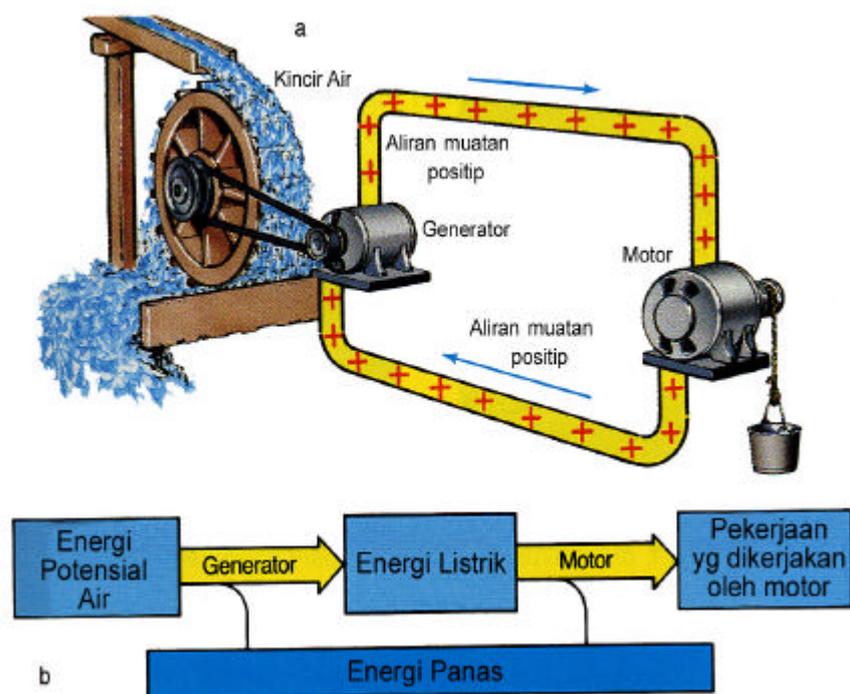


# Listrik Dinamis



Kode FIS.21

# Listrik Dinamis

## **Penyusun**

Drs. Hainur Rasjid Achmadi, MS.

Dr. Budi Jatmiko

## **Editor.**

Drs. Munasir, MSi.

**BAGIAN PROYEK PENGEMBANGAN KURIKULUM  
DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

**2004**

# Kata Pengantar

---

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas karunia dan hidayah-Nya, kami dapat menyusun bahan ajar modul manual untuk SMK Bidang Adaptif, yakni mata-pelajaran Fisika, Kimia dan Matematika. Modul yang disusun ini menggunakan pendekatan pembelajaran berdasarkan kompetensi, sebagai konsekuensi logis dari Kurikulum SMK Edisi 2004 yang menggunakan pendekatan kompetensi (*CBT: Competency Based Training*).

Sumber dan bahan ajar pokok Kurikulum SMK Edisi 2004 adalah modul, baik modul manual maupun interaktif dengan mengacu pada Standar Kompetensi Nasional (SKN) atau standarisasi pada dunia kerja dan industri. Dengan modul ini, diharapkan digunakan sebagai sumber belajar pokok oleh peserta diklat untuk mencapai kompetensi kerja standar yang diharapkan dunia kerja dan industri.

Modul ini disusun melalui beberapa tahapan proses, yakni mulai dari penyiapan materi modul, penyusunan naskah secara tertulis, kemudian disetting dengan bantuan alat-alat komputer, serta divalidasi dan diujicobakan empirik secara terbatas. Validasi dilakukan dengan teknik telaah ahli (*expert-judgment*), sementara ujicoba empirik dilakukan pada beberapa peserta diklat SMK. Harapannya, modul yang telah disusun ini merupakan bahan dan sumber belajar yang berbobot untuk membekali peserta diklat kompetensi kerja yang diharapkan. Namun demikian, karena dinamika perubahan sains dan teknologi di industri begitu cepat terjadi, maka modul ini masih akan selalu dimintakan masukan untuk bahan perbaikan atau direvisi agar supaya selalu relevan dengan kondisi lapangan.

Pekerjaan berat ini dapat terselesaikan, tentu dengan banyaknya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak yang perlu diberikan penghargaan dan ucapan terima kasih. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini tidak berlebihan bilamana disampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak, terutama tim penyusun modul

(penulis, editor, tenaga komputerisasi modul, tenaga ahli desain grafis) atas dedikasi, pengorbanan waktu, tenaga, dan pikiran untuk menyelesaikan penyusunan modul ini.

Kami mengharapkan saran dan kritik dari para pakar di bidang psikologi, praktisi dunia usaha dan industri, dan pakar akademik sebagai bahan untuk melakukan peningkatan kualitas modul. Diharapkan para pemakai berpegang pada azas keterlaksanaan, kesesuaian dan fleksibilitas, dengan mengacu pada perkembangan IPTEK pada dunia usaha dan industri dan potensi SMK dan dukungan dunia usaha industri dalam rangka membekali kompetensi yang terstandar pada peserta diklat.

Demikian, semoga modul ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya peserta diklat SMK Bidang Adaptif untuk mata-pelajaran Matematika, Fisika, Kimia, atau praktisi yang sedang mengembangkan modul pembelajaran untuk SMK.

Jakarta, Desember 2004  
a.n. Direktur Jenderal Pendidikan  
Dasar dan Menengah  
Direktur Pendidikan Menengah Kejuruan,



Dr. Ir. Gatot Hari Priowirjanto, M.Sc.  
NIP 130 675 814

# Kata Pengantar

---

Modul listrik dinamis merupakan salah satu diantara modul modul pembelajaran di Sekolah Menengah Kejuruan. Modul ini diharapkan dapat menjadi sumber belajar serta dapat dijadikan pedoman dalam melakukan kegiatan pembelajaran.

Bagi Sekolah Menengah Kejuruan modul pembelajaran dapat dianggap sebagai media informasi yang sangat efektif, karena isi yang cukup padat, singkat, lengkap dan diusahakan cukup mudah dipahami oleh siswa, sehingga dapat menunjang proses pembelajaran yang tepat guna dan dapat mencapai tujuan yang diharapkan.

Dalam modul ini akan dipelajari konsep arus listrik searah, tegangan listrik searah, Hukum Ohm, Hukum Kirchhoff I dan II, daya listrik, energi listrik, alat-alat ukur listrik dan sumber arus searah. Dan bebarapa tambahan materi pengayaan dalam menerapkan Hukum Ohm dan Kirchhoff dalam kehidupan sehari-hari. Dalam modul ini juga dilengkapi soal-soal sebagai alat untuk mengukur tingkat pemahaman anda terhadap konsep yang disajikan dalam modul.

Penulis menyadari bahwa penyajian materi dalam modul ini masih jauh dari sempurna, baik dari segi kualitas isi dan tampilannya. Oleh karenanya penulis berharap masukan-masukan yang konstruktif dari para pembaca demi kesempurnaan modul ini. Dan atas perhatiannya disampaikan banyak terimakasih. Dan akhirnya mudah-mudahan tulisan ini bermanfaat.

Surabaya, Desember 2004

Penyusun ,

Hainur Rasjid Achmadi  
Budi Jatmiko

# DAFTAR ISI

---

✂	Halaman Sampul.....	i
✂	Halaman Francis .....	ii
✂	Kata Pengantar .....	iii
✂	Kata Pengantar .....	v
✂	Daftar Isi.....	vi
✂	Peta Kedudukan Modul .....	viii
✂	Daftar Judul Modul.....	ix
✂	Glosary .....	x

## I. PENDAHULUAN

a.	Deskripsi.....	1
b.	Prasarat .....	1
c.	Petunjuk Penggunaan Modul.....	1
d.	Tujuan Akhir .....	2
e.	Kompetensi.....	3
f.	Cek Kemampuan .....	4

## II. PEMELAJARAN

<b>A.</b>	<b>Rencana Belajar Peserta Diklat .....</b>	<b>6</b>
-----------	---------------------------------------------	----------

### B. Kegiatan Belajar

<b>1.</b>	<b><i>Kegiatan Belajar</i> .....</b>	<b>7</b>
a.	Tujuan Kegiatan Pemelajaran .....	7
b.	Uraian Materi .....	7
c.	Rangkuman.....	19
d.	Tugas .....	20
e.	Tes Formatif.....	22
f.	Kunci Jawaban.....	24
g.	Lembar Kerja .....	25
<b>2</b>	<b><i>Kegiatan Belajar</i> .....</b>	<b>28</b>
a.	Tujuan Kegiatan Pemelajaran .....	28
b.	Uraian Materi .....	28
c.	Rangkuman.....	35
d.	Tugas .....	36
e.	Tes Formatif.....	38
f.	Kunci Jawaban.....	41

### **III. EVALUASI**

A. Tes Tertulis.....	41
B. Tes Praktik .....	44

### **KUNCI JAWABAN**

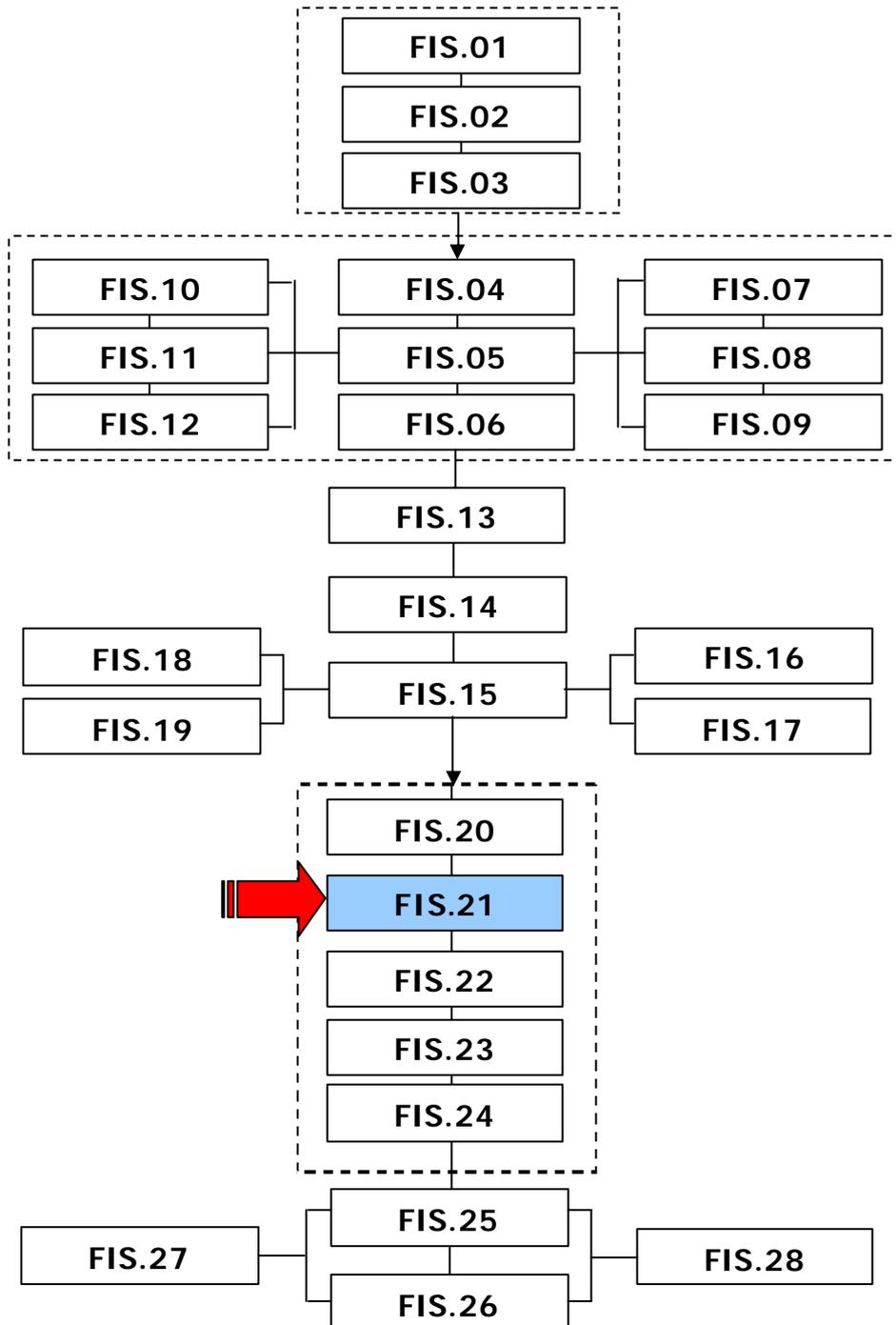
A. Tes Tertulis.....	45
B. Lembar Penilaian Tes Praktik .....	46

