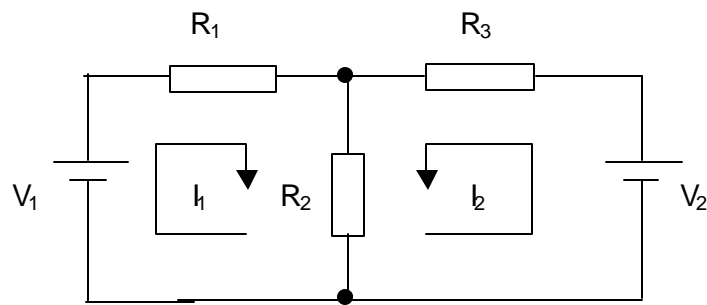




RANGKAIAN LISTRIK ARUS SEARAH

ELK-DAS.25
40 JAM



Penyusun :

TIM FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
EDISI 2001

KATA PENGANTAR

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

Modul ini merupakan penerapan dari hukum-hukum kelistrikan, serta memuat kajian atau teori dalam menganalisa rangkaian. Kegiatan Belajar 1 membahas tegangan dan daya listrik, yang mempunyai 4 sub pokok bahasan yaitu aplikasi hukum Kirchoff, daya listrik arus searah, energi listrik arus searah dan Perubahan energi listrik menjadi panas. Kegiatan Belajar 2 membahas teori Superposisi, Thevenin dan Norton. Sedangkan Kegiatan Belajar 3 dan 4 membahas analisis rangkaian listrik arus searah yaitu analisis loop pada Kegiatan Belajar 3 dan analisis simpul pada Kegiatan Belajar 4. Selanjutnya Kegiatan Belajar 5 membahas gejala transien yang terdiri dari pengisian dan pengosongan kapasitor. Rangkaian ini merupakan akhir dari pembahasan rangkaian listrik arus searah.

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

Yogyakarta, Nopember 2001

Penyusun.
Tim Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta

DESKRIPSI JUDUL

RANGKAIAN LISTRIK ARUS SEARAH merupakan modul teori dan atau praktikum yang memuat penerapan dari hukum-hukum kelistrikan, serta memuat kajian atau teori dalam menganalisa rangkaian .

Modul ini terdiri atas 5 (lima) kegiatan belajar yang mencakup tegangan dan daya listrik, cara – cara menganalisis rangkaian listrik arus searah seperti teori Thevenin, Superposisi, Norton, analisis loop dan analisis simpul, serta rangkaian transien terutama rangkaian RC yang banyak aplikasinya dalam praktek seperti pengisian dan pengosongan kapasitor. Dengan menguasai modul ini diharapkan peserta diklat mampu menganalisis rangkaian listrik arus searah dan menerapkannya dalam praktek.

PETA KEDUDUKAN

PRASYARAT

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

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

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DESKRIPSI JUDUL	iii
PETA KEDUDUKAN MODUL	iv
PRASYARAT	v
DAFTAR ISI	vi
PERISTILAHAN/ GLOSSARY	viii
PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL	ix
TUJUAN	x
1. Tujuan Akhir	x
2. Tujuan Antara	x
KEGIATAN BELAJAR 1	1
Lembar Informasi	1
Lembar Kerja	5
Kesehatan dan Keselamatan Kerja	5
Langkah Kerja	5
Lembar Latihan	8
KEGIATAN BELAJAR 2	10
Lembar Informasi	10
Lembar Kerja	14
Kesehatan dan Keselamatan Kerja	14
Langkah Kerja	14
Lembar Latihan	16
KEGIATAN BELAJAR 3	18
Lembar Informasi	18
Lembar Kerja	20
Kesehatan dan Keselamatan Kerja	20
Langkah Kerja	21
Lembar Latihan	22

KEGIATAN BELAJAR 4	23
Lembar Informasi	23
Lembar Kerja	26
Kesehatan dan Keselamatan Kerja	27
Langkah Kerja	27
Lembar Latihan	28
KEGIATAN BELAJAR 5	29
Lembar Informasi	29
Lembar Kerja	35
Kesehatan dan Keselamatan Kerja	36
Langkah Kerja	36
Lembar Latihan	38
LEMBAR EVALUASI	40
LEMBAR KUNCI JAWABAN	43
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 1	43
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 2	43
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 3	43
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 4	44
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 5	44
Kunci Jawaban Lembar Evaluasi	46
DAFTAR PUSTAKA	47

PERISTILAHAN / GLOSSAARY

Kapasitansi merupakan sifat suatu alat/komponen/bahan yang bila dihubungkan dengan sumber listrik akan mempercepat arus listrik yang mengalir pada bahan tersebut serta menggeser tegangan tersebut terhadap arus yang melewatinya.

Rangkaian linier yaitu suatu rangkaian yang apabila sumber tegangan atau arus yang mengenainya diubah, maka perubahan tersebut sebanding dengan tegangan dan arus ketika belum diubah.

PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mempelajari modul

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

TUJUAN

1. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari modul ini peserta diklat memiliki kemampuan menganalisis rangkaian listrik arus searah dan menerapkannya dalam praktek.

1. Tujuan Antara

- Peserta diklat mampu menganalisis rangkaian listrik arus sederhana dengan menggunakan hukum Kirchoff.
- Peserta diklat mampu menganalisis rangkaian menggunakan teori superposisi, teori Thevenin dan teori Norton.
- Peserta diklat mampu menuliskan persamaan tegangan dalam loop tertutup.
- Peserta diklat mampu menghitung arus loop, arus dari setiap cabang rangkaian.
- Peserta diklat mampu menghitung arus dan daya dengan analisis loop.
- Peserta diklat mampu menuliskan persamaan arus dalam suatu titik cabang.
- Peserta diklat mampu menghitung tegangan titik simpul, arus yang mengalir pada setiap cabang, dan daya yang diserap tiap tahanan.
- Peserta diklat mampu menghitung konstanta waktu rangkaian RC tegangan pengisian kapasitor, arus pengisian kapasitor, tegangan pengosongan kapasitor, serta arus pengosongan kapasitor.

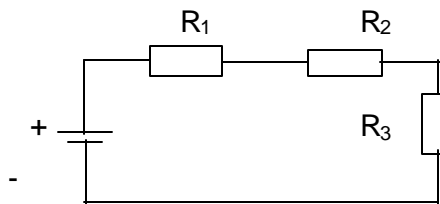
KEGIATAN BELAJAR 1

TEGANGAN DAN DAYA LISTRIK

Lembar Informasi

1. Penerapan Hukum Ohm dan Kirchoff

Untuk menghitung besar arus atau tegangan pada suatu rangkaian sederhana dapat menggunakan hukum ohm dan hukum Kirchoff secara bersama-sama. Sebagai contoh perhatikan rangkaian pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Contoh Rangkaian

Menurut hukum ohm, tegangan pada masing-masing tahanan adalah sebagai berikut :

$$R_1 \text{ disebut } V_{R1} = IR_1$$

$$R_2 \text{ disebut } V_{R2} = IR_2$$

$$R_3 \text{ disebut } V_{R3} = IR_3$$

Berdasarkan hukum Kirchoff II tentang tegangan bahwa jumlah tegangan dalam rangkaian tertutup sama dengan nol. Berdasarkan rangkaian di atas hukum Kirchoff II persamaan tegangan dapat ditulis sebagai berikut :

$$- V + IR_1 + IR_2 + IR_3 = 0$$

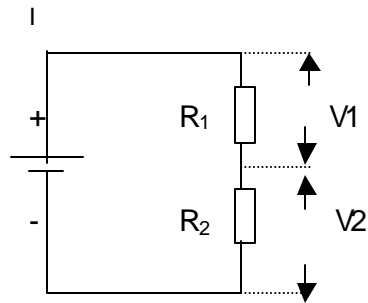
$$IR_1 + IR_2 + IR_3 = V$$

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

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

2. Rangkaian Pembagi Tegangan

Dalam rangkaian listrik arus searah untuk memperoleh suatu tegangan tertentu dapat menggunakan suatu kombinasi tahanan tertentu, rangkaian seperti ini disebut rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian pembagi Tegangan yang sederhana dapat ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Pembagi Tegangan

Besarnya arus yang mengalir dalam rangkaian adalah :

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

Tegangan pada R_2 adalah :

$$\begin{aligned} V_2 &= I \cdot R_2 \\ &= \frac{V}{R_1 + R_2} \cdot R_2 \end{aligned}$$

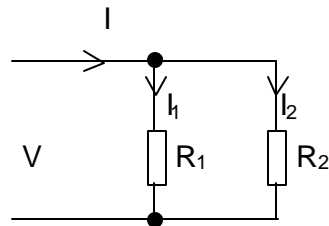
$$V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V$$

Dengan cara yang sama tegangan pada R_1 diperoleh

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

3. Rangkaian Pembagi Arus

Dalam rangkaian pembagi tegangan tahanan disusun secara seri, sedangkan dalam rangkaian pembagi arus tahanan disusun secara paralel. Rangkaian pembagi arus ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Gambar Rangkaian Pembagi Arus

Persamaan-persamaan yang didapatkan dari rangkaian di atas adalah sebagai berikut :

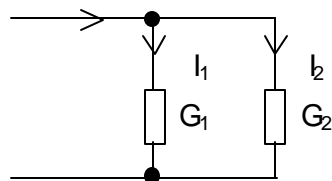
$$V = I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 \qquad V = I \cdot \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

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

$$I_1 R_1 = I \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \qquad I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot I$$

$$I_2 R_2 = I \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \qquad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot I$$

Jika dinyatakan dalam konduktansi (lihat Gambar 4)



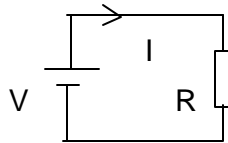
$$I_1 = \frac{G_1}{G_1 + G_2} I$$

$$I_2 = \frac{G_2}{G_1 + G_2} I$$

Gambar 4. Rangkaian dengan Konduktansi.

4. Daya dan Energi Arus Searah

Jika suatu sumber tegangan V diberikan beban R sehingga arus yang mengalir pada I , maka sumber tegangan menyalurkan daya listrik sedangkan R menyerap daya listrik. Kedua daya ini besarnya sama. Perhatikan Gambar 5 di bawah ini.



