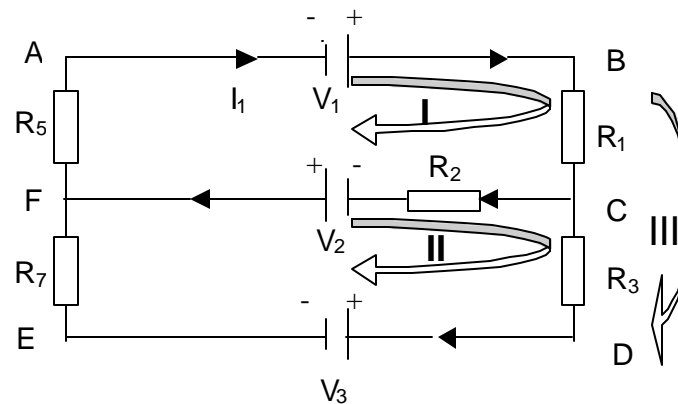




HUKUM KELISTRIKAN

ELK-DAS.24
20 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 “**HUKUM KELISTRIKAN**” 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 pada Bidang Keahlian Teknik Elektro.

Modul ini menekankan pada hukum-hukum kelistrikan yang terdiri dari arus dan penghantar, hukum Ohm dan hukum Kirchoff, serta sambungan-sambungan resistor. Kegiatan Belajar 1 membahas arus listrik dan penghantar meliputi muatan listrik, teori atom, kepadatan arus, resistansi, konduktansi, pengaruh suhu terhadap resistansi serta tahanan linier dan non linier. Sedangkan Kegiatan Belajar 2 membahas hukum Ohm dan hukum Kirchoff. Selanjutnya Kegiatan Belajar 3 membahas susunan resistor antara lain seri, paralel, seri paralel, serta bintang–segitiga.

Modul ini terkait dengan modul lain yang membahas sehingga sebelum menggunakan modul ini peserta diklat diwajibkan telah memahami prinsip dasar elektrostatis dan prinsip dasar kemagnetan.

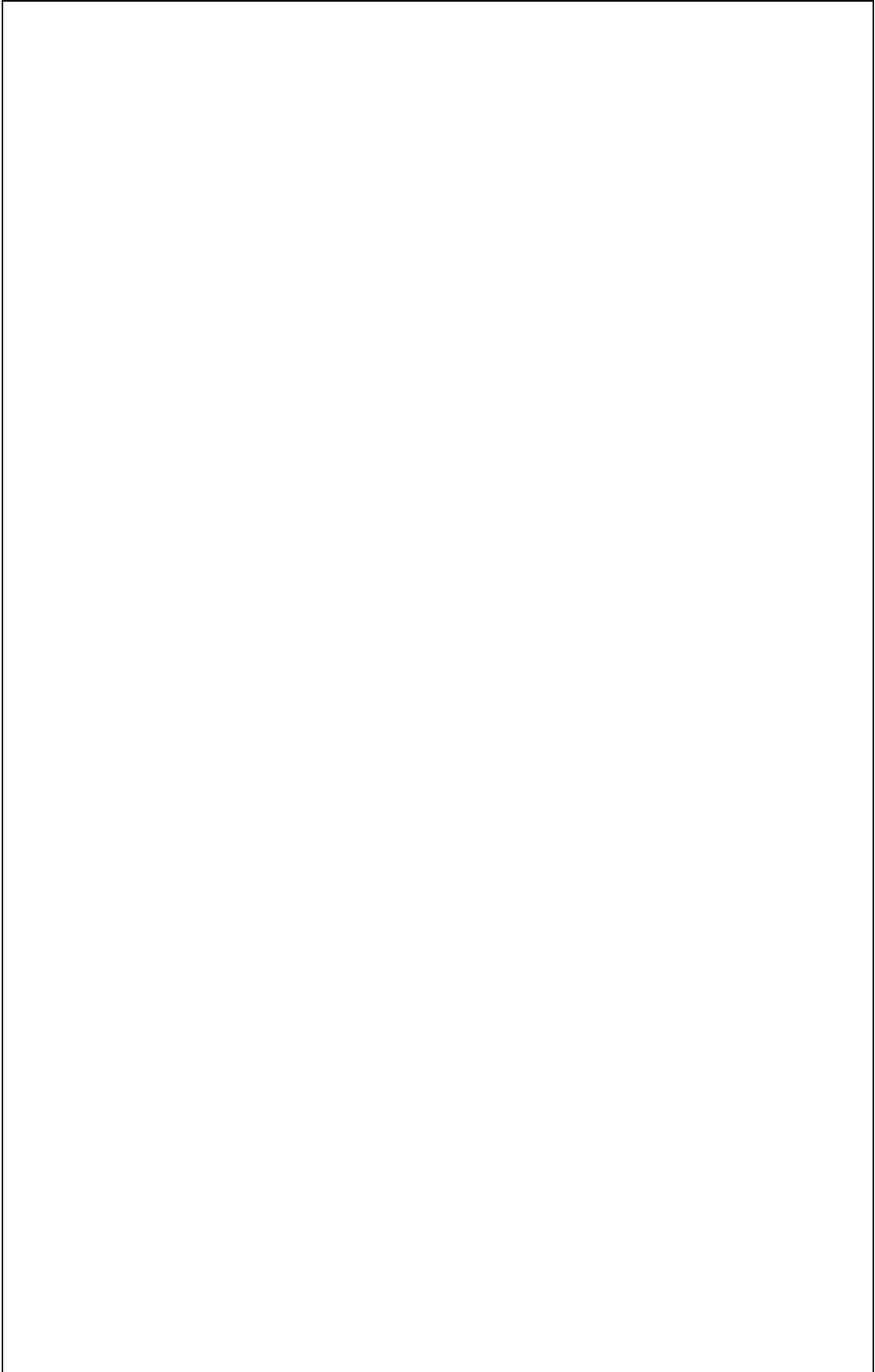
Yogyakarta, Nopember 2001

Penyusun.
Tim Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta

DESKRIPSI JUDUL

HUKUM KELISTRIKAN merupakan modul teori dan atau praktikum berisi bahasan mengenai arus dan penghantar, penerapan hukum-hukum kelistrikan, serta jenis-jenis sambungan resistor.

Modul ini terdiri dari 3 (tiga) kegiatan belajar yang mencakup arus dan penghantar, hukum Ohm dan hukum Kirchoff, serta susunan resistor antara lain seri, paralel, seri-paralel, dan bintang-segitiga. Dengan menguasai modul ini diharapkan peserta diklat mampu memahami hukum-hukum kelistrikan dan menerapkannya dalam rangkaian listrik.



PRASYARAT

Untuk melaksanakan modul **HUKUM KELISTRIKAN** memerlukan kemampuan awal yang harus dimiliki peserta diklat, yaitu :

- Peserta diklat telah memahami konsep dasar fisika teknik.
- Peserta diklat dapat menggunakan alat ukur listrik.

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	8
Kesehatan dan Keselamatan Kerja	8
Langkah Kerja	8
Lembar Latihan	10
KEGIATAN BELAJAR 2	11
Lembar Informasi.....	11
Lembar Kerja	15
Kesehatan dan Keselamatan Kerja	16
Langkah Kerja	16
Lembar Latihan	18
KEGIATAN BELAJAR 3	20
Lembar Informasi.....	20
Lembar Kerja	28
Kesehatan dan Keselamatan Kerja	29

Langkah Kerja	29
Lembar Latihan	30
LEMBAR EVALUASI	33
LEMBAR KUNCI JAWABAN	36
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 1	36
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 2	36
Kunci Jawaban Kegiatan Belajar 3	36
Kunci Jawaban Lembar Evaluasi	37
DAFTAR PUSTAKA	39

PERISTILAHAN / GLOSSARY

Alloy merupakan logam campuran

Gaya sentripetal merupakan gaya yang bekerjanya kearah dalam atau menarik ke dalam menuju inti atom.

PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mempelajari modul ini :

1. Bacalah tujuan akhir dan tujuan antara dengan seksama.
2. Bacalah lembar informasi pada setiap kegiatan belajar dengan seksama.
3. Persiapkan alat dan bahan yang digunakan pada setiap kegiatan belajar.
4. Lakukan pengamatan pada setiap kegiatan belajar dengan teliti.
5. Jawablah setiap pertanyaan pada lembar latihan dan evaluasi, cocokkan dengan kunci jawaban yang telah tersedia pada lembar kunci jawaban.
6. Kembalikan semua peralatan praktik yang digunakan.

TUJUAN

1. Tujuan Akhir

- Peserta diklat mampu memahami konsep arus listrik dan penghantar.
- Peserta diklat mampu memahami hukum Ohm dan hukum Kirchoff.
- Peserta diklat mampu memahami macam-macam sambungan resistor.
- Peserta diklat mampu menerapkan hukum-hukum kelistrikan dalam menganalisa rangkaian listrik.

