

## **RENCANA PELAKSANAAN PEMBELAJARAN (RPP)**

Satuan Pendidikan : SMA N 1 Kec.Harau

Mata Pelajaran : Fisika

Kelas /Semester : XII /Ganjil

Tahun Pelajaran : 2021/2022

Materi Pokok : Rangkaian Arus Searah

Alokasi Waktu : 4 x 45 menit

### **A. Kompetensi Inti**

- KI 1 : Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya.
- KI 2 : Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, santun, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), bertanggung jawab, responsif, dan pro-aktif dalam berinteraksi secara efektif sesuai dengan perkembangan anak di lingkungan, keluarga, sekolah, masyarakat dan lingkungan alam sekitar, bangsa, negara, kawasan regional, dan kawasan internasional.
- KI 3 : Memahami, menerapkan, menganalisis dan mengevaluasi pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif pada tingkat teknis, spesifik, detil, dan kompleks berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan
- KI 4 : Menunjukkan keterampilan menalar, mengolah, dan menyaji secara efektif, kreatif, produktif, kritis, mandiri, kolaboratif, komunikatif, dan solutif dalam ranah konkret dan abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah, serta mampu menggunakan metoda sesuai dengan kaidah keilmuan



## B. Kompetensi Dasar dan Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)

Kompetensi Dasar (KD)	Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK)
3.1 Menganalisis prinsip kerja peralatan listrik searah (DC) berikut keselamatannya dalam kehidupan sehari-hari	3.1.1 Menguji Arus listrik dan pengukurannya 3.1.2 Membandingkan arus dan tegangan pada rangkaian seri dan parallel 3.1.3 Menguji prinsip kerja peralatan listrik searah DC dalam kehidupan sehari-hari. 3.1.4 Menyelidiki hukum ohm 3.1.5 Meninjau hukum I kirchoff dan hukum II kirchoff
4.1 Melakukan percobaan prinsip kerja rangkaian listrik searah (DC) dengan metoda ilmiah berikut presentasi hasil percobaan	4.1.1 Membuat laporan percobaan kerja rangkaian listrik searah (DC) 4.1.1 Mempresentasikan hasil percobaan arus dan tegangan pada rangkaian listrik searah (DC)

## C. Tujuan Pembelajaran

Melalui kegiatan pembelajaran dengan menggunakan model *PBL* (Pembelajaran Berbasis Masalah) peserta didik dapat menganalisis prinsip kerja peralatan listrik searah (DC) dalam kehidupan sehari-hari serta mampu mempresentasikan hasil percobaan tentang prinsip kerja rangkaian listrik searah (DC) dengan mengembangkan nilai karakter berpikir kritis, kreatif (kemandirian), kerjasama (gotong royong) dan kejujuran (integritas) serta mampu berkomunikasi dengan baik



#### D. Metode Pembelajaran

- Pendekatan : ilmiah (*scientific*)
- Model : Pembelajaran berbasis masalah (*problem based learning*), dengan sintaks orientasi peserta didik, mengorganisasi peserta didik, membimbing penyelidikan, mengembangkan dan menyajikan hasil karya, menganalisa dan mengevaluasi proses penyelesaian masalah.
- Metode : diskusi, demonstrasi dan eksperimen

#### E. Langkah-langkah Pembelajaran

1. Kegiatan Pendahuluan	Ket
<ul style="list-style-type: none"><li>- Menyiapkan peserta didik untuk mengikuti proses pembelajaran, berdoa, absensi, <b>memeriksa kebersihan lingkungan kelas</b>, menyiapkan sumber-sumber belajar, menyiapkan penampilan media yang membutuhkan teknologi</li><li>- Merefleksi hasil pertemuan sebelumnya mengenai kuat arus dan potensial listrik</li><li>- Menjelaskan tujuan pembelajaran, kompetensi, literasi, karakter yang harus dicapai dan proses penilaian yang akan dilakukan;</li><li>- Menyampaikan cakupan materi dan lingkup penilain serta penjelasan uraian kegiatan sesuai silabus.</li><li>- Memotivasi peserta didik secara kontekstual sesuai dengan manfaat pembelajaran dengan mengajukan pertanyaan :<ul style="list-style-type: none"><li>• Pernakah kamu menyalakan senter?</li><li>• Mengapa senter bisa menyala?</li><li>• Apabila baterainya tidak dipasang, apakah lampu senter tersebut bisa menyala? (<b>sekaligus menghubungkan Ayat Al Quran: surat An Nur ayat 35</b>, yang artinya: "Allah (pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. Perumpamaan cahaya Allah adalah seperti sebuah lubang yang tidak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. Pelita itu di dalam kaca, kaca itu seakan-akan bintang (yang bercahaya) seperti mutiara..." ,).</li></ul></li></ul>	15 Menit



<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guru membimbing peserta didik membentuk kelompok</li> </ul>	
<b>2. Kegiatan Inti</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peserta didik mengamati rangkaian arus listrik</li> <li>- Guru membagi peserta didik dalam kelompok dan membagikan lembar kerja (LKPD)</li> <li>- Peserta didik bekerja sama dan berbagi tugas dalam kelompok</li> <li>- Peserta didik mengumpulkan informasi yang relevan melalui kegiatan:membaca sumber lain selain buku teks tentang <ul style="list-style-type: none"> <li>a. <i>Hukum Ohm</i></li> <li>b. <i>Hambatan pada kawat penghantar</i></li> <li>c. <i>Rangkaian hambatan listrik</i></li> <li>d. <i>Hambatan seri</i></li> <li>e. <i>Hambatan Paralel</i></li> </ul> </li> <li>- Peserta didik berdiskusi untuk mengambil kesimpulan sementara hasil diskusi berupa kesimpulan berdasarkan hasil analisis secara lisan, tertulis</li> <li>- Membimbing penyelidikan individu dan kelompok</li> <li>- Peserta didik berdiskusi untuk mengambil kesimpulan sementara hasil diskusi berupa kesimpulan berdasarkan hasil analisis secara lisan, tertulis</li> <li>- Mempresentasikan hasil diskusi kelompok secara klasikal tentang : <ul style="list-style-type: none"> <li>a. <i>Hukum Ohm</i></li> <li>b. <i>Hambatan pada kawat penghantar</i></li> <li>c. <i>Rangkaian hambatan listrik</i></li> <li>d. <i>Hambatan seri</i></li> <li>e. <i>Hambatan Paralel</i></li> </ul> </li> <li>- Mengemukakan pendapat atas presentasi yang dilakukan dan ditanggapi oleh kelompok yang mempresentasikan</li> <li>- Peserta didik berdiskusi untuk mengambil kesimpulan sementara hasil diskusi berupa kesimpulan berdasarkan hasil analisis secara lisan, tertulis</li> <li>- Menjawab pertanyaan yang terdapat pada buku pegangan peserta didik atau lembar kerja yang telah disediakan.</li> </ul>	<p>145 menit</p>



<ul style="list-style-type: none"> <li>- Peserta didik menganalisa masukan, tanggapan dan koreksi dari guru terkait serta melakukan evaluasi pembelajaran tentang: <ul style="list-style-type: none"> <li>a. <i>Hukum Ohm</i></li> <li>b. <i>Hambatan pada kawat penghantar</i></li> <li>c. <i>Rangkaian hambatan listrik</i></li> <li>d. <i>Hambatan seri</i></li> <li>e. <i>Hambatan Paralel</i></li> </ul> </li> </ul>	
<b>3. Kegiatan Penutup</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guru menyampaikan jawaban dari soal dalam instrumen</li> <li>- Peserta didik mensinkronkan jawabannya dengan informasi guru</li> <li>- Peserta didik menyampaikan dengan jujur nilai hasil belajar yang diperoleh</li> <li>- Guru memberi kesempatan untuk mengikuti remedial bagi peserta didik yang belum tuntas dan yang belum mendapatkan nilai sempurna</li> <li>- Guru menutup pembelajaran dengan memberi penekanan untuk selalu menerapkan sifat listrik arus searah dalam kehidupan dan mengucapkan hamdalah</li> </ul>	20 menit

## F. PENILAIAN /Assesmen

### 1. Rancangan penilaian

#### a. Penilaian Pengetahuan

- Mengerjakan soal-soal

#### b. Penilaian ketrampilan :

- Kinerja (Praktik menentukan hukum Ohm)
- Portofolio (rancangan percobaan, hasil percobaan, penyajian laporan hasil percobaan)

#### c. Penilaian sikap :

Menunjukkan sikap Aktif dan bisa bekerja sama dalam diskusi kelompok, kerja kelompok, dan praktikum

### 2. Instrumen penilaian

- a. Pengetahuan : soal pilihan ganda



- b. Keterampilan : rubrik penilaian kinerja dan portofolio
- c. Sikap : Jurnal pengamatan sikap

Mengetahui,  
Kepala SMAN I Kec.Harau

Tanjung Pati, Juni 2021  
Guru Mata Pelajaran

Drs Afrizal  
NIP.196412311989031106

Dra Dewi Putri  
NIP.196902081992032004



## LAMPIRAN 1

### LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD)

#### HUKUM OHM

##### KOMPETENSI DASAR:

3.1 Menganalisis prinsip kerja peralatan listrik searah (DC) dalam kehidupan sehari-hari

4.1. Mempresentasikan hasil percobaan tentang prinsip kerja rangkaian listrik searah (DC)

##### INDIKATOR :

3.1.1 Menguji Arus listrik dan pengukurannya

3.1.2 Membandingkan arus dan tegangan pada rangkaian seri dan parallel

3.1.3 Menguji prinsip kerja peralatan listrik searah DC dalam kehidupan sehari-hari.

3.1.4 Menyelidiki hukum ohm

4.1.1 Membuat laporan percobaan kerja rangkaian listrik searah (DC)

4.1.1 Mempresentasikan hasil percobaan arus dan tegangan pada rangkaian listrik searah (DC)

##### PETUNJUK UMUM

1. Tulislah nama kelompok dan nama anggota kelompok pada lembar yang telah disediakan
2. Bacalah setiap perintah yang ada
3. Bagilah pertanyaan-pertanyaan yang ada pada LKS sehingga setiap anggota harus bertanggungjawab terhadap soal tersebut
4. Setelah setiap anggota menemukan jawabannya, presentasikan/diskusikanlah jawaban pertanyaan tersebut dengan anggota kelompok.

**WAKTU** : 2 jam pelajaran (2x 45 menit)

KELOMPOK :

ANGGOTA : 1.

2.

3.

4.

5.

6.

KELAS :

## A. MATERI AJAR

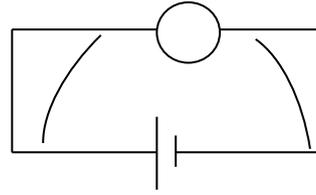
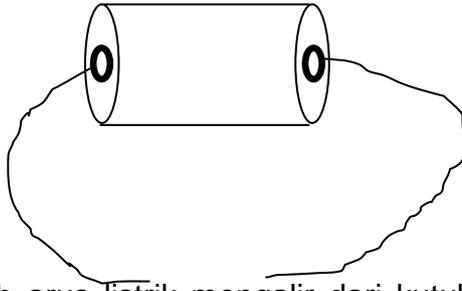
### 1. Bahan Motivasi

Apabila kita amati sebuah bola lampu yang diletakkan di dinding dalam ruangan yang gelap, maka ketika lampu dinyalakan akan memberikan cahaya/pelita ke seluruh ruangan, bola lampu tersebut seperti sebuah lubang yang bercahaya dan cahayanya tidak tembus ke ruangan lainnya. Bola lampu ditutupi oleh kaca yang kedap udara yang berguna untuk menimbulkan radiasi pada kumparan yang ada dalam kaca. Efek cahaya itu akan semakin jelas terlihat apabila lampu tersebut ditempatkan semakin tinggi, seperti sebuah bintang yang bercahaya. Sehingga dapat dipahami ayat ini menuliskan perumpamaan sebuah lampu.

### 2. Kuat Arus Listrik

Aliran listrik ditimbulkan oleh muatan listrik yang bergerak dalam suatu penghantar. Arah arus listrik yang timbul pada suatu penghantar berlawanan arah dengan arah elektron.





Arah arus listrik mengalir dari kutub positif ke kutub negatif (a), sedangkan arah gerak elektron dari kutub negatif ke kutub positif (b).

Muatan listrik dalam jumlah tertentu yang menembus penampang suatu penghantar dalam selang waktu tertentu disebut sebagai kuat arus listrik (I).

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

I = Kuat arus listrik (Coulomb/sekon = Ampere, A)

Q = Muatan listrik (Coulomb)

t = Waktu (sekon)

### 3. Beda potensial / Tegangan (V)

Terjadinya arus listrik dari kutub positif ke kutub negatif dan aliran elektron dari kutub negatif ke kutub positif disebabkan adanya beda potensial antara kutub positif dan kutub negatif, dimana kutub positif mempunyai beda potensial lebih tinggi daripada kutub negatif.

### 4. Hukum Ohm

Hubungan antar tegangan (V) dengan kuat arus (I) pertama kali ditemukan oleh fisikawan Jerman bernama **George Simon Ohm**, atau yang dikenal dengan Hukum Ohm, yang berbunyi :

Besarnya kuat arus listrik (I) pada suatu penghantar berbanding lurus dengan beda potensial antara ujung-ujung penghantar asalkan suhu penghantar tetap

Hasil bagi antara beda potensial (V) dengan kuat arus (I) dinamakan hambatan listrik atau resistansi (R) dengan satuan ohm ( $\Omega$ ), sehingga persamaannya menjadi :

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

Atau



$$V = I.R$$

## B. PERTANYAAN

- I. Menyelidiki grafik hubungan antara V dan I

Dari hasil percobaan mengenai menyelidiki hubungan antara tegangan (V) dengan kuat arus listrik (I), diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 1. Data Percobaan Hubungan Antara Tegangan dan Kuat Arus

No	Tegangan (V)	Kuat Arus (I)	V/I = c
1	4.00 Volt	2.05 Ampere	.....
2	4.36 Volt	2.18 Ampere	.....
3	4.80 Volt	2.42 Ampere	.....
4	5.30 Volt	2.67 Ampere	.....
5	6.10 Volt	2.00 Ampere	.....

