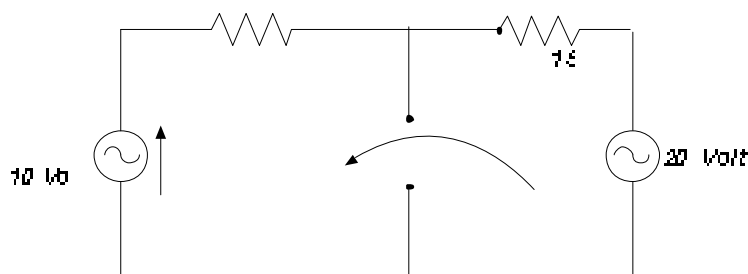


$$I_2 = \frac{V_2'}{Z' + R_4 + R_5} = \frac{47,62}{5,238 + 1 + 10} = \frac{47,62}{16,238} = 2,933 \text{ Ampere}$$

Jadi rangkaian ekivalen thevenin adalah :



Contoh 2 :



Rangkaian DC pada gambar, terminal AB dihubungkan dengan tahanan :

$$R_1 = 1 \ \Omega, \ R_2 = 5 \ \Omega, \ \text{dan} \ R_3 = 10 \ \Omega$$

Hitung daya yang diizinkan oleh masing-masing resistor dengan teori thevenin

Jawab :

$$I = \frac{V_1 - V_2}{R_a + R_b} = \frac{10}{20} = 0,5 \text{ Ampere}$$

Tegangan thevenin (V') = V_{AB}

$$V' = V_{R_a} + 10 \text{ volt} \quad \rightarrow \quad \text{dimana ; } V_{R_a} = I \times R_a$$

$$V' = 2,5 + 10$$

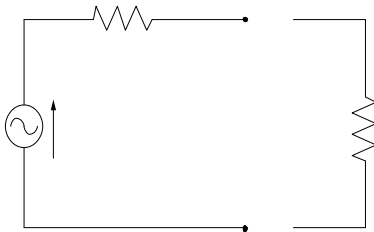
$$V' = 12,5 \text{ Volt}$$

$$V_{R_a} = 0,5 \times 5$$

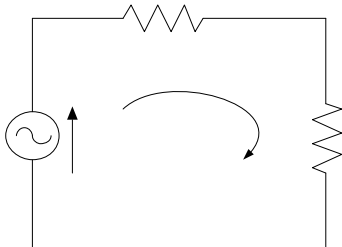
$$V_{R_a} = 2,5 \text{ Volt}$$

$$Z' = \frac{R_a \times R_b}{R_a + R_b} = \frac{5 \times 15}{5 + 15} = 3,75 \text{ } \Omega$$

maka rangkaian ekivalen thevenin adalah :



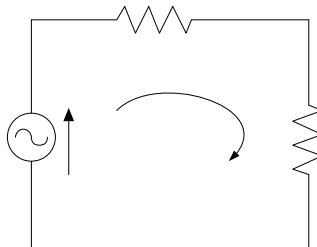
Pada terminal AB dihubungkan tahanan R_1 , R_2 dan R_3 , maka daya untuk $R_1 = 1 \text{ } \Omega$ adalah :



$$I_1 = \frac{V'}{Z' + R_1} = \frac{12,5}{3,75 + 1} = 2,635 \text{ Ampere}$$

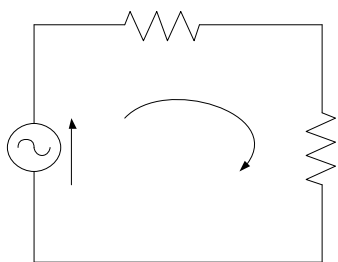
$$P_1 = I^2 \times R_1 = 2,63^2 \times 1 = 66,71 \text{ Watt}$$

daya untuk $R_2 = 5 \text{ } \Omega$ adalah :



$$I_2 = \frac{V'}{Z' + R_2} = 1,438 \text{ Ampere}$$

$P_2 = I^2 \times R_2 = 10,224 \text{ Watt}$
 daya untuk $R_3 = 10 \Omega$ adalah :