2. Tujuan Antara

- Peserta diklat mampu menjelaskan teori atom dalam kaitannya dengan pengertian arus listrik.
- Peserta diklat mampu menghitung kepadatan arus, resistansi, dan konduktansi dalam suatu penghantar.
- Peserta diklat mampu menjelaskan pengaruh suhu terhadap resistansi.
- Peserta diklat mampu membedakan tahanan linier dan non linier.
- Peserta diklat mampu memahami dan mengaplikasikan hukum Ohm dan hukum Kirchoff.
- Peserta diklat mampu menghitung resistansi ekuivalen dari berbagai model susunan resistor.

KEGIATAN BELAJAR 1

ARUS LISTRIK DAN PENGHANTAR

Lembar Informasi

1. Muatan Listrik

Ada dua jenis muatan listrik yaitu muatan positif dan negatif. Dengan menggosokkan sisir dengan kain maka muatan negatif dihasilkan pada sisir dan muatan positif pada kain.

2. Teori Atom

Bagian yang sangat kecil dari suatu benda (baik padat, cair maupun gas) dan masih memiliki sifat benda tersebut disebut molekul. Tiap molekul terdiri dari beberapa atom sejenis yang disebut unsur dan bila atomnya berbeda disebut senyawa.

Sebuah atom terdiri dari :

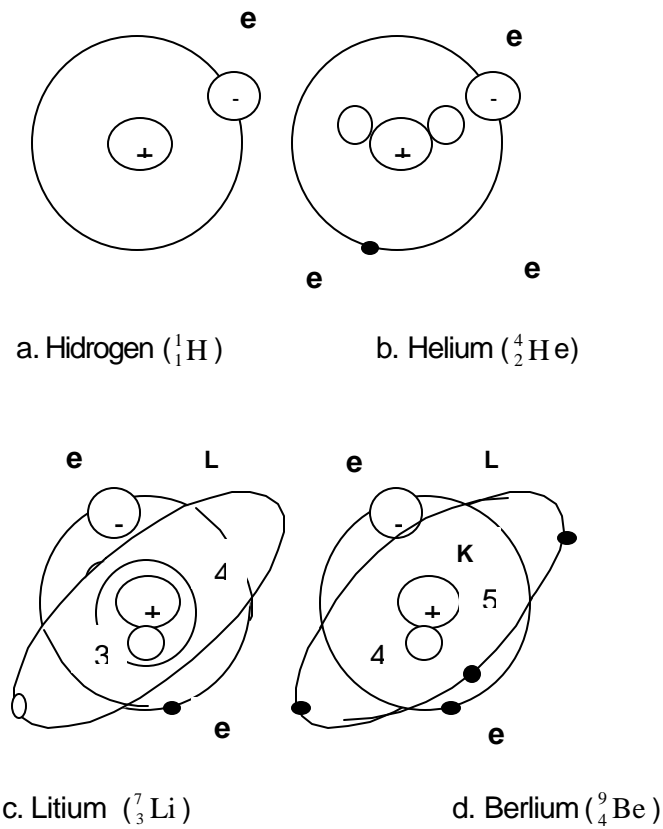
1. Inti yang disebut nukleus. Inti atom mempunyai dua jenis partikel yaitu proton yang bermuatan listrik positif dan neutron yang tidak bermuatan listrik. Massa proton hampir sama dengan massa neutron.
2. Di sekitar inti atom terdapat partikel yang selalui bergerak mengilingi inti atom dengan lintasan berbentuk elips uyang disebut elektron. Elektron bermuatan listrik negatif. Masa elektron dapat diabaikan karena massanya mendekati $1/1840$ massa proton.

Beberapa hal penting yang perlu diketahui tentang struktur atom:

1. Massa proton adalah $1,66 \times 10^{-27}$ kg dan massa elektron $9,1 \times 10^{-31}$ kg dan muatan elektron $1,602 \times 10^{-19}$ coulomb.
2. Elektron bergerak pada lintasan tertentu, membentuk kulit atom K, L, M, N dan seterusnya yang diberi nomor $n = 1,2,3,4$ dan seterusnya. Jumlah elektron maksimal untuk tiap lintasan dinyatakan dalam $2n^2$.
3. Gaya sentripetal menyebabkan elektron tetap bergerak pada lintasannya. Elektron pada kulit terluar yang disebut elektron

valensi mendapat gaya yang paling lemah. Pada logam, elektron valensi ini bebas bergerak dan membentuk lautan elektron. Elektron yang bergerak bebas inilah yang bersifat menghantarkan arus listrik.

Gambar 1 di bawah ini menggambarkan model atom hidrogen, helium, litium dan berilium.



Gambar 1. Model Atom

3. Kepadatan Arus

Jumlah muatan yang bergerak melalui penampang suatu penghantar untuk setiap satuan waktu merupakan arus listrik, jika muatan dinyatakan q , arus listrik a dan waktu t maka:

$$I = \frac{dq}{dt}$$

Satuan arus listrik dalam SI adalah $\frac{\text{Coulum (C)}}{\text{det ik (S)}} = \text{Amper (A)}$.

Menurut konvensi, arus listrik mengalir dari potensial yang lebih tinggi ke potensial yang lebih rendah atau arah mengalirnya muatan positif. Pada penghantar logam arus listrik merupakan gerakan-gerakan elektron bebas. Muatan positif dalam penghantar logam tidak dapat bergerak, dengan demikian arah gerakan elektron berlawanan dengan arah arus listrik.

Misalkan suatu penghantar yang panjangnya L dan luas penghantar A terdapat N elektron yang terdistribusi secara merata seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Penghantar untuk Menentukan Kepadatan Arus

Jika medan listrik E menyebabkan elektron bergerak sepanjang L dalam waktu T detik maka kecepatan elektron adalah L/T . arus listrik I berdasarkan definisi merupakan jumlah muatan listrik yang melalui penampang A setiap satuan waktu. Sedangkan jumlah muatan listrik merupakan jumlah elektron dikalikan dengan muatan elektron q sehingga :

$$I = \frac{qN}{T} \cdot \frac{L}{L} = \frac{q \cdot N \cdot V_d}{L} \text{ ampere}$$

di mana V_d adalah kecepatan elektron. Kepadatan arus yang dinyatakan dalam J adalah besar arus listrik untuk setiap satuan luas penampang dalam medium penghantar.

$$J = \frac{I}{A} \cdot \frac{A}{\text{m}^2}$$

Jika I diganti dengan $\frac{q \cdot N \cdot V_d}{L}$ maka:

$$J = \frac{q \cdot N \cdot V_d}{LA}$$

LA merupakan volume penghantar yang berisikan N elektron maka konsentrasi elektron dalam penghantar adalah:

$$N = \frac{N}{LA} \text{ m}^{-3}$$

Jika nilai n disubstitusikan maka:

$$J = qn V_d = \rho v \cdot V_d \cdot \frac{A}{\text{m}^2}$$

Dimana ρv adalah kepadatan muatan, dalam satuan per meter kubik.

4. Resistansi (Hambatan Listrik)

Kecepatan elektron dalam penghantar berbanding lurus dengan medan listrik E.

$$V_d = \mu E$$

V_d = Kecepatan Elektron

μ = Mobilitas Elektron

E = Medan Listrik

Jika persamaan ini disubstitusikan ke dalam persamaan kepadatan arus maka:

$$J = q n V_d$$

$$J = q n \mu E$$

$$J = \sigma E$$

Dimana $\sigma = q n \mu (\Omega \text{ m})^{-1}$ merupakan daya hantar dari penghantar.

Besarnya tegangan listrik dari penghantar yang panjangnya L dan medan listrik E adalah $V = EL$

Sedangkan arus listrik yang mengalir pada penghantar

$$I = J \cdot A = \sigma E A \frac{L}{L} = \frac{\sigma A}{L} \cdot V = \frac{V}{R} \text{ ampere.}$$

Di mana R merupakan resistansi yang besarnya adalah :

$$R = \frac{L}{\sigma A} = \rho \frac{L}{A} \qquad \rho = \frac{1}{\sigma}$$

ρ = Resistivitas atau hambat jenis

σ = Konduktivitas atau daya hantar.

Dengan demikian resistivitas suatu penghantar.

1. Berbanding lurus dengan panjang penghantar..
2. Berbanding terbalik dengan penampang penghantar.
3. Tergantung dari jenis penghantar

Satuan resistivitas dalam SI adalah:

$$\rho = \frac{L}{\sigma A} = \rho \frac{L}{A}$$

5. Konduktansi

Konduktansi merupakan kebalikan dari resistansi, jika resistansi mempunyai persamaan

$$R = r \frac{L}{A}$$

maka konduktansinya adalah

$$G = \frac{1}{R} = \frac{1}{r} \frac{A}{L} = \frac{\sigma A}{L}$$

di mana σ merupakan daya hantar atau konduktivitas dari penghantar.

Satuan konduktivitas adalah mho.

6. Pengaruh Suhu Terhadap Resistansi

Resistansi tergantung dari panjang penghantar, penampang penghantar dan jenis bahan penghantar serta suhu penghantar.

Pengaruh kenaikan temperatur terhadap resistansi antara lain :

1. Meningkatkan nilai resistansi pada logam dan alloy.
2. Menurunkan nilai resistansi seperti pada elektrolit, isolator misalnya kertas, karet, gelas, mika, dan sebagainya.