<b>IV. PENUTUP</b> .....	50
--------------------------	----

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	51
-----------------------------	----

# Peta Kedudukan Modul

---



# Daftar Judul Modul

---

No.	Kode Modul	Judul Modul
1	FIS.01	Sistem Satuan dan Pengukuran
2	FIS.02	Pembacaan Masalah Mekanik
3	FIS.03	Pembacaan Besaran Listrik
4	FIS.04	Pengukuran Gaya dan Tekanan
5	FIS.05	Gerak Lurus
6	FIS.06	Gerak Melingkar
7	FIS.07	Hukum Newton
8	FIS.08	Momentum dan Tumbukan
9	FIS.09	Usaha, Energi, dan Daya
10	FIS.10	Energi Kinetik dan Energi Potensial
11	FIS.11	Sifat Mekanik Zat
12	FIS.12	Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar
13	FIS.13	Fluida Statis
14	FIS.14	Fluida Dinamis
15	FIS.15	Getaran dan Gelombang
16	FIS.16	Suhu dan Kalor
17	FIS.17	Termodinamika
18	FIS.18	Lensa dan Cermin
19	FIS.19	Optik dan Aplikasinya
20	FIS.20	Listrik Statis
21	FIS.21	Listrik Dinamis
22	FIS.22	Arus Bolak-Balik
23	FIS.23	Transformator
24	FIS.24	Kemagnetan dan Induksi Elektromagnetik
25	FIS.25	Semikonduktor
26	FIS.26	Piranti semikonduktor (Dioda dan Transistor)
27	FIS.27	Radioaktif dan Sinar Katoda
28	FIS.28	Pengertian dan Cara Kerja Bahan

# Glossary

---

ISTILAH	KETERANGAN
Arus listrik	Banyaknya muatan yang mengalir per satuan waktu yang mempunyai satuan Ampere.
Tegangan	Perbedaan potensial dua titik pada kutub kutub rangkaian listrik.
Loop	Rangkaian listrik tertutup, biasanya pada rangkaian listrik terdiri dari satu atau lebih loop.
Daya listrik	Merupakan perkalian antara tegangan dan arus listrik dan mempunyai satuan Watt.
Energi listrik	Merupakan bentuk energi yang berasal dari sumber arus listrik yang besarnya sama dengan perkalian antara tegangan, kuat arus dan lamanya arus mengalir.
Elemen	Sumber arus listrik searah, misalnya baterai, accu dan elemen Volta.
Voltmeter	Alat yang dipergunakan untuk mengukur beda potensial atau tegangan.
Amperemeter	Alat yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik.
Joule	Satuan energi, satuan usaha . $1 \text{ Joule} = 1 \text{ N} \cdot \text{sekon}$ .

# BAB I. PENDAHULUAN

---

## A. Deskripsi

Dalam modul ini anda akan mempelajari konsep dasar listrik searah yang meliputi Arus listrik, tegangan listrik, Hukum Ohm, Hukum Kirchhoff, daya listrik, energi listrik dan alat – alat ukur serta beberapa penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.

## B. Prasyarat

Sebagai prasyarat atau bekal dasar agar bisa mempelajari modul ini dengan baik, maka anda diharapkan sudah mempelajari listrik dinamis dan sumber-sumber arus searah.

## C. Petunjuk Penggunaan Modul

- a. Pelajari daftar isi serta skema kedudukan modul dengan cermat dan teliti karena dalam skema anda dapat melihat posisi modul yang akan anda pelajari terhadap modul-modul yang lain. Anda juga akan tahu keterkaitan dan kesinambungan antara modul yang satu dengan modul yang lain.
- b. Perhatikan langkah-langkah dalam melakukan pekerjaan dengan benar untuk mempermudah dalam memahami suatu proses pekerjaan, agar diperoleh hasil yang maksimum.
- c. Pahami setiap konsep yang disajikan pada uraian materi yang disajikan pada tiap kegiatan belajar dengan baik, dan ikuti contoh-contoh soal dengan cermat.
- d. Jawablah pertanyaan yang disediakan pada setiap kegiatan belajar dengan baik dan benar.
- e. Jawablah dengan benar soal tes formatif yang disediakan pada tiap kegiatan belajar.

- f. Jika terdapat tugas untuk melakukan kegiatan praktek, maka lakukanlah dengan membaca petunjuk terlebih dahulu, dan bila terdapat kesulitan tanyakan pada instruktur/guru.
- g. Catatlah semua kesulitan yang anda alami dalam mempelajari modul ini, dan tanyakan kepada instruktur/guru pada saat kegiatan tatap muka. Bila perlu bacalah referensi lain yang dapat membantu anda dalam penguasaan materi yang disajikan dalam modul ini.

#### **D. Tujuan Akhir**

Setelah mempelajari modul ini diharapkan anda dapat :

- ↳ Memahami konsep kuat arus listrik searah dalam rangkaian tertutup.
- ↳ Hukum Ohm.
- ↳ Memahami konsep tegangan listrik searah.
- ↳ Memahami konsep daya listrik searah.
- ↳ Hukum I Kirchhoff.
- ↳ Hukum II Kirchhoff.
- ↳ Memahami konsep mengukur dan menghitung arus dan daya listrik.
- ↳ Memahami konsep rangkaian hambatan seri dan paralel.
- ↳ Memahami konsep rangkaian Jembatan Wheatstone.

### E. Kompetensi

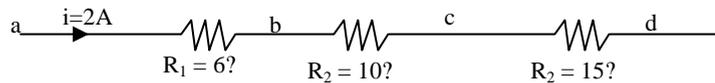
Kompetensi : MENJELASKAN KONSEP LISTRIK DINAMIS  
 Program Keahlian : Program Adaptif  
 Mata Diklat-Kode : FISIKA-FIS.21  
 Durasi Pembelajaran : 14 jam @ 45 menit

SUB KOMPETENSI	KRITERIA UNJUK KINERJA	LINGKUP BELAJAR	MATERI POKOK PEMBELAJARAN		
			SIKAP	PENGETAHUAN	KETERAMPILAN
1. Menjelaskan konsep listrik dinamis	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ Mampu memahami kuat arus dan tegangan listrik diukur dengan tegangan Ampermerter dan voltmeter.</li> <li>☒ Mampu memahami kuat arus dan daya listrik dihitung sesuai dengan persamaan :  <math>P = V \cdot I</math>  <math>P = \text{Daya Listrik.}</math>  <math>V = \text{Tegangan.}</math>  <math>I = \text{Kuat arus.}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ Arus listrik</li> <li>☒ Daya listrik.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ Teliti dalam mengukur arus dan tegangan.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ Pngertian arus listrik.</li> <li>☒ Arus listrik dan daya listrik.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>☒ Mengukur dan menghitung arus listrik serta daya listrik.</li> </ul>

## F. Cek Kemampuan

Kerjakanlah soal-soal berikut ini, jika anda dapat mengerjakan sebagian atau semua soal berikut ini, maka anda dapat meminta langsung kepada instruktur atau guru untuk mengerjakan soal-soal evaluasi untuk materi yang telah anda kuasai pada BAB III.

1. Sebuah lampu dilalui arus listrik 0,5 A. Hitung jumlah elektron yang mengalir dalam 1 jam. (muatan satu elektron =  $-1,6 \times 10^{-19}$  C)
2. Sepotong kawat tembaga mempunyai hambatan jenis  $1,72 \times 10^{-8}$  ohm meter panjangnya 100 m penampangnya  $3 \text{ mm}^2$ . Hitung hambatan kawat!
- 3.

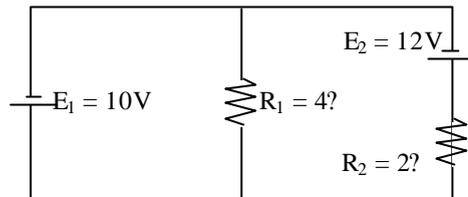


Hitung:

- a. Hambatan pengganti antara titik  $a$  dan  $d$
  - b.  $V_{ab}$  dan  $V_{ba}$
  - c.  $V_{ad}$  dan  $V_{da}$
4. Sebuah rangkaian listrik mempunyai sumber tegangan 12 Volt dan hambatan  $5 \text{ ?}$ . Tentukan kuat arus yang mengalir pada rangkaian !
  5. Suatu amperemeter dapat mengukur kuat arus sampai 1 A. Jika amperemeter itu dihubungkan pada baterai 12 Volt yang melalui lampu yang berhambatan  $45 \text{ ?}$  dan berdaya 0,5 watt. Berapa kuat arus yang ditunjuk amperemeter?
  6. Sebuah hambatan  $20,0 \text{ ?}$  dan sebuah hambatan  $30,0 \text{ ?}$  dihubungkan seri dan diberikan beda potensial atau tegangan sebesar 220 V.
    - a. Berapa hambatan pengganti rangkaian?
    - b. Berapa arus yang mengalir dalam rangkaian?
    - c. Berapa tegangan pada tiap-tiap resistor?
    - d. Berapa tegangan dari dua resistor bersama-sama?

7. Suatu kawat tembaga panjangnya 12 m dan diameternya 1,5 mm, mempunyai hambatan jenis  $4,8 \times 10^{-8} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$ . Hitung hambatan kawat tembaga!

8. Tentukan kuat arus pada masing masing cabang !



9. Sebuah termometer hambatan yang dibuat dari platina memiliki hambatan  $50 \text{ } \Omega$  pada  $15 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Ketika dicelup ke dalam suatu bejana yang mengandung indium yang sedang lebur, hambatannya bertambah menjadi  $77 \text{ } \Omega$ . Dari informasi ini, tentukan titik lebur indium.  $\alpha = 3,92 \times 10^{-3} \text{ } (^{\circ}\text{C})^{-1}$  untuk platina.

10. Gambarlah diagram rangkaian seri yang memuat baterai 4,5 V, resistor, dan ammeter yang menunjuk 90 mA. Tulislah besar resistor. Pilih arah untuk arus konvensional dan tunjukkan kutub positif baterai.

# BAB II. PEMBELAJARAN

---

## A. Rencana Belajar Siswa

Kompetensi : Menginterpretasikan listrik dinamis  
Sub Kompetensi : Menjelaskan konsep listrik dinamis

Tuliskan semua jenis kegiatan yang Anda lakukan di dalam tabel kegiatan di bawah ini. Jika ada perubahan dari rencana semula, berilah alasannya kemudian mintalah tanda tangan kepada guru atau instruktur Anda.

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat Belajar	Alasan Perubahan	Tanda Tangan Guru

## **B. Kegiatan Belajar**

### **1. Kegiatan Belajar 1**

#### **a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran**

- ✍ Memahami konsep arus listrik searah
- ✍ Memahami konsep tegangan listrik searah
- ✍ Memahami konsep Hukum Ohm
- ✍ Memahami Hukum I Kirchhoff
- ✍ Memahami Hukum II Kirchhoff

#### **b. Uraian Materi**

##### ☞ **Konsep arus listrik searah**

Pada Modul Listrik Statis yang telah kita pelajari sebelumnya, dijelaskan bahwa elektron-elektron bergerak atau berpindah dari rambut ke penggaris plastik sehingga penggaris tersebut bermuatan negatif. Dapatkah Anda menyalakan lampu pijar dengan menempelkan penggaris itu ke lampu pijar? Tentunya tidak dapat, karena lampu itu untuk dapat menyala memerlukan aliran elektron secara terus menerus. Untuk mengalir dari satu tempat ke tempat lain, elektron membutuhkan jalan yang tidak putus.