- a. Isilah titik-titik di atas !
- b. Berdasarkan data di atas, gambarlah grafik hubungan antara V dengan I, dimana V terletak pada sumbu vertikal dan I pada sumbu horizontal !

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

- c. Bagaimanakah hubungan V dan I ?

Dari grafik V dan I diketahui

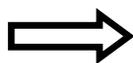
$$V \sim I$$

$$V = c.I$$

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

$$c = R$$

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



$$V = I.R$$



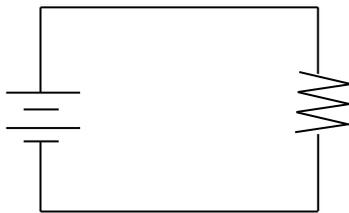
II. Soal-soal

1. Dua buah benda bermuatan listrik masing-masing (+) dan (-) dihubungkan melalui seutas kawat. Kemanakah arus listrik mengalir dalam rangkaian (a) dan kemanakah arus elektron mengalir dalam rangkaian (b) ?



.....  
.....  
.....  
.....  
.....

2. Sebuah baterai dilambangkan dengan garis panjang dan garis pendek, dimana garis panjang menyatakan kutub (+) dan garis pendek menyatakan kutub (-)
- a. Apa fungsi baterai dalam rangkaian ?
  - b. Kemanakah arah arus listrik mengalir dalam penghantar CD ?



.....  
.....  
.....  
.....  
.....

3. Total muatan yang mengitari suatu rangkaian selama 2 menit adalah 4.8 C. Hitunglah kuat arus listrik dalam rangkaian tersebut !

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

4. Arus listrik 3A mengalir melalui seutas kawat selama 1 menit. Berapa banyak muatan listrik mengalir melalui kawat ?

.....  
.....

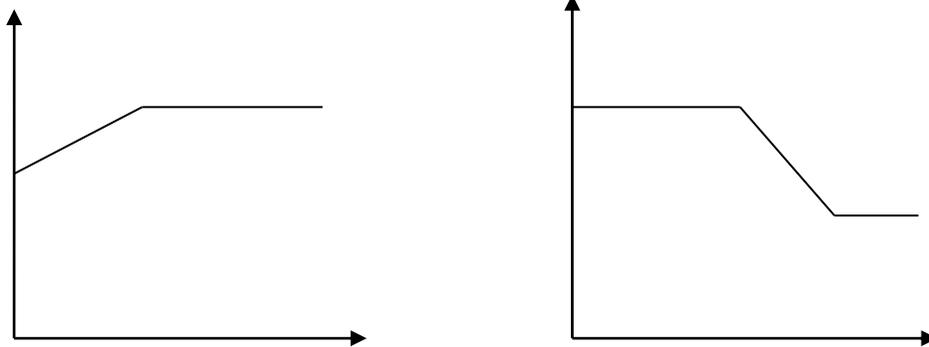


.....  
.....  
.....

5. Sebuah elektron bermuatan  $1.9 \times 10^{-9}$  C. Berapa banyak elektron harus mengalir melalui seutas kawat dalam 1 sekon agar amperemeter membaca 0.80 mA ?

.....  
.....  
.....  
.....

6.



Dua gambar tersebut menunjukkan kuat arus yang mengalir dalam suatu hambatan R sebagai fungsi waktu. Berapakah banyaknya muatan listrik yang mengalir dalam hambatan tersebut selama 6 sekon pertama ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

7. Konduktor listrik terbaik adalah perak murni, berikutnya tembaga, aluminium, tungsten dan seng  
a. Manakah yang hambatan listriknya terbesar ?  
b. Manakah yang hambatan listriknya terkecil ?  
c. Manakah yang hambatan listriknya lebih besar, besi atau aluminium ?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....



8. Berapa ampere kuat arus yang mengalir pada sebuah kawat 250 ohm jika diberi beda potensial 100 V ?

.....  
.....  
.....  
.....

9. Berapakah beda potensial antara kedua ujung seutas kawat yang memiliki hambatan 130 ohm yang dialiri muatan 300 mC dalam satu menit ?

.....  
.....  
.....  
.....

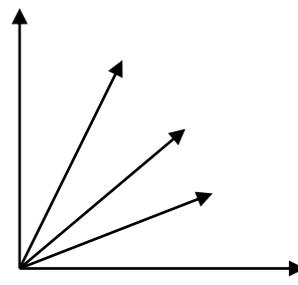
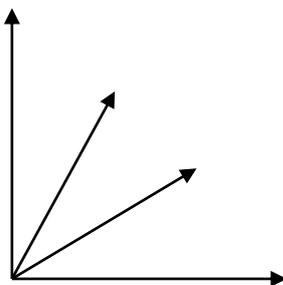
10. Sepotong kawat ujung-ujungnya dihubungkan dengan sumber arus searah dari 12 V sehingga merupakan rangkaian tertutup. Bila kuat arus yang mengalir pada kawat itu  $\frac{3}{4}$  A, hitunglah hambatan listrik kawat !

.....  
.....  
.....  
.....

11. Kuat arus yang mengalir melalui suatu komponen tertentu adalah  $\frac{1}{4}$  A ketika diberi tegangan 80 V. Berapakah kuat arus yang melalui komponen tersebut jika tegangan dinaikkan menjadi 160 V ?

.....  
.....  
.....  
.....

12. Pada grafik di bawah ini, sebutkan urutan-urutan besarnya hambatan listrik mulai dari nilai terbesar ke nilai terkecil !

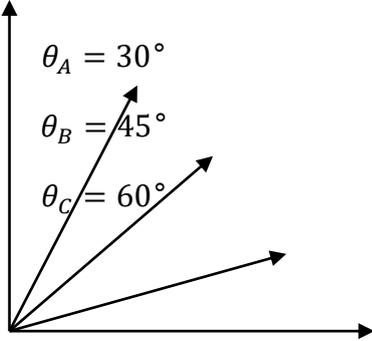


.....  
.....



.....  
.....  
.....  
.....

13. Dari grafik di bawah, tentukan hambatan listrik tiap komponen !



## Lampiran 2

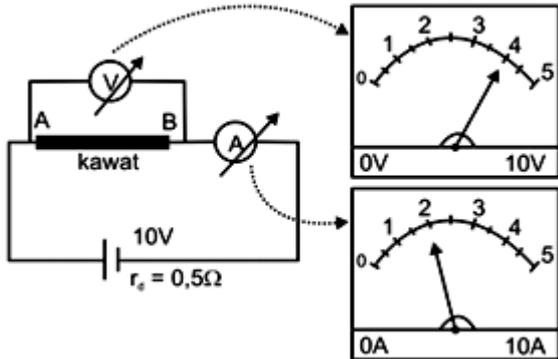
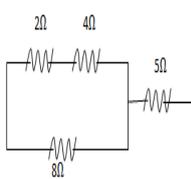
### INSTRUMEN PENILAIAN HARIAN (PH) PENGETAHUAN

#### Kisi kisi

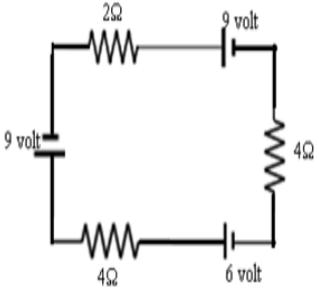
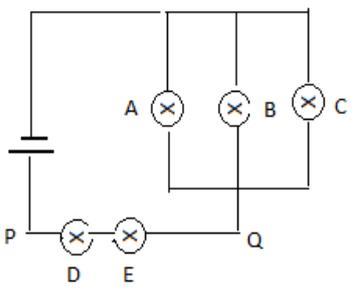
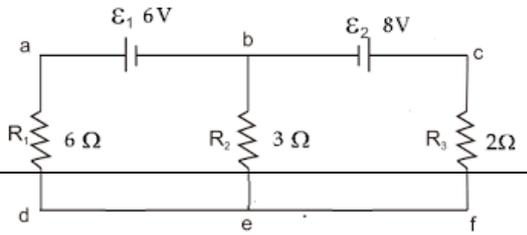
Kompetensi Dasar	IPK	Materi	Indikator Soal	Bentuk Soal	No
3.7 Menganalisis fenomena perubahan panjang, waktu, dan massa dikaitkan dengan kerangka acuan, dan kesetaraan massa dengan energi dalam teori relativitas khusus	Peserta didik mampu: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menguji Arus listrik dan pengukurannya</li> <li>• Membandingkan arus dan tegangan pada rangkaian seri dan parallel</li> <li>• Menguji prinsip kerja peralatan listrik searah DC dalam kehidupan sehari-hari</li> <li>• Menyelidiki hukum ohm</li> <li>• Meninjau hukum I kirchoff dan hukum II kirchoff</li> <li>• Mempresentasikan hasil percobaan arus dan tegangan pada rangkaian listrik searah (DC)</li> </ul>	Arus Listrik, Rangkaian seri dan Paralel, Prinsip kerja peralatan listrik, Hukum Ohm, Hukum Kirchoff	Disajikan gambar alat ukur arus listrik peserta didik dapat menguji kuat arus listrik yang mengalir dalam rangkaian	Pilihan ganda	1
			Disajikan gambar rangkaian seri dan paralel peserta didik dapat membandingkan tegangan dan kuat arus listrik	Pilihan ganda	2
			Disajikan gambar rangkaian listrik peserta didik dapat menguji daya pada rangkaian tersebut	Pilihan ganda	3
			Disajikan gambar rangkaian lampu peserta didik dapat menyelidiki hukum ohm	Pilihan ganda	4
			Disajikan gambar rangkaian listrik dua loop	Pilihan ganda	5



			peserta didik dapat besar tegangan listrik berdasarkan hukum kirchoff		
			Disajikan data hasil percobaan tentang rangkaian listrik searah melalui grafik, peserta didik dapat menghitung kuat arus yang mengalir berdasarkan grafik	Essay	6

No	SOAL	Kunci Jawaban	Skor
1.	<p>Untuk mengetahui nilai hambatan (<math>R_{AB}</math>) kawat AB, digunakan rangkaian dengan penunjukkan voltmeter dan amperemeter seperti pada gambar. Nilai hambatan kawat (<math>R_{AB}</math>) adalah...</p> <p>a. <math>10,0 \Omega</math>                      d. <math>8,0 \Omega</math>  b. <math>6,0 \Omega</math>                         e. <math>2,0 \Omega</math>  c. <math>4,0 \Omega</math></p> 	E	10
2.	<p>Besar hambatan pengganti ketiga resistor seperti pada gambar berikut ini adalah....</p>  <p>A. 9 ohm</p>	C	10



	<p>B. 8 ohm C. 7 ohm D. 6 ohm E. 5 ohm</p>		
3.	<p>Perhatikan gambar ! Besar daya yang pada hambatan <math>2\ \Omega</math> adalah....</p>  <p>A. 1,20 watt B. 1,44 watt C. 2,50 watt D. 2,88 watt E. 3,20 watt</p>	E	10
4.	<p>Perhatikan gambar rangkaian 5 lampu identik berikut :</p>  <p>Jika lampu F identik dipasang pada kawat antara P dan Q, maka keadaan nyala lampu pada rangkaian listrik tersebut menjadi ....</p> <p>a. Lampu D dan E menyala lebih terang dari semula b. Lampu A, B dan C menyala lebih terang dari semula c. Lampu D dan E lebih terang dari pada A, B dan C d. Lampu D dan E lebih redup dari semula e. Lampu D dan E lebih redup dari A, B dan C</p>	D	10
5.	<p>Perhatikan gambar rangkaian listrik berikut.</p> 	A	10

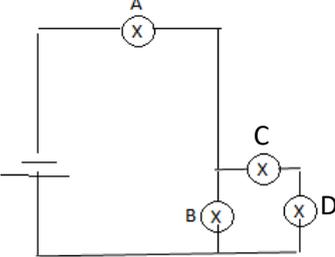
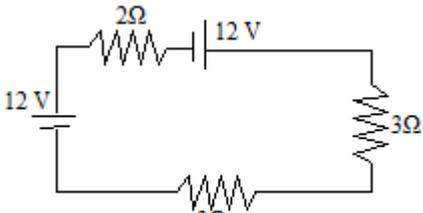
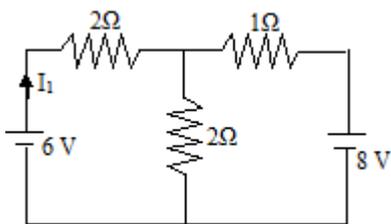
	<p>Besar tegangan pada hambatan <math>3 \Omega</math> adalah....</p> <p>B. 6,0 volt</p> <p>C. 5,0 volt</p> <p>D. 3,0 volt</p> <p>E. 2,0 volt</p> <p>F. 1,0 volt</p>		
6.	<p>Dari percobaan hubungan tegangan (V) dengan kuat arus (I) pada resistor, dihasilkan grafik V–I pada gambar di bawah. Jika <math>V = 5,0</math> volt, maka besar kuat arus yang mengalir adalah ....</p>	$V/I' = V/I$ $I' = V' I / V$ $I' = 5 \text{ Volt } 0,02 \text{ A} / 2,5 \text{ V}$ $I' = 0,04 \text{ A}$ $I' = 40 \text{ mA}$	50

### Remedial

Remedial diberikan kepada siswa yang belum mencapai KKM

No	Soal	Kunci Jawaban	Skor
1.	<p>Sebuah lampu X dihubungkan dengan sumber tegangan listrik seperti pada gambar di bawah.</p> <p>Kuat arus yang mengalir pada lampu X adalah....</p> <p>A. 2 A</p> <p>B. 5 A</p> <p>C. 8 A</p> <p>D. 12 A</p> <p>E. 10 A</p>	E	20
2.	<p>Perhatikan rangkaian hambatan berikut ini !</p> <p>Nilai hambatan pengganti atau hambatan total dari rangkaian tersebut adalah .....</p>	A	20



	<p>a. <math>9,5 \Omega</math>                      d. <math>16 \Omega</math>  b. <math>10 \Omega</math>                        e. <math>9 \Omega</math>  c. <math>16,5 \Omega</math></p>		
3.	<p>Perhatikan gambar berikut !</p>  <p>a. Lampu A dan B sama terang dan D paling redup  b. Lampu A paling terang sedangkan lampu C dan D paling redup  c. Lampu B paling terang sedangkan lampu C dan D paling redup  d. Lampu C dan D sama terang dan A paling terang  e. Keempat lampu sama terang</p>	D	20
4.	<p>Dari gambar rangkaian dibawah, besar kuat arus yang mengalir pada rangkaian adalah...</p>  <p>a. 4A                                      d. 3 A  b. 6 A                                      e. 8A  c. 12 A</p>	E	20
5.	<p>Pada rangkaian listrik sederhana seperti gambar.</p>  <p>Besar kuat arus I adalah...</p> <p>a. 0,45 A                                  d. 0,30 A  b. 0,36 A                                  e. 0,25 A  c. 0,50 A</p>	D	20



## **Pengayaan**

Pengayaan diberikan kepada siswa yang sudah mencapai KKM

Siswa memperhatikan rangkaian listrik di sekolah, kemudian siswa membuat sketsa rangkaian listrik yang ada di sekolah.



### Lampiran 3

### Penilaian Kinerja / Praktik

Mata Pelajaran : Fisika

Kelas/Semester : XII/Ganjil

Kompetensi : KD 3.1 dan 4.1

No	Nama Siswa	Merangkai alat				Membaca Hasil Pengukuran				Analisa/ Pengolahan Data				Penulisan Laporan				Presentasi Laporan				Jumlah Skor
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1.																						
2.																						
3.																						
4.																						
5.																						
6.																						
7.																						
8.																						
9.																						
10.																						
11.																						
12.																						
13.																						
14.																						
15.																						
16.																						

Keterangan :

1 = Kurang

2 = cukup

3 = Baik/Tepat

4 = Sangat Baik/Sangat Tepat

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Perolehan Skor}}{\text{Skor Maksimum}} \times 100$$

Kriteria Nilai : 56 -70 Cukup; 71 -85 Baik; 86 -100 Sangat Baik



## Lampiran 4

### FORMAT PENILAIAN LAPORAN PRAKTIKUM (PORTOFOLIO)

Mata Pelajaran : Fisika

Kelas/Semester : XII/Ganjil

Kompetensi : KD 3.1 dan 4.1

No	Nama Siswa	Merencanakan percobaan						Melaksanakan percobaan		Menyusun laporan			Jumlah Skor	Nilai
		a	b	c	d	e	f	A	b	a	b	c		
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														

Rubrik penilaian porto folio

1. Merencanakan percobaan
  - a latar belakang,
  - b tujuan,
  - c hasil yang diharapkan,
  - d alat yang dibutuhkan
  - e cara kerja,
  - f tabel pengamatan
2. Melaksanakan percobaan
  - a Variabel



- b data hasil percobaan
- 3. Menyusun laporan
  - a Menyusun hipotesa
  - b Mengolah data
  - c Kesimpulan dan rekomendasi

#### Penilaian

Skor 2 untuk kondisi lengkap semua komponen

Skor 1 untuk kondisi komponen ada dan tidak lengkap

Skor 0 untuk kondisi komponen tidak ada



## Lampiran 5

### INSTRUMEN PENILAIAN SIKAP

Nama Satuan pendidikan : SMAN 1 Kec.Harau

Kelas :

Hari / Tanggal :

Materi :

No	Nama Peserta Didik	Sikap				Keterangan
		Rasa Ingin Tahu	Kerja Sama	Cermat	Teliti	
1						
2						
3						
4						
5						
dst						

Keterangan Skor :

- 4 = Konsisten menunjukkan sikap yang sesuai aspek sikap
- 3 = Sering konsisten dalam menunjukkan sikap sesuai aspek sikap dan kadang-kadang tidak sesuai dengan aspek sikap
- 2 = Kadang-kadang konsisten menunjukkan sikap yang sesuai dengan aspek sikap dan sering tidak sesuai dengan aspek sikap
- 1 = tidak pernah konsisten menunjukkan sikap sesuai aspek sikap

Mengetahui,  
Kepala SMAN I Kec.Harau

Tanjung Pati, 2021  
Guru Mata Pelajaran

Drs Afrizal  
NIP.196412311989031106

Dra Dewi Putri  
NIP.196902081992032004

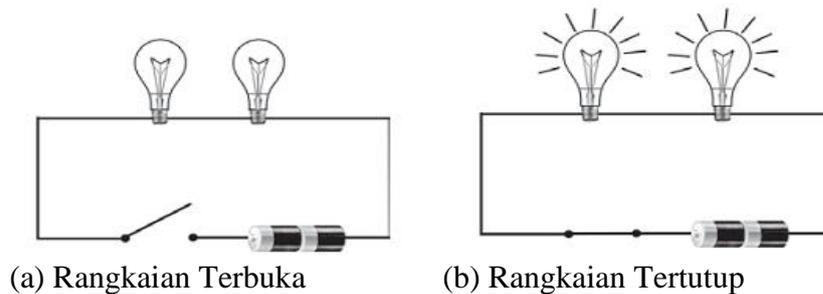


## Materi Pembelajaran

1

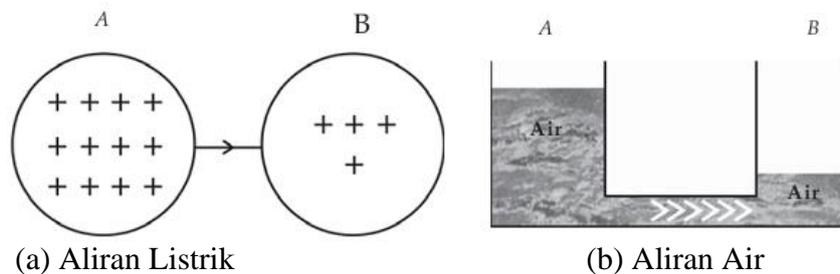
### Arus Listrik

Pada dasarnya rangkaian listrik dibedakan menjadi dua, yaitu rangkaian listrik terbuka dan rangkaian listrik tertutup. Rangkaian listrik terbuka adalah suatu rangkaian yang belum dihubungkan dengan sumber tegangan, sedangkan rangkaian listrik tertutup adalah suatu rangkaian yang sudah dihubungkan dengan sumber tegangan.



Gambar 1. Rangkaian Listrik

Pada rangkaian listrik tertutup, terjadi aliran muatan-muatan listrik. Aliran muatan listrik positif identik dengan aliran air. Perhatikan Gambar 2!



Gambar 2. Aliran muatan listrik positif dari A ke B

Air dalam bejana A mempunyai energi potensial lebih tinggi daripada air dalam bejana B, sehingga terjadi aliran air dari bejana A menuju bejana B atau dikatakan bahwa potensial di A lebih tinggi daripada potensial di B sehingga terjadi aliran muatan listrik dari A ke B. Jadi, dapat dikatakan bahwa muatan listrik positif mengalir dari titik berpotensi tinggi ke titik berpotensi rendah. Selanjutnya, aliran muatan listrik positif tersebut dinamakan arus listrik. Jadi, arus listrik dapat didefinisikan sebagai aliran muatan positif dari potensial tinggi ke potensial rendah. Arus listrik terjadi apabila ada perbedaan potensial. Bagaimana bila dua titik yang dihubungkan mempunyai potensial yang sama? Tentu saja tidak ada aliran muatan listrik positif atau tidak terjadi arus listrik.

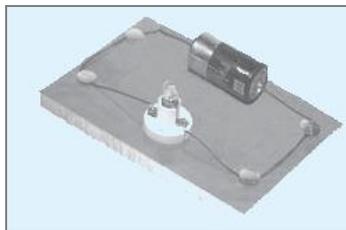
Anda pasti berpikir bagaimana halnya dengan muatan listrik negatif? Apakah muatan listrik negatif tidak dapat mengalir? Pada perkembangan selanjutnya, setelah elektron ditemukan oleh ilmuwan fisika J.J. Thompson (1856–1940), ternyata muatan yang mengalir pada suatu penghantar bukanlah muatan listrik positif, melainkan muatan listrik negatif yang disebut elektron.

Arah aliran elektron dari potensial rendah ke potensial tinggi (berlawanan dengan arah aliran muatan positif). Namun hal ini tidak menjadikan masalah, karena banyaknya elektron yang mengalir dalam suatu penghantar sama dengan banyaknya muatan listrik positif yang mengalir, hanya arahnya yang berlawanan. Jadi, arus listrik tetap didefinisikan ber-dasarkan aliran muatan positif yang disebut arus konvensional.

## 2

### Kuat Arus Listrik

Anda telah mengetahui tentang pengertian arus listrik, yaitu aliran muatan listrik positif pada suatu penghantar dari potensial tinggi ke potensial rendah. Agar lebih memahami tentang arus listrik.



Gambar 3. Aliran Muatan Listrik

Pada baterai terdapat dua kutub yang potensialnya berbeda. Jika kedua kutub tersebut dihubungkan dengan lampu melalui kabel, maka akan terjadi perpindahan elektron dari kutub negatif ke kutub positif atau terjadi arus listrik dari kutub positif ke kutub negatif, sehingga lampu dapat menyala.

Selanjutnya, jika baterai yang digunakan dua buah, maka lampu akan menyala lebih terang. Jika baterai yang digunakan tiga buah, maka lampu menyala makin terang. Mengapa demikian? Hal ini disebabkan beda potensial kutub positif dan kutub negatifnya makin besar sehingga muatan-muatan listrik yang mengalir pada penghantar makin banyak atau arus listriknya makin besar. Besarnya arus listrik (disebut kuat arus listrik) sebanding dengan banyaknya muatan listrik yang mengalir. Kuat arus listrik merupakan kecepatan aliran muatan listrik. Dengan demikian, yang dimaksud dengan

kuat arus listrik adalah jumlah muatan listrik yang melalui penampang suatu penghantar setiap satuan waktu. Bila jumlah muatan  $q$  melalui penampang penghantar dalam waktu  $t$ , maka kuat arus  $I$  secara matematis dapat ditulis sebagai berikut.

$$I = \frac{q}{t} \text{ atau } q = It$$

Keterangan:

$I$  : kuat arus listrik (A)

$q$  : muatan listrik yang mengalir (C)

$t$  : waktu yang diperlukan (s)

Berdasarkan persamaan tersebut, dapat disimpulkan bahwa satu coulomb adalah muatan listrik yang melalui sebuah titik dalam suatu penghantar dengan arus listrik tetap satu ampere dan mengalir selama satu sekon.

Mengingat muatan elektron sebesar  $-1,6 \times 10^{-19}$  C, (tanda negatif (-) menunjukkan jenis muatan negatif), maka banyaknya elektron ( $n$ ) yang menghasilkan muatan 1 coulomb dapat dihitung sebagai berikut.

$$1 \text{ C} = n \times \text{besar muatan elektron}$$

$$1 \text{ C} = n \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

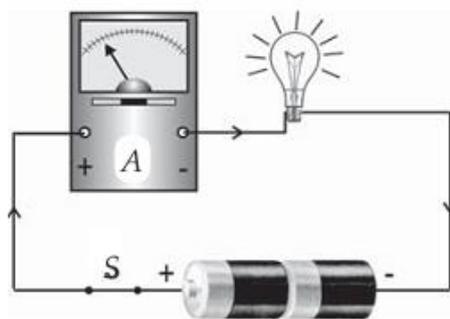
$$n = \frac{1}{1,6 \times 10^{-19}}$$

$$n = 6,25 \times 10^{18}$$

Jadi, dapat dituliskan  $1 \text{ C} = 6,25 \times 10^{18}$  elektron.

## 1. Mengukur Kuat Arus Listrik

Bagaimana cara mengetahui besarnya arus listrik? Alat yang dapat digunakan untuk mengukur kuat arus listrik adalah amperemeter. Pada pengukuran kuat arus listrik, amperemeter disusun seri pada rangkaian listrik sehingga kuat arus yang mengalir melalui amperemeter sama dengan kuat arus yang mengalir pada penghantar. Perhatikan Gambar 4!



Gambar 4. Amperemeter Dipasang Seri

Cara memasang amperemeter pada rangkaian listrik adalah sebagai berikut.

- a. Terminal positif amperemeter dihubungkan dengan kutub positif sumber tegangan (baterai).
- b. Terminal negatif amperemeter dihubungkan dengan kutub negatif sumber tegangan (baterai).

Jika sakelar pada rangkaian dihubungkan, maka lampu pijar menyala dan jarum pada amperemeter menyimpang dari angka nol. Besar simpangan jarum penunjuk pada amperemeter tersebut menunjukkan besar kuat arus yang mengalir.

Jika sakelar dibuka, maka lampu pijar padam dan jarum penunjuk pada amperemeter kembali menunjuk angka nol. Artinya tidak ada aliran listrik pada rangkaian tersebut. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa arus listrik hanya mengalir pada rangkaian tertutup.

## 2. Sakelar dan Sekering

Sakelar adalah alat yang berfungsi menghubungkan dan memutuskan arus listrik dalam waktu sementara. Dalam rangkaian listrik, sakelar dipasang secara seri. Ketika sakelar bekerja, rangkaian listrik tertutup dan arus listrik mengalir. Ketika sakelar tidak bekerja, maka rangkaian listrik menjadi terbuka, sehingga arus listrik tidak mengalir.

Sakelar dalam rangkaian listrik dibedakan menjadi dua macam, yaitu sakelar satu kutub dan sakelar tukar. Sakelar satu kutub digunakan untuk menyambung atau memutus arus pada satu cabang rangkaian, sedangkan sakelar tukar digunakan untuk menyambung dan memutus arus pada dua cabang rangkaian secara bergantian.



(a) Simbol Sakelar Satu Kutub



(b) Simbol Sakelar Tukar

Gambar 5. Jenis Sakelar

Sekering mempunyai fungsi sebagai pemutus arus listrik secara otomatis. Sekering terbuat dari logam bertitik lebur rendah yang berupa kawat halus. Jika arus listrik yang lewat terlalu besar atau melebihi kapasitas, maka kawat ini akan meleleh dan putus



sehingga aliran arus listrik akan berhenti. Misalnya, jika terjadi korsleting (hubungan pendek), maka kuat arus akan membesar. Arus yang besar ini dapat memanaskan kawat sekering sampai meleleh dan akhirnya putus.



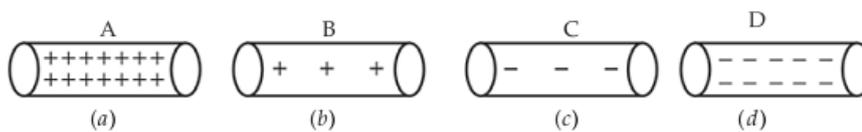
(a) Skema Sekering (b) Macam-macam Bentuk Sekering  
Gambar 6. Sekering

Sekering tidak hanya dipasang pada instalasi listrik rumah tangga saja, tetapi juga dipasang pada alat-alat listrik yang lain, seperti televisi, komputer, dan radio.

### 3

## Beda Potensial

Potensial listrik adalah banyaknya muatan yang terdapat dalam suatu benda. Suatu benda dikatakan mempunyai potensial listrik lebih tinggi daripada benda lain, jika benda tersebut memiliki muatan positif lebih banyak daripada muatan positif benda lain.



Gambar 7. Muatan listrik pada beberapa benda

Pada Gambar 7, terlihat bahwa benda A memiliki muatan positif paling banyak sehingga benda A mempunyai potensial listrik paling tinggi, disusul benda B, C, baru kemudian D. Apa yang dimaksud dengan beda potensial?

Beda potensial listrik (tegangan) timbul karena dua benda yang memiliki potensial listrik berbeda dihubungkan oleh suatu penghantar. Beda potensial ini berfungsi untuk mengalirkan muatan dari satu titik ke titik lainnya. Satuan beda potensial adalah volt (V). Alat yang digunakan untuk mengukur beda potensial listrik disebut voltmeter. Secara matematis beda potensial dapat dituliskan sebagai berikut.

$$V = \frac{W}{q}$$

Keterangan:

V : beda potensial (V)

W: usaha/energi (J)

$q$  : muatan listrik (C)

Saat mengukur beda potensial listrik, voltmeter harus dipasang secara paralel dengan benda yang diukur beda potensialnya. Untuk memasang voltmeter, Anda tidak perlu memotong rangkaian, namun cukup menghubungkan ujung yang potensialnya lebih tinggi ke kutub positif dan ujung yang memiliki potensial lebih rendah ke kutub negatif.

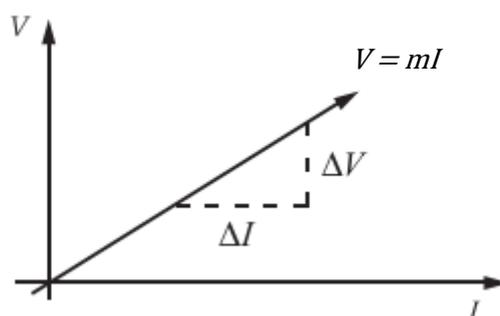
4

## Hukum Ohm

Pada rangkaian listrik tertutup, terjadi aliran arus listrik. Arus listrik mengalir karena adanya beda potensial antara dua titik pada suatu penghantar, seperti pada lampu senter, radio, dan televisi. Alat-alat tersebut dapat menyala (berfungsi) karena adanya aliran listrik dari sumber tegangan yang dihubungkan dengan peralatan tersebut sehingga menghasilkan beda potensial.

Orang pertama yang menyelidiki hubungan antara kuat arus listrik dengan beda potensial pada suatu penghantar adalah Georg Simon Ohm, ahli fisika dari Jerman. Ohm berhasil menemukan hubungan secara matematis antara kuat arus listrik dan beda potensial, yang kemudian dikenal sebagai Hukum Ohm. Untuk mengetahui hubungan tersebut.

Anda ketahui bahwa makin besar beda potensial yang ditimbulkan, maka kuat arus yang mengalir makin besar pula. Besarnya perbandingan antara beda potensial dan kuat arus listrik selalu sama (konstan). Jadi, beda potensial sebanding dengan kuat arus ( $V \sim I$ ). Secara matematis dapat Anda tuliskan  $V = m \times I$ ,  $m$  adalah konstanta perbandingan antara beda potensial dengan kuat arus. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar grafik berikut!



Gambar 8. Grafik Hubungan Antara Kuat Arus Dengan Beda potensial

Berdasarkan grafik di atas, nilai  $m$  dapat Anda peroleh dengan persamaan  $m = \frac{\Delta V}{\Delta I}$ . Nilai  $m$  yang tetap ini kemudian didefinisikan sebagai besaran hambatan listrik yang dilambangkan  $R$  dan diberi satuan ohm ( $\Omega$ ), untuk menghargai George Simon Ohm. Jadi, persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut.

$$R = \frac{V}{I} \text{ atau } V = IR$$

Keterangan:

$V$  : beda potensial atau tegangan (V)

$I$  : kuat arus (A)

$R$  : hambatan listrik ( $\Omega$ )

Persamaan di atas dikenal sebagai Hukum Ohm, yang berbunyi “*Kuat arus yang mengalir pada suatu penghantar sebanding dengan beda potensial antara ujung-ujung penghantar itu dengan syarat suhunya konstan/tetap.*”

Pada kehidupan sehari-hari, kadang kita menemukan sebuah alat listrik yang bertuliskan 220V/2A. Tulisan tersebut dibuat bukan tanpa tujuan. Tulisan tersebut menginformasikan bahwa alat tersebut akan bekerja optimal dan tahan lama (awet) ketika dipasang pada tegangan 220V dan kuat arus 2A. Bagaimana kalau dipasang pada tegangan yang lebih tinggi atau lebih rendah? Misalnya, ada 2 lampu yang bertuliskan 220V/2A, masing-masing dipasang pada tegangan 440V dan 55V. Apa yang terjadi?



Gambar 9. Bola lampu yang bertuliskan 220V/2A

Tulisan 220V/2A menunjukkan bahwa lampu tersebut mempunyai hambatan sebesar  $R = \frac{220V}{2A} = 110\Omega$ . Jadi, arus listrik yang diperbolehkan mengalir sebesar 2A dan tegangannya sebesar 220V. Jika dipasang pada tegangan 440V, maka akan



mengakibatkan kenaikan arus menjadi  $I = \frac{V}{R} = \frac{440V}{110\Omega} = 4A$ . Arus sebesar ini mengakibatkan lampu tersebut bersinar sangat terang tetapi tidak lama kemudian menjadi putus/rusak. Begitu juga apabila lampu tersebut dipasang pada tegangan 55V, maka arus akan mengalami penurunan menjadi  $I = \frac{V}{R} = \frac{55V}{110\Omega} = 0,5A$ . Arus yang kecil ini mengakibatkan lampu menjadi redup (tidak terang). Oleh karena itu, perhatikan selalu petunjuk penggunaan apabila menggunakan alat-alat listrik.

5

## Hambatan Listrik

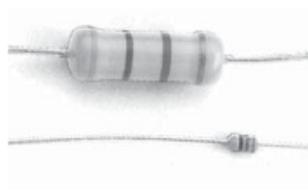
Berdasarkan persamaan hukum Ohm, hambatan listrik dapat didefinisikan sebagai hasil bagi beda potensial antara ujung-ujung penghantar dengan kuat arus yang mengalir pada penghantar tersebut. Untuk mengenang jasa George Simon Ohm, namanya dipakai sebagai satuan hambatan listrik, yaitu ohm. Suatu penghantar dikatakan mempunyai hambatan satu ohm apabila dalam penghantar tersebut mengalir arus listrik sebesar satu ampere yang disebabkan adanya beda potensial di antara ujung-ujung penghantar sebesar satu volt.

### 1. Jenis-Jenis Hambatan

Pada kehidupan sehari-hari dikenal beberapa jenis hambatan (resistor) yang sering digunakan sesuai kebutuhannya. Jenis-jenis hambatan (resistor) tersebut, antara lain, resistor tetap dan resistor variabel.

#### a. Resistor Tetap

Pada resistor tetap yang biasanya dibuat dari karbon atau kawat nikrom tipis, nilai hambatannya disimbolkan dengan warna-warna yang melingkar pada kulit luarnya. Simbol warna-warna tersebut mempunyai arti sesuai dengan letaknya. Perhatikan Tabel 1!



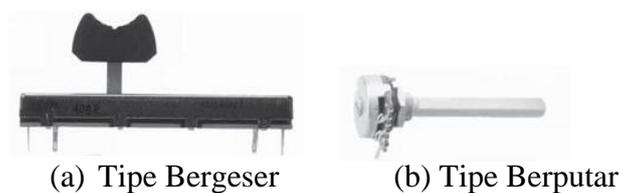
Gambar 10. Resistor Tetap

Tabel 1 Kode Warna Resistor

Warna	Pita ke-1 Angka ke-1	Pita ke-2 Angka ke-2	Pita ke-3 Angka nol	Pita ke-4 Akurasi
Hitam	0	0	-	-
Coklat	1	1	0	$\pm 1\%$
Merah	2	2	00	$\pm 2\%$
Oranye	3	3	000	-
Kuning	4	4	0 000	-
Hijau	5	5	00 000	-
Biru	6	6	000 000	-
Ungu	7	7	-	-
Abu-abu	8	8	-	-
Putih	9	9	-	-
Emas	-	-	$\times 0,1$	$\pm 5\%$
Perak	-	-	$\times 0,01$	$\pm 10\%$
Tanpa pita	-	-	-	$\pm 20\%$

Warna pada pita ke-1 menunjukkan angka pertama, pita ke-2 menunjukkan angka ke-2, pita ke-3 menunjukkan banyaknya angka nol, dan pita ke-4 menunjukkan tingkat akurasi. Resistor tetap yang dipasang pada rangkaian listrik seperti radio, televisi, dan komputer berfungsi untuk mengatur kuat arus listrik dan beda potensial pada nilai-nilai tertentu sehingga komponen-komponen listrik pada rangkaian tersebut dapat berfungsi dengan baik.

#### b. Resistor Variabel



Gambar 11. Macam-macam Resistor Variabel

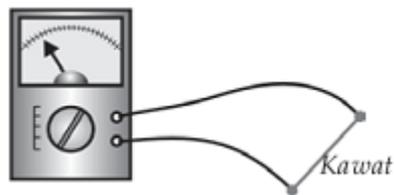
Di pasaran, resistor variabel yang kita kenal ada dua, yaitu resistor variabel tipe berputar dan bergeser (*rheostat*). Pada prinsipnya, cara kerja kedua resistor ini adalah sama, yaitu memutar atau menggeser kontak luncur untuk menambah atau mengurangi nilai hambatan sesuai kebutuhan. Resistor variabel ini dapat kita temui pada sistem volume di radio, tape recorder, dan alat-alat elektronik lainnya.

## 2. Mengukur Hambatan

Anda telah dapat mengukur besar kuat arus maupun beda potensial pada suatu penghantar. Sekarang, bagaimana caranya mengukur besar hambatan listrik? Untuk mengukur hambatan listrik ada dua cara, yaitu secara langsung dan tidak langsung.

### a. Mengukur Hambatan Secara Langsung

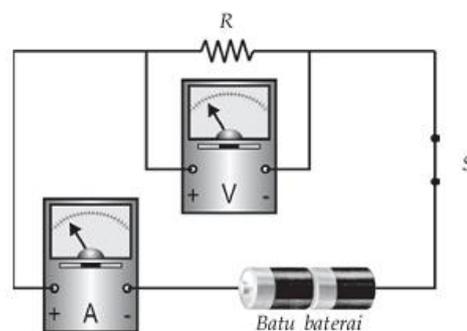
Anda tentu telah mengenal multimeter, yaitu alat yang dapat digunakan untuk mengukur kuat arus, beda potensial, dan hambatan. Untuk mengukur hambatan dengan menggunakan multimeter, terlebih dahulu kita putar sakelar pilih pada multimeter ke arah yang bertanda R. Dengan demikian, multimeter telah berfungsi sebagai ohmmeter (pengukur hambatan). Hubungkan ujung-ujung terminal multimeter dengan ujung-ujung benda yang akan diukur hambatannya, kemudian perhatikan skala yang ditunjukkan pada multimeter!



Gambar 12. Mengukur Hambatan Secara Langsung

### b. Mengukur Hambatan Secara Tidak Langsung

Selain menggunakan multimeter, Anda juga dapat menggabungkan voltmeter dan amperemeter secara bersama-sama pada rangkaian listrik yang diukur hambatannya. Voltmeter dipasang secara paralel, sedangkan amperemeter dipasang seri dengan benda yang akan diukur hambatannya.



Gambar 13. Pemasangan Amperemeter dan Voltmeter Pada Rangkaian



Setelah rangkaian terpasang seperti terlihat pada Gambar 12, bacalah skala yang ditunjukkan voltmeter maupun amperemeter, kemudian hitunglah nilai hambatan R dengan persamaan hukum Ohm!

$$R = \frac{V}{I} \text{ atau } R = \frac{\text{skala yang terbaca pada voltmeter}}{\text{skala yang terbaca pada amperemeter}}$$

Untuk ketelitian yang lebih baik, ulangilah pengukuran tersebut dengan cara mengubah-ubah beda potensialnya (dengan 1 baterai, 2 baterai, 3 baterai, dan 4 baterai)!

### 3. Hambatan pada Kawat Penghantar

Kawat penghantar yang dipakai pada kawat listrik pasti mempunyai hambatan, meskipun nilainya kecil. Untuk menyelidiki faktor-faktor yang memengaruhi besarnya hambatan suatu penghantar, dapat diperoleh kesimpulan bahwa hambatan listrik suatu kawat penghantar dipengaruhi oleh panjang kawat ( $l$ ), hambatan jenis kawat ( $\rho$ ), dan luas penampang kawat ( $A$ ). Secara matematis, hubungan ketiga faktor tersebut dapat dituliskan sebagai berikut.

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

Keterangan:

$R$  : hambatan kawat penghantar ( $\Omega$ )

$l$  : panjang kawat penghantar (m)

$A$  : luas penampang kawat penghantar ( $\text{m}^2$ )

$\rho$  : hambatan jenis kawat penghantar ( $\Omega \text{ m}^2$ )

Terlihat bahwa apabila kawat penghantar makin panjang dan hambatan jenisnya makin besar, maka nilai hambatannya bertambah besar. Tetapi apabila luas penampang kawat penghantar makin besar, ternyata nilai hambatannya makin kecil. Untuk nilai hambatan jenis suatu penghantar besar kecilnya sudah ditentukan para ilmuwan. Perhatikan Tabel 2 berikut!



Tabel 2 Nilai Hambatan Jenis Berbagai Bahan

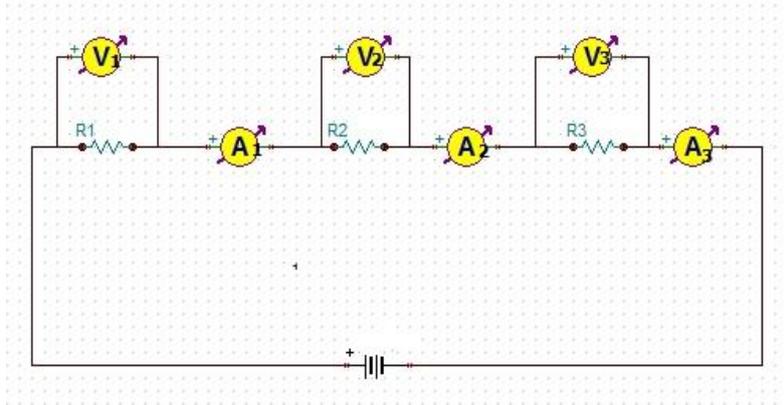
No.	Nama Zat	Hambatan Jenis (ohm.m)	No.	Nama Zat	Hambatan Jenis (ohm.m)
1	Air	$10^2$	13	Karet	$10^8 - 10^{13}$
2	Air suling	$10^3 - 10^5$	14	Mangan	$4,3 \times 10^{-7}$
3	Alkohol	$5 \times 10^4$	15	Mika	$10^{13}$
4	Aluminium	$2,9 \times 10^8$	16	Minyak tanah	$10^{14}$
5	Asam sulfat	$2,5 \times 10^2$	17	Parafin	$10^{14}$
6	Bakelit	$10^5 - 10^{10}$	18	Perak	$1,6 \times 10^{-8}$
7	Besi	$8,6 \times 10^{-8}$	19	Porselin	$10^{12} - 10^{14}$
8	Ebonit	$10^{13} - 10^{16}$	20	Tembaga	$1,7 \times 10^{-14}$
9	Emas	$2,3 \times 10^{-8}$	21	Timbal	$2,1 \times 10^{-7}$
10	Kaca	$10^{11} - 10^{14}$	22	Wolfram	$5,6 \times 10^{-8}$
11	Karbon	$6 \times 10^5$	23	Konstanta	$5 \times 10^{-7}$
12	Raksa	$9,58 - 10^{-7}$			

Sumber: Fisika, Kane & Sternheim, 1991.

Tegangan listrik di rumah Anda, mungkin pernah mengalami penurunan. Kejadian tersebut biasanya terlihat pada malam hari ketika semua alat listrik dan lampu dinyalakan, ternyata nyala lampu sedikit redup. Hal ini disebabkan tegangan harus melewati kawat yang sangat panjang untuk sampai ke rumah Anda dari gardu induk PLN. Padahal makin panjang kawat yang digunakan, makin besar hambatannya. Menurut hukum Ohm,  $V = IR$ , makin besar harga hambatan (R), makin besar pula beda potensial/tegangan (V). Beda potensial yang dimaksud adalah beda potensial yang hilang pada kawat penghantar. Oleh karena itu, bila tegangan listrik di rumah Anda ukur, ternyata besarnya kurang dari 220 volt, seperti yang tertulis pada PLN.



## A. Rangkaian Seri



Gambar 14. Gambar Rangkaian Seri

Pada hubungan seri, komponen-komponen listrik dialiri oleh arus listrik yang sama besar. Hambatan gabungan ( $R_{gab}$ ) beberapa hambatan yang terhubung secara seri dapat dituliskan sebagai berikut:

$$R_{gab} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Bila diterapkan hukum Ohm pada rangkaian akan didapat:

$$V_1 = I R_1 \text{ dan } V = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$\text{Sehingga } \frac{V_1}{V} = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} \text{ atau } V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} \times V$$

**Empat Prinsip susunan seri**

1. Susunan seri bertujuan untuk memperbesar hambatan suatu rangkaian
2. Kuat arus melalui tiap-tiap komponen sama, yaitu sama dengan kuat arus yang melalui hambatan pengganti serinya.

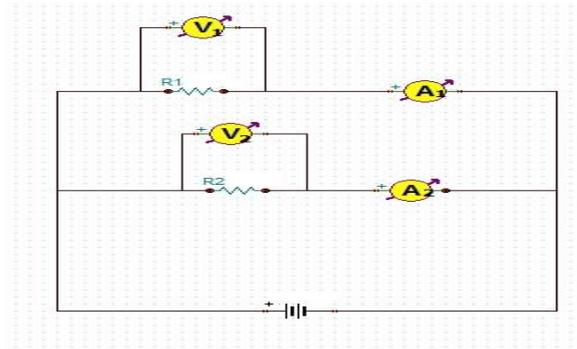
$$I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$$

3. Tegangan pada ujung-ujung hambatan pengganti seri sama dengan jumlah tegangan pada ujung-ujung tiap komponen

$$V_{seri} = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$$

4. Susunan seri berfungsi sebagai pembagi tegangan dimana tegangan pada ujung-ujung tiap komponen sebanding dengan hambatannya.

## B. Rangkaian Paralel



Gambar 15. Gambar Rangkaian Paralel

Gambar 2.2 dapat digantikan oleh sebuah hambatan pengganti paralel  $R_p$  bernilai  $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$  atau  $R_p = \frac{\text{perkalian}}{\text{penjumlahan}} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$ . Pada hubungan paralel, komponen-komponen listrik mendapatkan beda potensial yang sama besar dengan menggunakan Hukum Kirchhoff diperoleh

$$I = I_1 + I_2 \quad \text{atau} \quad V_1 = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} = V \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{V}{R_{gab}}$$

Hambatan gabungan beberapa hambatan yang terhubung secara paralel dapat dituliskan sebagai berikut:

### Empat Prinsip susunan Paralel

1. Susunan paralel bertujuan untuk memperkecil hambatan suatu rangkaian
2. Tegangan tiap-tiap komponen sama, yaitu sama dengan tegangan pada ujung-ujung hambatan penggantinya.

$$V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$$

3. Kuat arus yang melalui hambatan pengganti paralel sama dengan jumlah kuat arus tiap-tiap komponen

$$I_{paralel} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

4. Susunan paralel berfungsi sebagai pembagi arus dimana kuat arus pada ujung-ujung tiap komponen sebanding dengan hambatannya.

7

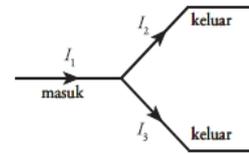
## Hukum Kirchoff

Berdasarkan keterangan pada subbab sebelumnya, kalian telah mengetahui bahwa rangkaian seri merupakan rangkaian pembagi tegangan. Sementara rangkaian paralel merupakan rangkaian pembagi arus. Faktor apakah yang mempengaruhi pembagian arus pada rangkaian paralel?

Coba kalian perhatikan kembali contoh-contoh rangkaian paralel di depan. Pada rangkaian paralel, kita menemukan beberapa titik cabang. Kuat arus yang mengalir dari sumber tegangan akan tersebar ke seluruh cabang tanpa terkecuali. Hanya saja, besar arus pada setiap cabang tidak sama besar.

### 1. Hukum Kirchoff I Tentang Arus di Percabangan

Ilmuwan yang menyelidiki besar arus yang melewati suatu percabangan adalah **Gustav Robert Kirchoff**. Perhatikan Gambar 3.1. pada percabangan tersebut, besar  $I_1$  sama dengan besar  $I_2$  ditambah besar  $I_3$ . Ini merupakan contoh penerapan Hukum Kirchoff I yang menyatakan :



Gambar 16  
Arus Pada Titik Percabangan

“Jumlah kuat arus listrik yang masuk ke suatu simpul (titik percabangan) sama dengan jumlah arus listrik yang keluar dari titik simpul tersebut.”Hukum Kirchoff I dapat dituliskan dalam bentuk persamaan :

$$\Sigma I_{\text{masuk}} = \Sigma I_{\text{keluar}}$$

Lalu, bagaimanakah penerapan hukum Kirchoff? Perhatikan Gambar 3.2. kalian telah mengetahui bahwa pada rangkaian paralel yang terdiri dari beberapa resistor, besar tegangan disetiap percabangan (simpul) sama besar. Atau dapat dituliskan :

$$V_{AB} = V_{CD} = V_{EF} = V$$

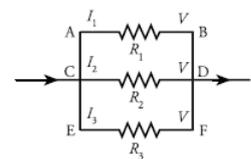
Dengan menerapkan Hukum Ohm, kita mendapatkan persamaan berikut :

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 = I_3 R_3$$

Atau,

$$I_1 : I_2 : I_3 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3}$$

Persamaan ini memberikan pengertian bahwa besarnya arus yang melewati percabangan tergantung dari besar hambatan yang terdapat pada percabangan tersebut. Semakin besar hambatan, semakin kecil arus yang mengalir. Sebaliknya, semakin kecil hambatan, semakin besar arus yang mengalir.



gambar 17. arus yang mengalir pada setiap cabang besarnya tidak sama. Sementara tegangan pada setiap cabang sama besar

### 2. Gaya Gerak Listrik (GGL) dan Tegangan Jepit



Beda potensial dari sebuah sumber tegangan dapat diketahui jika dihubungkan dengan hambatan, misalnya lampu, radio, atau alat elektronik yang lain. Apakah ini berarti, jika sumber tegangan tidak dihubungkan dengan hambatan, tidak mempunyai potensial? Walaupun arus tidak mengalir, sebuah sumber tegangan tetap memiliki beda potensial.

Ketika mempelajari alat ukur listrik, kalian telah mengetahui bahwa setiap alat ukur mempunyai hambatan dalam. Demikian pula sumber tegangan. Sumber tegangan, misalnya baterai, aki (*accu*), dan sumber tegangan lain, juga mempunyai hambatan dalam. Hambatan dalam ini menyebabkan adanya beda potensial di antara kutub-kutubnya, walaupun arus tidak mengalir.

Ketika arus tidak mengalir, beda potensial di antara kedua kutub (disebut juga polaritas) sumber tegangan disebut **gaya gerak listrik** (ggl). Namun, jika arus listrik mengalir, beda potensial pada polaritas sumber tegangan disebut **tegangan jepit** ( $V_{jepit}$ ). Lalu, bagaimanakah hubungan gaya gerak listrik dengan tegangan jepit?

Kita tahu bahwa di dalam sumber tegangan, misalnya baterai, terdapat hambatan dalam (disimbolkan dengan huruf  $r$ ). jika arus mengalir, hambatan dalam ini akan menghambat arus. Akibatnya, tegangan yang seharusnya dihasilkan (ggl) berkurang sebesar  $IR$ . Tegangan akhir yang biasanya kita ukur inilah yang disebut *tegangan jepit*. Jadi, hubungan antara tegangan jepit dengan gaya gerak listrik diberikan dengan persamaan :

$$V_{jepit} = E - Ir$$

Jika tegangan jepit ini dihubungkan dengan sebuah hambatan luar  $R$ , maka besar arus yang mengalir dalam rangkaian adalah,

$$I = \frac{V_{jepit}}{R_{tot}} = \frac{E}{R + r}$$

**Keterangan:**  $V_{jepit}$  = tegangan jepit (volt)  
 $E$  = gaya gerak listrik (volt)  
 $I$  = kuat arus (A)  
 $R$  = hambatan luar ( $\Omega$ )  
 $r$  = hambatan dalam sumber tegangan ( $\Omega$ )

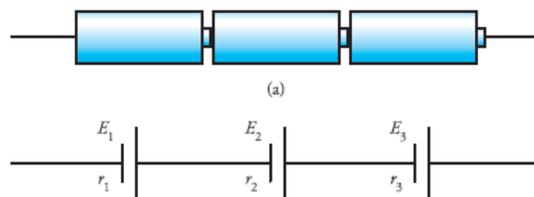
Walaupun ggl dan tegangan jepit merupakan dua hal berbeda, tetapi dalam pemakaiannya sering dianggap sama. Ini terjadi karena hambatan dalam pada sumber tegangan dianggap tidak ada.



Coba perhatikan susunan baterai pada sebuah radio. Bagaimanakah susunan baterainya? Pada umumnya baterai radio disusun secara seri. Penyusunan seri ini bertujuan untuk memperbesar tegangan yang dihasilkan. Lalu, bagaimanakah jika baterai disusun paralel? Untuk mengetahui lebih lanjut, simaklah penjelasan berikut.

### a. Rangkaian Seri Sumber Tegangan

Sebuah baterai biasanya mempunyai ggl 1,5 volt. Jika sebuah radio membutuhkan tegangan 6 volt, biasanya menggunakan 4 buah baterai yang disusun secara seri. Ini menunjukkan bahwa beberapa sumber tegangan yang dirangkai seri akan meningkatkan besarnya ggl.



Gambar 18. Tiga Buah Baterai Disusun Seri

Jika kita mempunyai  $n$  buah baterai yang dirangkai seri, maka besar ggl gabungannya adalah sebagai berikut.

$$E_{\text{seri}} = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n$$

Atau dapat dituliskan

$$E_S = \sum_{i=1}^n E_i$$

Bagaimanakah dengan besar hambatan dalamnya? Karena hambatan dalam tersusun seri dengan ggl. Maka hambatan dalam total dari gabungan seri sumber tegangan diberikan dengan persamaan berikut :

$$r_{\text{seri}} = r_1 + r_2 + \dots + r_n$$

$$r_S = \sum_{i=1}^n r_i$$

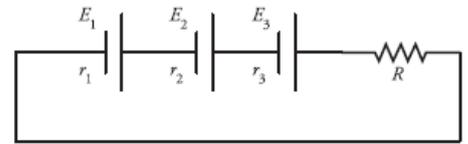
Jika besar ggl dan  $r$  pada tiap

baterai sama besar, maka

$$I = \frac{\sum E}{(\sum r) + R}$$

Lalu, berapa besarkah arus yang mengalir jika rangkaian sumber tegangan tersebut dihubungkan dengan hambatan luar, seperti Gambar 3.4?

Berdasarkan prinsip tegangan jepit, besar arus yang mengalir pada rangkaian tersebut adalah sebagai berikut.



Gambar 19. Rangkaian Baterai Dengan Hambatan Luar

$$\begin{aligned} E_s &= nE \\ r_s &= nr \end{aligned}$$

Jika  $E = E_1 = E_2 = \dots = E_n$  dan  $r = r_1 = r_2 = \dots = r_n$ , maka besar arus yang mengalir pada rangkaian adalah :

$$I = \frac{nE}{nr + R}$$

Hambatan luar pada persamaan ini dapat berupa 1 buah hambatan, maupun rangkaian beberapa hambatan. Jika hambatan luar terdiri dari beberapa hambatan yang dirangkai (baik secara seri maupun paralel),  $R$  yang digunakan adalah  $R$  pengganti ( $R_s$  atau  $R_p$ ).

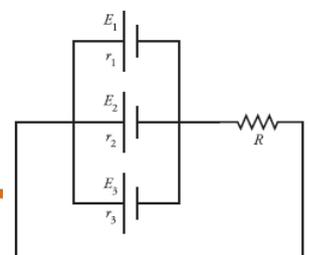
### b. Rangkaian Paralel Sumber Tegangan

Jika kita mempunyai beberapa sumber tegangan, kita dapat merangkainya secara paralel. Ketika dirangkai secara paralel, ggl total hasil rangkaian besarnya tidak berubah. Sementara arus yang dihasilkan dari rangkaian paralel sumber tegangan akan menjadi lebih besar. Ini disebabkan karena ketika baterai dirangkai paralel, maka hambatan dalam dari setiap baterai juga terangkai paralel. Padahal kita tahu bahwa rangkaian paralel beberapa hambatan akan memperkecil hambatan. Akibat hambatan dalam yang lebih kecil, sementara tegangannya tetap, maka arus yang mengalir akan lebih besar. Jadi, pada rangkaian paralel sumber tegangan berlaku persamaan-persamaan :

$$\begin{aligned} E_p &= E_1 = E_2 = E_3 = \dots = E_n = E \\ \frac{1}{r_p} &= \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \dots + \frac{1}{r_n} \end{aligned}$$

Biasanya, sumber tegangan yang disusun paralel adalah sumber tegangan yang sama. Artinya ggl dan  $r$  yang dimiliki tiap sumber, sama besar. Ini memberikan hambatan dalam total sebesar :

$$r_p = \frac{r}{n}$$



Jika rangkaian sumber tegangan ini dihubungkan dengan hambatan luar (lihat gambar 3.5), maka besar arus yang mengalir dinyatakan dengan persamaan :

$$I = \frac{E}{r_p + R}$$

Atau dapat dituliskan:

$$I = \frac{E}{\frac{r}{n} + R}$$

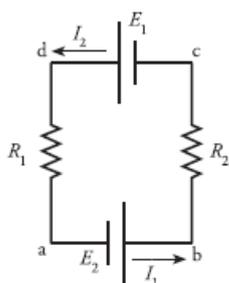
**Keterangan:**  $E$  = ggl 1 buah sumber tegangan (V)  
 $r$  = hambatan dalam ( $\Omega$ )  
 $R$  = hambatan luar ( $\Omega$ )  
 $n$  = jumlah sumber tegangan

Gambar 20. Rangkaian paralel sumber tegangan dihubungkan dengan hambatan luar

Jika kalian menghubungkan sebuah lampu senter hanya dengan salah satu kutub baterai, lampu tidak dapat menyala. Agar lampu menyala, kedua kutub baterai harus dihubungkan ke lampu senter. Rangkaian yang diawali di kutub positif baterai dan berakhir di kutub negatif disebut rangkaian tertutup atau loop.

Selain merumuskan hukumnya yang pertama, Kirchoff juga mengemukakan hukum lain tentang rangkaian tertutup. *Bagaimanakah Hukum Kirchoff II menjelaskan rangkaian tertutup?* Mari kita pelajari selanjutnya.

## 9 Hukum kirchoff II



Gambar 21. Skema rangkaian tertutup dengan 2 sumber tegangan dan 2 hambatan

Dengan menerapkan Hukum Ohm dan Hukum Kirchoff I, kalian dapat mencari besar arus dan tegangan pada rangkaian dengan satu sumber tegangan. Namun, bagaimanakah kita mencari arus dan tegangan jika pada rangkaian terdapat lebih dari satu sumber tegangan? Perhatikan Gambar 3.6.

besar arus dan tegangan pada resistor dengan menggunakan prinsip Hukum Kirchoff II yang menyatakan: “pada rangkaian tertutup, jumlah aljabar gaya gerak listrik ( $E$ ) dan dengan penurunan tegangan ( $iR$ ) sama dengan nol.” Hukum Kirchoff II tersebut dapat dituliskan dalam bentuk persamaan berikut :

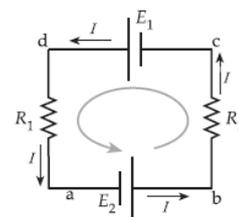
$$\sum E + \sum IR = 0$$

$$\sum E = \sum IR$$

**Keterangan:**  $E$  = gaya-gerak listrik (volt)  
 $I$  = kuat arus (A)  
 $R$  = hambatan (ohm)

Perhatikan kembali rangkaian pada Gambar 3.6. rangkaian tersebut merupakan rangkaian tertutup dengan **loop tunggal** (1 loop). Untuk menganalisis rangkaian tersebut, kita dapat menggunakan hukum kirchoff II dengan mengikuti langkah berikut :

- Memilih arah loop. Agar lebih mudah, arah loop dapat ditentukan searah dengan arah arus yang berasal dari sumber tegangan yang paling besar dan mengabaikan arus dari sumber tegangan yang kecil (ingat, arah arus bermula dari kutub positif menjadi kutub negative).
- setelah arah loop ditentukan, perhatikan arah arus pada percabangan. Jika arah arus sama dengan arah loop, penurunan tegangan ( $IR$ ) bertanda positif. Namun, jika arah arus berlawanan dengan arah loop,  $IR$  bertanda negative.
- Jika arah loop menjumpai kutub positif pada sumber tegangan lain, maka nilai  $E$  positif. Namun, jika yang dijumpai lebih dulu adalah kutub negative, maka  $E$  bertanda negative.



Gambar 22.  
Penentuan arah arus pada loop

Nah, dengan mengikuti langkah di atas, mari kita analisis bersama rangkaian tersebut. Pada rangkaian tersebut, jika  $E_2 > E_1$ , kita dapat menentukan arah loop seperti Gambar 3.7. (arah loop dari a-b-c-d-a). setelah menentukan arah loop, kita dapat menerapkan hukum Kirchoff II sebagai berikut :

$$IR_2 - E_1 + IR_1 - E_2 = 0$$

$$I(R_1 + R_2) = E_1 + E_2$$

Jadi, kuat arus yang mengalir pada rangkaian tersebut adalah :

$$I = \frac{E_1 + E_2}{R_1 + R_2}$$

## 1

### Sumber Tegangan DC Dan Penerapannya

#### a. Perbedaan Sumber Tegangan DC (*Direct Current*) dengan AC (*Alternating Current*)

AC adalah kependekan dari *Alternating Current* yang artinya arus bolak-balik sedangkan DC adalah kependekan dari *Direct Current* yang artinya arus searah. **AC dan DC** adalah jenis tegangan atau arus listrik dengan karakteristik, sifat, dan bentuk gelombang yang

berbeda, namun satuan dan besaran-besarannya sama yaitu: volt (V) untuk satuan tegangan, ampere (A) untuk satuan arus, dan watt (W) untuk satuan daya. Jika suatu alat menggunakan sumber tegangan AC, maka arus yang mengalir pada perangkat tersebut adalah arus AC, demikian juga jika suatu alat menggunakan sumber listrik DC, maka arus yang mengalir adalah arus DC. Untuk melihat perbedaan bentuk gelombang antara tegangan AC dan DC dapat digunakan alat ukur *Oscilloscope*.

*Oscilloscope* yang dilengkapi dengan tabung sinar katoda berfungsi untuk memproyeksikan sinyal listrik ke layar tabung katoda menjadi bentuk gelombang yang dapat dilihat, diamati, dan dipelajari. Seiring kemajuan teknologi, kini *Oscilloscope* sudah dalam bentuk perangkat digital dengan fitur yang lebih lengkap dan lebih sempurna. Dengan bantuan *oscilloscope*, hal-hal berikut ini dapat kita lakukan:

1. Melihat dan mengamati bentuk gelombang listrik
2. Mengukur tegangan peak to peak (puncak ke puncak)
3. Dapat melihat suatu distorsi gelombang listrik
4. Dapat melihat lebar pulsa, periode, dan waktu dari dua sinyal
5. Mengukur frekwensi gelombang listrik

#### **b. Tegangan dan Arus DC (Searah)**

Tegangan DC memiliki polaritas yang tetap yakni positif (+), nol (0), dan negatif (-). Tegangan DC tidak memiliki *phase* dan arus yang mengalir pun selalu dari polaritas yang lebih tinggi ke polaritas yang lebih rendah yakni dari positif ke negatif, dari positif ke nol, atau dari nol ke negatif karena polaritas nol lebih tinggi dari polaritas negatif. Dalam prakteknya, polaritas negatif umumnya menggunakan warna kabel merah sedangkan negatif menggunakan kabel berwarna hitam.

Contoh Sumber Tegangan DC (Searah):

1. *Battery (Accu/Accumulator/Aki)* cair yang mengandung asam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
2. *Battery Kering*
3. *Solar Cell*
4. *Power Supply* atau Adaptor

Contoh peralatan yang menggunakan sumber tegangan DC (Searah):

- |                    |                                |
|--------------------|--------------------------------|
| 1. Kamera Digital  | 6. Lampu <i>Emergency</i>      |
| 2. Telpon Seluler  | 7. Kalkulator                  |
| 3. <i>Handycam</i> | 8. <i>Remote Control</i>       |
| 4. MP3/ MP4 Player | 9. Mainan Anak                 |
| 5. Lampu Senter    | 10. Pointer (untuk presentasi) |

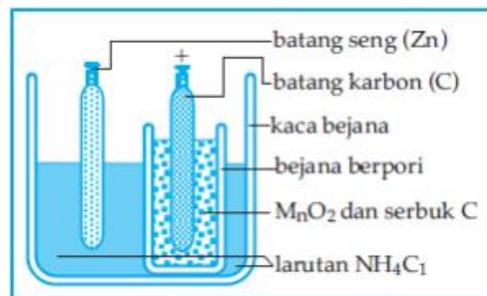




Gambar 23. Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Pada Sumber Tegangan DC

### a. Elemen Leclanche Basah

Elemen ini ditemukan oleh Leclanche pada tahun 1886 sehingga diberi nama elemen Leclanche. Berbeda dengan elemen Volta dan Daniel yang menggunakan elektrolit dari Asam Sulfat, elemen Leclanche menggunakan elektrolit larutan Ammonium Klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).



Gambar 27. Diagram Elemen Leclanche Basah

Elemen Leclanche ini terdiri dari bejana kaca yang berisi batang karbon (C) sebagai elektroda positif (+), batang seng (Zn) sebagai elektroda negatif (-), larutan Ammonium Klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) sebagai elektrolitnya, dan depolarisator terbuat dari Mangan Dioksida ( $\text{MnO}_2$ ) yang dicampur dengan bubuk karbon (C) dalam bejana yang dibuat berpori.

Cara kerja elemen Leclanche ini adalah sebagai berikut. Ion-ion yang ada dalam lempengan batang seng akan masuk ke dalam larutan ammonium klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), akibatnya batang seng akan menjadi negatif terhadap larutan Ammonium klorida, sedangkan Ammonium klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) terurai menjadi ion  $\text{NH}_4^+$  dan menembus bejana berpori menuju batang karbon serta memberikan muatan positifnya pada batang karbon. Reaksi pengikatan hidrogen dengan  $\text{MnO}_2$  ini berlangsung kurang cepat sehingga lama kelamaan terjadi juga polarisasi. GGL akan turun dari harga GGL semula (1,5 volt). Elemen Leclanche basah ini merupakan cikal bakal munculnya elemen kering Leclanche (baterai) seperti yang sering kita gunakan saat ini.

### b. Batu Baterai



Penemuan baterai diawali oleh penemuan **Galvani** yang menyelidiki listrik pada otot katak. Ketika Galvani menyentuh dua logam pada tubuh katak, ia melihat katak mengalami kejutan. Galvani percaya bahwa sumber otot katak atau saraf merupakan sumber muatan listrik. Sementara, logam atau kabel adalah alat yang mentransmisikan muatan-muatan ke titik yang sesuai. Selain penemuan Galvani, **Volta** juga mengemukakan bahwa konduktor yang lembab, seperti embun dan otot katak pada titik temu dua logam yang berbeda, merupakan hal penting agar rangkaian efektif.

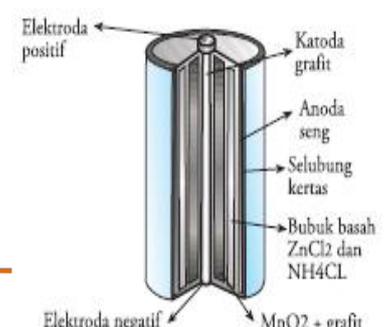
Dari penelitian Volta, ditemukan kombinasi-kombinasi logam yang menghasilkan efek yang lebih besar dari pada yang lainnya. Inilah awal penemuan baterai. Baterai menghasilkan listrik dengan mengubah zat kimia menjadi energi listrik. Baterai yang paling sederhana adalah baterai yang terdiri atas dua buah keping logam yang berbeda yang disebut dengan **elektroda**. Elektroda-elektroda tersebut dimasukkan dalam larutan asam cair yang disebut dengan **elektrolit**. Alat ini disebut juga sebagai **sel listrik**. Baterai atau elemen kering terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut:

- ✓ Kutub positif (anode) terbuat dari batang karbon (C),
- ✓ Kutub negatif (katode) terbuat dari seng (Zn),
- ✓ Larutan elektrolit terbuat dari amonium klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ),
- ✓ Dispolarisator terbuat dari mangan dioksida ( $\text{MnO}_2$ ).

Baterai disebut elemen kering, karena elektrolitnya merupakan campuran antara serbuk karbon, batu kawi, dan salmiak yang berwujud pasta (kering). Batang karbon (batang arang) memiliki potensial tinggi, sedangkan lempeng seng memiliki potensial rendah. Jika kedua elektrode itu dihubungkan dengan lampu maka lampu akan menyala. Hal ini membuktikan adanya arus listrik yang mengalir pada lampu. Ketika lampu menyala, larutan elektrolit akan bereaksi dengan seng. Adapun, reaksi kimia pada batu baterai adalah sebagai berikut.

1. Pada larutan elektrolit terjadi reaksi  $\text{Zn} + 2\text{NH}_4\text{Cl} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{Cl}^- + 2\text{NH}_3 + \text{H}_2$  (ditangkap dispolarisasi)
2. Pada dispolarisator terjadi reaksi  $\text{H}_2 + 2\text{MnO}_2 \rightarrow \text{Mn}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Reaksi kimia pada batu baterai akan menghasilkan gelembung-gelembung gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ). Gas hidrogen akan ditangkap dan bereaksi dengan dispolarisator yang berupa mangan dioksida ( $\text{MnO}_2$ ) menghasilkan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), sehingga pada batu baterai tidak terjadi polarisasi gas hidrogen yang mengganggu jalannya arus listrik. Bahan yang dapat menghilangkan polarisasi gas hidrogen disebut dispolarisator. Adanya bahan dispolarisator



Gambar 27. Susunan Batu baterai

pada batu baterai, menyebabkan arus listrik yang mengalir lebih lama. Setiap batu baterai menghasilkan tegangan 1,5 volt. Elemen kering (batu baterai) banyak dijual di toko karena memiliki keunggulan antara lain tahan lama (awet), praktis karena bentuk sesuai kebutuhan, dan tidak membasahi peralatan karena elektrolitnya berupa pasta (kering).

Bagaimanakah prinsip kerja baterai? Selama baterai bekerja, seng berubah menjadi seng klorida diikuti pembebasan gas hidrogen dan terjadi pengeringan amonium klorida ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ). Baterai yang biasa kita jumpai memiliki tegangan sekitar 1,5 V. Baterai dikatakan habis jika depolarisator  $\text{MnO}_2$  jenuh dan semua amonium terurai menjadi  $\text{NH}_3$ . Ketika baterai sudah habis, baterai sudah tidak dapat digunakan lagi, kecuali pada baterai *charger* yang dapat diisi ulang.

### c. Bahan Organic

Arus listrik dengan buah-buahan, Hasil teknologi ini merupakan pengembangan hasil penelitian dari **Alexander Volta**. Dari penelitian volta disebutkan bahwa jika suatu deretan zat dimasukkan ke larutan asam atau garam maka akan melepaskan muatan-muatan listrik. *“Berdasarkan teori itulah dua logam yang termasuk deret volta dicelupkan seperti ujung kabel yang dihubungkan dari zat asam ke jam dinding tanpa baterai, sehingga jam tersebut bergerak. Limbah itu menggunakan buah-buahan yang sudah membusuk sehingga terjadi reaksi kimia dan mengantar listrik,”*.

Untuk mengetahui cara buah-buahan agar dapat digunakan teori sel Volta yang ditemukan oleh seorang ilmuwan bernama Alexander Volta dan Luigi Galvani, dimana buah-buahan yang mengandung asam merupakan elektrolit sedangkan tembaga (Cu) dan seng (Zn) merupakan sel elektrode. Tembaga dan seng merupakan Suatu elektrolit tidak dapat menghasilkan listrik jika tidak dihubungkan dengan suatu elektrode. Tembaga merupakan katode (kutub positif) sedangkan seng merupakan anode (kutub negatif). Reaksi antara elektrolit dan elektrode tersebut yang dapat menghasilkan listrik. Buah-buahan yang mengandung asam merupakan suatu elektrolit. untuk menghasilkan listrik, buah-buahan yang mengandung asam harus dihubungkan dengan elektrode berupa tembaga (Cu) dan seng (Zn) dan dirangkai secara seri.

Buah yang memiliki zat asam, seperti kulit pisang, kulit durian, tomat, kentang, lemon, jeruk, apel serta belimbing mampu menjadi media belajar materi sumber energi listrik.

### d. Elemen Skunder

Aki dan batu baterai Lithium Ion merupakan contoh elemen sekunder. Elemen-elemen pereaksi pada aki dapat diperbarui dengan mengalirkan arus listrik yang arahnya berlawanan dengan arus yang dihasilkan oleh elemen tersebut. Elemen sekunder ini disebut akkumulator.

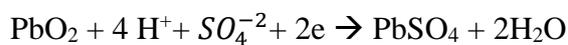


Berdasarkan zat pereaksi yang digunakan, aki dapat dibedakan menjadi aki timbal asam sulfat dan aki nikel kadmium.

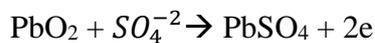
### 1) Aki timbal asam sulfat

Aki timbal asam sulfat tersusun atas timbal peroksida (PbO<sub>2</sub>) yang berfungsi sebagai anoda, timbal murni (Pb) berfungsi sebagai katoda, dan larutan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) yang berfungsi sebagai elektrolit. Ketika aki sedang mengalirkan arus listrik, kedua elektrodanya berubah menjadi timbal sulfat PbSO<sub>4</sub>. Perubahan ini dapat dituliskan dalam bentuk persamaan reaksi.

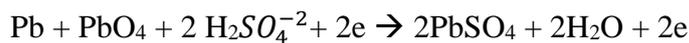
Pada kutub positif (anoda) terjadi reaksi:



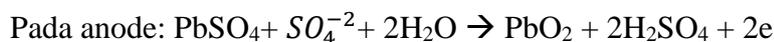
Pada kutub negatif (katoda) terjadi reaksi:



Reaksi keseluruhannya adalah:



Setelah terjadi reaksi, kedua elektroda menjadi sama yaitu PbSO<sub>4</sub>. Ini menyebabkan tidak ada beda potensial di antara kedua elektroda, sehingga aki tidak dapat mengalirkan arus listrik (kosong). Aki yang kosong ditandai dengan encernya larutan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Agar aki dapat mengalirkan arus lagi maka perlu disetrum atau dimuati kembali. Pemberian muatan pada aki dilakukan dengan mengalirkan arus listrik searah dari sumber tegangan lain. Pemuatan ini berlawanan arah ketika aki mengalirkan arus. Pada proses pengisian aki terjadi reaksi kimia sebagai berikut.



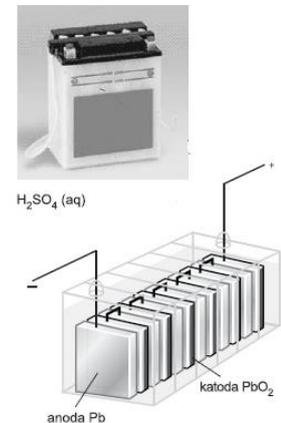
Reaksi keseluruhannya adalah:



Sumber tegangan yang digunakan untuk mengisi aki harus mempunyai ggl yang lebih besar dari pada ggl aki. Semakin besar perbedaan ggl sumber tegangan semakin besar pula arus yang dihasilkan aki.

### 2) Aki Nikel Cadmium

Berbeda dengan aki timbal asam sulfat, aki nikel cadmium menggunakan kalium hidroksida sebagai elektrolitnya. Nikel sebagai elektroda positif, dan campuran logam



Gambar 28. Aki dan Bagian-bagiannya



cadmium sebagai elektroda negatif. Aki jenis ini banyak digunakan sebagai baterai kalkulator. Reaksi kimia yang terjadi saat pemakaian dan pengisian aki nikel cadmium adalah:  $\text{Cd} + 2\text{Ni}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{CdO} + 2\text{Ni}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}$ .

### 3) Baterai Lithium Ion

Baterai litium adalah baterai yang dapat diisi ulang, ringan dan menghasilkan potensial yang tinggi (sekitar 3,0 V). Baterai ini sering digunakan sebagai baterai dalam telepon selular (HP), laptop dan kamera digital.

Litium memiliki potensial oksidasi ( $E^0 = 3,04\text{V}$ ) yang lebih besar dibanding logam lainnya dan hanya 6,94 g litium yang diperlukan untuk menghasilkan 1 mol electron. Baterai litium terdiri atas anoda litium (terbuat dari logam litium murni), katoda oksida logam atau sulfida logam yang dapat bergabung dengan ion  $\text{Li}^+$ , dan elektrolit yang mengandung garam litium (misalnya  $\text{LiClO}_4$ ) dalam pelarut organik. Jika katodanya  $\text{MnO}_2$ , sebagai contoh reaksi pada electrode.



Gambar 29. Baterai Lithium Ion

Prinsip kerja baterai Lithium-Ion adalah, pada saat digunakan berkerja sebagai sel volta. Lithium akan mengantarkan elektron dari anoda menuju alat yang membutuhkan elektron seperti kapasitor dan processor di handphone atau laptop kemudian berakhir di katoda. Sedangkan proton dari katoda masuk menembus separator diantara anoda dan katoda (proses interkalasi). Proses ini berlangsung terus menerus hingga kapasitas penggunaan baterai habis (ditunjukkan dengan garis atau persentase kapasitas baterai di layar handphone atau laptop).

Pada saat di-charge dia bekerja sebagai elektrolisis: Sedangkan bila baterai diisi ulang atau recharge maka elektron akan kembali dari katoda ke anoda melalui alat pengisi ulang (charger) dan dengan dibantu arus yang masuk dari charger, proton akan kembali menuju katoda. Sehingga kondisi kembali menjad seperti semula.

Litium ion kobalt menghasilkan potensial yang relatif besar dibandingkan dengan litium ion mangan. Hal ini dikarenakan pada deret volta, kobalt bersifat lebih tereduksi dibanding mangan, sehingga menghasilkan beda potensial sel yang relatif besar terhadap litium dibandingkan dengan mangan.

#### Kelebihan :

- ✓ Beratnya yang relatif lebih ringan dibanding baterai nikel-kadmium.
- ✓ Mampu menyimpan daya lebih banyak hingga 20% sebelum diisi ulang (re-charge).



- ✓ Lithium ion tidak memiliki efek memori artinya tidak perlu menunggu sampai habis kapasitas penggunaannya untuk diisi ulang artinya walau kapasitasnya masih 50% bisa langsung diisi ulang dibandingkan dengan baterai nikel-kadmium yang boleh diisi ulang jika kapasitasnya sudah habis.
- ✓ Lithium ion bisa didaur ulang jika telah rusak atau habis masa pakainya.

#### **Kekurangan :**

- ✓ Memiliki masa pakai relatif terbatas yaitu sekitar 2-3 tahun setelah pembuatan baterai supaya mendapatkan kinerja yang optimal.
- ✓ Sensitif terhadap suhu jadi jika terlalu panas mudah sekali meledak termasuk kasus meledaknya baterai ketika diisi ulang (re-charge).
- ✓ Mudah rusak apabila kita sering mengisi ulang hingga menunggu habis kapasitas penggunaannya.

#### **1. Sumber Listrik Elektromagnetik**

Motor arus searah pada zaman dahulu sebelum dikenal motor arus bolak-balik, banyak digunakan untuk menghasilkan tenaga mekanik berupa kecepatan atau perputaran, baik untuk mesin-mesin produksi di pabrik dan di industri maupun untuk traksi, tram listrik dan sebagainya. Untuk traksi, tram listrik sampai sekarang masih banyak mempergunakan motor arus searah, demikian pula untuk strat awal dari mobil. Dan rangkai peralatan elektronik.

Berdasarkan karakteristiknya, maka motor arus searah ini mempunyai daerah pengaturan putaran yang luas dibandingkan dengan motor arus bolak-balik, sehingga sampai sekarang masih banyak dipergunakan pada pabrik dan industri seperti pabrik kertas, tekstil, dan pabrik-pabrik yang mesin produksinya memerlukan pengaturan putaran yang luas. Konstruksi motor arus searah, yakni sama dengan konstruksi generator arus searah, hanya perbedaannya pada prinsip kerjanya, sehingga satu perangkat mesin arus searah dapat berfungsi sebagai generator maupun sebagai motor.

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar *impeller* pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (*mixer*, bor listrik, fan angin) dan di industri. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

Prinsip kerja motor searah, prinsip kerja motor searah berdasarkan pada penghantar yang membawa arus ditempatkan dalam suatu medan magnet maka penghantar tersebut akan mengalami gaya. Gaya menimbulkan torsi yang akan menghasilkan rotasi mekanik, sehingga

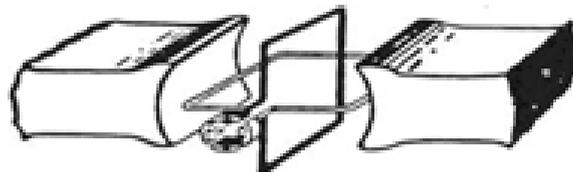


motor akan berputar. Jadi, motor arus searah ini menerima sumber arus searah dari jala-jala kemudian dirubah menjadi energi mekanik berupa perputaran, yang nantinya dipakai oleh peralatan lain.

Motor ini memiliki medan Penguat yang dihubungkan seri dengan medan jangkar. Arus jangkar untuk motor jenis ini lebih besar dari pada arus jangkar pada kumparan jangkar untuk motor jenis shunt, selain itu kumparan  $N_s$  lebih sedikit. Tahanan  $R_f$  lebih kecil, ini disebabkan tahanan tersebut merupakan bagian dari jumlah lilitan yang sedikit.

Pada waktu start bisa memberi momen yang besar dengan arus start yang rendah juga dapat memberi perubahan kecepatan atau beban dengan arus start yang rendah juga dapat memberi perubahan kecepatan atau beban dengan arus kecil dibandingkan motor tipe lain, tetapi kecepatan akan lebih besar bila beban rendah atau bebannya ringan dan dalam hal ini pengaturan kecepatannya bisa diatur melalui tegangan suplai.

Motor DC atau motor arus searah adalah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah menjadi tenaga gerak atau tenaga mekanik. Prinsip kerja dari motor DC hampir sama dengan generator AC, dimana perbedaannya hanya terletak dalam konversi daya. Prinsip dasarnya adalah apabila suatu kawat berarus diletakkan diantara kutub-kutub magnet (U - S), maka pada kawat itu akan bekerja suatu gaya yang menggerakkan kawat tersebut.



Gambar 30. Prinsip Kerja Motor DC

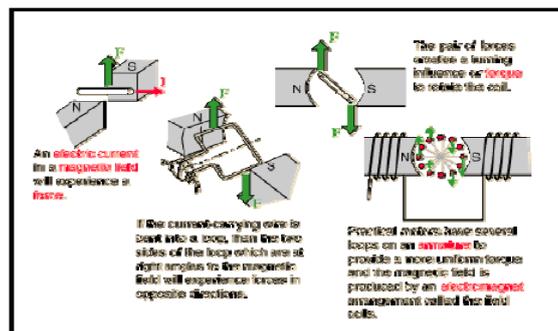
Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor secara umum sama (gambar 1):

- Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya
- Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/*loop*, maka kedua sisi *loop*, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.
- Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/ *torque* untuk memutar kumparan.
- Motor-motor memiliki beberapa *loop* pada dinamonya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.



Dalam memahami sebuah motor, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban mengacu kepada keluaran tenaga putar/ *torque* sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Beban umumnya dapat dikategorikan kedalam tiga kelompok (BEE India, 2004):

- **Beban torque konstan** adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya namun *torque* nya tidak bervariasi. Contoh beban dengan *torque* konstan adalah *conveyors*, *rotary kilns*, dan pompa *displacement* konstan.
- **Beban dengan variabel torque** adalah beban dengan *torque* yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan variabel *torque* adalah pompa sentrifugal dan fan (*torque* bervariasi sebagai kwadrat kecepatan).
- **Beban dengan energi konstan** adalah beban dengan permintaan *torque* yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin.

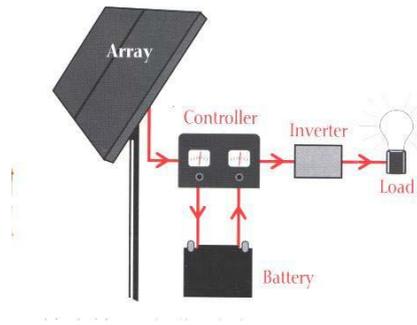


Gambar 31. Prinsip Dasar dari Kerja Motor Listrik

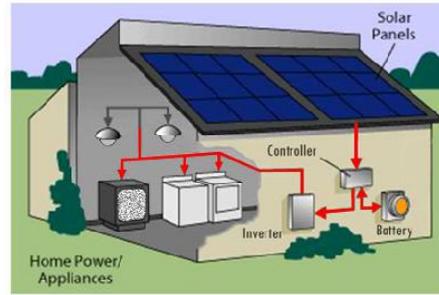
## 2. Sumber Fotolistrik

Komponen utama sistem surya fotovoltaik adalah modul yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya fotovoltaik. Modul fotovoltaik tersusun dari beberapa sel fotovoltaik yang dihubungkan secara seri dan paralel. Teknologi ini cukup canggih dan keuntungannya adalah harganya murah, bersih, mudah dipasang dan dioperasikan dan mudah dirawat. Sedangkan kendala utama yang dihadapi dalam pengembangan energi surya fotovoltaik adalah investasi awal yang besar dan harga per kWh listrik yang dibangkitkan relatif tinggi, karena memerlukan subsistem yang terdiri atas baterai, unit pengatur dan inverter sesuai dengan kebutuhannya. Cara kerja photovoltaic diperlihatkan pada gambar 11. Pada gambar 12 diperlihatkan sistem PLTS.





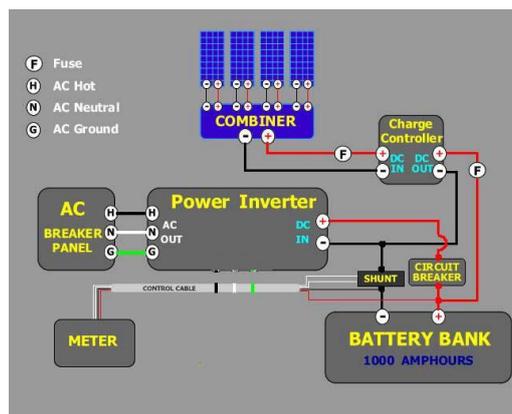
Gambar 32. Cara kerja Fotovoltaik



Gambar 33. Sistem PLTS

Panel surya/ *solar cells*/ solar panel: panel surya menghasilkan energi listrik tanpa biaya, dengan mengkonversikan tenaga matahari menjadi listrik. Sel silikon (disebut juga solar cells) yang disinari matahari/ surya, membuat photon yang menghasilkan arus listrik. Sebuah solar cells menghasilkan kurang lebih tegangan 0.5 Volt. Jadi sebuah panel surya 12 Volt terdiri dari kurang lebih 36 sel (untuk menghasilkan 17 Volt tegangan maksimum).

- *Charge controller*, digunakan untuk mengatur pengaturan pengisian baterai. Tegangan maksimum yang dihasilkan panel surya pada hari yang terik akan menghasilkan tegangan tinggi yang dapat merusak baterai.
- *Inverter*, adalah perangkat elektrik yang mengkonversikan tegangan searah (DC – *direct current*) menjadi tegangan bolak balik (AC - *alternating current*).
- Baterai, adalah perangkat kimia untuk menyimpan tenaga listrik dari tenaga surya. Tanpa baterai, energi surya hanya dapat digunakan pada saat ada sinar matahari.
- Diagram instalasi pembangkit listrik tenaga surya ini terdiri dari panel surya, *charge controller*, *inverter*, baterai.



Gambar 33. diagram pembangkit listrik tenaga surya

Dari diagram pembangkit listrik tenaga surya diatas: beberapa panel surya di paralel untuk menghasilkan arus yang lebih besar. *Combiner* pada gambar diatas menghubungkan



kaki positif panel surya satu dengan panel surya lainnya. Kaki/ kutub negatif panel satu dan lainnya juga dihubungkan. Ujung kaki positif panel surya dihubungkan ke kaki positif *charge controller*, dan kaki negatif panel surya dihubungkan ke kaki negatif *charge controller*. Tegangan panel surya yang dihasilkan akan digunakan oleh *charge controller* untuk mengisi baterai. Untuk menghidupkan beban perangkat AC (*alternating current*) seperti televisi, radio, komputer, dll, arus baterai disupply oleh *inverter*.

### c. Aplikasi Listrik DC (*Direct Current*)

Telah kalian ketahui, bahwa listrik DC dapat dihasilkan oleh adanya reaksi kimia seperti pada elemen basah (misalnya aki) ataupun elemen kering (misalkan batu baterai). Listrik DC juga dapat dihasilkan oleh dinamo DC. Salah satu keuntungan DC atas AC adalah sumber arusnya, seperti aki dan batu baterai, mudah dibawa kemana-mana. Itulah sebabnya sumber listrik DC banyak digunakan pada peralatan elektronika.

Karena sifat listrik DC hanya mengalir dalam satu arah, maka hanya listrik DC yang dapat digunakan untuk mengisi muatan aki (menyetrum aki). Demikian juga untuk pekerjaan melapisi logam dengan logam lain secara kimia (misalnya melapisi piala dengan emas) hanya dapat dilakukan oleh listrik dc. Kemudian sejumlah motor listrik yang yang digunakan untuk mengatur kecepatan menunjukkan unjuk kerja yang lebih baik bila mendapatarus dc. Itulah sebabnya hamper semua mainan anak yang menggunakan motor yaitu jam beker, senter, batu baterai.

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, hampir semua peralatan elektronika menggunakan arus DC. Jika input dari peralatan elektronik, misalnya radio, televisi, dan komputer adalah arus AC, maka umumnya dalam peralatan itu sendiri terdapat suatu alat yang disebut penyeadah (*rectifier*) yang berfungsi mengubah AC menjadi DC.

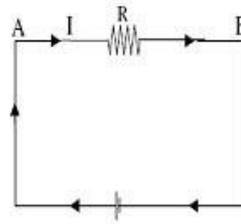
Berikut ini adalah peralatan yang menggunakan sumber tegangan DC (Searah):

1. Kamera Digital
2. Telpon Seluler
3. Handycam
4. MP3/ MP4 Player
5. Lampu Senter
6. Lampu *Emergency*
7. Kalkulator
8. *Remote Control*
9. Mainan Anak
10. Pointer (untuk presentasi)
11. *Wireless Mouse*
12. Jam Tangan dan Jam Dinding



#### d. Energi dan Daya Listrik

Tentunya kalian pernah menggunakan *handphone* bukan? *Handphone* yang kita gunakan dapat untuk mendengarkan musik. Music yang dihasilkan dari *handphone* tersebut berasal dari energi kimia, sedangkan apabila baterai *handphone* telah habis, maka kita perlu melakukan charge pada hp kita. Ketika kita menyalakan senter, maka terjadi perubahan energi kimia menjadi energi listrik dan cahaya. Untuk mengetahui seberapa besar energi yang dibutuhkan oleh suatu alat listrik, maka dapat dipahami konsep berikut;



Gambar 34 . Rangkaian Tertutup

Pada rangkaian tertutup seperti gambar di samping, arus listrik  $I$  mengalir melalui hambatan  $R$ . Arus listrik mengalir dari potensial tinggi ke potensial yang lebih rendah. Arus listrik tersebut tidak lain adalah gerakan muatan listrik yang melalui rangkaian tersebut. Besarnya muatan listrik yang mengalir pada rangkaian adalah  $Q = It$

Energi listrik adalah energi yang disebabkan oleh mengalirnya muatan listrik dalam suatu rangkaian listrik tertutup. Energi listrik yang diberikan oleh suatu sumber dc bertegangan  $V$  (Volt) yang mencatu arus  $I$  (ampere) selama selang waktu  $t$  (sekon) dinyatakan oleh,

$$W = V I t$$

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

maka energi listrik  $W$  dapat juga dinyatakan oleh :

$$W = I^2 R t \text{ Atau } W = \frac{V^2}{R} t$$

### 1

#### Daya Listrik

Daya listrik. Daya listrik baterai  $V$  yang mencatu arus  $I$  melalui resistor (hambatan)  $R$  dinyatakan oleh :  $P = W/t$  atau  $P = V I$

Arus listrik  $I$  yang mengalir melalui resistor  $R$  akan menyebabkan daya yang dikirim baterai hilang dalam bentuk panas ini disebut *daya disipasi*, dan dirumuskan oleh

$$P = I^2 R \text{ atau } P = V^2/R$$

Jika elemen listrik dengan  $V_1$  volt,  $P_1$  diberi tegangan  $V_2$  volt, maka karena hambatan listrik elemen tetap diperoleh besar daya disipasinya adalah:

$$R_2 = R_1 \leftrightarrow \frac{V_2^2}{P_2} = \frac{V_1^2}{P_1}$$

$$P_2 = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2 P_1$$

Untuk mengukur energi listrik yang digunakan dalam pemakaian sehari-hari oleh pelanggan listrik, PLN mengukurnya dengan satuan kWh (kilowatt-hour).

$$1 \text{ kWh} = (1 \text{ kW}) \times (1 \text{ jam}) = (1000 \text{ W}) \times (3600 \text{ s})$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

Jika pada alat listrik (lampu) tertera data (label) yang tertulis pada lampu adalah 60W/220V. Ini berarti daya listrik yang dipakai oleh alat tersebut tepat 100 watt jika tegangan yang diberikan pada alat itu tepat 220 volt. Daya listrik didefinisikan sebagai energi per satuan waktu, yaitu dalam hal ini adalah sebesar 60 Joule per satu detik.