Besarnya Daya

$$P = V \cdot I$$

P = daya (watt)

V = tegangan (volt)

I = arus (ampere)

Gambar 5.
Rangkaian Dengan Sumber Tegangan V dengan Beban R

Karena $V = I \cdot R$, maka jika V diganti dengan IR diperoleh :

$$P = IR \cdot I = I^2 R$$

Jika I diganti dengan V/R pada persamaan

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= V \cdot V/R = V^2/R \end{aligned}$$

sehingga diperoleh

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

Energi listrik yang disalurkan oleh sumber tegangan sama dengan energi listrik yang diserap oleh R . Besar energi listrik yang disalurkan sama dengan daya dikalikan waktu.

$$W = P \cdot t$$

$$W = V \cdot I \cdot t$$

$$= I^2 R T = (V^2 / R) \cdot t$$

Dalam Sistem Internasional satuan daya adalah watt, satuan waktu adalah detik sehingga satuan energi (W) adalah Watt detik = joule

Dalam sehari – hari satuan energi listrik dinyatakan dengan kwh (kilo watt jam)

$$1 \text{ kwh} = 3,6 \times 10^6 \text{ joule}$$

Lembar Kerja

Alat dan Bahan

1. Power supply dc 0 – 20 V.....	1 buah
2. Ampere meter DC.....	3 buah
3. Multimeter	1 buah
4. Tahanan 100 Ω , 5 watt.....	1 buah
5. Tahanan 200 Ω , 5 watt.....	1 buah
6. Termometer	1 buah
7. Gelas Ukur	1 buah
8. Stop Watch.....	1 buah
9. Pemanas Air 220 V / 250 watt.....	1 buah
10. Saklar.....	1 buah
11. Kabel penghubung	secukupnya

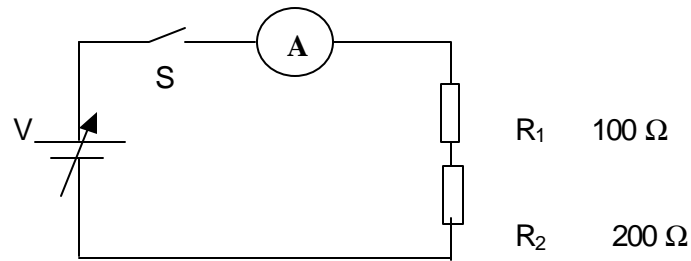
Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Jangan menghubungkan ke sumber tegangan sebelum rangkaian benar!
2. Perhatikan polaritas dari sumber tegangan dan alat-alat ukur. Jangan memasang alat ukur dengan polaritas yang salah!
3. Perhatikan batas ukur dari alat-alat ukur dan kemampuan dari tahanan! Arus yang mengalir pada alat ukur tidak melewati batas ukur dan diluar kemampuan arus maksimal pada tahanan!
4. Letakkan peralatan pada tempat yang aman dan mudah diamati!
5. Posisi power supply dalam kondisi minimum!

Langkah Kerja

Percobaan I (Pembagi Tegangan dan Arus)

1. Buatlah rangkaian seperti Gambar 6 berikut!
2. Setelah rangkaian benar tutuplah saklar dan aturlah tegangan seperti Tabel 1 berikut! Catatlah besar arus yang mengalir serta ukur tegangan pada R_1 dan R_2 pada setiap perubahan tegangan!

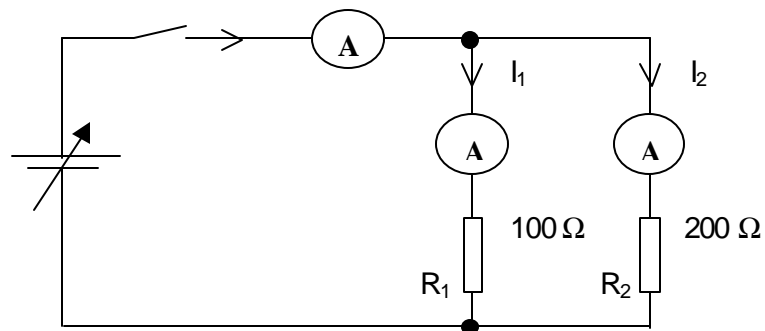


Gambar 6. Rangkaian Percobaan Pembagi Tegangan

Tabel 1. Pengamatan Rangkaian Pembagi Tegangan

V	I	V_1	V_2
3			
6			
9			
12			

3. Hitunglah besar arus dan tegangan V_1 , V_2 berdasarkan teori dan bandingkan hasilnya dengan hasil pengukuran!
4. Buatlah rangkaian seperti Gambar 7 di bawah ini!



Gambar 7. Rangkaian Percobaan Pembagi Arus

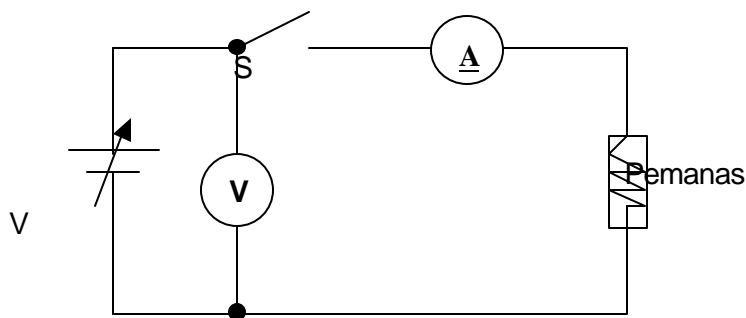
5. Setelah rangkaian benar tutuplah saklar dan aturlah tegangan seperti pada Tabel 2. Catatlah I, I_1 dan I_2 pada setiap perubahan tegangan!
6. Hitunglah besar arus pada setiap perubahan tegangan berdasarkan teori lalu bandingkan dengan hasil pengukuran!
7. Lanjutkan dengan percobaan ke-2!

Tabel 2. Pengamatan Rangkaian Pembagi Arus.

V (volt)	I (mA)	I_1	I_2
2			
4			
6			
8			
10			
12			

Percobaan II (Perubahan Energi Listrik Menjadi Panas)

1. Isilah gelas ukur dengan air sebanyak 100 ml, kemudian masukkan pemanas ke dalam air dan ukurlah suhu air!
2. Buatlah rangkaian seperti Gambar 8 di bawah ini!



Gambar 8.
Rangkaian Percobaan Perubahan Energi Listrik Menjadi Panas

3. Aturlah tegangan hingga amperemeter menunjukkan nilai 0,2 A
4. Hidupkan stop watch secara bersamaan saat arus menunjukkan 0,2 A!
5. Catatlah suhu air setiap variasi waktu seperti Tabel 3 di bawah ini!

Tabel 3. Pengamatan Perubahan Suhu Tiap Waktu

Waktu (menit)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Suhu ($^{\circ}$ C)											

6. Dengan menggunakan persamaan sebagai berikut!

Panas yang diterima air :

$$Q = m \cdot \Delta t = 100 \times \Delta t \text{ kalori}$$

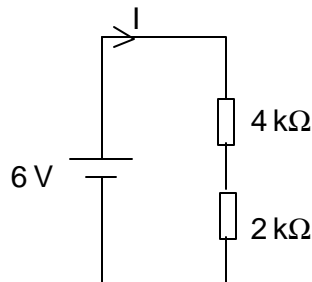
Energi listrik yang diberikan sumber :

$$W = V \cdot I \cdot t \text{ joule}$$

7. Hentikanlah kegiatan dan kemudian kembalikan semua peralatan ke tempat semula! Kemudian buatlah kesimpulan secara keseluruhan berdasarkan percobaan tadi!

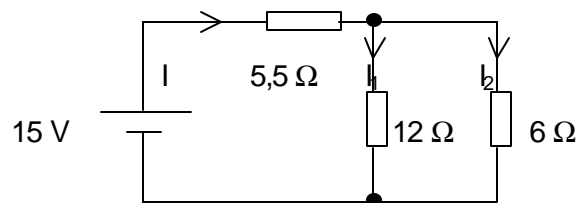
Lembar Latihan

1. Dua buah tahanan 50 ohm dan 100 ohm disusun seri dihubungkan dengan dua buah baterey yang diseri masing-masing 1,5 volt. Hitunglah arus yang mengalir dan tegangan pada tiap-tiap tahanan!
2. Sebuah aki 6 V mempunyai tahanan dalam 0,5 ohm dihubungkan dengan tahanan 5,5 ohm. Hitunglah arus yang mengalir dan tegangan pada tahanan!
3. Perhatikan rangkaian di bawah ini!



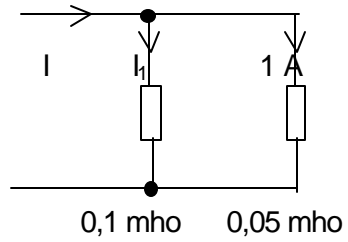
Hitunglah arus yang mengalir dan tegangan pada setiap tahanan !

4. Perhatikan rangkaian dibawah ini !

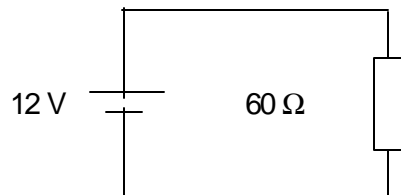


Hitunglah I , I_1 , I_2 !

5. Hitunglah tegangan pada setiap tahanan pada soal no. 4!
6. Hitunglah arus pada setiap cabang dibawah ini!



7. Hitunglah daya total yang diserap pada soal no.6!
8. Perhatikan rangkaian dibawah ini !



Hitunglah !

- a. Daya yang diserap tahanan
- b. Energi listrik yang diserap dalam 1 jam
- c. Panas yang dilepas tahanan dalam 1 jam

KEGIATAN BELAJAR 2

TEORI SUPERPOSISI, THEVENIN DAN NORTON

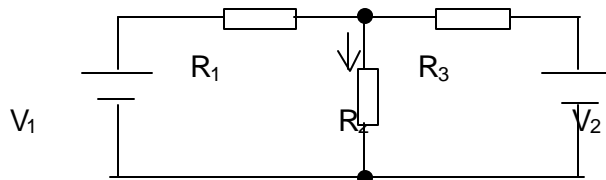
Lembar Informasi

1. Teori Superposisi

Teori superposisi digunakan untuk menganalisa rangkaian yang terdiri dari beberapa sumber dan tahanan. Sumber dapat berupa tegangan atau sumber arus.

Teori superposisi memudahkan menentukan arus pada suatu cabang dengan menganggap sumber bekerja satu per satu. Arus total pada cabang tersebut merupakan jumlah aljabar dari arus tiap-tiap sumber dengan memperhatikan arah arus.

Apabila mengerjakan satu sumber, maka sumber yang lain dihubung singkat (untuk sumber tegangan) dan dihubung terbuka untuk sumber arus. Untuk lebih jelasnya perhatikan rangkaian pada Gambar 9 di bawah ini.