Jika suatu logam mempunyai resistansi R_0 pada 0°C , kemudian suhunya dinaikkan Δt dan resistansi menjadi R_t maka kenaikan resistansi :

$$\Delta R = R_t - R_0$$

yang tergantung dari nilai resistansi awal, kenaikan temperatur, serta jenis bahan penghantar.

Secara matematis dapat dituliskan dengan persamaan:

$$\Delta R = \alpha R_0 \Delta t$$

$$R_t - R_0 = \alpha R_0 \Delta t$$

$$R_t = R_0 + \alpha R_0 \Delta t$$

$$R_t = R_0 (1 + \alpha \Delta t)$$

dimana α merupakan suatu konstanta yang disebut koefisien temperatur dari resistansi yang besarnya :

$$a = \frac{1}{R_0} \cdot \frac{\Delta R}{\Delta t}$$

Dalam praktik, koefisien temperatur untuk berbagai temperatur dianggap tetap. Padahal telah ditemukan bahwa nilai α tidak tetap untuk temperatur yang berbeda. Jika α pada temperatur 0°C disebut α_0 dan α pada temperatur $t^\circ\text{C}$ disebut α_t dan resistansi pada $t^\circ\text{C}$ besarnya R_t maka :

$$R_0 = R_t (1 - \alpha_t \Delta t)$$

dan sebaliknya,

$$R_t = R_0 (1 + \alpha_0 \Delta t)$$

Berdasarkan persamaan di atas,

$$a_t = \frac{R_t - R_0}{R_t \cdot \Delta t}$$

$$a_t = \frac{R_0 (1 + \alpha_0 \Delta t) - R_0}{R_0 (1 + \alpha_0 \Delta t) \cdot t}$$

$$a_t = \frac{\alpha_0}{1 + \alpha_0 t}$$

Secara umum jika

$$\alpha_1 = \text{koefisien temperatur pada } t_1$$

$$\alpha_2 = \text{koefisien temperatur pada } t_2$$

maka,

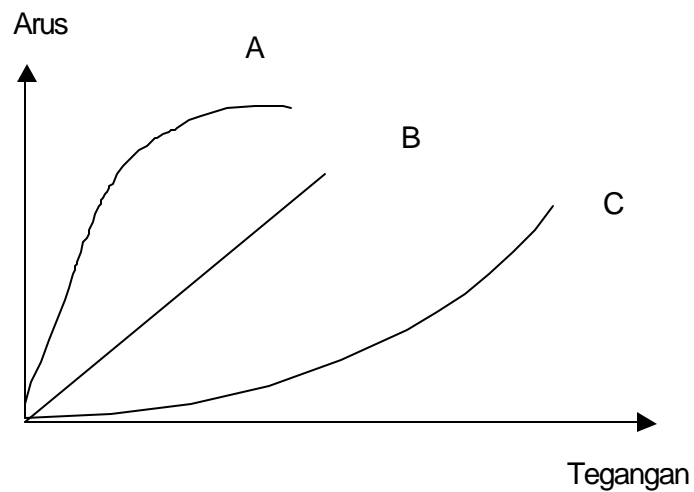
$$a_2 = \frac{a_1}{1 + a_1(t_2 - t_1)}$$

$$a_2 = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + (t_2 - t_1)}$$

7. Resistor Linier dan Non Linier

Resistor biasanya terbuat dari logam atau campuran beberapa logam.

Resistor dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu resistor linier dan resistor non linier. Resistor linier yaitu besarnya arus yang mengalir sebanding secara proporsional dengan besar tegangan yang diberikan pada resistor. Pada resistor linier besarnya resistansi tetap. Sedangkan resistor non linier adalah arus yang mengalir tidak sebanding proporsional dengan tegangan. Besarnya resistansi pada resistor non linier tidak tetap. Grafik arus sebagai fungsi tegangan ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Arus sebagai Fungsi Tegangan

Lembar Kerja

Alat dan Bahan

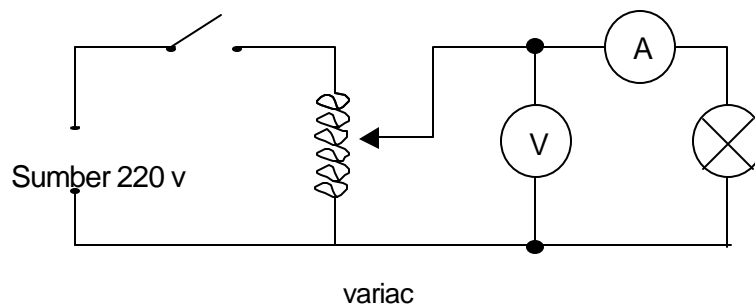
1. Multimeter / Voltmeter AC 1 buah
2. Ampere meter AC 1 buah
3. Variac 0 – 250 V..... 1 buah
4. Lampu pijar..... 1 buah
5. Solder listrik atau pemanas lain. 1 buah
6. Kabel penghubung secukupnya

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Bacalah dan pahami petunjuk praktikum pada setiap lembar kegiatan belajar!
2. Letakkan peralatan dalam posisi aman, mudah dirangkai dan mudah diamati/dibaca!
3. Jangan menghubungkan rangkaian ke sumber tegangan sebelum rangkaian benar!
4. Jangan membuat sambungan dalam keadaan terbuka!
5. Sesuaikan batas ukur dari alat-alat ukur dengan beban!
6. Lakukan praktik dengan hati-hati!

Langkah Kerja

1. Buatlah rangkaian seperti Gambar 4 di bawah ini:



Gambar 4. Gambar Rangkaian Percobaan

- Setelah rangkaian benar tutup saklar S kemudian atur variac sehingga voltmeter menunjukkan tegangan seperti dalam Tabel 1!

Tabel 1. Hubungan antara Tegangan, Arus, dan Resistansi

Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Resistansi (ohm)
50		
100		
150		
200		
220		

- Catatlah besarnya arus pada setiap perubahan tegangan!
- Hitunglah V/I pada setiap perubahan tegangan!
- Gantilah lampu pijar dengan solder listrik atau alat pemanas lainnya! Kemudian ikuti langkah-langkah seperti percobaan sebelumnya!
- Masukkan hasil pengamatan ke Tabel 2!

Tabel 2. Hubungan antara Tegangan, Arus, dan Resistansi

Tegangan (volt)	Arus (ampere)	Resistansi (ohm)
50		
100		
150		
200		
220		

- Hitung V/I pada setiap perubahan tegangan.
- Jika semua telah selesai hentikanlah kegiatan dan kembalikan semua peralatan ke tempat semula. Kemudian simpulkan secara keseluruhan percobaan tadi, khususnya berdasarkan data pada Tabel 1 dan 2!

Lembar Latihan

1. Hitunglah jumlah elektron yang mengalir melalui penampang kawat selama 1 detik dengan arus listrik 1 A!
2. Hitunglah kepadatan arus dari suatu kawat aluminium yang mempunyai diameter 4 mm dan arus listrik yang mengalir 10 A!
3. Hitunglah resistansi suatu kawat manganin dengan panjang 100 m, yang mempunyai luas penampang $0,1 \text{ mm}^2$. dan hambatan jenisnya $50 \times 10^{-8} \text{ ohm meter!}$
4. Hitunglah resistansi tembaga pada 62°C jika α tembaga $4,28 \times 10^{-3} \text{ per}^\circ\text{C}$ dan ilitan shunt dari generator DC mempunyai resistansi 135 ohm pada suhu 25°C !
5. Hitunglah tahanan awal sebuah lampu 230 V, 60 watt yang mempunyai filamen dengan suhu kerja normal 2020°C . jika α filamen = $0,0045 \text{ per}^\circ\text{C}$ dan suhu awal 20°C !

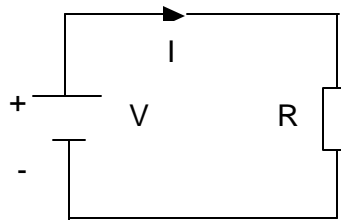
KEGIATAN BELAJAR 2

HUKUM OHM DAN KIRCHHOFF

Lembar Informasi

1. Hukum Ohm

Apabila sebuah penghantar R dihubungkan dengan sumber tegangan maka arus listrik akan mengalir dari kutub positif ke kutub negatif melewati hambatan R. Hal ini dapat ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Gambar yang Menjelaskan Hukum Ohm.

Besarnya arus listrik yang mengalir tergantung dari besarnya tegangan V dan hambatan R yang terpasang.

Hubungan antara arus dan tegangan pada sebuah hambatan, dinyatakan oleh hukum ohm yang berbunyi “tegangan pada sebuah hambatan sama dengan besarnya arus yang mengalir pada hambatan tersebut dikalikan dengan besarnya harga hambatan tersebut.”

Dirumuskan sebagai berikut :

$$V = I.R \text{ atau } I = V/R$$

V = tegangan (volt)

I = arus yang mengalir (ampere)

R = hambatan (ohm)

Hukum ohm berlaku untuk rangkaian listrik searah (DC) maupun rangkaian listrik arus boak-balik (AC).