Listrik sangat berpengaruh dalam kehidupan manusia sehari-hari di seluruh dunia. Sebagian besar dari kita bergantung pada peralatan listrik untuk membuat hidup kita lebih aman, lebih sehat, lebih mudah, dan lebih nyaman. Lampu lalu lintas, penerangan listrik, *VCD player*, pesawat TV, *tape recorder*, dan alat-alat rumah tangga yang lain seperti *rice cooker*, seterika listrik, mesin cuci, dan lain sebagainya, merupakan sebagian kecil dari peralatan listrik tersebut. Pada modul ini Anda akan belajar tentang sumber arus listrik dan arus yang ditimbulkannya, rangkaian listrik, energi dan daya listrik, serta pemanfaatan energi listrik pada kehidupan sehari-hari.

Arus listrik didefinisikan sebagai jumlah muatan elektron yang mengalir suatu penghantar per satuan waktu.

$$I = \frac{Q}{t} \text{ atau } Q = I t \dots\dots\dots (1.1)$$

dengan Q = jumlah muatan elektron yang mengalir (Coulomb)

t = waktu (sekon)

I = kuat arus (ampere)

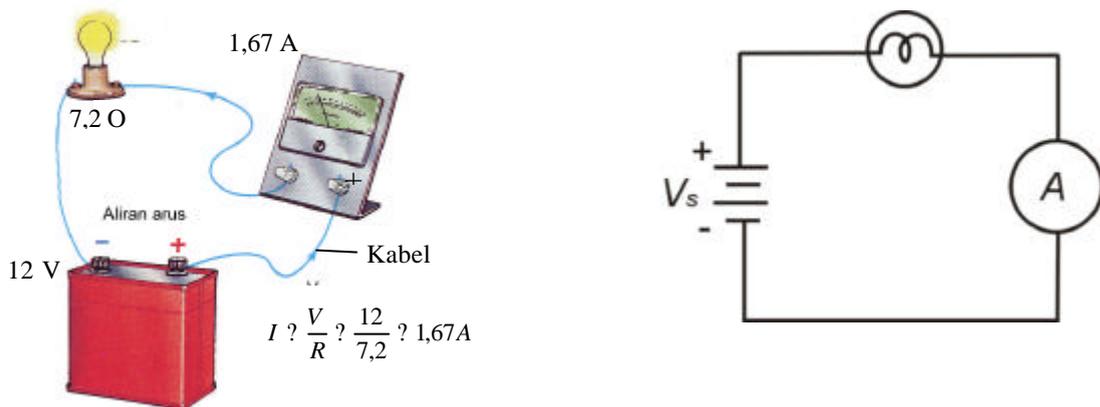
### ☞ Konsep Resistansi dan Hukum Ohm

Seandainya dua buah konduktor memiliki beda potensial diantara keduanya, dan Anda menghubungkan konduktor-konduktor tersebut dengan batang tembaga, maka akan menimbulkan arus yang besar, namun jika Anda menghubungkannya dengan batang kaca, maka hampir tidak ada arus mengalir. Sifat-sifat yang menentukan berapa arus yang akan mengalir disebut **Resistansi**. Resistansi (hambatan) ditentukan dengan jalan memberikan beda potensial diantara dua titik pada konduktor dan mengukur arusnya. Hambatan R, didefinisikan sebagai rasio atau perbandingan antara beda potensial V, dengan arus I,

$$R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (1.2)$$

Arus listrik I dalam satuan ampere, beda potensial V dalam satuan volt, dan hambatan R dalam satuan ohm. **1 ohm** (atau 1  $\Omega$ ) adalah hambatan yang diberikan oleh arus 1 A untuk mengalir, ketika beda potensial 1 V diberikan diantara ujung-ujung hambatan tersebut. Rangkaian sederhana yang berhubungan dengan hambatan, arus, dan beda potensial atau **tegangan** tampak pada **Gambar 1**. Sebuah baterai 12 V dihubungkan pada lampu pijar yang memiliki hambatan 7,20  $\Omega$ . Rangkaian dilengkapi dengan memasang ammeter, dan arus terukur 1,67 A.

Ilmuwan Jerman **George Simon Ohm** menemukan bahwa rasio atau perbandingan antara beda potensial dengan arus pada konduktor selalu tetap. Oleh karena itu, hambatan kebanyakan konduktor tidak berubah ketika besar atau arah potensial yang diberikan pada konduktor tersebut berubah. Alat yang mempunyai hambatan konstan dan tidak bergantung pada beda potensial dikatakan taat hukum Ohm.



**Gambar 1** Dalam suatu rangkaian yang mempunyai hambatan  $7,2 \, \Omega$  dan baterai  $12 \, \text{V}$ , mengalir arus sebesar  $1,67 \, \text{A}$ .

Sebagian besar konduktor logam taat pada Hukum Ohm, namun ada beberapa alat penting tidak taat. Radio transistor atau kalkulator mengandung beberapa piranti seperti transistor dan diode, yang tidak taat pada hukum Ohm. Lampu pijar memiliki hambatan yang bergantung pada tegangan dan tidak taat pada hukum Ohm.

Kabel yang digunakan untuk menghubungkan alat-alat listrik memiliki hambatan yang kecil. Satu meter kabel yang khas (*typical*) digunakan pada laboratorium fisika biasanya memiliki hambatan sekitar  $0,03 \, \Omega$ . Kabel yang digunakan untuk sambungan listrik pada rumah tangga, biasanya memiliki hambatan yang kecil yakni  $0,004 \, \Omega$  pada setiap meternya. Karena kabel memiliki hambatan kecil, maka sepanjang kabel tersebut hampir tidak ada penurunan potensial. Untuk menghasilkan beda potensial, memerlukan resistansi yang besar.

**Resistor** adalah piranti yang disusun untuk mendapatkan hambatan yang dikehendaki. Resistor dibuat dari kawat tipis dan panjang; grafit; atau semikonduktor.

Selain itu suatu penghantar juga mempunyai nilai resistansi (hambatan), resistensi pada penghantar sebanding dengan panjang kawat ( $l$ ), sebanding dengan hambat jenis kawat ( $\rho$ ), dan berbanding terbalik dengan luas penampang ( $A$ ). Secara sistematis dapat dituliskan:

$$R = \rho \frac{l}{A} \dots\dots\dots (1.3)$$

dengan  $R$  = hambatan penghantar (Ohm)

$\rho$  = hambatan jenis (ohm meter)

$l$  = panjang penghantar (meter)

$A$  = luas penampang penghantar ( $m^2$ )

Nilai hambatan pada suatu kawat penghantar juga dipengaruhi suhu. Kenaikan suhu mengakibatkan hambatan penghantar secara umum bertambah, hal ini disebabkan bertambahnya suhu mengakibatkan bertambah besarnya hambatan jenis suatu penghantar.

$$\rho_t = \rho_0 (1 + \alpha (t - t_0)) \dots\dots\dots (1.4)$$

dengan  $\rho_t$  = hambatan jenis pada suhu  $t$

$\rho_0$  = hambatan jenis pada suhu  $t_0$

$\alpha$  = koefisien suhu

$t$  = selang waktu (sekon)

Koefisien suhu dapat dinyatakan sebagai

$$\alpha = \frac{1}{\rho_0} \frac{\rho_t - \rho_0}{t - t_0} \dots\dots\dots (1.5)$$

$$\alpha = \frac{1}{\rho_0} \frac{\rho_t - \rho_0}{t - t_0} \dots\dots\dots (1.6)$$

dengan  $\rho_0$  adalah perubahan hambatan jenis dalam selang suhu  $\Delta t = t - t_0$

Tabel 1  
HAMBATAN JENIS DAN KOEFISIEN SUHU (pada 20 °C)

Bahan	Hambatan Jenis ( $\Omega \cdot m$ )	Koefisien Suhu, ( $^{\circ}C$ ) <sup>-1</sup>
<i>Konduktor</i>		
Perak	$1,59 \times 10^{-8}$	0,0061
Tembaga	$1,68 \times 10^{-8}$	0,0068
Emas	$2,44 \times 10^{-8}$	0,0034
Aluminium	$2,65 \times 10^{-8}$	0,00429
Tungsten	$5,6 \times 10^{-8}$	0,0045
Besi	$9,7 \times 10^{-8}$	0,00651
Platina	$10,6 \times 10^{-8}$	0,003927
Raksa	$98 \times 10^{-8}$	0,0009

Karena hambatan penghantar berbanding lurus dengan hambatan jenis sesuai dengan persamaan (3), maka hambatan kawat karena perubahan suhu dapat ditulis sebagai

$$R_t = R_0 (1 + \alpha \Delta t) \dots\dots\dots(1.7)$$

**Contoh soal 1**

Kuat arus 1 A mengalir melalui kawat penghantar. Berapa coulomb banyak muatan listrik yang mengalir pada kawat dalam waktu 1 menit ?

**Penyelesaian**

Diketahui :  $I = 1 \text{ A}$   
 $t = 60 \text{ sekon}$   
 Ditanya :  $Q = \dots ?$

$$\text{Jawab : } I = \frac{Q}{t}$$

$$\begin{aligned} Q &= I \cdot t \\ &= 1 \text{ A} \cdot 60 \text{ s} \\ &= 60 \text{ C} \end{aligned}$$

### Contoh soal 2

Sebuah termometer hambatan yang dibuat dari platina memiliki hambatan 50  $\Omega$  pada 20  $^{\circ}\text{C}$ . Ketika dicelup ke dalam suatu bejana yang mengandung indium yang sedang lebur, hambatannya bertambah menjadi 76,8  $\Omega$ . Dari informasi ini, tentukan titik lebur indium.  $\alpha = 3,92 \times 10^{-3} (\text{^{\circ}\text{C}})^{-1}$  untuk platina.

### Penyelesaian

Diketahui :

$$\begin{aligned} R_0 &= 50 \Omega \\ t_0 &= 20 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ R_t &= 76,8 \Omega \\ \alpha &= 3,92 \times 10^{-3} (\text{^{\circ}\text{C}})^{-1} \end{aligned}$$

Ditanyakan: titik lebur indium?

Jawab :

Gunakan persamaan (7) dan hitung  $\alpha t$ , kita dapat

$$\begin{aligned} R_t &= R_0 (1 + \alpha t) \\ R_t &= R_0 + R_0 \alpha t \\ \alpha t &= \frac{R_t - R_0}{R_0} \end{aligned}$$

Dalam soal diketahui:

$$\begin{aligned} R_0 &= 50 \Omega, t_0 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ R_t &= 76,8 \Omega \\ \alpha &= 3,92 \times 10^{-3} (\text{^{\circ}\text{C}})^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi: } \Delta t &= \frac{76,8 \cdot 50}{50 (3,92 \times 10^{23})} \cdot \frac{26,8 \times 10^3}{(50) (3,92)} \\ &= 127 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Sesuai persamaan (4), yakni  $\Delta t = t - t_0$  dengan  $t_0 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ , maka

$$137 = t - 20$$

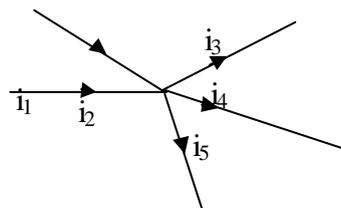
$$137 + 20 = t \Rightarrow t = 157 \text{ }^\circ\text{C}$$

### ☞ Konsep Hukum Kirchhoff

Dengan menggunakan hukum Ohm kita dapat menemukan besarnya arus yang mengalir pada suatu rangkaian gabungan seri-paralel. Meskipun demikian, kadang-kadang kita menjumpai rangkaian yang sulit untuk dianalisis. Sebagai suatu contoh, kita tidak dapat menemukan aliran arus pada setiap bagian rangkaian sederhana dengan kombinasi hambatan seri dan paralel.