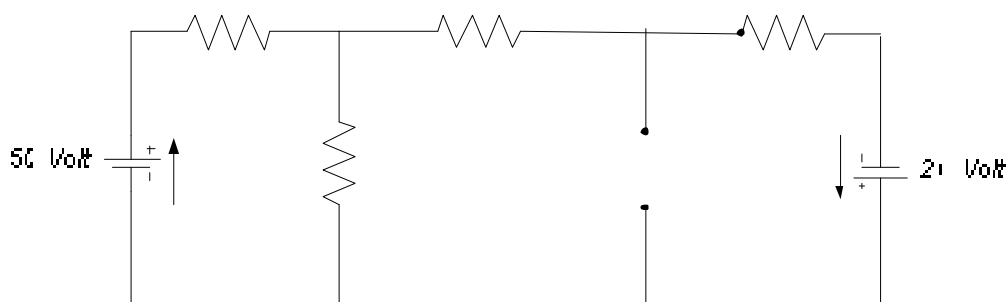


$$I_3 = \frac{V'}{Z' + R_3} = 0,909 \text{ Ampere}$$

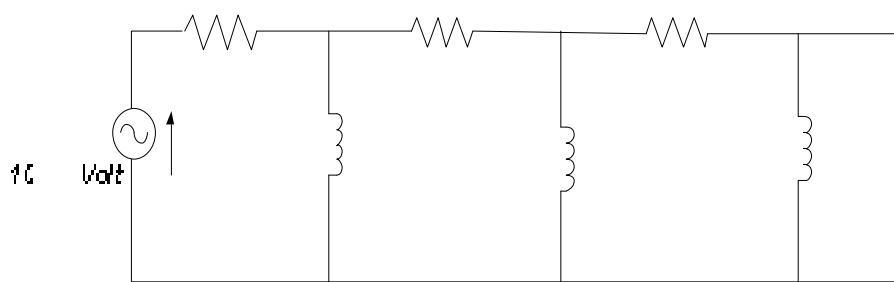
$$P_3 = I^2 \times R_3 = 8,203 \text{ Watt}$$

Soal – Soal Latihan

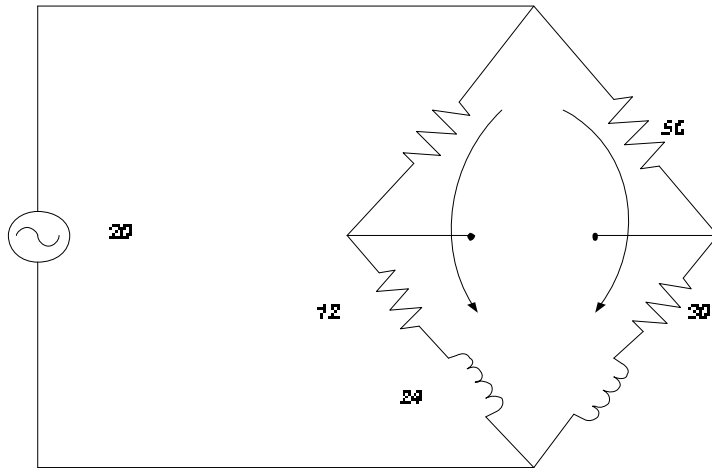
1. Tentukan rangkaian *ekivalen thevenin* pada terminal *AB* dari rangkaian dibawah.



2. Buatlah rangkaian ekivalen thevenin dan berapa besar daya yang diserap pada tahanan 4Ω yang dihubungkan pada titik *AB*.

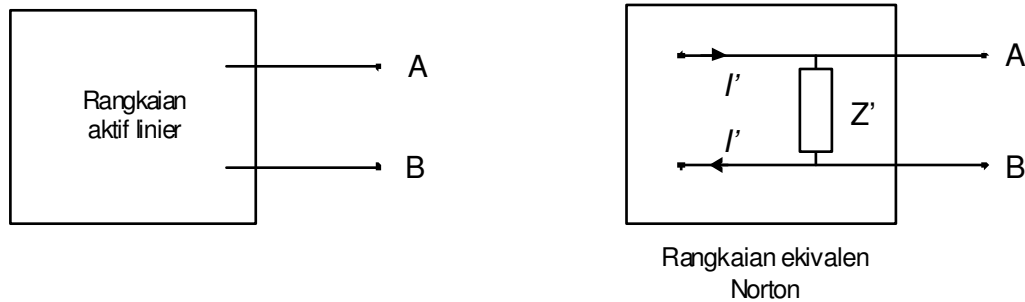


3. Buatlah rangkaian ekivalen thevenin dari gambar dibawah ini.



8.3.5. Teorema Norton

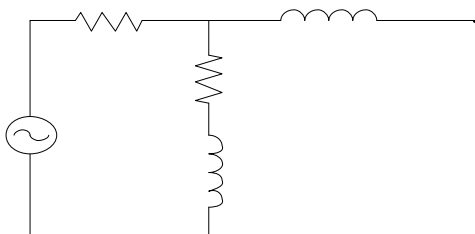
Mengatakan bahwa suatu rangkaian aktif linier dengan terminal output AB dapat digantikan dengan sebuah sumber arus I' yang dihubungkan paralel dapat diganti dengan sebuah impedansi Z'