Daya dan Energi

Berdasarkan hukum Ohm

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

Sedangkan daya listrik yang diserap oleh resistor

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

$$\begin{aligned} P &= I^2 R \\ &= VI \\ &= \frac{V^2}{R} \end{aligned}$$

Energi yang diserap resistor selama t adalah :

$$W = P t = I^2 R t$$

Jika t dalam satuan detik, I dalam ampere dan R dalam ohm, maka

$$W = I^2 R t \text{ Joule}$$

Jika semua energi listrik berubah menjadi panas, maka

$$W = 0,24 I^2 R t \text{ kalori}$$

1 kalori = 4,186 joule, sehingga:

$$1 \text{ joule} = 0,24 \text{ kalori}$$

2. Hukum Kirchoff

Untuk memecahkan persoalan-persoalan rangkaian yang rumit; yaitu rangkaian yang terdiri dari beberapa buah sumber tegangan atau sumber arus serta beberapa buah hambatan/beban maka dipergunakan hukum-hukum rangkaian, diantaranya hukum Kirchoff.

Hukum Kirchoff I

Hukum Kirchoff I berbunyi "jumlah aljabar dari arus yang menuju/masuk dengan arus yang meninggalkan/keluar pada satu titik sambungan/cabang sama dengan nol "

Hal ini dapat digambarkan melalui Gambar 6 berikut ini.

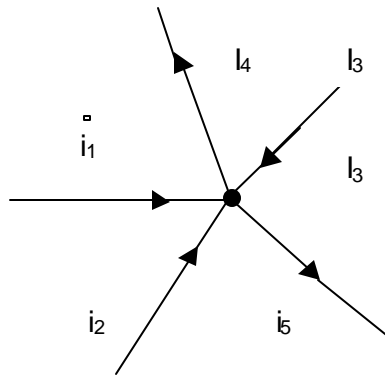
Hukum tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sum i = 0$$

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

dimana:

- Arus yang masuk (i_1, i_2, i_3) diberi tanda positif.
- Arus yang keluar (i_4 dan i_5) diberi tanda negatif



Gambar 6. Gambar yang Menjelaskan Hukum Kirchoff I

Hukum Kirchoff II

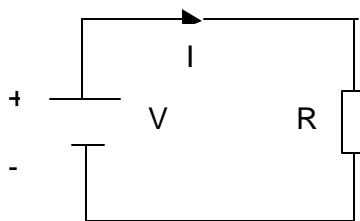
Hukum Kirchoff II ini berbunyi “di dalam satu rangkaian listrik tertutup jumlah aljabar antara sumber tegangan dengan kerugian-kerugian tegangan selalu sama dengan nol.”

Dirumuskan :

$$\sum V + \sum IR = 0$$

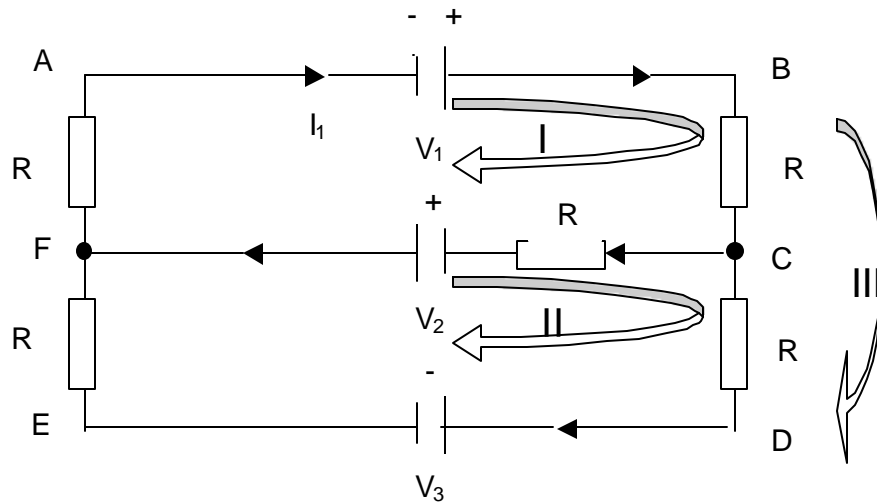
Yang dimaksud dengan kerugian tegangan yaitu besarnya tegangan dari hasil kali antara besarnya arus dengan hambatan yang dilalui.

Secara mudah untuk memahami rumus di atas (lihat Gambar 7), apabila tegangan V diberi tanda positif, maka besarnya tegangan IR harus diberi tanda negatif. Sehingga : $+ V - IR = 0$



Gambar 7. Gambar Penjelasan Hukum Kirchoff II

Harus dipahami bahwa penggunaan hukum Kirchoff ini berlaku pada rangkaian tertutup. Jika rangkaian listrik terdiri dari beberapa rangkaian tertutup, maka dalam analisisnya dibuat persamaan menurut rangkaian tertutup satu per satu. Untuk pemahaman diberikan ilustrasi dengan Gambar 8 berikut ini .



Gambar 8. Rangkaian Listrik dengan Beberapa Rangkaian Tertutup.

Analisis menurut Hukum Kirchoff I, rangkaian ini mempunyai dua titik pertemuan yaitu titik C dan F, maka pada titik ini berlaku

Titik C:

$$I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

Titik F

$$I_2 + I_3 - I_1 = 0$$

Untuk memahami Hukum Kirchoff II, rangkaian di atas dapat dibuat tiga lingkaran tertutup yaitu : I, II dan III.

Pada lingkaran I, yaitu lingkaran A – B – C – F – A:

$$\text{terjadi } V_1 - I_1 R_1 - I_2 R_2 + V_2 - I_1 R_5 = 0$$

Pada lingkaran II yaitu lingkaran F – C – D – E - F

$$\text{terjadi } -V_2 + I_2 R_2 - I_3 R_3 - V_3 - I_3 R_4 = 0$$

Pada lingkaran III, yaitu A – B – C – D – E – F –A terjadi

$$V_1 - I_1 R_1 - I_3 R_3 - V_3 - I_3 R_4 - I_1 R_5 = 0$$

Untuk mempermudah penggunaan hukum Kirchoff perlu diketahui:

1. Dalam menentukan arah arus pada tiap cabang bebas tetapi harus diingat bahwa arah arus pada tiap-tiap percabangan harus ada yang masuk dan keluar.
2. Tentukan arah tiap kelompok secara bebas (pada contoh di atas ada tiga). Sebaiknya semuanya searah (seperti contoh di atas). Arah arus dari kelompok lingkaran digunakan sebagai dasar untuk memberikan tanda positif atau negatif pada sumber tegangan (V) maupun rugi tegangan (IR) dalam persamaan nantinya.
3. Setelah ditentukan arah arus kelompok, maka dibuat persamaan terhadap tiap kelompok, arah arus listrik tiap cabang yang searah dengan arah arus yang menuju kutub sumber tegangan, maka harga sumber tegangan tersebut positif. (lihat contoh untuk lingkaran I).
4. Bahwa arus listrik yang mengalir dalam satu cabang besarnya sama (pada contoh: arus yang mengalir pada R_3 dan R_4 adalah sama yaitu I_3).
5. Apabila nantinya setelah dihitung ternyata harga arus pada cabang tertentu berharga negatif, ini menunjukkan bahwa arah arus yang ditentukan semula adalah salah, oleh karenanya perlu dibalik.

LEMBAR KERJA

Alat dan bahan :

- | | |
|--|--------|
| 1. Resistor $100\ \Omega/5$ watt | 1 buah |
| 2. Resistor $1\ \Omega, 10\ \Omega, 50\ \Omega, 100\ \Omega$ | 1 buah |
| 3. Multimeter/voltmeter DC | 1 buah |
| 4. Miliamperemeter DC | 1 buah |
| 5. Sumber tegangan DC variabel $0-20\ V$ | 1 buah |
| 6. Saklar | 1 buah |
| 7. Kabel Penghubung | 1 buah |

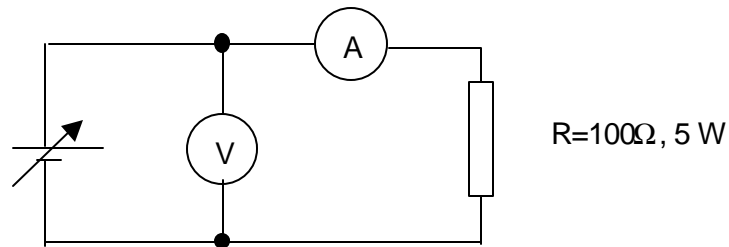
Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Jangan menghubungkan ke sumber tegangan sebelum rangkaian benar!
2. Perhatikan batas ukur dari alat ukur yang digunakan jangan menggunakan alat ukur melebihi kemampuan!
3. Perhatikanlah kemampuan arus dari resistor, jangan memberi arus melebihi kapasitas!
4. Hindarilah penggunaan sambungan terbuka!
5. Letakan peralatan pada tempat aman mudah dijangkau dan mudah diamati!
6. Pastikan posisi awal sumber tegangan DC pada posisi 0!