Menghadapi rangkaian yang sulit seperti ini, kita menggunakan hukum-hukum yang ditemukan oleh G. R. Kirchhoff (1824-1887) pada pertengahan abad 19. Terdapat dua hukum Kirchooff, dan hukum-hukum ini adalah aplikasi sederhana yang baik sekali dari hukum-hukum kekekalan muatan dan energi. **Hukum pertama Kirchhoff** atau **hukum persambungan** (*junction rule*) didasarkan atas hukum kekekalan muatan, dan kita telah menggunakannya pada kaidah untuk hambatan-hambatan paralel. Hukum pertama Kirchhoff berbunyi:

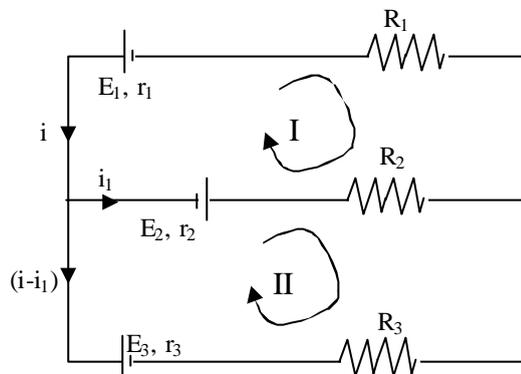
*Pada setiap titik persambungan, jumlah seluruh arus yang masuk persambungan harus sama dengan jumlah seluruh arus yang meninggalkan persambungan.*



Pada titik persambungan dalam Gambar di atas,

$$i_1 + i_2 = i_3 + i_4 + i_5. \dots\dots\dots(1.8)$$

Hukum persambungan Kirchhoff didasarkan atas kekekalan muatan. Muatan-muatan yang masuk persambungan harus sama dengan yang meninggalkan – tidak ada muatan yang hilang. **Hukum II Kirchhoff** atau **kaedah loop (loop rule)** didasarkan atas kekekalan energi, dan berbunyi : *Jumlah tegangan sepanjang jalur tertutup dari suatu rangkaian harus sama dengan nol.*



- ? Umpamakan kuat arus I berasal dari elemen  $E_1$ , di titik cabang kuat arus ini terbagi menjadi  $i_1$  dan  $(i - i_1)$
- ? Tinjau persamaan hukum II Kirchhoff pada masing-masing loop.

**Loop I (lihat arah loop yang kita buat)**

$$?E + ? I R = 0 \dots\dots\dots(1.9)$$

$$E_1 + E_2 - I (r_1 + R_1) - i_1 (R_2 + r_2) = 0 \dots\dots\dots(1.10)$$

**Loop II (lihat arah loop yang kita buat)**

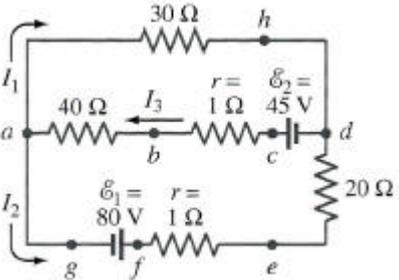
$$?E + ? I R = 0$$

$$-E_2 - E_3 + i_1 (R_2 + r_2) - (i - i_1) (r_3 + R_3) = 0 \dots\dots\dots(1.11)$$

Dari kedua persamaan di atas, kuat arus pada masing-masing cabang dapat dicari.

**Contoh soal 3**

Hitunglah arus  $I_1$ ,  $I_2$ , dan  $I_3$  dalam setiap cabang dari rangkaian pada Gambar di bawah ini.



**Penyelesaian**

Kita pilih arah arus sebagaimana ditunjukkan pada gambar di atas. Arus cenderung untuk bergerak sepanjang jalan dari kutub positif baterai, kita harapkan  $I_2$  dan  $I_3$  memiliki arah sebagaimana gambar tersebut. Kita mempunyai tiga harga arus yang tidak kita ketahui, karena itu kita membutuhkan tiga buah persamaan. *Pertama* kita aplikasikan hukum persambungan Kirchhoff untuk arus pada titik a, dengan  $I_3$  masuk dan  $I_1$  dan  $I_2$  meninggalkan:

$$I_3 = I_1 + I_2 \dots\dots\dots(a)$$

*Kedua*, kita aplikasikan hukum kedua Kirchhoff pada dua loop, ahdcba. Dari a ke h kita mempunyai penurunan potensial  $V_{ha} = - (I_1) (30 \text{ ?})$ . Dari h ke d tidak ada perubahan potensial, tetapi dari d ke c potensial meningkat dengan 45 V; yaitu  $V_{cd} = 45 \text{ V}$ . Dari c ke a potensial menurun melalui dua hambatan, dengan  $V_{ac} = - (I_3) (40 \text{ ?} + 1 \text{ ?})$ . Jadi kita memiliki :

$$V_{ha} + V_{cd} + V_{ac} = 0 \text{ atau}$$

$$- 30 I_1 - 41 I_3 + 45 = 0 \dots\dots\dots(b)$$

*Ketiga*, kita aplikasikan hukum kedua Kirchhoff pada loop ahdefga (atau kita juga dapat mengambil loop abcdefga). Sebagaimana cara di atas,

maka di sini kita dapatkan  $V_{ha} = - (I_1) (30 \text{ ?})$ ,  $V_{dh} = 0$ . Tetapi ketika kita mengambil muatan pengujian positif dari d ke e sebenarnya ini bergerak ke atas, berlawanan dengan aliran arus, atau berlawanan dengan arah arus yang diasumsikan. Jadi  $V_{ed} = (I_2) (20 \text{ ?})$  memiliki tanda positif. Dengan cara yang sama,  $V_{fe} = (I_2) (1 \text{ ?})$ . Dari f ke g ada penurunan potensial sebesar 80 V karena muatan pengujian positif bergerak dari kutub baterai berpotensi tinggi ke rendah. Jadi  $V_{gf} = - 80 \text{ V}$ . Akhirnya,  $V_{ag} = 0$ , dan jumlah potensial mengelilingi loop adalah:

$$- 30 I_1 + 21 I_2 - 80 = 0 \dots\dots\dots(c)$$

Dari ketiga persamaan (a), (b), dan (c) di atas, dapat kita selesaikan sebagai berikut.

Dari persamaan (c) kita peroleh:

$$I_2 = \frac{80 + 30I_1}{21} = 3,8 + 1,4I_1 \dots\dots\dots(d)$$

Dari persamaan (b) kita dapatkan:

$$I_3 = \frac{45 + 30I_1}{41} = 1,1 - 0,73I_1 \dots\dots\dots(e)$$

Persamaan-persamaan tersebut kita substitusikan ke dalam persamaan (a), kita dapatkan:

$$I_1 = I_3 - I_2 = 1,1 - 0,73 I_1 - 3,8 - 1,4 I_1$$

$$I_1 = - 2,7 - 2,1 I_1$$

Jadi  $3,1 I_1 = - 2,7$

$$I_1 = - 0,87 \text{ A.}$$

$I_1$  sebesar 0,87 A, tanda negatif berarti bahwa arah arus sebenarnya berlawanan dengan arah yang diasumsikan di atas dan ditunjukkan pada Gambar di atas. Selanjutnya dari persamaan (d) kita dapatkan:

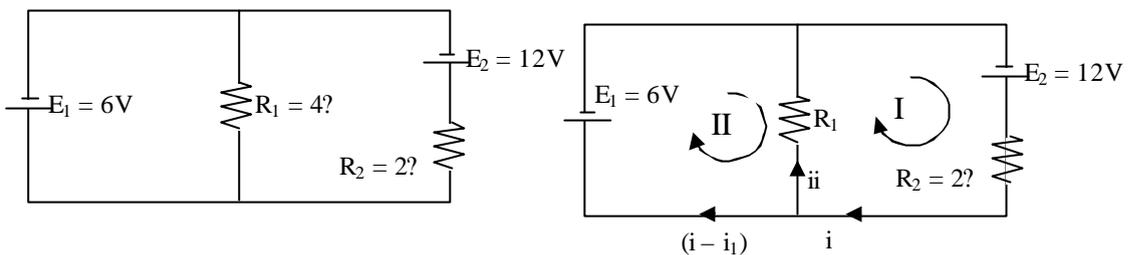
$$I_2 = 3,8 + 1,4 I_1 = 2,6 \text{ A,}$$

Dan dari persamaan (e) kita peroleh:

$$I_3 = 1,1 - 0,73 I_1 = 1,7 \text{ A.}$$

Bandingkan besarnya arus sebelum memasuki rangkaian, jumlah arus yang melewati resistor 1 dan resistor 2, dan besarnya arus yang keluar rangkaian.

### Contoh soal 3



Dari rangkaian ini, tentukan kuat arus yang mengalir pada masing-masing cabang.

### Penyelesaian

Hambatan dalam baterai nol ( $r = 0$ )

$$\text{Loop I : } E_1 - i_1 \cdot R_1 + (i - i_1) \cdot 0 = 0$$

$$6 - i_1 \cdot 4 + 0 = 0$$

$$i_1 = 1,5 \text{ A}$$

$$\text{Loop II: } -E_2 + I \cdot R_2 + i_1 \cdot R_1 = 0$$

$$-12 + I \cdot 2 + 1,5 \cdot 4 = 0$$

$$-12 + 2i + 6 = 0$$

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

$$\text{Jadi } (i - i_1) = 3\text{A} - 1,5 \text{ A}$$

$$= 1,5 \text{ A.}$$

#### Contoh soal 4

Perubahan hambatan listrik karena suhu dapat digunakan untuk mengukur suhu secara tepat. Platina, biasanya digunakan untuk mengukur suhu dengan tepat karena platina bebas dari pengaruh korosi dan memiliki titik lebur tinggi. Misalkan, pada suhu  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  hambatan "termometer hambatan platina" adalah  $164,2\ \Omega$ . Ketika diaplikasikan pada larutan tertentu, hambatannya adalah  $187,4\ \Omega$ . Berapakah suhu larutan tersebut?

#### Penyelesaian

Karena hambatan  $R$  berbanding lurus dengan hambatan jenis  $\rho$ , maka kombinasi dari kedua persamaan terakhir diperoleh:

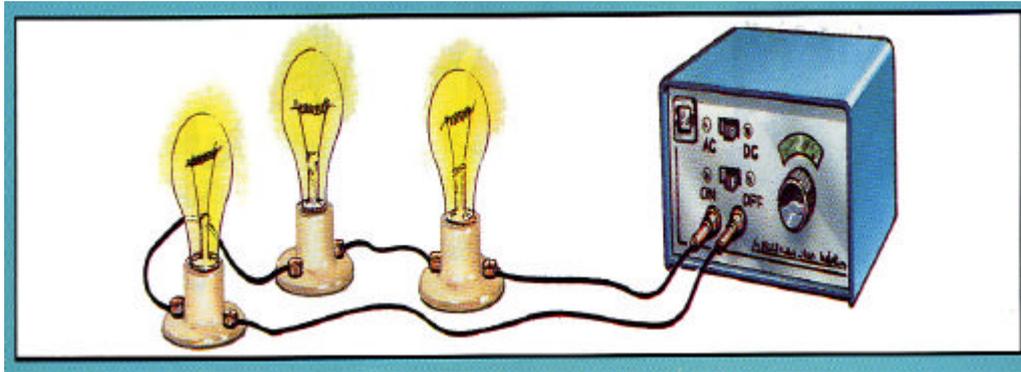
$$R = R_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$$

dengan  $R_0$  adalah hambatan pada suhu  $T_0 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  yang dinyatakan dalam persamaan  $R_0 = \rho_0 L/A$  dan  $\alpha$  adalah tetapan. Dengan demikian,

$$T - T_0 = \frac{R - R_0}{\alpha R_0} = 20\text{ }^{\circ}\text{C} + \frac{187,4\ \Omega - 164,2\ \Omega}{(3,927 \times 10^{-3} (\text{C}^{\circ})^{-1})(164,2\ \Omega)} = 55,9\text{ }^{\circ}\text{C}$$

#### ☞ Penerapan Hukum Ohm dan Kirchhoff dalam kehidupan sehari-hari.

Ada tiga buah lampu dengan daya berbeda masing-masing 5 watt, 60 watt, dan 100 watt yang dihubungkan dengan sumber daya yang sama seperti gambar di bawah ini. Ternyata lampu 5 watt nyalanya paling terang dibandingkan nyala lampu 60 watt dan 100 watt. Mengapa demikian? Sedangkan apabila lampu dihubungkan paralel, maka nyala lampu 100 watt paling terang dibandingkan kedua lampu lainnya.



**Gambar :** Rangkaian Lampu Seri

Di sini peran Hukum Ohm dan Hukum Kirchhoff dalam rangkaian seri dan paralel pada pemasangan lampu. Jaringan lampu dengan pemasangan paralel digunakan pada jaringan listrik PLN di rumah-rumah. Mengapa demikian?

### c. Rangkuman

1. Arus listrik didefinisikan sebagai jumlah muatan elektron yang mengalir suatu penghantar per satuan waktu.

$$I = \frac{Q}{t} \text{ atau } Q = I t$$

dengan  $Q$  = jumlah muatan elektron yang mengalir (Coulomb)

$t$  = waktu (sekon),  $I$  = kuat arus (ampere)

2. Resistansi (hambatan) ditentukan dengan jalan memberikan beda potensial diantara dua titik pada konduktor dan mengukur arusnya. Hambatan  $R$ , didefinisikan sebagai rasio atau perbandingan antara beda potensial  $V$ , dengan arus  $I$ .
3. Pada setiap titik persambungan, jumlah seluruh arus yang masuk persambungan harus sama dengan jumlah seluruh arus yang

meninggalkan persambungan dikenal dengan Hukum Pertama Kirchhoff.

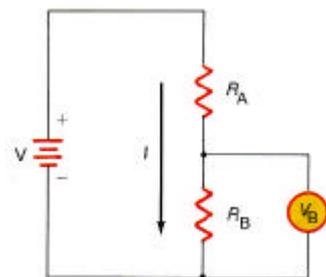
4. Jumlah tegangan sepanjang jalur tertutup dari suatu rangkaian harus sama dengan nol dikenal dengan Hukum Kedua Kirchooff.
5. Suatu penghantar juga mempunyai nilai resistansi (hambatan), resistansi pada penghantar sebanding dengan panjang kawat ( $l$ ), sebanding dengan hambat jenis kawat ( $\rho$ ), dan berbanding terbalik dengan luas penampang ( $A$ ). Secara sistematis dapat dituliskan:

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

#### d. Tugas

1. Bayangkan sebuah baterai 12 V dalam sebuah rangkaian yang dihubungkan dengan dua buah hambatan masing-masing 6  $\Omega$  dan 4  $\Omega$  yang disusun secara seri dan kedua hambatan tersebut dihubungkan paralel dengan sebuah hambatan 10  $\Omega$ .
  - a. Berapakah besarnya arus yang melewati rangkaian tersebut?
  - b. Berapakah besarnya arus yang melewati hambatan 6  $\Omega$  dan 4  $\Omega$ , dan berapa pula yang melewati hambatan 10  $\Omega$ ?
  - c. Berapakah besarnya beda potensial yang melewati hambatan 6  $\Omega$  dan berapa pula yang melewati hambatan 4  $\Omega$ ?
2. Gambarlah diagram rangkaian seri, yang di dalamnya memuat baterai 12 V, ammeter, dan hambatan 20  $\Omega$ . Tunjukkan nilai yang diperlihatkan dalam ammeter.

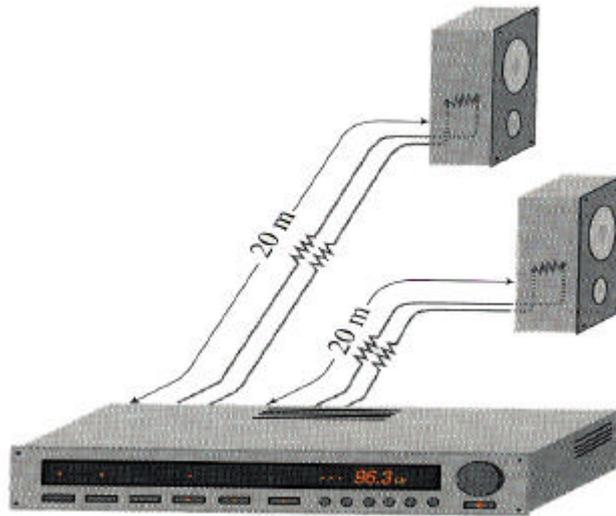
- Gambarlah diagram rangkaian seri yang memuat baterai 4,5 V, resistor, dan ammeter yang menunjuk 90 mA. Tulislah besar resistor. Pilih arah untuk arus konvensional dan tunjukkan kutub positif baterai.
- Tambahkan voltmeter yang mengukur beda potensial diantara ujung-ujung resistor pada soal 1 dan 2 dan ulangi perintah-perintahnya.
- Pada rangkaian di bawah ini mempunyai sebuah baterai 9,0 V dihubungkan



dengan dua buah resistor, 400  $\Omega$  dan 500  $\Omega$  yang disusun secara seri, dengan sebuah pembagi tegangan. Berapakah tegangan pada hambatan 500  $\Omega$  ?

- Perubahan hambatan listrik karena suhu dapat digunakan untuk mengukur suhu secara tepat. Platina, biasanya digunakan untuk mengukur suhu dengan tepat karena platina bebas dari pengaruh korosi dan memiliki titik lebur tinggi. Misalkan, pada suhu 21  $^{\circ}\text{C}$  hambatan "termometer hambatan platina" adalah 164  $\Omega$ . Ketika diaplikasikan pada larutan tertentu, hambatannya adalah 187  $\Omega$ . Berapakah suhu larutan tersebut?
- Andaikata anda ingin menghubungkan *amplifier* anda ke *speaker* sebagaimana Gambar di bawah ini.

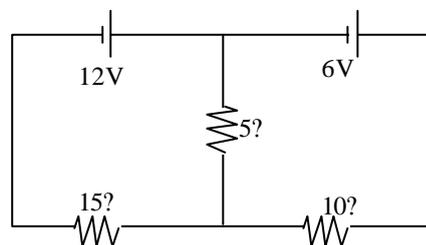
- (a) Jika setiap kabel panjangnya harus 20 m, berapakah diameter kabel tembaga akan anda gunakan agar hambatan setiap kabelnya kurang dari 0,10 ? ?
- (b) Jika arus yang mengalir pada setiap *speaker* adalah 4,0 A, berapakah penurunan tegangan dari ujung ke ujung setiap kabel?



Gambar : Hubungan amplifier ke speaker-speaker

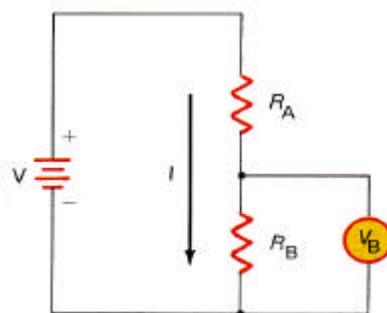
### e. Tes Formatif

1. Dari rangkaian di bawah berapa beda potensial antara a dengan b?

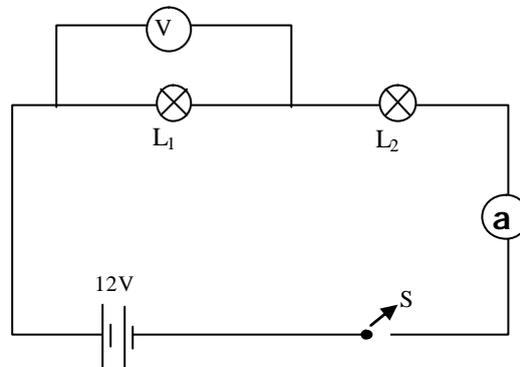


2. Tegangan jepit suatu baterai adalah 9V jika mensuplai arus 4 A dan 8,5 V jika mensuplai arus 6A. Tentukan hambatan dalam dan GGL baterai!

3. Jika selama 1 menit terjadi perpindahan muatan listrik sebesar 30 C, berapakah kuat arus listriknya?
4. Suatu kawat tembaga panjangnya 10 m dan diameternya 2 mm, mempunyai hambatan jenis  $4,8 \times 10^{-8} \text{ } \Omega \cdot \text{m}$ . Hitung hambatan kawat tembaga!
5. Dua buah penghantar berhambatan  $20 \text{ } \Omega$  dan  $40 \text{ } \Omega$  disusun paralel. Jika ujung-ujung susunan hambatan mempunyai beda potensial 12 volt, Tentukanlah.
  - b. Hambatan pengganti
  - c. Kuat arus totalnya
  - d. Kuat arus pada masing-masing hambatan
6. Gambarlah diagram rangkaian seri, yang di dalamnya memuat baterai 10 V, ammeter, dan hambatan  $25 \text{ } \Omega$ . Tunjukkan nilai yang diperlihatkan dalam ammeter.
7. Pada rangkaian di samping ini mempunyai sebuah baterai 12 V dihubungkan dengan dua buah resistor,  $R_A = 300 \text{ } \Omega$  dan  $R_B = 500 \text{ } \Omega$  yang disusun secara seri, dengan sebuah pembagi tegangan. Berapakah tegangan pada hambatan  $500 \text{ } \Omega$  ?



8. Kuat arus yang mengalir pada kawat sebuah lampu pijar 0,5 A. Jika beda potensial pada ujung-ujung kawat lampu 10 volt, berapakah hambatan kawat lampu ?
9. Sebuah baterai dengan GGL 12 volt akan diberi muatan oleh jala-jala 110 volt. Bila hambatan dalam baterai 0,6 $\Omega$  , maka berapa banyak resistor 0,3 $\Omega$  yang harus diserikan dengan baterai agar arus pengisian baterai 5A?
10. Lampu  $L_1$  dan  $L_2$  masing-masing hambatannya 60  $\Omega$  . Pada saat saklar S ditutup, berapakah pembacaan amperemeter A dan Voltmeter V?



#### f. Kunci Jawaban

1. (Jawaban: 0,54 Volt)
2. (Jawaban:  $r = 0,25 \Omega$  dan  $E = 10$  Volt)
3. (Jawaban: 0,5 A)
4. (Jawaban: 0,121  $\Omega$  )
5. (Jawaban: (a)  $40/3 \Omega$  (b) 0,9 A (c) 4 volt dan 8 volt)
6. (Jawaban: 0,4 A)
7. (Jawabn: 7,5 volt)
8. (Jawaban: 20  $\Omega$  )
9. (Jawaban: 4 buah resistor)
10. (Jawaban: 0,1 A; 10 volt)

## G. Lembar Kerja

### Kegiatan 1

#### ↳ **Memahami tentang arus listrik**

*Pembuktian adanya arus listrik pada suatu rangkaian*

#### ↳ **Alat dan Bahan**

Dua buah senter, masing-masing lengkap dengan 3 buah baterai.

#### ↳ **Langkah kerja**

1. Masukkan 3 buah baterai secara bergantian pada senter 1 dengan susunan tiap-tiap kepala baterai dimasukkan lebih dahulu.
2. Masukkan 3 buah baterai lain pada senter 2, dengan susunan sebagaimana pada prosedur 1, namun 1 buah baterai yang terakhir dimasukkan "dibalik".
3. Hidupkan kedua senter tersebut secara bergantian dengan menggerakkan saklar pada posisi hidup (*on*).

**Catatan:** disarankan menggunakan baterai yang di sekitar bagian positifnya terbuat dari isolator.

#### ↳ **Analisis**

1. Mengapa senter 1 hidup, tetapi senter 2 tidak hidup?
2. Apabila ketiga baterai pada senter 2 sekarang dikeluarkan dan disusun sebagaimana susunan pada prosedur 2, kemudian ujung-ujungnya dihubungkan pada sebuah lampu melalui kabel, apakah lampu menyala? Mengapa demikian?

## Kegiatan 2

### ? **Memahami Hambatan Jenis Penghantar**

*Pembuktian Suatu penghantar mempunyai hambatan jenis.*

### ? **Alat dan Bahan**

- ↳ Kawat tembaga dengan berbagai ukuran diameter
- ↳ Meteran
- ↳ Gunting
- ↳ AVO-meter

### ? **Langkah Kerja**

1. Ukur dan potonglah, tiga buah kawat tembaga dengan panjang bervariasi, namun ukuran diameternya sama.
2. Ukurlah hambatan tiap-tiap kawat tembaga pada prosedur 1, dan catatlah masing-masing hasilnya .
3. Ukur dan potonglah, tiga buah kawat tembaga dengan diameter bervariasi, namun ukuran panjangnya sama.
4. Ukurlah hambatan tiap-tiap kawat tembaga pada prosedur 2, dan catatlah masing-masing hasilnya.
5. Buatlah Grafik. Buatlah grafik  $R \times A$  lawan  $L$  pada kertas milimeter, untuk semua data yang diperoleh.
6. Interpretasikan Grafik. Tentukan kemiringan garis ( $\tan ?$ ).
7. **Simpulkan!** Bagaimana hubungan antara hambatan kawat tembaga  $R$ , panjang kawat  $L$ , dan luas penampang kawat  $A$ ?

## Kegiatan 3

### ☞ **Memahami Hukum I Kirchhoff**

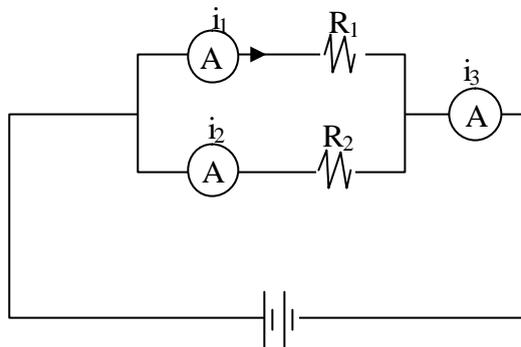
*Pada setiap titik persambungan, jumlah seluruh arus yang masuk persambungan harus sama dengan jumlah seluruh arus yang meninggalkan persambungan.*

☞ **Alat dan Bahan**

- ↳ 2 buah resistor yang berbeda nilainya 1  $\Omega$  dan 10  $\Omega$
- ↳ 1 buah ammeter
- ↳ 1 buah catu daya
- ↳ 6 buah kabel penjepit buaya

☞ **Langkah kerja**

1. Susunlah dua buah resistor yang berbeda nilainya secara parallel, selanjutnya susunan resistor tersebut hubungkan dengan sebuah catu daya melalui kabel.



Dengan menggunakan amperemeter, berturut-turut secara bergantian ukurlah besarnya arus: melalui hambatan 1, melalui hambatan 2, dan sesudah keluar rangkaian. Tuliskan hasil pengamatan pada tabel berikut

**Tabel** : Data Percobaan Hukum I Kirchhoff

No	V	$i_1$	$i_2$	$i_1 + i_2$	$i_3$
1	12				
2	24				
3	36				
4	48				
5	60				

Tuliskan simpulan dari percobaan di atas!

## 2. Kegiatan Belajar 2

### a. Tujuan Kegiatan Pembelajaran

- ☞ Memahami konsep energi listrik.
- ☞ Memahami konsep daya listrik
- ☞ Aplikasi dalam kehidupan sehari-hari.

### b. Uraian Materi

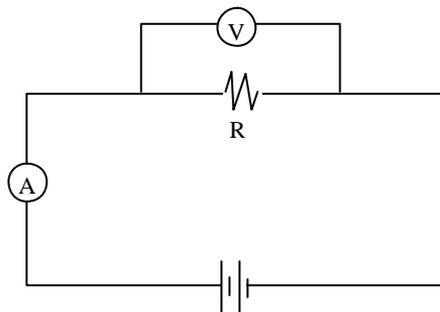
#### **KONSEP ENERGI DAN DAYA LISTRIK**

##### 1. **Energi Listrik**

Energi listrik merupakan suatu bentuk energi yang berasal dari sumber arus. Energi listrik dapat diubah menjadi bentuk lain, misalnya:

- ↳ Energi listrik menjadi energi kalor, contoh: setrika, solder, dan kompor.
- ↳ Energi listrik menjadi energi cahaya, contoh: lampu.
- ↳ Energi listrik menjadi energi mekanik, contoh: motor.
- ↳ Energi listrik menjadi energi kimia, contoh: peristiwa pengisian accu, peristiwa penyepuhan (peristiwa melapisi logam dengan logam lain).

Besarnya energi listrik yang dikeluarkan sumber arus dalam waktu tertentu sebagai berikut:



Jika arus listrik mengalir pada penghantar yang berhambatan  $R$ , maka sumber arus akan mengeluarkan energi pada penghantar yang bergantung pada:

- ↳ Beda potensial pada ujung-ujung penghantar (V).
- ↳ Kuat arus yang mengalir pada penghantar (i).
- ↳ Waktu atau lamanya arus mengalir (t).

Berdasarkan pernyataan di atas, energi listrik dirumuskan :

Karena harga  $V = R i$ , maka persamaan energi dapat dirumuskan dalam bentuk :

$$W = V i t \dots\dots\dots(2.1)$$

$$= (Ri) i t \dots\dots\dots(2.2)$$

$$W = i^2 R t \dots\dots\dots(2.3)$$

Demikian juga karena  $i = \frac{V}{R}$ , maka persamaan energi listrik dapat dirumuskan:

$$W = V i t$$

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

$$W = \frac{V^2}{R} t \dots\dots\dots(2.4)$$

Keuntungan menggunakan energi listrik:

- a. Mudah diubah menjadi energi bentuk lain.
- b. Mudah ditransmisikan.
- c. Tidak banyak menimbulkan polusi/ pencemaran lingkungan.

Energi listrik yang dilepaskan itu tidak hilang begitu saja, melainkan berubah menjadi *panas (kalor)* pada penghantar.

Besar energi listrik yang berubah menjadi panas (kalor) dapat dirumuskan:

$$Q = 0,24 V i t \text{ kalori} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$Q = 0,24 i^2 R t \text{ kalori} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$Q = 0,24 \frac{V^2}{R} t \text{ kalori} \dots\dots\dots(2.7)$$

Jika  $V$ ,  $i$ ,  $R$ , dan  $t$  masing-masing dalam volt, ampere, ohm, dan detik, maka panas (kalor) dinyatakan dalam kalori.

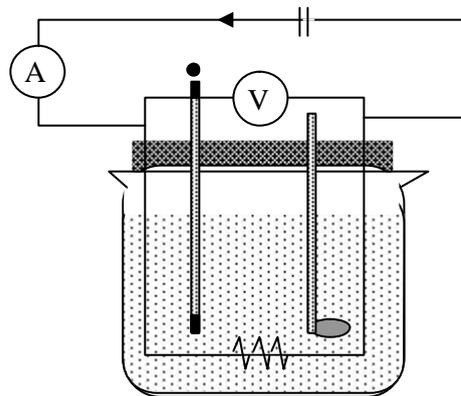
### Percobaan Joule

Besar energi listrik yang berubah menjadi kalor itu telah diselidiki oleh *James Prescott Joule* (1818-1889).

Di dalam percobaannya Joule menggunakan rangkaian alat terdiri atas kalorimeter yang berisi air serta penghantar yang berarus listrik.

Jika dalam percobaan arus listrik dialirkan dalam waktu  $t$  detik ternyata kalor yang terjadi karena arus listrik berbanding lurus dengan:

- Beda potensial antara kedua ujung kawat penghantar ( $V$ )
- Kuat arus yang melalui kawat penghantar ( $i$ )
- Waktu selama arus mengalir ( $t$ ).



Hubungan ini dikenal sebagai *hukum Joule*.

Karena energi listrik 1 joule berubah menjadi panas (kalor) sebesar 0,24 kalori. Jadi kalor yang terjadi pada penghantar karena arus listrik adalah :

$$Q = 0,24 V i t \text{ kalori}$$

## 2. Daya Listrik

Daya listrik adalah banyaknya energi tiap satuan waktu. Dari definisi ini, maka daya listrik (P) dapat dirumuskan :

$$\text{Daya} = \frac{\text{Energi}}{\text{waktu}}$$

$$P = \frac{W}{t} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$P = \frac{V i t}{t} = V i \dots\dots\dots(2.9)$$

$$P = V i$$

$$P = i^2 R \dots\dots\dots(2.10)$$

$$P = \frac{V^2 R}{R^2} \dots\dots\dots(2.11)$$

Satuan daya listrik :

a. watt (W) =  $\frac{\text{joule}}{\text{sekon}}$  = volt ampere

b. kilowatt (kW) : 1 kW = 1000 W.

Dari satuan daya maka muncullah satuan energi lain yaitu:

Jika daya dinyatakan dalam kilowatt (kW) dan waktu dalam jam, maka satuan energi adalah kilowatt jam atau kilowatt-hour (kWh).

$$1 \text{ kWh} = 36 \times 10^5 \text{ joule}$$

## 3. Pemanfaatan Energi Listrik

Di antara peralatan listrik di rumah anda, anda mungkin mempunyai pengering rambut, beberapa lampu, pesawat TV, stereo, oven microwave, kulkas dan kompor listrik. Masing-masing mengubah energi listrik menjadi energi bentuk lain, misalnya energi cahaya, energi kinetik, energi bunyi, atau energi panas. Berapa besarnya energi listrik yang diubah menjadi energi bentuk lain? dan berapa lajunya?

Energi yang di catu pada rangkaian dapat digunakan dengan beberapa cara yang berbeda. Motor merubah energi listrik menjadi energi

mekanik. Lampu listrik merubah energi listrik menjadi cahaya. Sayangnya tidak semua energi yang diberikan ke motor atau ke lampu dapat dimanfaatkan. Cahaya, khususnya cahaya lampu pijar menimbulkan panas. Motor terlalu panas untuk disentuh. Dalam setiap kasus, ada sejumlah energi yang diubah menjadi panas. Mari kita menyelidiki beberapa alat yang disusun untuk mengubah sebanyak mungkin energi menjadi energi panas.

### Contoh soal 1

Kuat arus 2 A mengalir pada lampu yang berhambatan 100  $\Omega$ . Berapa energi yang diserap lampu dalam 1 menit?

### Penyelesaian

Diketahui :  $i = 2 \text{ A}$   
 $R = 100 \Omega$   
 $t = 1 \text{ menit} = 60 \text{ sekon (s)}$

Ditanyakan :  $W = \dots?$

Jawab : Pakai rumus :

$$\begin{aligned} W &= i^2 R t \\ &= 2^2 \cdot 100 \cdot 60 \\ &= 24000 \text{ J} \end{aligned}$$

### Contoh soal 2

Seterika listrik dipakai 5 jam setiap hari. Arus yang mengalir pada seterika 2A jika menggunakan tegangan 220 volt. Berapa biaya yang harus dibayar tiap hari kepada PLN. Jika 1 kWh Rp. 400,-

### Penyelesaian

Diketahui :  $t = 5 \text{ jam}$   
 $i = 2 \text{ A}$   
 $V = 220 \text{ volt}$

Ditanyakan : Rp....?

Jawab :  $P = V i$   
 $= 220 \cdot 2$   
 $= 440 \text{ W} = 0,44 \text{ kW}$

$W = P \cdot t$   
 $= 0,44 \text{ kW} \cdot 5 \text{ jam} = 2,2 \text{ kWh}$

Jadi biaya perhari =  $2,2 \times \text{Rp. } 400,- = \text{Rp. } 880,-$

### Contoh soal 3

Sebuah baterai 6,0 V mengalirkan arus 0,50 A ke suatu motor listrik yang dihubungkan diantara kutub-kutubnya.

- Berapa daya yang digunakan oleh motor?
- Jika motor menyala selama 5,0 menit, berapakah energi listrik yang dikirimkan?

### Penyelesaian

**Diketahui**

$$V = 6,0$$

$$I = 0,50 \text{ A}$$

$$t = 5,0 \text{ menit}$$

**Ditanyakan**

$$P = ?$$

$$E = ?$$

Strategi

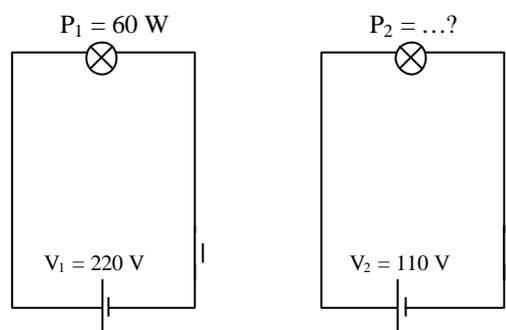
- Gunakan  $P = IV$  untuk menentukan daya
- Gunakan  $P = E/t$ , atau  $E = Pt$  untuk menentukan energi

### Penghitungan

- $P = IV = (0,50A) (6,0V)$   
 $= 3,0 \text{ W}$
- $E = Pt = (3,0W) (5,0 \text{ menit}) (60 \text{ s/1 menit})$   
 $= 9,0 \times 10^2 \text{ J}$

### Contoh soal 4

Sebuah lampu dipasang pada tegangan 220 volt menyerap daya 60 watt. Jika lampu itu dipasang pada tegangan 110 volt, berapa besar daya yang diserapnya ?



### Penyelesaian

Hambatan lampu selalu sama yaitu  $R$ .

- Lampu pada tegangan 220 volt :

$$P_1 = \frac{V^2}{R} \quad ? \quad R \quad ? \quad \frac{V_1^2}{P_1}$$

$$R = \frac{(220)^2}{60} \dots\dots\dots(1)$$

- Lampu pada tegangan 110 volt :

$$P_2 = \frac{V_2^2}{R} \quad R = \frac{V_2^2}{P_2}$$

$$= \frac{(110)^2}{P_2} \dots\dots\dots(2)$$

Persamaan (1) = persamaan (2)

$$\frac{(220)^2}{60} = \frac{(110)^2}{P_2}$$

$$P_2 = 15 \text{ Watt}$$

Daya yang diserapnya = 15 Watt.

### c. Rangkuman

1. Energi listrik merupakan suatu bentuk energi yang berasal dari sumber arus. Energi listrik dapat diubah menjadi bentuk lain, misalnya: (a) Energi listrik menjadi energi kalor, contoh: setrika, solder, dan kompor, (b) Energi listrik menjadi energi cahaya, contoh: lampu. (c) Energi listrik menjadi energi mekanik, contoh: motor.(d) Energi listrik menjadi energi kimia, contoh: peristiwa pengisian accu,dan peristiwa penyepuhan.

2. Persamaan energi dapat dirumuskan dalam bentuk :

$$W = V i t$$

$$= (Ri) i t = i^2 R t \quad \text{atau}$$

$$W = V i t = \frac{V^2}{R} t$$

3. Keuntungan menggunakan energi listrik: Mudah diubah menjadi energi bentuk lain, mudah ditransmisikan dan tidak banyak menimbulkan polusi/ pencemaran lingkungan.

4. Energi listrik yang dilepaskan itu tidak hilang begitu saja, melainkan berubah menjadi *panas (kalor)* pada penghantar.

Besar energi listrik yang berubah menjadi panas (kalor) dapat dirumuskan:

$$Q = 0,24 V i t \text{ kalori}$$

$$Q = 0,24 i^2 R t \text{ kalori}$$

$$Q = 0,24 \frac{V^2}{R} t \text{ kalori}$$

Jika  $V$ ,  $i$ ,  $R$ , dan  $t$  masing-masing dalam volt, ampere, ohm, dan detik, maka panas (kalor) dinyatakan dalam kalori.

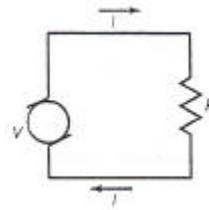
#### d. Tugas

1. Berapa arus yang melalui bola lampu pijar 75 watt, yang dihubungkan ke rangkaian luar 220 V?
2. Arus melalui stater motor dari sebuah mobil adalah 80 A. Jika baterai memberikan beda potensial 12 V diantara ujung-ujungnya, berapakah energi yang dipindahkan ke stater dalam 10,0 s?
3. Suatu pemanas listrik 15 ? bekerja pada tegangan 220 V
  - a. Berapa arus yang melalui pemanas?
  - b. Berapa energi yang digunakan oleh pemanas dalam 30 s?
  - c. Berapa energi panas yang dilepaskan pada waktu itu?
4. Hambatan dari elemen kompor listrik pada suhu operasional adalah 11 ?
  - a. Jika beda potensial antara ujung-ujungnya 220 V, berapakah arus yang melalui elemen kompor tersebut?
  - b. Berapakah energi yang diperlukan elemen untuk berubah menjadi energi panas dalam 30 s?

- c. Elemen-elemen sedang digunakan untuk memanaskan ceret yang memuat 1,2 kg air. Anggap bahwa 70% panas diserap oleh air. Berapa kenaikan suhu selama 30 s?
5. Suatu pendingin ruangan mengalirkan arus 15 A dari sumber tegangan sebesar 220 V. Alat tersebut dioperasikan rata-rata 5 jam tiap hari.
- Berapakah daya yang digunakan pendingin ruangan tersebut?
  - Berapakah banyak energi dalam kWh yang di gunakan selama 30 hari?
  - Bila harga energi Rp.176,-/kWh. Berapakah biaya untuk mengoperasikan pendingin ruangan selama 30 hari?
6. Sebuah pemanggang roti (*toaster*) empat iris, rata-rata bekerja pada daya 1200 W, dan didesain untuk menggunakan tegangan 220 V.
- Berapakah hambatan pada *toaster*?
  - Berapakah arus yang mengalir ketika *toaster* dinyalakan?
  - Jika diperlukan 3 menit untuk memanggang roti, dan biaya per kilowatt-jam adalah Rp. 176,- berapakah biaya untuk membuat satu iris roti panggang?
7. Radio transistor dijalankan dengan menggunakan baterai 9V, dan mengalir arus 50 mA.
- Jika harga baterai Rp. 1200/buah dan arusnya habis setelah 300 jam, berapakah biaya per kWh untuk menjalankan radio dengan cara ini?
  - Pada radio yang sama, dengan suatu alat pengubah tegangan dihubungkan dengan rangkaian rumah tangga dan pemilik membayar Rp. 176,- per kWh. Berapakah biaya sekarang untuk menjalankan radio selama 300 jam?
8. Pemanas listrik menggunakan 500W.
- Berapa energi yang dipindahkan pemanas dalam setengah jam?
  - Pada biaya Rp. 150,- per kWh, berapa biaya untuk menjalankan pemanas 6 jam per hari selama 30 hari?

### e. Tes Formatif

1. Dua buah bola lampu masing-masing tertulis 60 watt, 120 volt, dan 40 watt, 120 volt. Jika kedua bola lampu tersebut dihubungkan seri pada tegangan 120 volt berapa jumlah daya pada kedua bola lampu tersebut?
2. Pemanas mempunyai hambatan  $10,0 \ \Omega$  bekerja pada tegangan 220V seperti gambar di bawah :



- a. Berapakah arus yang melalui hambatan?
  - b. Berapakah energi panas yang dicatu oleh pemanas dalam 20,0 s?
3. Pada sebuah pesawat televisi mengalir arus listrik sebesar 0,5 A ketika dioperasikan pada tegangan 220 V.
    - a. Berapa daya yang digunakan pesawat televisi tersebut?
    - b. Jika rata-rata televisi dioperasikan selama 7 jam/hari, berapakah energi yang digunakan per bulan (30 hari) dalam kWh?
    - c. Apabila harga per kWh Rp. 176,-. Berapakah biaya operasional pesawat televisi tersebut setiap bulan?
  4. Radio transistor dijalankan dengan menggunakan baterai 9V, dan mengalir arus 50 mA.
    - a. Jika harga baterai Rp. 1200/buah dan arusnya habis setelah 300 jam, berapakah biaya per kWh untuk menjalankan radio dengan cara ini?
    - b. Pada radio yang sama, dengan suatu alat pengubah tegangan dihubungkan dengan rangkaian rumah tangga dan pemilik

membayar Rp. 200,- per kWh. Berapakah biaya sekarang untuk menjalankan radio selama 300 jam?

#### **f. Kunci Jawaban**

1. (jawaban : Daya lampu I = 9,6 Watt dan daya lampu II = 24 Watt).
2. (Jawaban : I = 22 Ampere dan W = 96.800 Joule).
3. (jawaban : P = 110 Watt, W = 23,10 kwh, dan biaya Rp. 4.065,10).
4. (jawaban : biaya Rp. 3.650,- dan Rp. 4.090,-)

## g. Lembar Kerja

### Kegiatan 1

#### ☞ **Memahami tentang Energi listrik**

*Pembuktian Energi listrik pada suatu rangkaian*

#### ☞ **Alat dan Bahan**

- ↳ 3 buah resistor dengan nilai berbeda
- ↳ 1 buah catu daya
- ↳ beberapa buah kabel penjepit buaya
- ↳ 1 buah termometer

#### ☞ **Prediksi**

1. Jika menggunakan tegangan konstan, prediksikan resistor mana yang membolehkan arus paling besar melewatinya?
2. Pada kondisi yang sama, prediksikan resistor mana yang paling panas?

#### ☞ **Langkah Kerja**

1. Sentuhkan bola (bagian bawah) termometer ke resistor.
2. Berikan daya selama 1 menit.
3. Ukur suhu resistor.
4. Dinginkan resistor, kemudian ulangi langkah-langkah tersebut pada kedua resistor yang lain.

#### ☞ **Analisis**

1. Setelah diberi daya selama 1 menit, mengapa resistor-resistor tersebut menjadi panas?
2. Mengapa resistor yang memiliki resistansi lebih kecil akan lebih cepat panas?

#### ☞ **Peringatan**

Jangan menyentuh resistor ketika dihubungkan dengan catu daya, karena resistor sangat panas. Tunggulah dua menit sesudah mematikan daya untuk menurunkan kembali suhu termometer.

# BAB III. EVALUASI

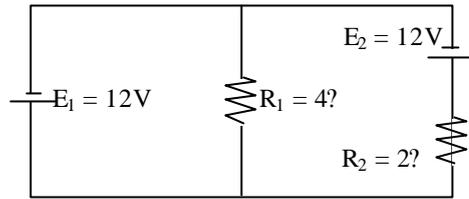
---

## A. Tes Tertulis

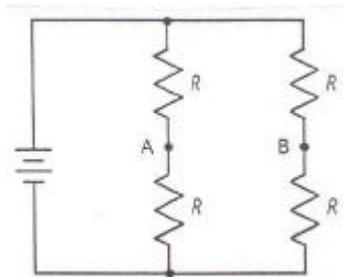
Jawablah pertanyaan berikut ini dengan singkat dan jelas !

1. Sebuah lampu dilalui arus listrik 1 A. Hitung jumlah elektron yang mengalir dalam 1 jam. (muatan satu elektron =  $-1,6 \times 10^{-19}$  C)
2. Sepotong kawat tembaga mempunyai hambatan jenis  $1,72 \times 10^{-8}$  ohm meter panjangnya 100 m penampangnya  $4 \text{ mm}^2$ . Hitung hambatan kawat!
3. Sebuah rangkaian listrik mempunyai sumber tegangan 20 Volt dan hambatan  $5 \text{ } \Omega$ . Tentukan kuat arus yang mengalir pada rangkaian !
4. Suatu amperemeter dapat mengukur kuat arus sampai 1 A. Jika amperemeter itu dihubungkan pada baterai 16Volt yang melalui lampu yang berhambatan  $50 \text{ } \Omega$  dan berdaya 1 watt. Berapa kuat arus yang ditunjuk amperemeter?
5. Sebuah hambatan  $20,0 \text{ } \Omega$  dan sebuah hambatan  $30,0 \text{ } \Omega$  dihubungkan seri dan diberikan beda potensial atau tegangan sebesar 220 V.
  - a. Berapa hambatan pengganti rangkaian?
  - b. Berapa arus yang mengalir dalam rangkaian?
  - c. Berapa tegangan pada tiap-tiap resistor?

6. Tentukan kuat arus pada masing masing cabang !



7. Sebuah termometer hambatan yang dibuat dari platina memiliki hambatan  $50 \Omega$  pada  $20^\circ\text{C}$ . Ketika dicelup ke dalam suatu bejana yang mengandung indium yang sedang lebur, hambatannya bertambah menjadi  $77 \Omega$ . Dari informasi ini, tentukan titik lebur indium.  $\alpha = 3,92 \times 10^{-3} (\text{°C})^{-1}$  untuk platina.
8. Gambarlah diagram rangkaian seri yang memuat baterai 4,5 V, resistor, dan ammeter yang menunjuk 90 mA. Tulislah besar resistor. Pilih arah untuk arus konvensional dan tunjukkan kutub positif baterai.
9. Rangkaian pada Gambar dibawah ini memiliki empat hambatan yang identik. Andaikan sebuah kabel ditambahkan untuk menghubungkan titik A dan B. Jawablah pertanyaan berikut. Jelaskan alasan Anda. Berapa arus yang melewati kabel?



10. Tiga buah resistor masing-masing  $60 \Omega$ ,  $30 \Omega$  dan  $20 \Omega$  dihubungkan paralel dengan sebuah baterai 9,0 V sebagaimana tampak pada gambar di bawah ini :

- Tentukan arus yang melalui tiap-tiap cabang dari rangkaian.
- Tentukan hambatan pengganti rangkaian.
- Tentukan arus yang melalui baterai.

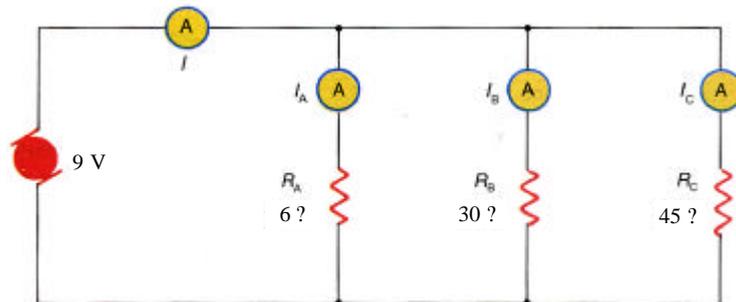
**Diketahui**

$$R_A = 6,0 \text{ ?}$$

$$R_B = 30,0 \text{ ?}$$

$$R_C = 45,0 \text{ ?}$$

$$V = 9,0 \text{ V}$$



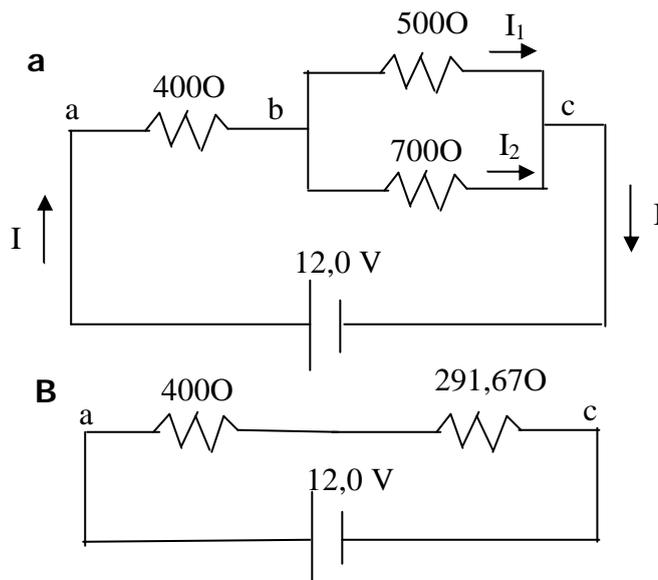
Gambar : Rangkaian Paralel.

Tentukan Arus  $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ ,  $R$  dan  $I = ?$

## B. Tes Praktek

### Rangkaian Gabungan Seri-Paralel

Pernakah anda mendapati cahaya di kamar tidur menjadi redup ketika anda menyalakan pengering rambut? Lampu dan pengering rambut dihubungkan paralel dengan tegangan 220 V. Kenyataannya menunjukkan bahwa lampu menjadi redup, jadi arus pasti telah berubah. Redupnya lampu ini terjadi karena kabel rumah memiliki hambatan kecil yang tersusun seri dengan rangkaian paralel rumah. Ini adalah **rangkaian gabungan seri-paralel**. Langkah-langkah yang ditunjukkan pada gambar dibawah, adalah suatu strategi pemecahan masalah untuk menganalisis rangkaian tersebut di atas.



Gambar: (a) Rangkaian gabungan seri dan paralel.  
(b) Rangkaian ekuivalen, menunjukkan hambatan ekuivalen 291,67  $\Omega$  untuk dua buah resistor paralel pada (a).

Berapakah arus yang mengalir dari suatu baterai pada gambar a dan gambar b?

## Kunci Jawaban

1. (jawaban :  $2.250 \cdot 10^{19}$  elektron)
2. (jawaban : 0,43 ohm)
3. (jawaban : 4 Ampere)
4. (jawaban : 0,0625 Ampere)
5. (jawaban :  $R = 50$  ohm,  $I = 4,4$  Ampere,  $V_1 = 88$  Volt dan  $V_2 = 220$  Volt)
6. (jawaban :  $I_1 = 3$  Ampere dan  $I_2 = 0$  Ampere )
7. (jawaban :  $207^\circ$  C)
8. (jawaban : 50 ohm)
9. (jawaban : 17,35 mA)
10. (jawaban :  $I_A = V/R_A = 9,0 \text{ V}/6,0 \text{ V} = 1,5 \text{ A}$ ,  $I_B = V/R_B = 9,0 \text{ V}/30,0 \text{ V} = 0,3 \text{ A}$ ,  $I_C = V/R_C = 0,2 \text{ A}$ ,  $R = 4,5 \text{ ?}$  dan  $I = 2,0 \text{ A}$ .)

## LEMBAR PENILAIAN PESERTA DIKLAT

Nama Peserta :  
 No. Induk :  
 Program Keahlian :  
 Nama Jenis kegiatan :

### PEDOMAN PENILAIAN

No.	Aspek Penilaian	Skor Maks.	Skor Perolehan	Keterangan
1	2	3	4	5
<b>I</b>	<b>Persiapan</b> 1.1. Membaca Modul 1.2. Persiapan Alat dan Bahan			
	<b>Sub total</b>	5		
<b>II</b>	<b>Pelaksanaan Pembelajaran</b> 2.1. Cek Kemampuan Siswa 2.2. Melaksanakan Kegiatan 1 dan 2			
	<b>Sub total</b>	20		
<b>III</b>	<b>Kinerja Siswa</b> 3.1. Cara merangkai alat 3.2. Membaca alat ukur listrik 3.3. Menulis satuan pengukuran 3.4. Banyak bertanya 3.5. Cara menyampaikan pendapat.			
	<b>Sub total</b>	25		
<b>IV</b>	<b>Produk Kerja</b> 4.1. Penyelesaian Tugas 4.2. Penyelesaian Kegiatan Lab. 4.3. Penyelesaian Tes Formatif 4.4. Penyelesaian Evaluasi			
	<b>Sub total</b>	35		
<b>V</b>	<b>Sikap / Etos Kerja</b> 5.1. Tanggung Jawab 5.2. Ketelitian 5.3. Inisiatif 5.4. Kemandirian			
	<b>Sub total</b>	10		
<b>VI</b>	<b>Laporan</b> 6.1. Sistematika Peyusunan Laporan 6.2. Penyajian Pustaka 6.3. Penyajian Data 6.4. Analisis Data 6.5. Penarikan Simpulan			
	<b>Sub total</b>	10		
	<b>Total</b>	100		

## KRITERIA PENILAIAN

No.	Aspek Penilaian	Kriterian penilaian	Skor
1	2	3	4
<b>I</b>	<b>Persiapan</b> 1.1. Membaca Modul	? Membaca modul.	2
		? Tidak membaca modul.	1
	1.2. Persiapan Alat dan Bahan	? Alat dan bahan sesuai dengan kebutuhan.	3
		? Alat dan bahan disiapkan tidak sesuai kebutuhan.	1
<b>II</b>	<b>Pelaksanaan Proses Pembelajaran</b> 2.1. Cek Kemampuan Siswa	? Siswa yang mempunyai kemampuan baik.	10
		? Siswa tidak bisa menyelesaikan	1
	2.2. Melaksanakan Kegiatan 1 dan 2	? Melaksanakan kegiatan dengan baik.	10
		? Melaksanakan tidak sesuai ketentuan.	1
<b>III</b>	3.1. Cara merangkai alat	? Merangkai alat dengan benar.	5
		? Merangkai alat kurang benar.	1
	3.2. Membaca alat ukur listrik	? Cara membaca skala alat ukur benar.	5
		? Cara membaca tidak benar.	1
	3.3. Menulis satuan pengukuran	? Menulis satuan dengan benar	5
		? Tidak benar menulis satuan	1

	3.4. Banyak bertanya	? Banyak bertanya. ? Tidak bertanya.	5 1
	3.5. Cara menyampaikan pendapat	? Cara menyampaikan pendapatnya baik. ? Kurang baik dalam menyampaikan pendapatnya.	5 1
<b>IV</b>	<b>Kualitas Produk Kerja</b>		
	4.1. Penyelesaian Tugas	? Kualitas Tugasnya baik. ? Kualitasnya rendah	7 1
	4.2. Penyelesaian Kegiatan Lab.	? Kualitas kegiatan lab.nya baik. ? Kualitas rendah.	5 1
	4.3. Penyelesaian Tes Formatif	? Skor Tes Formatifnya baik ? Skor Tes Formatif Rendah	8 1
	4.4. Penyelesaian Evaluasi	? Memahami Konsep dengan baik. ? Kurang memahami konsep	10 5
<b>V</b>	<b>Sikap/Etos Kerja</b>		
	5.1. Tanggung Jawab	? Membereskan kembali alat dan bahan yang telah dipergunakan ? Tidak membereskan alat dan bahan.	2 1
	5.2. Ketelitian	? Tidak melakukan kesalahan kerja. ? Banyak melakukan kesalahan kerja	3 1
	5.3. Inisiatif	? Memiliki inisiatif kerja ? Kurang memiliki inisiatif.	3 1
	5.4. Kemandirian	? Bekerja tanpa banyak perintah. ? Bekerja dengan banyak perintah	2 1

<b>VI</b>	<b>Laporan</b>		
	6.1. Sistematika Peyusunan Laporan	? Laporan sesuai dengan sistematika yang telah ditentukan.	2
		? Laporan tidak sesuai sistematika.	1
	6.2. Penyajian Pustaka	? Terdapat penyajian pustaka.	2
		? Tidak terdapat penyajian pustaka	1
	6.3. Penyajian Data	? Data disajikan dengan rapi.	2
		? Data tidak disajikan.	1
	6.4. Analisis Data	? Analisisnya benar.	2
		? Analisisnya salah.	1
	6.5. Penarikan Simpulan.	? Tepat dan benar	2
	? Simpulan kurang tepat.	1	

## BAB IV. PENUTUP

---

Setelah menyelesaikan modul ini, anda berhak untuk mengikuti tes praktik untuk menguji kompetensi yang telah anda pelajari. Apabila anda dinyatakan memenuhi syarat kelulusan dari hasil evaluasi dalam modul ini, maka anda berhak untuk melanjutkan ke topik/modul berikutnya.

Mintalah pada guru/instruktur untuk melakukan uji kompetensi dengan sistem penilaian yang dilakukan secara langsung oleh asosiasi profesi yang berkompeten apabila anda telah menyelesaikan suatu kompetensi tertentu. Atau apabila anda telah menyelesaikan seluruh evaluasi dari setiap modul, maka hasil yang berupa nilai dari guru/ instruktur atau berupa portofolio dapat dijadikan sebagai bahan verifikasi oleh asosiasi profesi. Selanjutnya hasil tersebut dapat dijadikan sebagai penentu standar pemenuhan kompetensi tertentu dan bila memenuhi syarat anda berhak mendapatkan sertifikat kompetensi yang dikeluarkan oleh asosiasi profesi.

# DAFTAR PUSTAKA

---

Giancoli, Douglas C. (1998). **Physics**. Fifth Edition. New Jersey : Prentice Hall.

Halliday, D., dan Resnick, R. (1986). **Physics**. Terjemahan: Pantur Silaban dan Erwin Sucipto, Jakarta : Erlangga.

Paul W. Zitzewitz, et al. (1995). **Physics**. Teacher Wraparound Edition. New York : Glencoe/McGraw-Hill.

Paul W. Zitzewitz, et al. (1999). **Physics**. Teacher Wraparound Edition. New York : Glencoe/McGraw-Hill.

Sutrisno, 1990. **Listrik Magnet**. Bandung, ITB, Indonesia.