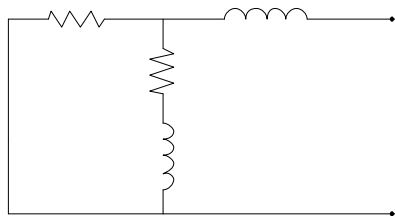
Sumber ekuivalen Norton I' adalah arus yang melalui rangkaian hubug singkat yang digunakan pada terminal dari rangkaian aktif. Sedangkan impedansi ekuivalen Z' dihubungkan paralel dengan sumber arus adalah impedansi ekuivalen dari rangkaian pada terminal AB bila semua sumber disensor dengan nol.

Impedansi ekuivalen Z' pada Norton adalah identik dengan impedansi teorema thevenin.

Contoh 1:

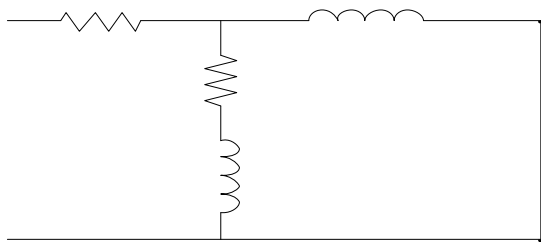


Tentukan Rangkaian ekuivalen Norton

Penyelesaian:**I.) Sumber diset = 0**

$$Z' = j5 + \left(\frac{5 \cdot (3 + j4)}{5 + 3 + j4} \right) = j5 + \frac{15 + j20}{8 + j4} = j5 + \frac{15 + j20}{8 + j4} \cdot \frac{8 - j4}{8 - j4}$$

$$Z' = 2,5 + j6,25 \quad \Omega$$

II.) Terminal AB dihubungkan :

$$Z_T = 5 + \frac{j5 \cdot (3 + j4)}{j5 + (3 + j4)} = 5 + \frac{(-20 + j15)}{3 + j9}$$

$$Z_T = 5,833 + j2,5 \quad \Omega \quad \rightarrow \quad Z_T = 6,346 \angle 23,2^\circ \quad \Omega$$

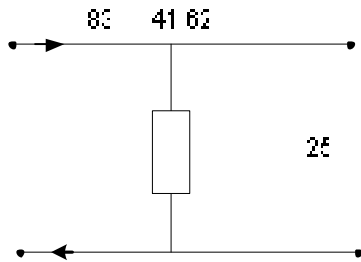
$$I_{Total} = \frac{V}{Z_{Total}} = \frac{10 \angle 0^\circ}{6,346 \angle 23,2^\circ} = 1,575 \angle -23,2 \quad A$$

$$I' = I_{Total} \left(\frac{3 + j4}{(3 + j4) + j5} \right) = 1,575 \angle -23,2 \left(\frac{3 + j4}{3 + j9} \right)$$

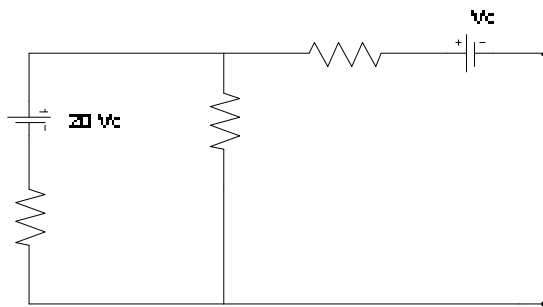
$$= 1,575 \angle -23,2 \left(\frac{5 \angle 53,13}{9,487 \angle 71,5} \right)$$

$$I' = 0,83 \angle -41,635 \quad A$$

Maka rangkaian ekivalen *Norton* adalah :