Langkah Kerja

Percobaan I (Hukum Ohm)

1. Buatlah rangkaian seperti Gambar 9 di bawah ini :



Gambar 9. Gambar Rangkaian Percobaan Hukum Ohm

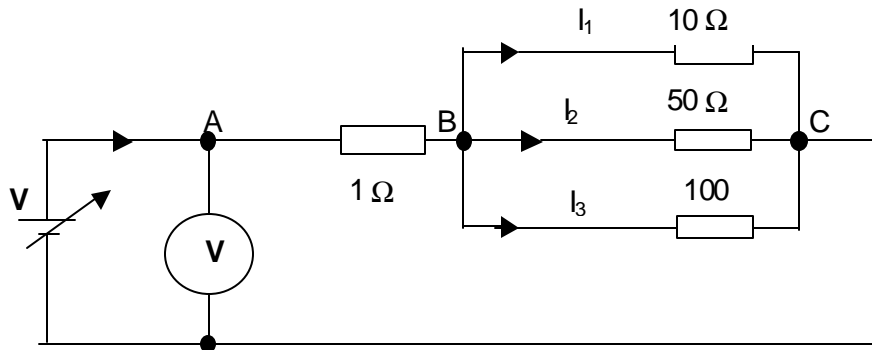
2. Aturlah tegangan sehingga voltmeter menunjukkan nilai seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3!
3. Hitunglah V/I setiap perubahan tegangan dan bandingkan hasilnya dengan teori!

Tabel 3. Percobaan Hukum Ohm

V (volt)	I (mA)	V/I (ohm)
2		
4		
6		
8		
10		
12		
14		
16		
18		
20		

Percobaan II (Hukum Kirchoff)

1. Buatlah rangkaian seperti Gambar 10 di bawah ini!



Gambar 10. Gambar Rangkaian Percobaan Hukum Kirchoff.

2. Aturilah tegangan sumber seperti Tabel 4 di bawah!

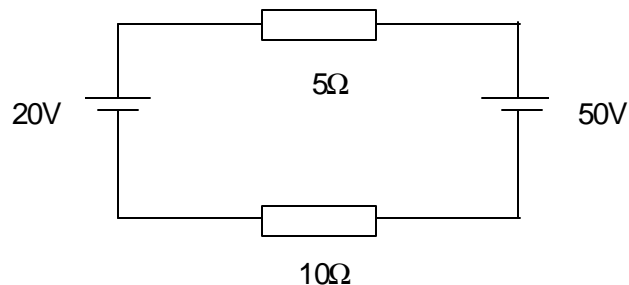
Tabel 4. Percobaan Hukum Kirchoff

V (volt)	V_{AB} (volt)	V_{BC} (volt)	$I = \frac{V_{AB}}{1}$ (ampere)	$I_1 = \frac{V_{BC}}{10}$ (ampere)	$I_2 = \frac{V_{BC}}{50}$ (ampere)	$I_3 = \frac{V_{BC}}{100}$ (ampere)
5						
10						
15						
20						

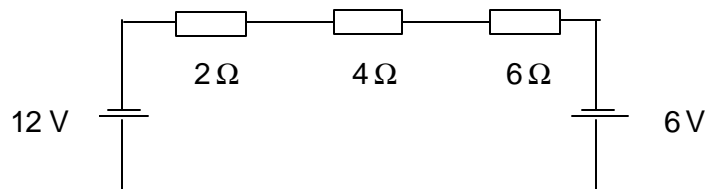
- Ukurlah tegangan V_{AB} dan V_{BC} setiap perubahan tegangan dan masukkan dalam tabel
- Hitunglah I_1 , I_2 , I_3 dan I setiap perubahan tegangan, kemudian bandingkan hasil pengukuran arus dengan teori $I = I_1 + I_2 + I_3$, serta bandingkan hasil pengukuran tegangan dengan teori $V = V_{AB} + V_{BC}$.
- Jika semua percobaan telah dilaksanakan, rapikan peralatan yang digunakan kemudian kembalikan ke tempat semula.

Lembar latihan

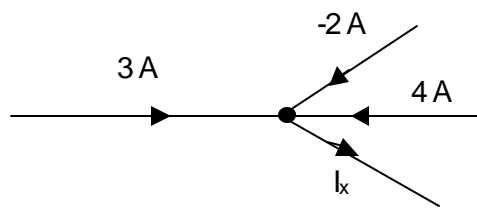
- Hitunglah arus dan daya yang diserap oleh setiap resistor dalam rangkaian di bawah ini:



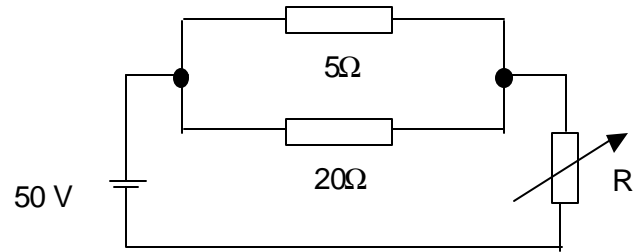
- Hitunglah arus, daya dan tegangan setiap resistor dari rangkaian di bawah ini.



- Hitung I_x dari cabang di bawah ini!



4. Resistor R diatur sehingga daya pada tahanan $5\ \Omega$ adalah $20\ \text{W}$. $5\ \Omega$ adalah $20\ \text{W}$



KEGIATAN BELAJAR III

RESISTOR SERI DAN PARALEL

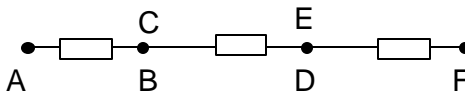
Lembar Informasi

Ada tiga macam sambungan hambatan / resistor, yaitu sambungan seri, sambungan paralel dan sambungan campuran (seri-paralel). Dari beberapa resistor yang disambung dengan jalan di atas, dapat ditentukan satu buah hambatan pengganti.

1. Sambungan Seri

Sambungan seri disebut juga sambungan deret. Resistor-resistor dikatakan sambungan seri apabila dua resistor atau lebih disambung dengan cara ujung akhir dari resistor pertama disambungkan dengan ujung awal dari resistor kedua, ujung akhir resistor kedua disambungkan dengan ujung awal resistor ketiga dan seterusnya..

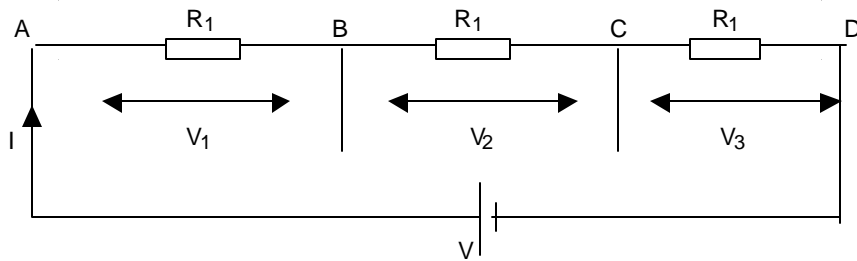
Contoh pada Gambar 11 tiga buah hambatan yaitu: AB, CD, EF disambung seri



Gambar 11. Rangkaian Seri

Rangkaian di atas menunjukkan, ujung B disambung dengan ujung C dan ujung D disambung dengan ujung E.

Untuk mengetahui berapa besar satu hambatan pengganti dari sambungan seri dari beberapa hambatan, dapat dibuktikan dengan menggunakan hukum Ohm dan Kirchoff. Hal ini dapat dijelaskan dengan menggunakan Gambar 12.



Gambar 12. Resistor Seri

Pada rangkaian resistor seri di atas ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Arus listrik yang mengalir pada ketiga resistor sama.
2. Drop tegangan pada tiap resistor berbeda jika besar resistansi sama.
3. Jumlah dari ketiga drop tegangan sama dengan tegangan sumber.

Untuk menghitung resistansi ekivalen dari ketiga resistor adalah sebagai berikut.

$$V_1 = IR_1 \quad V_2 = IR_2 \quad V_3 = IR_3$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

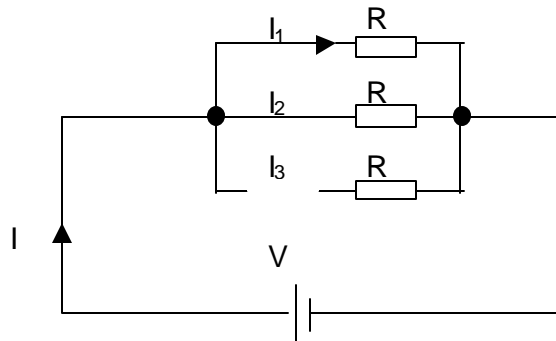
$$= I (R_1 + R_2 + R_3)$$

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

$\frac{V}{I}$ merupakan resistansi ekivalen R sehingga $R = R_1 + R_2 + R_3$.

2. Sambungan Paralel

Jika resistor R_1, R_2, R_3 disusun seperti gambar 13 maka disebut dengan susunan paralel.



Gambar 13. Resistor Paralel

Pada rangkaian resistor paralel ada beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya :

1. Drop tegangan pada setiap resistor sama.
2. Arus pada setiap resistor berbeda sesuai hukum ohm.
3. Arus total merupakan jumlah dari ketiga arus cabang.

Untuk menghitung resistansi ekuivalen dari susunan resistor paralel sebagai berikut :

$$I_1 = \frac{V}{R_1} \quad I_2 = \frac{V}{R_2} \quad I_3 = \frac{V}{R_3}$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

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

$$\frac{I}{V} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{I}{V} = \frac{1}{R} \text{ sehingga } \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

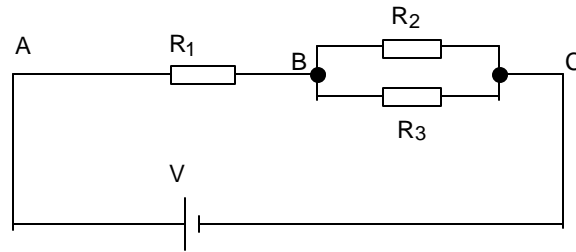
Jika resistor hanya dua buah disusun paralel maka

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$$

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

3. Sambungan Seri dan Paralel

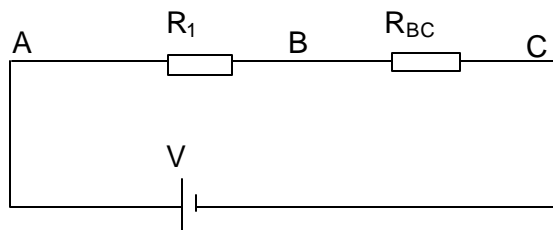
Sambungan seri-paralel merupakan sambungan atau rangkaian yang terdiri dari resistor-resistor yang tersambung dalam “sistem seri” maupun “sistem paralel”. Sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar 14 di bawah ini.



Gambar 14. Rangkaian Sambungan Seri dan Paralel

Dalam rangkaian/sambungan ini, R_2 paralel dengan R_3 , kemudian hambatan penggantinya (R_{BC}) disambung seri dengan R_1 .

Untuk mencari hambatan pengganti dari sambungan di atas yaitu besarnya hambatan antara titik A – C dapat dilakukan dengan terlebih dahulu mencari hambatan pengganti antara titik B – C, yaitu R_{BC} yang diseri dengan R_1 dan R_2 dengan R_3 . Selanjutnya R_{BC} ini diseri dengan R_1 yang hasilnya merupakan hambatan pengganti antara titik A – C yang disebut R_{AC} . Untuk lebih jelasnya perhatikan Gambar 15 dan 16 di bawah ini.

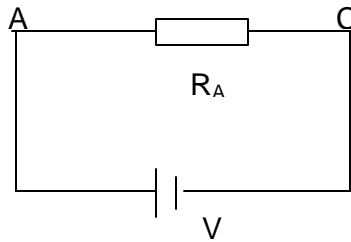


Gambar 15. Gambar Hasil Penyederhanaan

$$R_{BC} = R_2 // R_3$$

$$R_{AC} = R_1 + R_{BC}$$

$$R_{BC} = R_2 // R_3$$

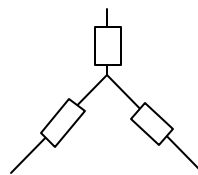


Gambar 16. Gambar Hasil Penyederhanaan

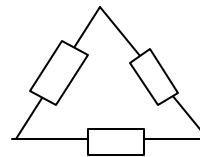
4. Sambungan “Bintang” dan “Segitiga”

Apabila tiga buah resistor disambung dengan jalan ketiga ujungnya disambung menjadi satu, sambungan ini disebut sambungan “bintang” (Y); jenis sambungan ini ditunjukkan oleh Gambar 17.a. Tetapi apabila ketiga resistor disambung dengan jalan ujung yang satu disambung dengan ujung hambatan yang lain seperti pada Gambar 17.b sambungan ini disebut sambungan “segitiga” atau delta.

Untuk menyelesaikan persoalan model sambungan tersebut, perlu diubah menjadi sambungan jenis lain tetapi mempunyai nilai yang sama. Sehingga sambungan yang semula berbentuk bintang dapat diganti menjadi sambungan segitiga dan sebaliknya, yaitu sambungan berbentuk segitiga dapat diubah menjadi bentuk bintang.



a. Sambungan bintang



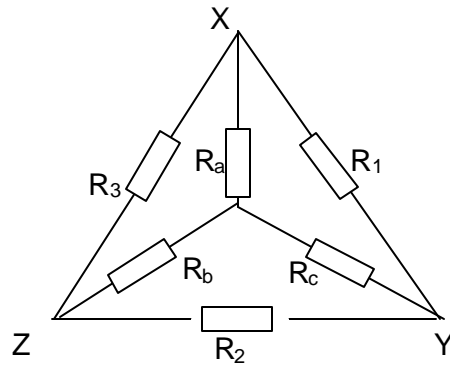
b. Sambungan segitiga

Gambar 17. Resistor Sambungan Segitiga dan Bintang

a. Sambungan segitiga diubah menjadi sambungan bintang

Untuk mengganti sambungan segitiga menjadi sambungan bintang dapat ditunjukkan oleh Gambar 18 di bawah ini:

Hambatan R_1 , R_2 dan R_3 merupakan hambatan semula yang tersambung segitiga, sedang R_a , R_b dan R_c merupakan hambatan pengganti yang tersambung bintang.



Gambar 18.
Sambungan Segitiga yang Diubah Menjadi Sambungan Bintang

Untuk mempermudah maka kita besarnya hambatan diukur dari titik X dan Y, maka besarnya hambatan ditinjau terhadap sambungan segitiga (sambungan semula) yaitu :

$$R_{XY} = R_1 // R_2 + R_3$$

$$= \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Besarnya hambatan ditinjau terhadap sambungan bintang:

$$R_{XY} = R_a + R_b$$

$$R_{XY} = R_1 // R_2 + R_3$$

$$= \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Besarnya hambatan ditinjau terhadap sambungan bintang :

$$R_{XY} = R_a + R_b$$

Jadi ditinjau terhadap titik X – Y didapat persamaan :

$$R_a + R_b = \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} \dots\dots\dots(1)$$

Analog jalan diatas dipandang terhadap titik Y – Z didapat :

$$R_b + R_c = \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} \dots\dots\dots(2)$$

Begitu juga dipandang terhadap titik Z – X didapat :

$$R_c + R_a = \frac{R_1(R_2 + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3} \dots\dots\dots(3)$$

Bila persamaan (1) dikurangi dengan persamaan (2) didapat :

$$R_a - R_c = \frac{R_1 R_2 - R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \text{ (hasil ini ditambah persamaan (3))}$$

$$R_a + R_c = \frac{R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$2R_a = \frac{2R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \quad +$$

$$R_a = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Selanjutnya bila pers. (1) dikurangi dengan pers. (3) kemudian hasilnya ditambah dengan pers. (2), didapatkan :

$$R_b = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Begitu pula pers. (2) dikurangi dengan pers. (1) dan kemudian hasilnya ditambah dengan pers. (3) didapatkan :

$$R_c = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Dapat disimpulkan, jika sambungan segitiga diubah menjadi sambungan bintang, maka besarnya hambatan pada sambungan bintang memenuhi harga:

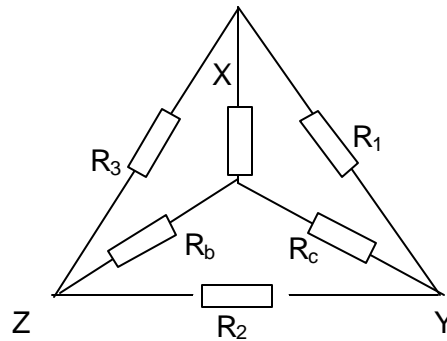
$$R_s = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_b = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

$$R_c = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

- b. Sambungan bintang diubah menjadi sambungan segitiga

Pada Gambar 19 di bawah, R_a , R_b dan R_c merupakan hambatan yang tersambung bintang, sedangkan R_1 , R_2 dan R_3 merupakan hambatan-hambatan pengganti yang terhubung segitiga.



Gambar 19.
Sambungan Bintang diubah Menjadi Sambungan Segitiga

Untuk mencari besarnya hambatan pengganti (R_1 , R_2 , R_3) dapat diperoleh dengan cara sebagai berikut :

- Kalikan R_a dengan R_b ; R_b dan R_c , R_a dengan R_c (menggunakan persamaan-persamaan yang didapat dari sambungan segitiga diubah menjadi sambungan bintang).
- Jumlahkan hasil-hasil persamaan tersebut.

$$R_a R_b = \frac{R_1^2 R_2 R_3}{(R_1 + R_2 + R_3)^2}$$

$$R_b R_c = \frac{R_2^2 R_1 R_3}{(R_1 + R_2 + R_3)^2}$$

$$R_a R_c = \frac{R_3^2 R_1 R_2}{(R_1 + R_2 + R_3)^2}$$

Hasil-hasil diatas dijumlahkan sehingga akan didapatkan :

$$R_a R_b + R_b R_c + R_a R_c = \frac{R_1^2 R_2 R_3 + R_2^2 R_1 R_3 + R_3^2 R_1 R_2}{(R_1 + R_2 + R_3)^2}$$

$$= \frac{R_1 R_2 R_3 (R_1 + R_2 + R_3)}{(R_1 + R_2 + R_3)^2}$$

$$= R_1 \frac{R_2 R_3}{(R_1 + R_2 + R_3)}$$

Kemungkinan variasi persamaan.

$$\begin{aligned} \blacksquare \quad R_a R_b + R_b R_c + R_a R_c &= R_1 \frac{R_2 R_3}{(R_1 + R_2 + R_3)} \\ &= R_1 R_c \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \quad R_a R_b + R_b R_c + R_a R_c &= R_2 \frac{R_2 R_3}{(R_1 + R_2 + R_3)} \\ &= R_2 R_a \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \blacksquare \quad R_a R_b + R_b R_c + R_a R_c &= R_3 \frac{R_2 R_3}{(R_1 + R_2 + R_3)} \\ &= R_3 R_b \end{aligned}$$

Dari persamaan-persamaan di atas didapat harga hambatan pengganti dari sambungan bintang yang diubah kw segitiga, yaitu:

$$R_1 = \frac{R_a R_b + R_b R_c + R_a R_c}{R_c}$$

$$R_2 = \frac{R_a R_b + R_b R_c + R_a R_c}{R_a}$$

$$R_3 = \frac{R_a R_b + R_b R_c + R_a R_c}{R_b}$$

Lembar Kerja

Alat dan Bahan :

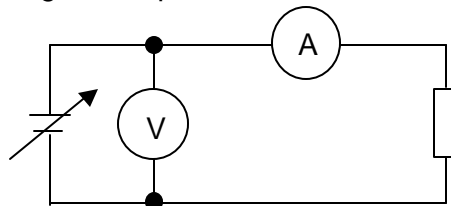
- | | |
|---|------------|
| 1. Multimeter atau Ohmmeter | 1 buah |
| 2. Sumber tegang DC atau variabel 0– 20 V | 1 buah |
| 3. Amperemeter DC | 1 buah |
| 4. Kawat nikelin diameter 0,1 m | 1 buah |
| 5. Kabel penghubung | secukupnya |

Kesehatan dan Keselamatan Kerja

1. Jangan menghubungkan ke sumber tegangan sebelum rangkaian benar!
2. Perhatikan batas ukur dari alat ukur yang digunakan. jangan menggunakan alat ukur melebihi kemampuan!
3. Perhatikanlah kemampuan arus dari resistor, jangan memberi arus melebihi kapasitas!
4. Hindari penggunaan sambungan terbuka!
5. Letakan peralatan pada tempat aman mudah dijangkau dan mudah diamati!
6. Pastikan posisi awal sumber tegangan DC pada posisi 0!

Langkah Kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang digunakan dalam percobaan ini!
2. Ambillah kawat nikelin sepanjang 4 meter!
3. Ukurlah tahanan kawat nikelin sepanjang 1 meter!
4. Ukurlah tahanan kawat nikelin sepanjang 4 meter!
5. Lipatlah kawat nikelin 4 meter menjadi 2 meter dan satukan ujung yang dilipat! Ukurlah tahanan kawat nikelin yang sudah dilipat dan ujungnya disatukan!
6. Lipatlah kawat 2 meter tadi menjadi 1 meter sehingga terdapat 4 kawat paralel dan satukan ujungnya. Ukurlah tahanan kawat tersebut!
7. Buatlah rangkaian seperti Gambar 20 di bawah ini!



Gambar 20.
Pengamatan Terhadap Resistansi Kawat Nikelin.

8. Aturlah tegangan sumber seperti nilai-nilai dalam Tabel 5! Catatlah besarnya arus setiap perubahan harga tegangan!
9. Gantilah kawat nikelin menjadi 4 meter kemudian lakukan kembali langkah 7!
10. Gantilah kawat nikelin menjadi 4 meter dengan kawat 1 meter paralel 4 buah kemudian lakukan kembali langkah 7!
11. Masukkan data-data hasil pengamatan ke dalam Tabel 5!

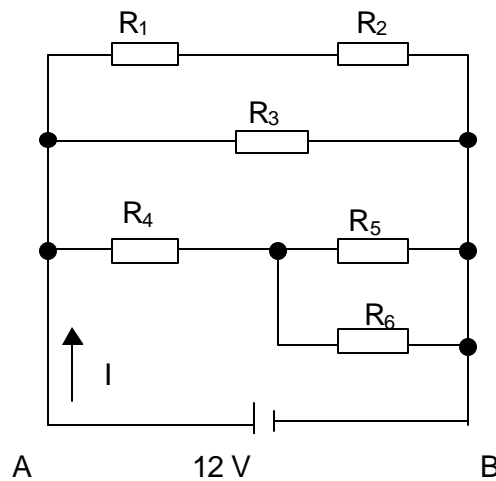
Tabel 5. Tabel Pengamatan Kawat Nikelin

V (Volt)	I (mA)		
	1 meter	4 meter	1 m paralel
2			
4			
6			
8			
10			

12. Hitunglah besarnya tahanan seri dan paralel, dan bandingkan hasil dengan pengukuran!

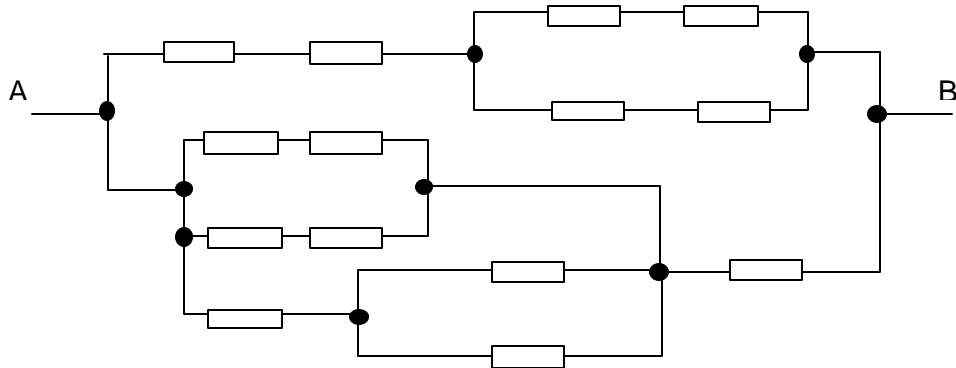
Lembar Latihan

1. Hitunglah besarnya R_{AB} dan I dari rangkaian di bawah ini !

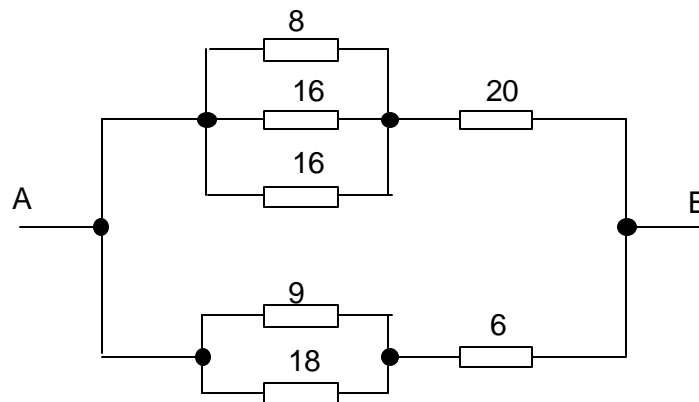


Diketahui besarnya masing-masing R adalah sebagai berikut :
 $R_1 = 2 \text{ Ohm}$, $R_2 = 10 \text{ Ohm}$, $R_3 = 15 \text{ Ohm}$, $R_4 = 6 \text{ Ohm}$, $R_5 = 60 \text{ Ohm}$ dan $R_6 = 40 \text{ Ohm}$.

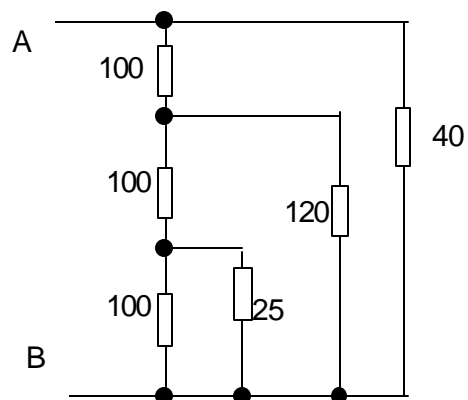
2. Berapakah besar hambatan pengganti antara A dan B, bila besarnya hambatan yang terpasang masing-masing adalah 20 Ohm !



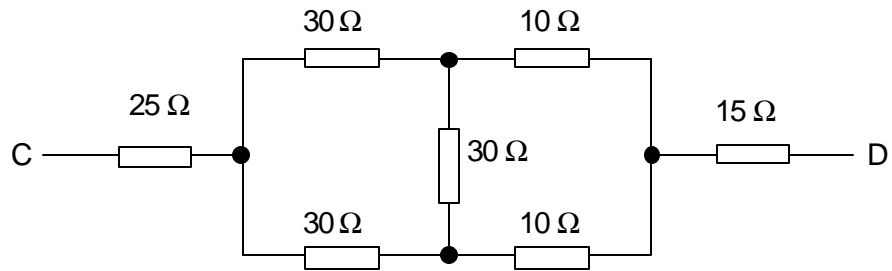
3. Hitunglah hambatan ekivalen antara A dan B dari rangkaian di bawah ini dalam !



4. Hitunglah besarnya hambatan ekivalen antara A dan B dari rangkaian di bawah ini !



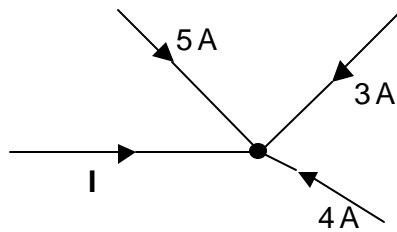
5. Hitunglah hambatan ekuivalen anantara C dan D dari rangkaian di bawah ini!



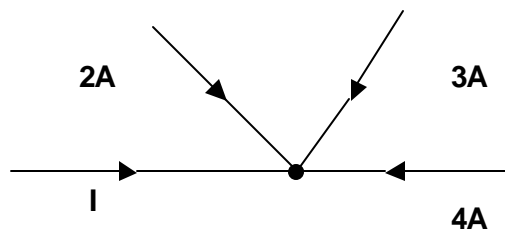
LEMBAR EVALUASI

A. Pertanyaan

1. Tentukan jumlah elektron yang melewati penampang penghantar setiap detik dan hitung kepadatan arus dalam suatu penghantar yang berdiameter 1 mm dan mengalir arus listrik sebesar 1 mA!
2. Sebuah lampu pijar 225 V, 75 watt, filamennya terbuat dari tungstan. Dengan menggunakan jembatan Wheatstone resistansi pada suhu 25°C , 40 Ohm. Berapakah temperatur tungstan 5×10^3 per $^{\circ}\text{C}$ pada 25°C ?
3. Hitunglah resistivitas tembaga bila diketahui resistansi kawat tembaga yang panjang 200 m adalah 21Ω dan jika diameter kawat adalah 0,44 mm!
4. Hitunglah arus k dari gambar di bawah ini !

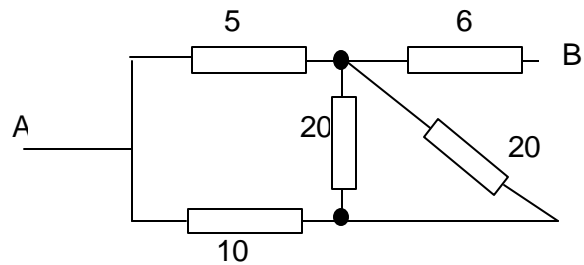


5. Hitunglah arus I pada gambar di bawah ini !

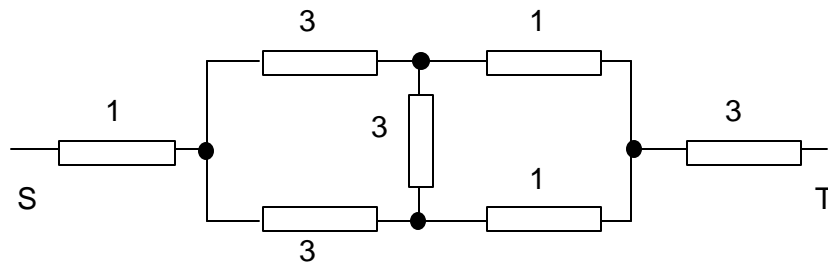


6. Hitunglah resistansi masing-masing kawat jika diketahui resistansi dua kawat adalah 25 ohm pada saat disusun seri dan 6Ω pada saat disusun paralel !

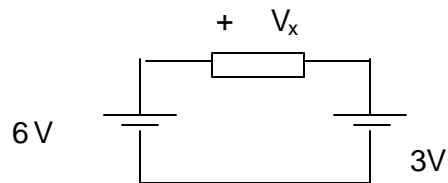
7. Kawat nikelin panjang 2 meter mempunyai tahanan 50 ohm. Jika arus yang mengalir pada kawat 200 mA maka hitunglah :
- tegangan antara ujung kawat
 - tegangan kawat sepanjang 1 meter
 - tegangan kawat sepanjang 40 cm
8. Hitunglah R_{AB} dari susunan tahanan di bawah ini !



9. Hitunglah R_{ST} dari susunan tahanan di bawah ini !



10. Hitunglah tegangan V_x dari rangkaian di bawah ini !



B. Kriteria Penilaian

Kriteia	Skor (1 – 10)	Bobot	Nilai	Keterangan
1		0,5		Syarat Lulus nilai minimal 70
2		0,5		
3		0,5		
4		1		
5		1		
6		0,5		
7		1		
8		2		
9		2		
10		1		
Nilai akhir				

LEMBAR JAWABAN LATIHAN

A. Kegiatan Belajar 1

1. Jumlah elektron yang melalui penampang kawat selama 1 detik adalah = $6,25 \times 10^{17}$ buah
2. Kepadatan arus dalam kawat aluminium adalah = $0,8 \text{ A / mm}^2$
3. Resistansi kawat adalah = 500 ohm
4. Besarnya resistansi pada suhu $62 \text{ }^\circ\text{C}$ adalah = 156,4 ohm
5. Tahanan awal lampu adalah = 98 ohm

B. Kegiatan Belajar 2

1. Besarnya arus adalah = 2 A
Besarnya daya adalah = 10 W dan 20 W
2. Besarnya arus adalah + 0,5 A
Besarnya daya adalah = 1W , 2 W, 3 W
Besarnya tegangan adalah = 1V , 2V, 3V
3. Besarnya $I_x = 5\text{A}$
4. Besarnya tahanan = 6Ω
Besarnya arus total = 5 A
Besarnya daya total = 70 W

C. Kegiatan Belajar 3

1. Besarnya R AB adalah = 6Ω
Besarnya arus adalah = 2 A
2. Besar hambatan pengganti antara A dan B adalah = $20,87\Omega$
3. Hambatan Ekivalaen antara A dan B adalah = 8Ω
4. Hambatan Ekivalaen antara A dan B adalah = 32Ω
5. Hambatan Ekivalaen antara C dan D adalah = 60Ω

Pembahasan Lembar Evaluasi

1. Muatan elektron = $1,6 \times 10^{-19} \text{C}$

Untuk arus 1A jumlah muatan yang mengalir 1 Coulomb setiap detik.
Sehingga untuk arus 1 mA muatan yang mengalir 10^{-3} Coulomb, jadi jumlah elektron yang mengalir dalam penghantar tersebut adalah :

$$= \frac{10^{-3}}{1,6 \times 10^{-19}} = 6,2 \times 10^{15} \text{ buah}$$

luas penampang penghantar adalah

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi}{4} \text{ mm}^2 = \frac{\pi}{4} \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

Jadi kepadatan arusnya adalah :

$$J = \frac{I}{A} = \frac{10^{-3}}{\pi / 4 \cdot 10^{-6}} = 1273 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

2. Arus kerja dari lampu adalah :

$$I = \frac{P}{V} = \frac{75}{225} = 0,33 \text{ A}$$

Resistansi lampu saat menyala

$$R_t = \frac{225}{0,33} = 675 \Omega$$

Misalkan $t^\circ \text{C}$ temperatur kerja dari lampu sehingga

$$R_t = 675 \text{ R } 25 = 40 \alpha 25 = 5 \times 10^{-3} / ^\circ \text{C}$$

$$R_t = R_{25} \{1 + \alpha_{25} (t - 25)\}$$

$$675 = 40 \{1 + 5 \times 10^{-3} (t - 25)\}$$

$$t = 3234 \text{ } ^\circ \text{C}$$

3. $L = 200 \text{ m}$ $R = 21 \Omega$ $d = 0,44 \times 10^{-3} \text{ m}$.

Luas penampangnya adalah

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (0,44 \times 10^{-3})^2}{4}$$

Sehingga resistivitas tembaga tersebut adalah

$$r = \frac{A R}{L} = \frac{\pi (0,44 \times 10^{-3})^2}{4 \times 200} = 1,597 \times 10^{-8} \text{ ohm m.}$$

4. Arus I_x dari gambar adalah = -11 A
5. Arus I pada gambar adalah = -9 A
6. Misalkan resistansi masing-masing R_1 dan R_2 yang disusun seri adalah $R_1 + R_2 = 25$

Disusun paralel

$$6 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

jika digabung

$$6 = \frac{R_1(15 - R_1)}{25} \quad \text{atau} \quad R_1^2 - 25 R_1 + 150 = 0$$

$$R_1 = 10 \text{ ohm} \quad R_2 = 15 \text{ ohm.}$$

7. a. tegangan antara ujung kawat = 10 volt
 b. tegangan kawat sepanjang 1 meter = 5 volt
 c. tegangan kawat sepanjang 40 cm = 2 volt
8. R_{AB} dari susunan tahanan tersebut adalah = 10 ohm
9. R_{st} dari susunan tahanan tersebut adalah = 5 k ohm
10. Tegangan V_x dari rangkaian tersebut adalah = 9 volt

DAFTAR PUSTAKA

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

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

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

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