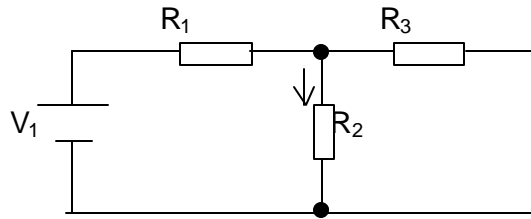


Gambar 9. Rangkaian dengan Dua Sumber

Untuk menghitung arus pada R_2 dapat dilakukan dengan menghitung arus yang disebabkan V_1 dan V_2 secara bergantian kemudian dijumlahkan .

Langkah – langkah menghitung arus pada R_2 adalah sebagai berikut :

1. Arus oleh sumber tegangan V_1 adalah I_1 , rangkaian ekivalen seperti Gambar 10.

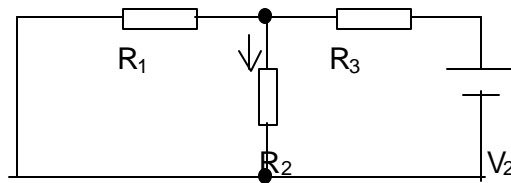


Gambar 10. Rangkaian Ekuivalen

Dalam hal ini V_2 dihubung singkat.

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1 + R_2 // R_3} \cdot \frac{R_3}{R_2 + R_3}$$

2. Menghitung arus oleh sumber tegangan V_2 , V_1 dihubung singkat maka rangkaian ekuivalen sebagai berikut (Gambar 11) :



Gambar 11. Sumber Tegangan V_1 Dihubung Singkat.

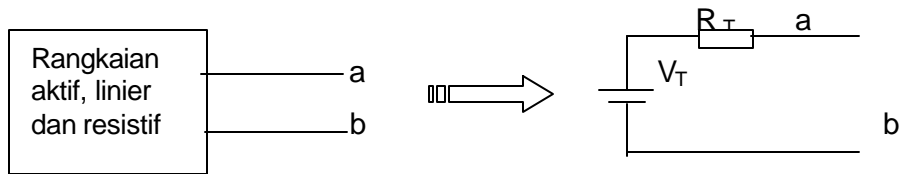
$$I_2 = \frac{V_2}{R_3 + R_2 // R_1} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

3. Arus yang mengalir pada R_2 yaitu I merupakan jumlah dari I_1 dan I_2 karena arahnya sama.

$$I = I_1 + I_2$$

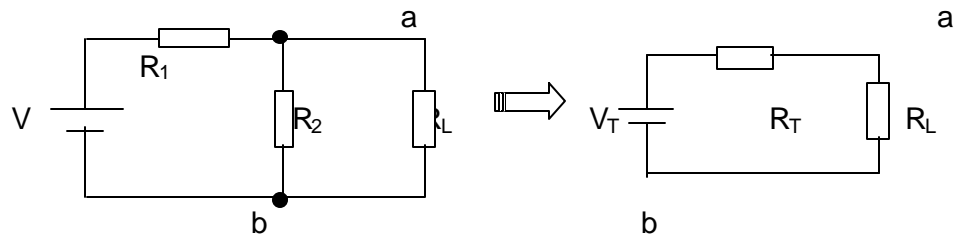
2. Teori Thevenin

Suatu rangkaian aktif, linier dan resistif yang mengandung satu atau lebih sumber tegangan atau sumber arus dapat diganti dengan sebuah sumber tegangan dan sebuah tahanan yang diseri, perhatikan Gambar 12.



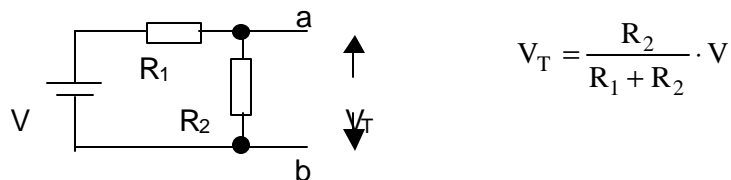
Gambar 12. Rangkaian Dengan Sumber Tegangan Pengganti

V_T disebut tegangan pengganti Thevenin, R_T disebut tahanan pengganti Thevenin. Sebagai contoh perhatikan rangkaian pada Gambar 13 di bawah ini.



Gambar 13. Rangkaian dengan R Pengganti

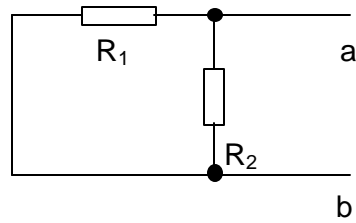
Untuk menghitung V_T beban R_L dilepas, tegangan antara a dan b tanpa R_L merupakan tegangan V_T . (perhatikan Gambar 14)



Gambar 14. Rangkaian Untuk Menghitung V_T

Untuk menghitung R_T dengan mencari tahanan antara a dan b (dengan sumber tegangan dihubung singkat)

Hal ini dapat diperjelas dengan melihat Gambar 15 di bawah ini.



$$R_T = R_1 // R_2$$

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

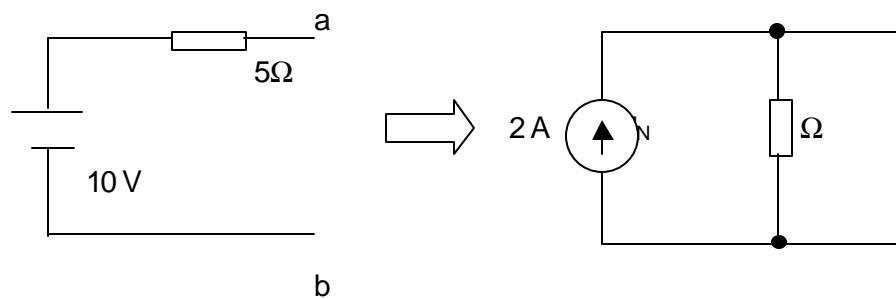
Gambar 15.

Menghitung R_T Dengan Sumber Tegangan Dihubung Singkat

3. Teori Norton

Suatu rangkaian aktif, linier dan resistif yang mengandung satu atau lebih sumber tegangan atau sumber arus dapat diganti dengan sebuah sumber arus dan sebuah tahanan yang diparalel dengan sumber arus.

Untuk menghitung sumber arus beban dilepas lalu dicari arus hubung singkat. Sedangkan untuk menghitung tahanan pengganti caranya sama dengan mencari tahanan pengganti Thevenin. Antara teori Thevenin dan Norton mempunyai hubungan yang sangat erat. Jika rangkaian pengganti Thevenin sudah dihitung maka rangkaian pengganti Norton mudah ditentukan. Misalnya rangkaian pengganti Thevenin di atas diganti Norton menjadi seperti Gambar 16 berikut ini.



$$I_N = \frac{10 \text{ V}}{5 \Omega} = 2 \text{ A}$$

Gambar 16. Gambar Ekuivalen Teori Norton

Lembar Kerja

Alat dan Bahan

1. Sumber tegangan DC..... 2 buah
2. Ampere meter DC..... 1 buah
3. Tahanan 100 Ω , 5 W 1 buah
4. Tahanan 300 Ω , 5 watt..... 1 buah
5. Tahanan 200 Ω , 5 watt..... 1 buah
6. Multimeter 1 buah
7. Kabel penghubung..... secukupnya
8. Saklar..... 1 buah

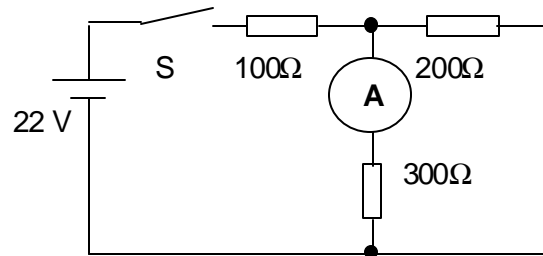
Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Pastikan posisi sumber tegangan dc pada kondisi awal selalu pada 0!
2. Jangan menghubungkan rangkaian ke sumber tegangan sebelum rangkaian benar!
3. Perhatikan polaritas sumber dan alat-alat ukur. Jangan menyambung dengan polaritas yang terbalik!
4. Perhatikan batas ukur dari alat ukur yang digunakan . Hitunglah dulu arus yang mengalir berdasarkan teori. Setelah dihitung baru dipasang alat ukur yang sesuai!
5. Letakkan alat ukur pada tempat yang aman dan mudah diamati!
6. Hindari membuat sambungan kabel dalam keadaan terbuka!

Langkah Kerja

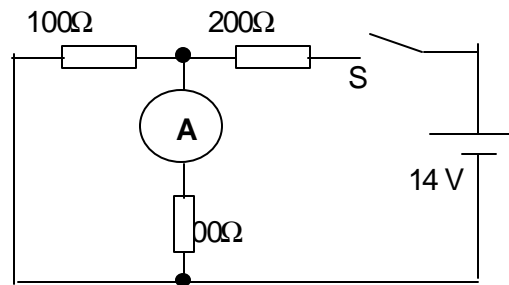
1. Buatlah rangkaian seperti Gambar 17 di bawah!
2. Aturilah tegangan keluaran dari sumber tegangan dc sehingga menunjukkan nilai 22 volt!
3. Setelah rangkaian benar hubungkan saklar S dan catat arus yang mengalir!

- Lepas saklar dan sumber tegangan, rangkaian masih seperti semula!



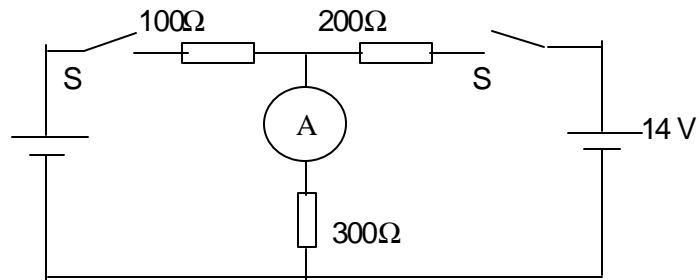
Gambar 19. Rangkaian Percobaan

- Atur tegangan keluaran dari sumber tegangan yang lain sehingga menunjukkan nilai 14 volt!
- Buatlah rangkaian seperti Gambar 20 di bawah ini!



Gambar 20. Rangkaian Percobaan

- Setelah rangkaian benar hubungkan saklar S catat arus yang mengalir!
- Buatlah rangkaian seperti Gambar 21 di bawah ini!

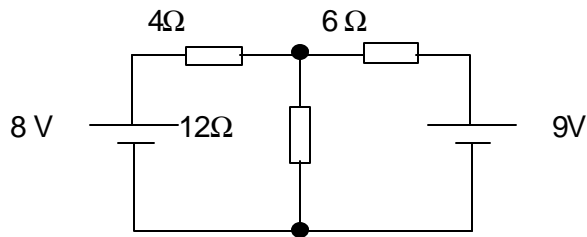


Gambar 21. Rangkaian Percobaan Dengan Dua Sumber

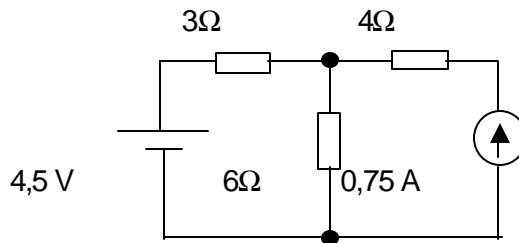
9. Setelah rangkaian benar tutuplah kedua saklar dan catat arus yang mengalir!
10. Hitunglah arus pada ketiga langkah percobaan bandingkan dengan hasil pengukuran!
11. Hentikanlah kegiatan dan kemudian kembalikan semua peralatan ke tempat semula!
12. Buatlah kesimpulan secara keseluruhan berdasarkan percobaan tadi!

Lembar Latihan

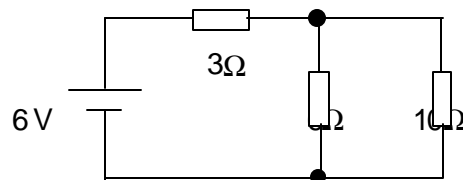
1. Hitunglah arus yang mengalir pada tahanan 12 ohm dengan menggunakan teori superposisi !



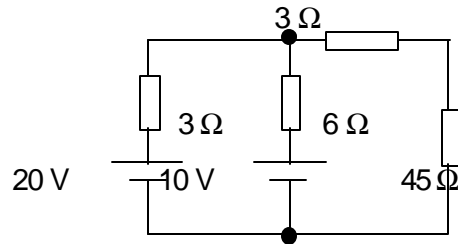
2. Hitunglah arus yang mengalir pada tahanan 6 ohm dari rangkaian di bawah ini!



3. Hitunglah daya yang diserap tahanan 10 ohm dengan menggunakan teori Thevenin!



4. Hitunglah arus yang mengalir pada tahanan 45 ohm dari rangkaian di bawah ini!



5. Hitunglah energi yang diserap tahanan 45 ohm pada soal no. 4 selama 5 menit!

KEGIATAN BELAJAR 3

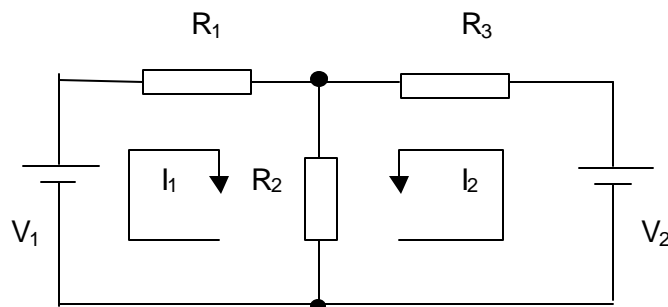
ANALISIS LOOP

Lembar Informasi

Teknik menganalisis rangkaian listrik dengan menggunakan analisis loop merupakan pengembangan dari penggunaan hukum Kirchoff II tentang tegangan. Persamaan-persamaan loop merupakan persamaan tegangan dalam rangkaian tertutup. Langkah-langkah dalam analisis loop ini untuk menentukan arus loop, persamaan tegangan, dan metode penyelesaian persamaan tegangan.

1. Arus Loop

Arus dalam rangkaian tertutup digambarkan dengan arus loop yang dapat diberi arah sembarang. Jika hasil perhitungan menghasilkan nilai negatif maka arah arus terbalik. Jika pada suatu cabang rangkaian ada dua arus loop maka arus riil dari cabang tersebut merupakan jumlah dari arus loop sesuai dengan tandanya. Perhatikan Gambar 22 berikut ini.



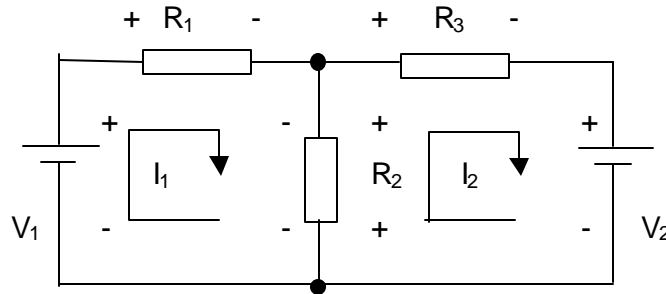
Gambar 22. Cabang Rangkaian Dengan Arus Loop.

2. Persamaan Tegangan

Persamaan tegangan diuraikan berdasarkan hukum Kirchoff tentang tegangan, yaitu jumlah tegangan dalam suatu rangkaian tertutup sama dengan nol. Dalam menuliskan persamaan tegangan perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Untuk sumber tegangan arus masuk polaritas negatif persamaan tegangan ditulis negatif, masuk polaritas positif ditulis positif.
- Untuk tahanan ujung tempat arus loop polaritas positif dan tempat keluar polaritas negatif.

Sebagai contoh perhatikan rangkaian pada Gambar 23 di bawah ini.



Gambar 23.
Contoh Rangkaian Untuk Menguraikan Persamaan Tegangan

Persamaan tegangan loop I

$$\begin{aligned}
 -V_1 + I_1 R_1 + (I_1 - I_2) R_2 &= 0 \\
 -V_1 + I_1 R_1 + I_1 R_2 + I_2 R_2 &= 0 \\
 I_1 (R_1 + R_2) - I_2 R_2 &= V_1 \dots \dots \dots (1)
 \end{aligned}$$

Persamaan tegangan loop II

$$\begin{aligned}
 V_2 + (I_2 - I_1) R_2 + I_2 R_3 &= 0 \\
 V_2 + I_2 R_2 - I_1 R_2 + I_2 R_3 &= 0 \\
 -I_1 R_2 + I_2 (R_2 + R_3) &= -V_2 \dots \dots \dots (2)
 \end{aligned}$$

Jika persamaan (1) dan (2) ditulis kembali :

$$\begin{aligned}
 I_1 (R_1 + R_2) - I_2 R_2 &= V_1 \\
 -I_1 R_2 + I_2 (R_2 + R_3) &= -V_2
 \end{aligned}$$

Kedua persamaan di atas merupakan dua persamaan linier dengan dua variabel, yaitu I_1 dan I_2 . Kedua persamaan di atas dapat ditulis menjadi persamaan matrik.

$$\begin{pmatrix} R_1 + R_2 & -R_2 \\ -R_2 & R_2 + R_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_1 \\ -V_2 \end{pmatrix}$$

3. Penyelesaian Persamaan Tegangan

Untuk menghitung arus loop pada persamaan di atas dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :

- Metode Eliminasi
- Metode Determinan

Lembar Kerja

Alat dan Bahan

- | | |
|--------------------------------|------------|
| 1. Sumber tegangan DC..... | 2 buah |
| 2. Ampere meter DC..... | 1 buah |
| 3. Tahanan 100 Ω , 5 W | 1 buah |
| 4. Tahanan 300 Ω , 5 watt..... | 1 buah |
| 5. Tahanan 200 Ω , 5 watt..... | 1 buah |
| 6. Multimeter | 1 buah |
| 7. Kabel penghubung..... | secukupnya |

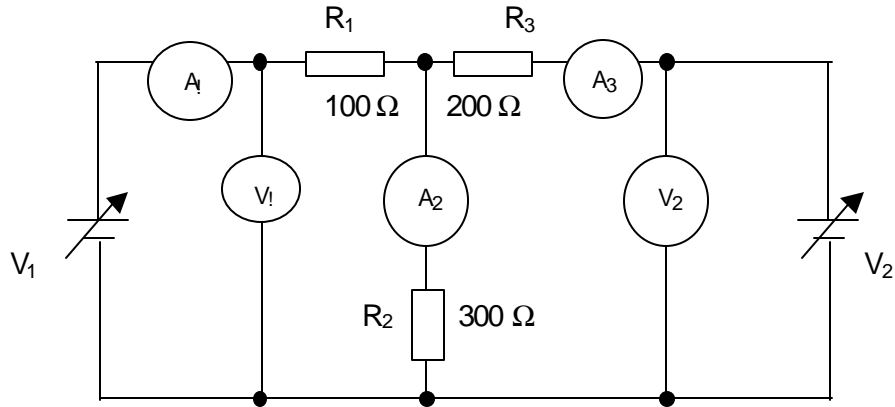
Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Pastikan posisi sumber tegangan dc pada kondisi awal selalu pada 0!
2. Jangan menghubungkan rangkaian ke sumber tegangan sebelum rangkaian benar!
3. Perhatikan polaritas sumber dan alat-alat ukur. Jangan menyambung dengan polaritas yang terbalik!
4. Perhatikan batas ukur dari alat ukur yang digunakan! Hitunglah dulu arus yang mengalir berdasarkan teori. Setelah dihitung baru dipasang alat ukur yang sesuai!

5. Letakkan alat ukur pada tempat yang aman dan mudah diamati!
6. Hindari membuat sambungan kabel dalam keadaan terbuka!

Langkah Kerja

1. Buatlah rangkaian seperti Gambar 24 di bawah ini!



Gambar 24. Rangkaian Percobaan

2. Setelah rangkaian benar, atur tegangan V_1 dan V_2 sehingga menunjukkan nilai-nilai seperti Tabel 4. Catat besarnya arus pada setiap perubahan tegangan V_1 dan V_2 !

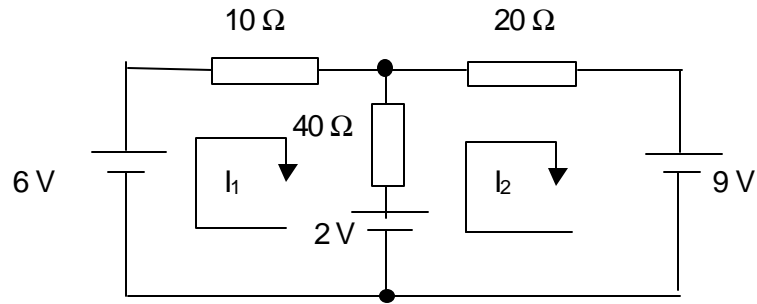
Tabel 4. Pengamatan Arus Rangkaian

V_1 (volt)	V_2 (volt)	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)
5,5	11			
11	16,5			
22	22			

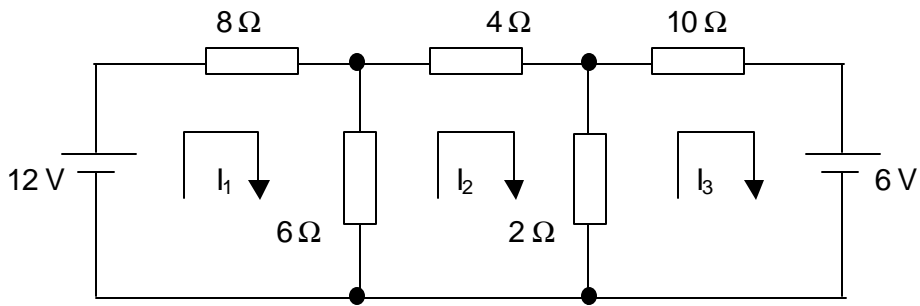
3. Hitunglah besarnya arus berdasarkan teori, kemudian bandingkan dengan hasil pengukuran dalam praktik!
4. Hentikanlah kegiatan dan kemudian kembalikan semua peralatan ke tempat semula!
5. Buatlah kesimpulan secara keseluruhan berdasarkan percobaan tadi!

Lembar Latihan

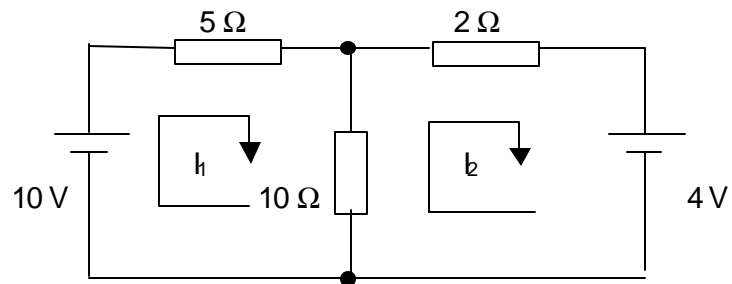
1. Tuliskan persamaan tegangan dengan analisis loop dari rangkaian di bawah ini!



2. Hitunglah I_1 dan I_2 pada soal nomer 1!
3. Tuliskan persamaan tegangan dengan analisis loop dari rangkaian di bawah ini!



4. Hitunglah daya yang diserap pada setiap tahanan di bawah ini!



KEGIATAN BELAJAR 3

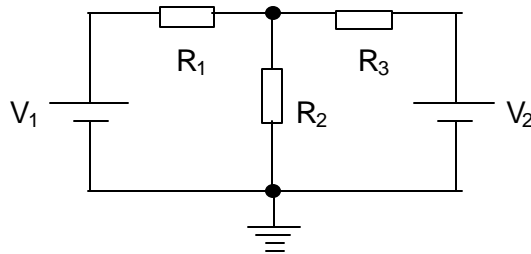
ANALISIS SIMPUL

Lembar Informasi

Teknik menganalisa rangkaian listrik dengan menggunakan analisis simpul merupakan pengembangan dari hukum Kirchoff I tentang arus. Jumlah aljabar arus di titik simpul atau titik cabang sama dengan nol atau arus yang masuk titik simpul sama dengan arus dari titik simpul. Langkah-langkah dalam analisis simpul adalah menentukan jumlah titik simpul dan simpul referensi, menentukan persamaan arus di titik simpul dan menyelesaikan persamaan arus yang menghasilkan tegangan di titik simpul. Dengan mengetahui tegangan pada setiap simpul maka arus di setiap cabang mudah dihitung.

1. Menentukan jumlah simpul dan simpul referensi.

Titik simpul merupakan tempat bertemunya arus dari beberapa cabang. Salah satu dari titik simpul dijadikan simpul referensi. Simpul referensi dianggap mempunyai tegangan sama dengan nol. Sebagai contoh perhatikan rangkaian pada Gambar 25 di bawah ini.



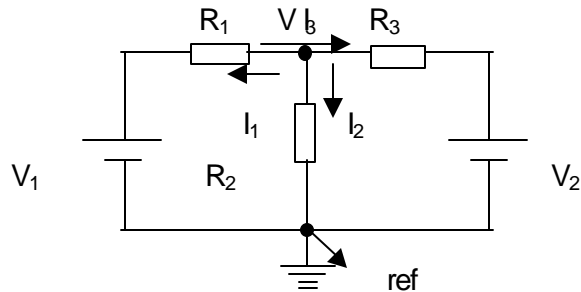
Gambar 25. Rangkaian Dengan 2 (dua) Simpul

Rangkaian di atas memiliki dua simpul, salah satu dijadikan referensi dan mempunyai tegangan nol yaitu simpul di bawah

2. Persamaan arus di titik simpul

Untuk dapat menuliskan persamaan arus di titik simpul harus dapat menentukan titik simpul dengan benar dan menentukan salah

satu sebagai simpul referensi. Di samping itu perlu ditetapkan perjanjian awal yaitu arus yang keluar dari simpul diberi tanda positif dan arus yang masuk diberi tanda negatif. Arah arus yang belum diketahui ditentukan sembarang. Untuk memahami perhatikan Gambar 26 di bawah ini.



Gambar 26. Penentuan Arah Arus

Persamaan arus di simpul atas :

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$I_1 = \frac{V - V_1}{R_1}$$

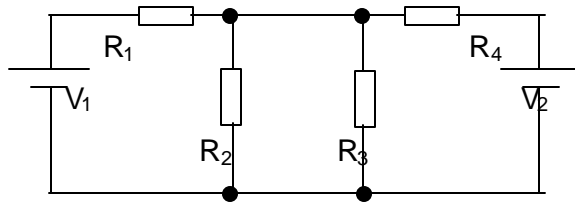
$$I_2 = \frac{V - 0}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V - V_2}{R_3}$$

Sehingga persamaan arus menjadi

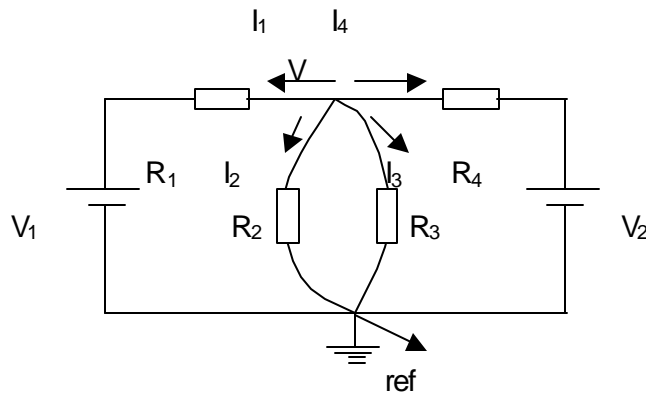
$$\frac{V - V_1}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V - V_2}{R_3} = 0$$

Untuk lebih memahami menentukan titik simpul perhatikan Gambar 27 di bawah ini.



Gambar 27. Pemahaman Penentuan Titik Simpul

Rangkaian di atas hanya memiliki dua simpul yang disederhanakan, perhatikan Gambar 28 berikut ini.



Gambar 28. Rangkaian Hasil Penyederhanaan

Persamaan arus di titik simpul tersebut adalah sebagai berikut :

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$$

$$I_1 = \frac{V - V_1}{R_1}$$

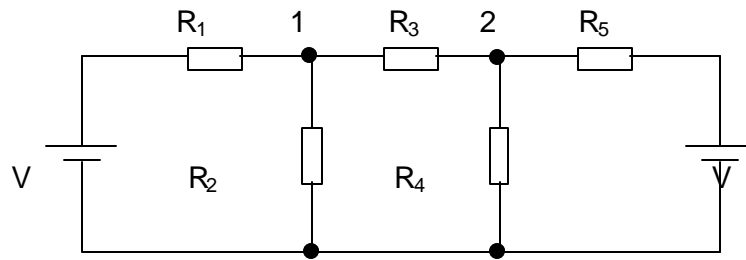
$$I_2 = \frac{V}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3}$$

$$I_4 = \frac{V - V_2}{R_4}$$

$$\frac{V - V_1}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} + \frac{V - V_2}{R_4} = 0$$

Rangkaian pada Gambar 29 di bawah ini mempunyai 3 buah simpul salah satu dijadikan referensi.



Gambar 29. Rangkaian Dengan 3 (tiga) Buah Simpul.

Misalkan sumber sama ($= V$)

Tegangan di simpul 1 $= V_1$

Tegangan di simpul 2 $= V_2$

Persamaan arus di simpul 1 adalah :

$$\frac{V_1 - V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V_1 - V_2}{R_3} = 0$$

Persamaan arus di simpul 2

$$\frac{V_2 - V}{R_5} + \frac{V_2}{R_4} + \frac{V_2 - V_1}{R_3} = 0$$

3. Menyelesaikan Persamaan Arus

Untuk menyelesaikan persamaan arus pada analisis loop dapat dilakukan dengan :

1. Metode eliminasi
2. Metode determinasi

Lembar Kerja

Alat dan Bahan

- | | |
|----------------------------|--------|
| 1. Sumber tegangan dc..... | 2 buah |
| 2. Ampere meter | 3 buah |
| 3. Multi meter..... | 2 buah |

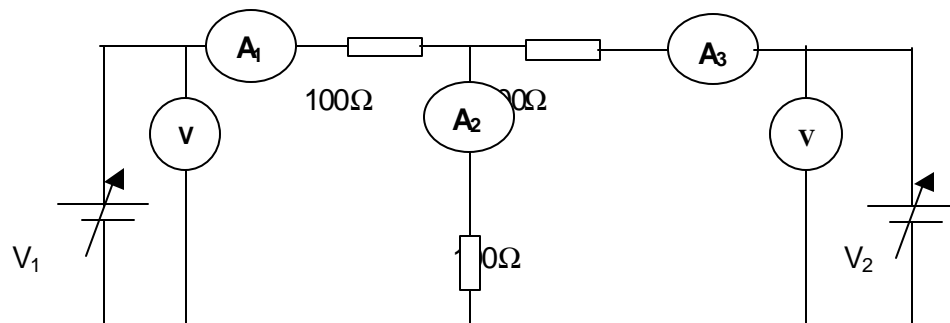
- | | |
|--|------------|
| 4. Tahanan $100\ \Omega$, 5 watt..... | 1 buah |
| 5. Tahanan $50\ \Omega$, 5 wat..... | 1 buah |
| 6. Tahanan $200\ \Omega$, 5 watt..... | 1 buah |
| 7. Kabel penghubung..... | secukupnya |

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Jangan menghubungkan ke sumber tegangan sebelum rangkaian benar!
2. Perhatikan polaritas dari sumber tegangan dan alat-alat ukur. Jangan memasang alat ukur dengan polaritas yang salah!
3. Perhatikan batas ukur dari alat-alat ukur dan kemampuan dari tahanan! Arus yang mengalir pada alat ukur tidak melewati batas ukur dan diluar kemampuan arus maksimal pada tahanan!
4. Letakkan peralatan pada tempat yang aman dan mudah diamati!
5. Posisi power supply dalam kondisi minimum!

Langkah Kerja

1. Buatlah rangkaian seperti Gambar 30 dibawah ini!



Gambar 30. Rangkaian Percobaan.

2. Atur tegangan V_1 dan V_2 seperti pada Tabel 5 ,catat I_1 , I_2 dan I_3 setiap perubahan tegangan sesuai tabel!

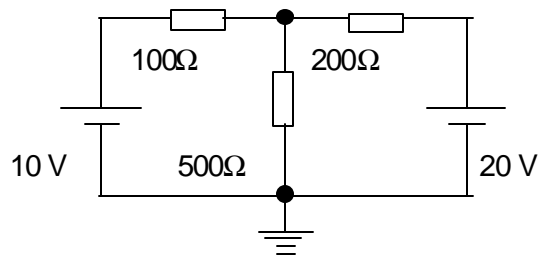
Tabel 5. Pengukuran Arus Pada Setiap Perubahan Tegangan

V_1 (Volt)	V_2 (Volt)	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)
10	15			
12	20			
20	10			

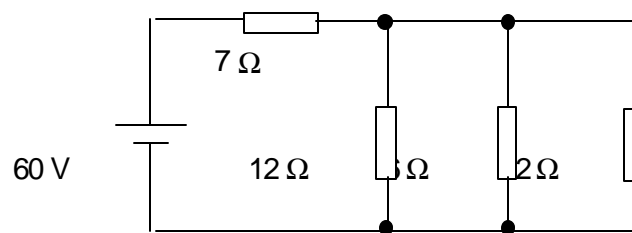
3. Hitunglah arus I_1 , I_2 dan I_3 berdasarkan teori dan bandingkan hasilnya dengan hasil pengukuran!
4. Hentikanlah kegiatan dan kemudian kembalikan semua peralatan ke tempat semula!
5. Buat kesimpulan secara keseluruhan berdasarkan percobaan tadi!

Lembar Latihan

1. Tuliskan persamaan arus pada simpul 1!



2. Hitunglah arus tiap cabang pada soal no. 1!
3. Hitunglah arus setiap cabang dari rangkaian dibawah ini!



KEGIATAN BELAJAR 5

RANGKAIAN TRANSIEN

Lembar Informasi

1. Kapasitansi

Sifat dari kapasitor yang dapat menyimpan energi listrik disebut kapasitansi. Medan listrik antara pelat besarnya sebanding dengan jumlah muatan dan juga beda potensial antara pelat kapasitor sebanding dengan jumlah muatan .

Kapasitansi (C) dari sebuah kapasitor didefinisikan sebagai perbandingan jumlah muatan (Q) dengan beda potensial (V) antara konduktor. Atau dengan kata lain kapasitansi adalah jumlah muatan dibagi dengan beda potensial. Yang dirumuskan sebagai berikut :

$$C = \frac{Q}{V}$$

Berdasarkan definisi satuan dari kapasitansi adalah coulomb/volt yang disebut farad.

$$1 \text{ farad} = 1 \text{ coulomb / volt}$$

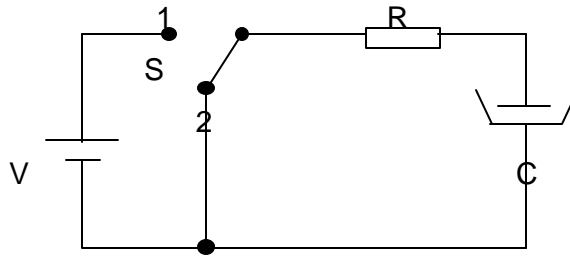
Satu farad didefinisikan kapasitansi sebuah kapasitor yang memerlukan muatan 1 coulomb agar beda potensial 1 volt pada kedua pelat. Satu farad merupakan satuan yang sangat besar, dalam praktek digunakan satuan yang lebih kecil mikrofarad dan pikofarad.

$$1 \text{ farad} = 10^6 \text{ mikrofarad (} \mu\text{F)} = 10^{12} \text{ pikofarad (pF)}$$

Kapasitor merupakan komponen pasif yang dapat menyimpan energi listrik sesaat kemudian melepaskannya. Sifat kapasitor inilah yang menghasilkan suatu tegangan transien atau tegangan peralihan bila digunakan sumber arus searah.

2. Pengisian Kapasitor

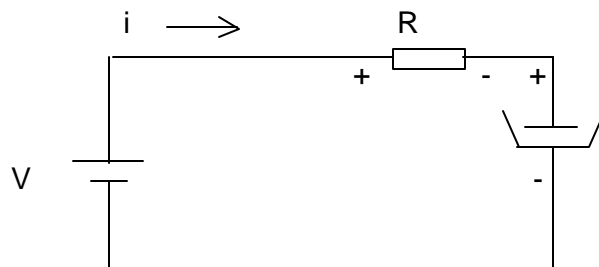
Suatu rangkaian R - C dengan sumber tegangan searah seperti Gambar 31 di bawah ini.



Gambar 31. Rangkaian R–C Dengan Sumber Tegangan Searah

Saklar S dalam waktu yang lama berada pada posisi 2 sehingga tidak ada muatan sama sekali pada kapasitor atau dikatakan kapasitor kosong.

Jika pada waktu $t = 0$ saklar dipindah ke posisi 1 maka akan ada arus mengalir untuk mengisi kapasitor, sampai kapasitor penuh. Arus yang mengalir makin kecil sedangkan tegangan kapasitor makin besar. Proses ini disebut proses pengisian kapasitor. Untuk menentukan besar arus dan tegangan dapat dibuat rangkaian ekuivalen seperti Gambar 32 sebagai berikut :



Gambar 32.
Rangkaian ekuivalen Untuk Menentukan Arus dan Tagangan

Sesuai dengan hukum Kirchoff II tentang tegangan maka jumlah tegangan dalam rangkaian tertutup sama dengan nol.

Atau

$$\begin{aligned}
 -V + V_R + V_C &= 0 \\
 V_R &= iR & i = dq/dt \\
 V_C &= q/C \\
 -V + iR + q/C &= 0
 \end{aligned}$$

Jika V tetap maka arus menjadi $i = V/R - q/RC$

Pada saat $t = 0$, $q = 0$, arus pada $t = 0$ disebut arus awal $i_0 = V/R$.

Karena muatan q makin besar maka q/RC makin besar dan arus makin kecil, ketika arus $i = 0$, maka

$$\frac{V}{R} = \frac{q}{RC}$$

$q = CV = Q_f$; Q_f = muatan akhir kapasitor

untuk menghitung i maka i diganti dengan dq/dt

$$\frac{dq}{dt} = \frac{V}{R} - \frac{q}{RC}$$

$$\frac{dq}{dt} = \frac{VC - q}{RC}$$

$$\frac{dq}{VC - q} = \frac{dt}{RC}$$

Kedua ruas diintegrasikan

$$\int \frac{dq}{VC - q} = \int \frac{dt}{RC}$$

$$-\ln(VC - Q) = \frac{t}{RC} + k; k = \text{konstanta}$$

Pada saat $t = 0$, $q = 0$ maka besar k

$$-\ln(VC - 0) = 0 + k; k = \text{konstanta}$$

$$k = -\ln VC$$

$$-\ln(VC - q) = \frac{t}{RC} - \ln VC$$

$$\ln(VC - q) - \ln VC = -\frac{t}{RC}$$

$$1 - \frac{q}{VC} = e^{-t/RC}$$

$$q = VC(1 - e^{-t/RC}) = Q_f(1 - e^{-t/RC})$$

Dengan mengganti $q = C V_c$ maka didapat

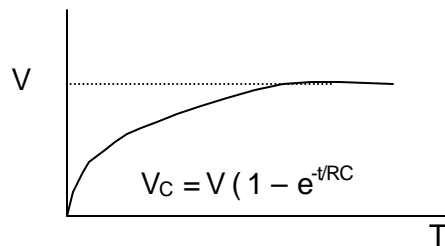
$$V_C = V(1 - e^{-t/RC})$$

Sedangkan arus i adalah

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt} C V_c$$

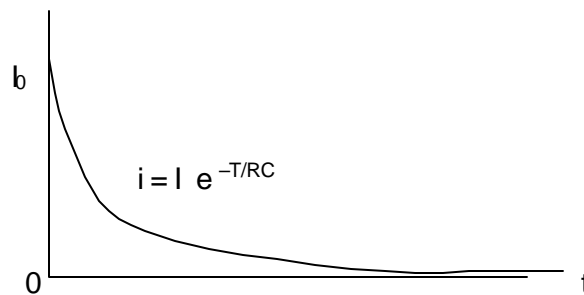
$$i = \frac{V}{R} \cdot e^{-t/RC}$$

Jika tegangan dan arus pengisian kapasitor dibuat grafik t diperoleh seperti dalam Gambar 33 berikut ini.



Gambar 33. Grafik $V = f(T)$ dari Pengisian Kapasitor

Grafik tegangan fungsi waktu dari pengisian kapasitor ditunjukkan oleh Gambar 34.



Gambar 34. Grafik Arus Fungsi Waktu Pengisian Kapasitor

3. Konstanta Waktu

Tetapan RC pada proses pengisian kapasitor disebut dengan konstanta waktu. Waktu untuk pengisian kapasitor sangat tergantung dari konstanta waktu ;

$\sigma = RC = \text{konstanta waktu}$

Berdasarkan persamaan tegangan dan arus pengisian, agar tegangan kapasitor sama dengan tegangan sumber maka diperlukan waktu tak terhingga. Tetapi dalam praktek kapasitor dianggap penuh dalam waktu 5σ

Jika konstanta waktu $\sigma = Rc$ dimasukkan pada persamaan tegangan dan persamaan arus pengisian diperoleh.

$$V_C = V(1 - e^{-t/\sigma})$$

$$i = \frac{V}{R} \cdot e^{-t/\sigma}$$

Jika persamaan tegangan dan arus pengisian dihubungkan dengan konstanta waktu diperoleh sebagai berikut :

▪ Tegangan pengisian

$$t = \sigma \quad V_C = 0,632 V$$

$$t = 2\sigma \quad V_C = 0,865 V$$

$$t = 3\sigma \quad V_C = 0,95 V$$

$$t = 4\sigma \quad V_C = 0,982 V$$

$$t = 5\sigma \quad V_C = 0,993 V$$

▪ Arus pengisian

$$t = \sigma \quad i = 0,368 I_0$$

$$t = 2\sigma \quad i = 0,135 I_0$$

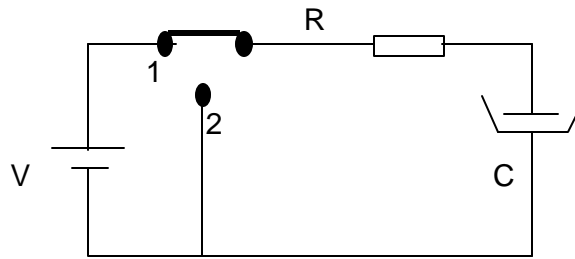
$$t = 3\sigma \quad i = 0,050 I_0$$

$$t = 4\sigma \quad i = 0,018 I_0$$

$$t = 5\sigma \quad i = 0,007 I_0$$

4. Pengosongan Kapasitor

Rangkaian RC pada Gambar 35 berada pada posisi 1 dalam waktu lama, sehingga kapasitor dianggap penuh. Dalam kondisi penuh ini tegangan kapasitor sama dengan tegangan sumber dan arus yang mengalir sama dengan nol.



Gambar 35. Rangkaian R-C (Pengisian)

Saat $t = 0$ saklar dipindahkan pada posisi 2 maka terjadi proses pengosongan kapasitor. Dengan cara yang sama seperti proses pengisian maka diperoleh persamaan tegangan dan arus pengosongan.

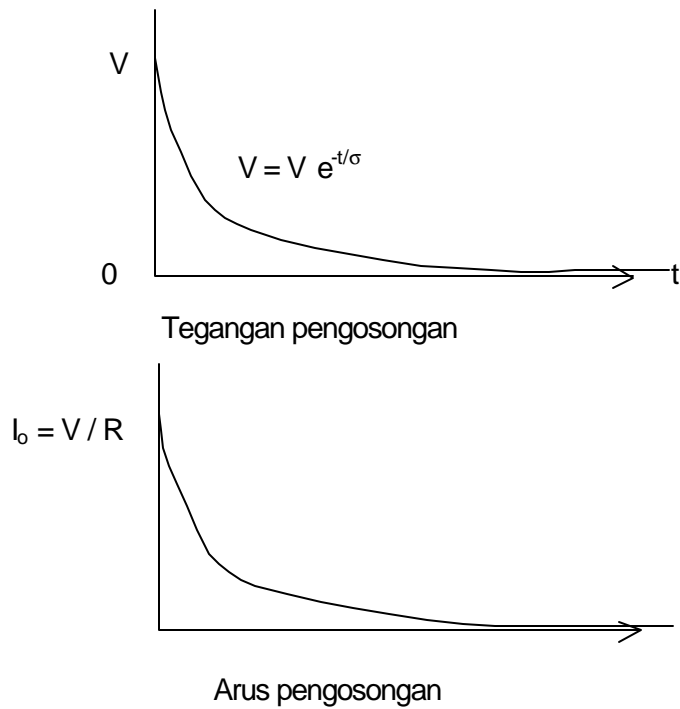
Tegangan pengosongan

$$V_C = V \cdot e^{-t/\sigma}$$

Tegangan pengosongan

$$i = -I_0 \cdot e^{-t/\sigma}$$

Grafik tegangan dan arus pengosongan sebagai fungsi waktu ditunjukkan oleh Gambar 36.



Gambar 36.
Grafik $V = f(T)$ dan $I = f(T)$ Pengosongan Kapasitor

Lembar Kerja

Alat dan Bahan

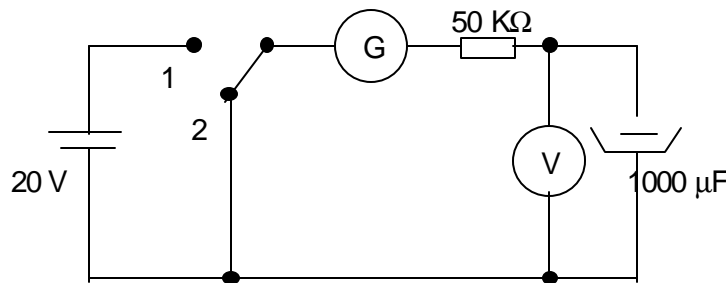
- | | |
|---|------------|
| 1. Sumber tegangan DC | 1 buah |
| 2. Saklar SPDT..... | 1 buah |
| 3. Tahanan 50 k ohm..... | 1 buah |
| 4. Tahanan 100 k ohm | 1 buah |
| 5. Stop watch..... | 1 buah |
| 6. Kapasitor polar 1000 μ F, 50 watt..... | 1 buah |
| 7. Volt meter dc | 1 buah |
| 8. Galvano meter..... | 1 buah |
| 9. Kabel penghubung | secukupnya |

Keselamatan dan Kesehatan Kerja

1. Pastikan posisi sumber tegangan dc pada kondisi awal selalu pada 0!
2. Jangan menghubungkan rangkaian ke sumber tegangan sebelum rangkaian benar!
3. Perhatikan polaritas sumber dan alat-alat ukur. Jangan menyambung dengan polaritas yang terbalik!
4. Perhatikan batas ukur dari alat ukur yang digunakan! Hitunglah dulu arus yang mengalir berdasarkan teori. Setelah dihitung baru dipasang alat ukur yang sesuai!
5. Letakkan alat ukur pada tempat yang aman dan mudah diamati!
6. Hindari membuat sambungan kabel dalam keadaan terbuka!

Langkah Kerja

1. Buatlah rangkaian seperti Gambar 37 di bawah ini!



Gambar 37. Rangkaian Pengisian dan Pengosongan Kapasitor

2. Aturlah tegangan sumber sehingga menunjukkan 20 volt!
3. Pindahkan saklar pada posisi 1 bersamaan dengan menghidupkan stop watch!
4. Catatlah besar arus dan tegangan pada kapasitor sesuai waktu yang ditentukan pada Tabel 6!
5. Setelah kapasitor penuh pindahkan saklar pada posisi 2 catat arus dan tegangan kemudian masukkan data ke dalam Tabel 7.

Tabel 6. Pengisian Kapasitor

Waktu (detik)	Tegangan (volt)			Arus (ampere)		
	C=1000 μ F	Paralel	seri	C=1000 μ F	paralel	seri
0						
30						
60						
90						
120						
150						
180						
210						
240						
270						
300						
360						
420						
480						
540						
600						
900						
1200						

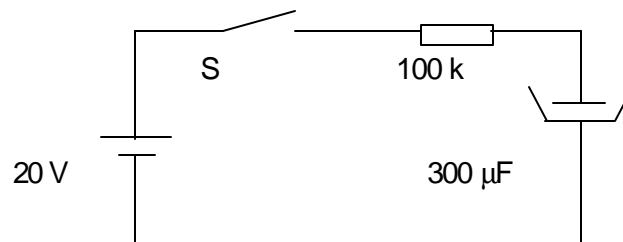
6. Ulangilah langkah 3 sampai 5 untuk kapasitor diparalel, catat tegangan dan arus!
7. Ulangi langkah 3 sampai 5 untuk kapasitor diseri, catat besarnya tegangan dan arus!
8. Bandingkan hasil pengukuran dan hasil perhitungan dengan teori.
9. Buatlah grafik pengisian dan pengosongan setiap percobaan untuk tegangan dan arus!
10. Hentikanlah kegiatan dan kemudian kembalikan semua peralatan ke tempat semula!
11. Buat kesimpulan secara keseluruhan berdasarkan percobaan tadi!

Tabel 7. Pengosongan Kapasitor

Waktu (detik)	Tegangan			Arus		
	C=1000 μ F	paralel	seri	C=1000 μ F	paralel	
0						
30						
60						
90						
120						
150						
180						
210						
240						
270						
300						
360						
420						
480						
540						
600						
900						
1200						

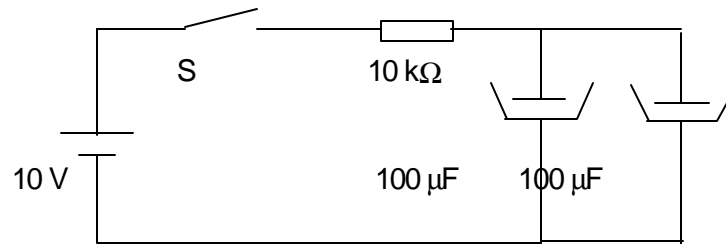
Lembar Latihan

- Sebuah rangkaian RC seperti gambar di bawah diketahui kapasitor mula-mula kosong, saat $t = 0$ saklar ditutup. Hitunglah tegangan pada saat 0,5 menit, 1 menit, 1,5 menit, 2 menit, 2,5 menit.



- Hitunglah arus yang mengalir pada soal no. 1.
 - Setelah 0,5 menit
 - Setelah 1 menit

- c. Setelah 1,5 menit
 - d. Setelah 2 menit
 - e. Setelah 2,5 menit
3. Sebuah rangkaian RC seperti gambar di bawah



Mula-mula kapasitor kosong, saat $t = 0$ saklar ditutup.

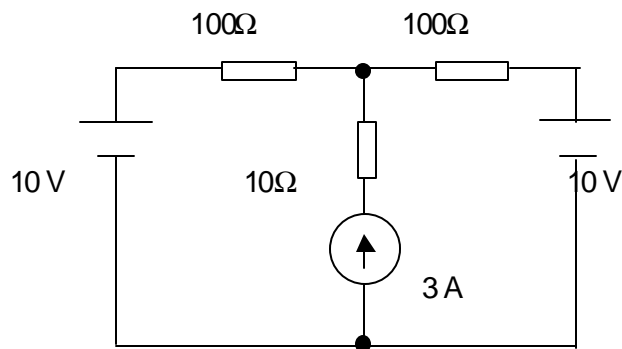
Hitunglah tegangan pada kapasitor saat :

- a. 2 detik
 - b. 4 detik
 - c. 6 detik
 - d. 8 detik
 - e. 10 detik
4. Hitunglah arus pada soal no. 3 pada saat :
- a. 2 detik
 - b. 4 detik
 - c. 6 detik
 - d. 8 detik
 - e. 10 detik

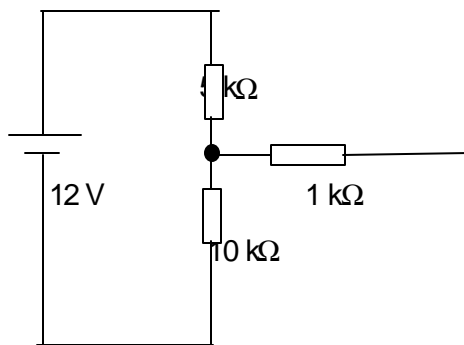
LEMBAR EVALUASI

A. Pertanyaan

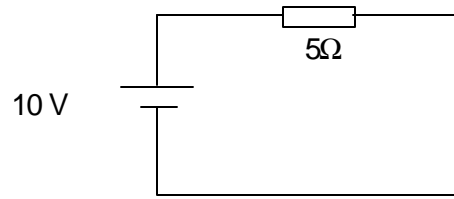
1. Hitunglah arus dan daya yang disalurkan baterai serta daya yang diserap tahanan jika diketahui baterai 1,5 V mempunyai tahanan dalam 0,5 ohm dan disambung dengan sebuah tahanan 9,5 ohm !
2. Sebuah aki 12 v digunakan untuk motor starter sepeda motor, arus yang mengalir pada motor 15 amper. Hitunglah daya motor dan energi yang diserap motor selama 5 detik !
3. Hitunglah arus dan daya dari tiap tahanan rangkaian dibawah ini, dengan teori superposisi!



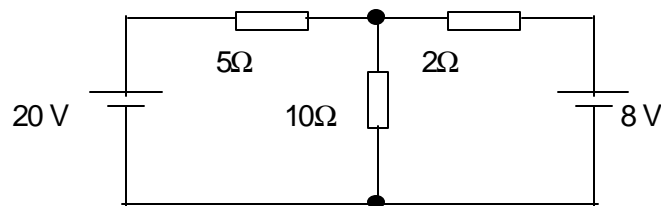
4. Hitunglah panas yang dilepas seluruh tahanan dalam 5 menit pada soal no. 3 !
5. Hitunglah rangkaian pengganti Thevenin dari rangkaian di bawah ini !



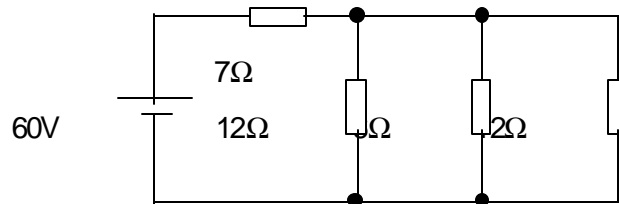
6. Tentukan rangkaian pengganti Norton dari rangkaian di bawah ini!



7. Hitunglah arus pada setiap cabang dalam gambar di bawah ini!

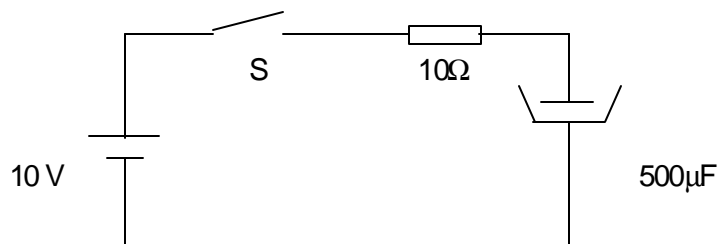


8. Hitunglah arus dan daya pada setiap cabang tahanan dari gambar berikut ini!



9. Perhatikan gambar di bawah, jika saat $t = 0$ saklar ditutup. Hitunglah tegangan pada kapasitor saat :

- a. 5 detik
- b. 10 detik
- c. 15 detik
- d. 20 detik
- e. 25 detik



10. Hitunglah arus yang mengalir pada soal no. 9 saat :

- a. 5 detik
- b. 10 detik
- c. 15 detik
- d. 20 detik
- e. 25 detik

B. Kriteria Kelulusan

Kriteria	Skor (1 – 10)	Bobot	Nilai	Keterangan
Nomer Soal :				
1		1		
2		1		
3		1		
4		1		
5		1		
6		1		
7		1		
8		1		
9		1		
10		1		
Nilai akhir				

Syarat lulus
nilai minimal
70

KUNCI JAWABAN LATIHAN

A. Kegiatan Belajar 1

1. Arus dan tegangan yang mengalir disetiap tahanan adalah :
20 mA , 1 V , 2 V
2. Arus yang mengalir : 1 A
Tegangan pada tahanan adalah 5,5 V
3. Arus yang mengalir : 1 mA
Tegangan pada tiap tahanan adalah 4 V dan 2V
4. I adalah 1,5 A ; I_1 adalah 0,5 A ; I_2 adalah 1 A
5. Tegangan dari soal no 4 adalah 8,25 V ; 6 V ; 6V
6. Arus pada setiap cabang adalah 2A ; 3A
7. Daya total dari soal no 6 adalah 60 watt
8. Daya yang diserap adalah 2,4 W
Energi listrik yang diserap dalam 1 jam adalah 8600 joule
Panas yang dilepas tahanan dalam 1 jam adalah 2064 kalori

B. Kegiatan Belajar 2

1. Arus yang mengalir pada tahanan 12 ohm dengan menggunakan teori superposisi adalah 2A
2. Arus yang mengalir pada tahanan 6 ohm adalah 0,75 A
3. Daya yang diserap tahanan 10 ohm dengan teori Thevenin adalah $1 \frac{1}{9}$ watt
4. Arus yang mengalir pada tahanan 45 ohm adalah 0,2 A
5. Energi yang diserap tahanan 45 ohm dari soal no 4 selama 5 menit adalah 540 joule

C. Kegiatan Belajar 3

1. Persamaan tegangan dengan analisis loop :
$$50 I_1 - 40 I_2 = -6$$
$$-40 I_1 = 60$$

2. Arus pada soal nomer 1 (satu) adalah :
 $I_1 = -0,171 \text{ A}$ dan $I_2 = -0,064 \text{ A}$
3. Persamaan tegangan dari rangkaian dengan analisis loop adalah sebagai berikut :

$$14 I_1 - 6 I_2 = 12$$

$$-6 I_1 + 12 I_2 - 2 I_3 = 0$$

$$-2 I_2 + 12 I_3 = -6$$
4. Daya yang diserap setiap tahanan adalah : 5 W , 5 W , 1 W

D. Kegiatan Belajar 4

1. Persamaan arus pada simpul 1 (satu) adalah $0,017 \text{ V}_1 = 0,2$
2. Arus tiap cabang dari soal no 1 adalah $17,6 \text{ mA}$; $23,4 \text{ mA}$ dan 41 mA
3. Arus tiap cabang adalah 6 A ; $1,5 \text{ A}$; 3 A ; $1,5 \text{ a}$

E. Kegiatan Belajar 5

1. Tegangan pada saat :
 - a. $0,5 \text{ menit} = 12,64 \text{ V}$
 - b. $1 \text{ menit} = 17,3 \text{ V}$
 - c. $1,5 \text{ menit} = 19 \text{ V}$
 - d. $2 \text{ menit} = 19,64 \text{ V}$
 - e. $2,5 \text{ menit} = 19,86 \text{ V}$
2. Arus yang mengalir setelah
 - a. $0,5 \text{ menit} = 0,0726 \text{ mA}$
 - b. $1 \text{ menit} = 0,02706 \text{ mA}$
 - c. $1,5 \text{ menit} = 0,010 \text{ mA}$
 - d. $2 \text{ menit} = 0,0036 \text{ mA}$
 - e. $2,5 \text{ menit} = 0,0014 \text{ mA}$
3. Tegangan pada kapasitor saat
 - a. $2 \text{ detik} = 6,32 \text{ V}$
 - b. $4 \text{ detik} = 8,65 \text{ V}$

- c. 6 detik = 9,5 V
- d. 8 detik = 9,82 V
- e. 10 detik = 9,93 V

4. Arus dari soal no 3 saat :

- a. 2 detik = 0,368 mA
- b. 4 detik = 0,135 mA
- c. 6 detik = 0,050 mA
- d. 8 detik = 0,018 mA
- e. 10 detik = 0,007 mA

Kunci Jawaban Lembar Evaluasi

1. Besarnya arus = 0,15 mA
Daya yang disalurkan = 0,225 watt
Daya yang diserap = 0,21375 watt
2. Daya motor = 180 watt
Energi yang diserap motor selama 5 detik = 900 joule
3. Arus dari tiap tahanan = 3 A ; 2A ; 1A
Daya dari tiap tahanan = 90 Watt ; 200 Watt ; 400 watt
4. Panas yang dilepas seluruh tahanan dalam 5 menit (soal no 3) adalah 49680 kalori
5. Rangkaian pengganti Thevenin adalah $V_{TH} = 8 \text{ V}$; $R_{TH} = 4,33 \text{ k}\Omega$
6. Rangkaian pengganti Norton adalah $I_N = 2 \text{ A}$; $R_N = 5 \text{ ohm}$
7. Arus tiap cabang adalah 2 A ; 1 A ; 1 A
8. Arus setiap cabang = 6 A ; 1,5 A ; 3 A ; 1,5 A
Daya setiap cabang = 42 W ; 18 W ; 18 W ; 18 W
9. Tegangan pada kapasitor saat :
 - a. 5 detik = 6,32 V
 - b. 10 detik = 8,65 V
 - c. 15 detik = 9,5 V
 - d. 20 detik = 9,82 V
 - e. 25 detik = 9,93 V
10. Arus yang mengalir (soal no 9) pada saat :
 - a. 5 detik = 0,368 mA
 - b. 10 detik = 0,135 mA
 - c. 15 detik = 0,050 mA
 - d. 20 detik = 0,018 mA
 - e. 25 detik = 0,007 mA

DAFTAR PUSTAKA

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

Hayt, William H, Kemenerly, Jack E, Pantur Silaban. Phd, *Rangkaian Listrik Jilid I*, Erlangga, Jakarta, 1982.

Hayt, William H, Kemenerly, Jack E, Pantur Silaban. Phd, *Rangkaian Listrik Jilid II*, Erlangga, Jakarta, 1982.

Theraja, *Fundamental of Electrical Engineering and Electronics*, Schand & Co. (PVT) LTD, New Delhi, 1976.