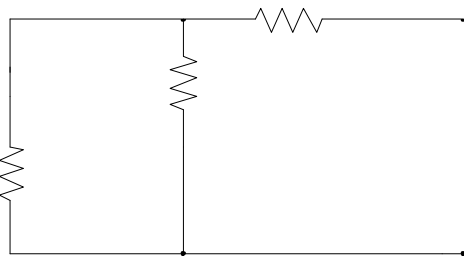
Contoh 2 :



Tentukan Rangkaian Ekivalen Norton

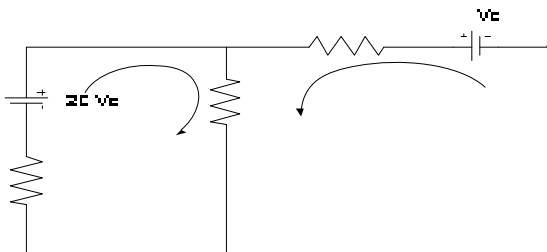
Penyelesaian :

I.) Sumber diset = 0



$$Z' = 8 + \left(\frac{2 \times 5}{2 + 5} \right) = 8 + \frac{10}{7} = 9,429 \ \Omega$$

II.) Terminal *AB* dihubungkan :



Loop I; $5I_1 + (I_1 + I_2) \cdot 2 - 20 = 0$

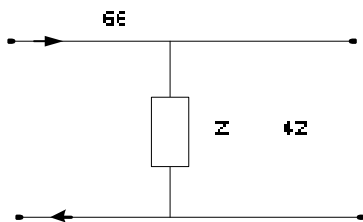
$$7I_1 + 2I_2 = 20 \quad \dots\dots\dots(1)$$

Loop II ; $8I_2 + (I_2 + I_1).2 - 12 = 0$

$$2I_1 + 10I_2 = 12 \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$I_1 = I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 7 & 20 \\ 2 & 12 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 7 & 2 \\ 2 & 10 \end{vmatrix}} = \frac{84 - 40}{70 - 4} = \frac{44}{66} = 0,667 \text{ A}$$

Maka Rangkaian Ekivalen *Norton* adalah :

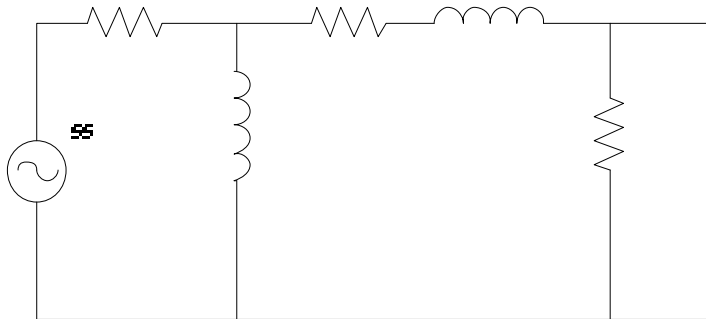


8.1. 8.4. Penutup

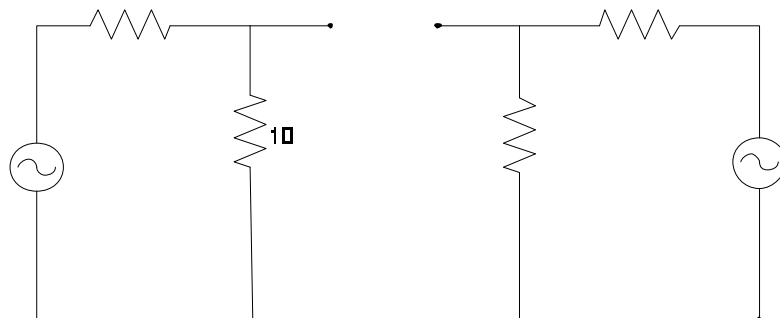
8.1.1. 8.4.1 Bahan Diskusi dan Tugas

Soal – Soal Latihan

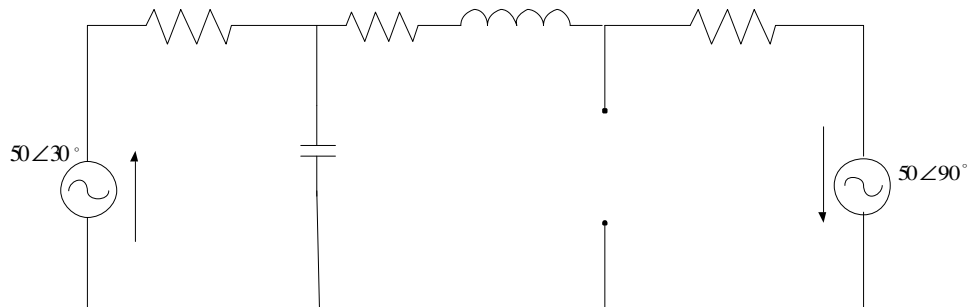
1. Tentukan rangkaian ekivalen Norton dari rangkaian dibawah ini.



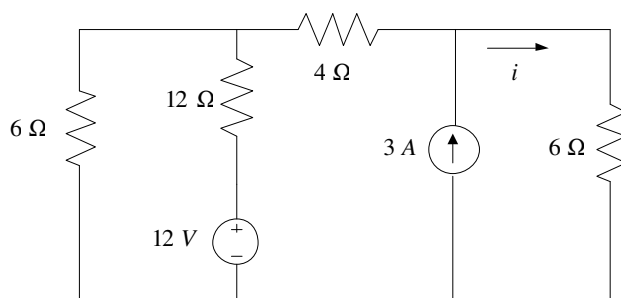
2. Dari rangkaian dibawah ini, buatlah rangkaian ekivalen *thevenin dan norton* untuk output terminal A-B



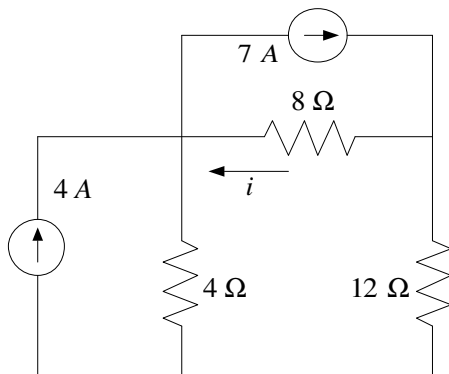
3. Dari gambar rangkaian dibawah ini, buatlah rangkaian ekivalen thevenin dan norton untuk output *terminal A-B*



4. Tentukan nilai i dengan teorema norton.



5. Tentukan nilai i dengan teorema norton.



8.5 Daftar Pustaka

1. “Teori dan Soal- soal Rangkaian Listrik“ edisi kedua, Joseph A.Edminister, Ir.Sahat Pakpahan, Seri buku schum.1984.
2. Muhammad Ramdhani “Rangkaian listrik” thn. 2008 Penerbit Erlangga.
3. William H. Hayt, Jr., Jack E. Kemmerly, Steven M. Durbin, 2005 “*Rangkaian Listrik* ”, edisi ke enam. Jilid 1 dan 2.Erlangga.
4. Joseph A. Edminister, 1983, “*Electric Circuit*”, Mc-graw-Hill.



universitas
MALIKUSSALEH

Rangkaian listrik adalah suatu kumpulan elemen atau komponen listrik yang saling dihubungkan dengan cara-cara tertentu dan paling sedikit mempunyai satu lintasan tertutup.

Elemen atau komponen yang akan dibahas pada mata kuliah Rangkaian Listrik terbatas pada elemen atau komponen yang memiliki dua buah terminal atau kutub pada kedua ujungnya. Pembatasan elemen atau komponen listrik pada Rangkaian Listrik dapat dikelompokkan kedalam elemen atau komponen aktif dan pasif. Elemen aktif adalah elemen yang menghasilkan energi dalam hal ini adalah sumber tegangan dan sumber arus, mengenai sumber ini akan dijelaskan pada bab berikutnya. Elemen lain adalah elemen pasif dimana elemen ini tidak dapat menghasilkan energi, dapat dikelompokkan menjadi elemen yang hanya dapat menyerap energi dalam hal ini hanya terdapat pada komponen resistor atau banyak juga yang menyebutkan tahanan atau hambatan dengan simbol R , dan komponen pasif yang dapat menyimpan energi juga diklasifikasikan menjadi dua yaitu komponen atau elemen yang menyerap energi dalam bentuk medan magnet dalam hal ini induktor atau sering juga disebut sebagai lilitan, belitan atau kumparan dengan simbol L , dan kompone pasif yang menyerap energi dalam bentuk medan magnet dalam hal ini adalah kapasitor atau sering juga dikatakan dengan kondensator dengan simbol C , pembahasan mengenai ketiga komponen pasif tersebut nantinya akan dijelaskan pada bab berikutnya.

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH**