

# Bab V

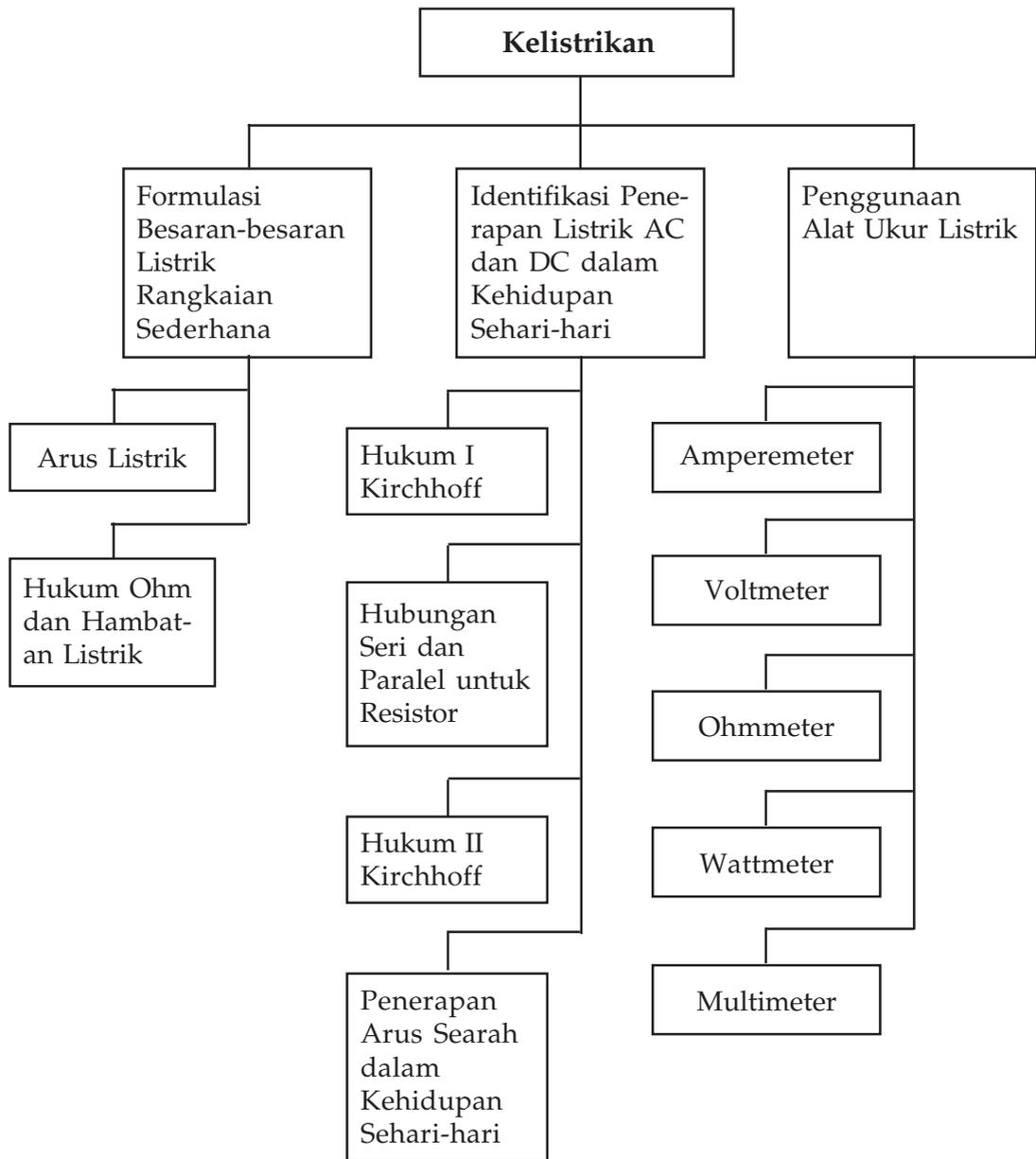
## Kelistrikan



Sumber : [www.picture.newsletter.com](http://www.picture.newsletter.com)

*Kebutuhan manusia akan energi banyak ditopang oleh listrik, seperti contoh: lampu, alat-alat rumah tangga dan elektronik serta pabrik-pabrik. Listrik dihasilkan dari sebuah generator yaitu sebuah sumber energi listrik, kemudian dari sumbernya listrik didistribusikan ke konsumen menggunakan kawat penghantar, sehingga dapat dirasakan manfaatnya oleh kita.*

# Peta Konsep



## Tujuan Pembelajaran :

Setelah mempelajari bab ini, kalian diharapkan mampu:

1. memformulasikan besaran-besaran listrik rangkaian tertutup sederhana (satu loop),
2. mengidentifikasi penerapan listrik AC dan DC dalam kehidupan sehari-hari, dan
3. menggunakan alat ukur listrik.



## Motivasi Belajar

Dalam kehidupan sehari-hari, kalian sudah terbiasa dengan masalah listrik; bagaimana kalian memahami fenomena fisisnya ketika kalian melihat kilatan petir, kalian menggunakan penerangan dari lampu neon, memasak nasi dengan pemasak nasi (*rice cooker*), mengeringkan rambut dengan pengering rambut (*hair dryer*), menyetrika baju dengan setrika listrik, dan sebagainya. Pernahkah kalian berpikir bagaimana konsep kelistrikan baik statis maupun dinamis bahkan konsep tentang kemagnetan dari hal-hal yang kalian jumpai dalam kehidupan sehari-hari? Atau kalian berpikir tentang penggunaan alat ukur listrik untuk rangkaian sederhana, penerapan listrik AC dan DC dalam kehidupan sehari-hari?



## Kata Kunci

arus      galvanometer      hambatan      seri      rangkaian  
energi      gaya gerak listrik      paralel      beda potensial      resistivitas

Dewasa ini energi listrik sudah menjadi bagian hidup dari peradaban manusia. Seperti yang telah kalian pelajari pada kelas IX tentang listrik dinamis dan besaran-besaran listrik, contohnya seperti kuat arus, beda potensial, hambatan listrik, daya listrik dan energi listrik serta beberapa penerapannya dalam kehidupan kita sehari-hari. Pada materi bab ini, akan dipelajari lebih lanjut tentang kelistrikan, besaran-besaran listrik dan penerapannya serta juga alat-alat ukur listrik.

## A. Formulasi Besaran-Besaran Listrik Rangkaian Sederhana (Satu Loop)

### 1. Arus Listrik

Jika dalam suatu penghantar (konduktor) terdapat gerakan muatan listrik baik muatan positif maupun negatif maka dikatakan dalam penghantar tersebut terjadi aliran listrik.



## Konsep

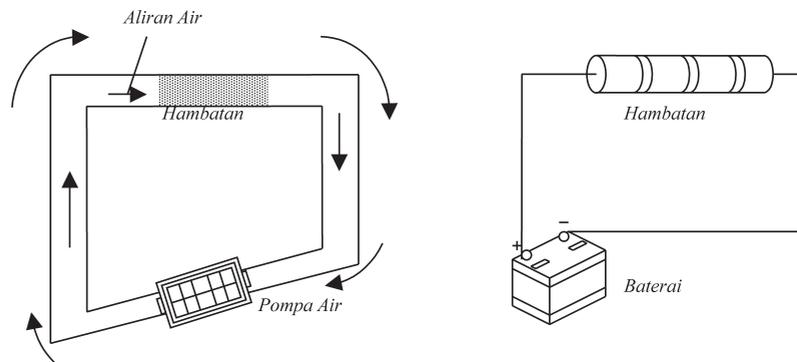
Arus listrik adalah laju aliran muatan listrik yang melalui suatu luasan penampang lintang.

Konduktor dapat berupa padatan (misal: logam), cairan dan gas. Pada logam pembawa muatannya adalah elektron, sedang pembawa muatan pada konduktor yang berupa gas dan cairan adalah ion positif dan ion negatif.

Syarat-syarat arus listrik dapat mengalir dalam konduktor yaitu:

- Rangkaian harus tertutup.
- Harus ada beda potensial antara dua titik dalam rangkaian listrik.

Arus listrik seperti aliran air dalam pipa. Air dapat mengalir karena ada tekanan atau energi terhadap air. Tekanan atau energi terhadap air diberikan pompa air. Arus listrik dapat dianalogkan dengan aliran air dalam pipa, muatan listrik dapat mengalir jika ada sumber energi sebagai pompa muatan. yang dapat disebut *gaya gerak listrik (g.g.l)*. Gaya gerak listrik ini dapat diperoleh dari baterai, aki, sel volta. Analogi antara aliran air dan listrik ditunjukkan pada **Gambar 5.1**.



**Gambar 5.1** Analogi antara aliran air dan listrik

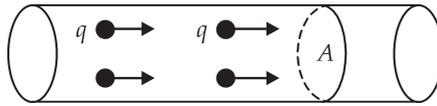


## Seputar Tokoh

*George Simon Ohm (1789 - 1854)*

Fisikawan Jerman lahir di Erlangen, Bavaria. Pada tahun 1849 pindah ke Universitas Munich. Ohm mulai memusatkan perhatiannya pada masalah kelistrikan pada tahun 1825. Sumbangan terbesar adalah hukum Ohm yang menyatakan bahwa arus listrik yang mengalir dalam rangkaian logam berbanding langsung dengan gaya elektromagnetik total dalam rangkaian tersebut. Nama Ohm diabadikan sebagai satuan SI dari hambatan listrik.

Sepotong segmen kawat pembawa arus ditunjukkan pada **Gambar 5.2**.



**Gambar 5.2** Segmen kawat pembawa arus (Tipler, 1991)

Sejumlah muatan  $q$  melewati suatu kawat yang mempunyai penampang  $A$  untuk selang waktu  $t$  sehingga kuat arus yang mengalir di dalam kawat dapat dinyatakan sebagai berikut, kuat arus listrik:

$$I = \frac{\text{jml muatan listrik yang mengalir}}{\text{selang waktu}} = \frac{q}{t} \quad \dots (5.1)$$

dengan:  $q$  = jumlah muatan listrik yang bergerak melewati luasan  $A$  (coulomb, C),  
 $t$  = selang waktu (sekon, s),  
 $I$  = kuat arus listrik (ampere, A).

Persamaan 5.1 menunjukkan bahwa satuan arus listrik dalam satuan SI adalah *coulomb/sekon* (C/s) atau dikenal dengan *ampere* (A). Satuan kuat arus ini diambil dari yang menyelidiki tentang arus listrik yaitu seorang fisikawan Perancis yang bernama **Andre Marie Ampere**. Besaran kuat arus adalah besaran pokok sedang jumlah muatan listrik adalah besaran turunan.

Bila suatu penghantar yang memiliki luas penampang  $A$  dan dialiri arus listrik  $I$  maka dapat dikatakan bahwa penghantar tersebut dialiri arus listrik dengan rapat arus sebesar:

$$J = \frac{I}{A} \quad \dots (5.2)$$



### Konsep

Rapat arus ( $J$ ) adalah besar kuat arus listrik per satuan luas penampang. Satuan rapat arus dalam sistem SI adalah ampere/m<sup>2</sup> atau Am<sup>-2</sup>.

Persamaan (5.1) menghasilkan jumlah muatan adalah hasil kali antara kuat arus  $I$  dan waktu  $t$  atau :

Jumlah muatan yang mengalir  $q =$  kuat arus yang mengalir  $\times$  selang waktu.

$$q = I t \quad \dots (5-3)$$



## Konsep

Satu coulomb adalah muatan listrik yang melalui titik apa saja dalam rangkaian listrik ketika arus tetap satu ampere mengalir selama satu detik.

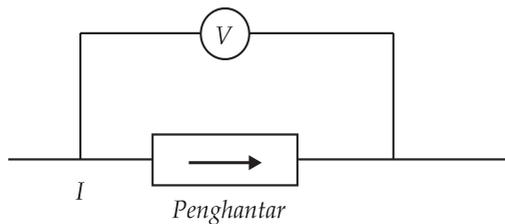
Suatu penghantar dikatakan berarus listrik jika pada ujung-ujung penghantar tersebut terdapat beda potensial  $V$  yang ditimbulkan oleh suatu sumber tegangan seperti ditunjukkan pada **Gambar 5.3**.

### Seputar Tokoh



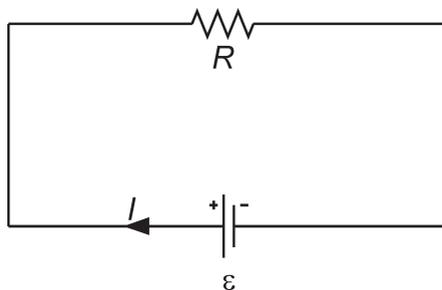
Seorang ahli fisika berkebangsaan Perancis bernama **Charles Augustin de Coulomb** telah berhasil menemukan gaya listrik dan berhasil merumuskan secara matematis sehingga karena jasanya namanya diabadikan untuk nama satuan muatan dan nama gaya listrik antar muatan.

(Sumber : [www.wikipedia](http://www.wikipedia))



**Gambar 5.3** Suatu penghantar mempunyai beda potensial antar kedua ujungnya  $V$

Penggambaran suatu penghantar yang mempunyai hambatan  $R$  dan beda potensial antarkedua ujungnya  $e$  ditunjukkan pada **Gambar 5.4** berikut:



**Gambar 5.4** Suatu penghantar yang mempunyai hambatan  $R$  dan beda potensial antar kedua ujungnya  $\epsilon$ .



## Konsep

*Beda potensial listrik* adalah dorongan yang menyebabkan elektron-elektron mengalir dari suatu tempat ke tempat yang lain.

*Apa perbedaan pokok antara gaya gerak listrik dan tegangan jepit?*

Gaya gerak listrik (g.g.l.), diberi lambang  $\varepsilon$  adalah beda potensial antara kutub-kutub suatu sumber listrik (contoh: batu baterai) ketika sumber tidak mengalirkan arus listrik (saklar yang terhubung ke sumber dalam keadaan terbuka). Satuan g.g.l. adalah *volt*. Tegangan jepit, diberi lambang  $V$  adalah beda potensial antara kutub-kutub suatu sumber listrik (contoh: baterai) ketika sumber mengalirkan arus listrik (saklar yang terhubung ke sumber dalam keadaan tertutup).



## Contoh Soal

Suatu kawat penghantar mempunyai penampang berbentuk lingkaran dengan diameternya 2 mm, dialiri arus sebesar 2 A selama 2 menit. Hitunglah jumlah muatan yang mengalir melewati suatu penampang tertentu dan besar rapat arusnya.

**Penyelesaian:**

Jumlah muatan yang mengalir melewati suatu penampang tertentu dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (5.3).

$$\begin{aligned}q &= I t \\ &= 2 \text{ A} \times 2 \text{ menit} \times 60 \text{ sekon/menit} \\ &= 240 \text{ A} \cdot \text{sekon} = 240 \text{ C}.\end{aligned}$$

Besar rapat arus yang melalui penghantar dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (5.2):

$$J = \frac{I}{A}$$

Luas penampang penghantar:

$$\begin{aligned}A &= \frac{\pi}{4} d^2 \\ &= \frac{2}{3,14 \times 10^{-5}} = 0,63 \times 10^5 \\ &= 6,37 \times 10^4 \text{ A m}^{-2}\end{aligned}$$

Sehingga rapat arus:

$$J = \frac{I}{A} = \frac{2}{3,14 \times 10^{-5}} = 0,637 \times 10^5 = 6,37 \times 10^4 \text{ A m}^{-2}$$



## Contoh Soal

Suatu kawat penghantar mempunyai penampang berbentuk lingkaran dengan radiusnya 2 mm, dialiri arus sebesar 2 A selama 5 menit. Hitunglah jumlah elektron yang mengalir melewati suatu penampang tertentu jika diketahui muatan 1 elektron yaitu  $1 e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ .

**Penyelesaian:**

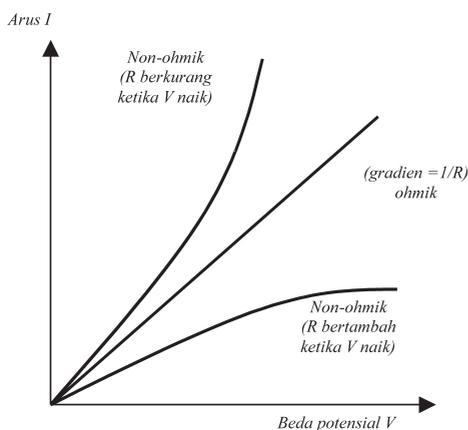
Jumlah muatan yang mengalir melewati suatu penampang tertentu dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (5.3).

$$\begin{aligned} q &= I t \\ &= 2 \text{ A} \times 5 \text{ menit} \times 60 \text{ sekon/menit} \\ &= 600 \text{ A} \cdot \text{sekon} \\ &= 600 \text{ C}. \end{aligned}$$

Jadi jumlah elektron yang melalui penampang adalah:

$$n = \frac{q}{e} = \frac{600 \text{ C}}{1,6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 3,75 \times 10^{21}$$

## 2. Hukum Ohm dan Hambatan Listrik



**Gambar 5.5** Grafik kuat arus listrik  $I$  sebagai fungsi beda potensial  $V$

Jika suatu penghantar dengan luas penampang  $A$ , panjang penghantar  $L$  dan beda potensial antara kedua ujung kawat penghantar adalah  $V$  maka arus  $I$  listrik yang mengalir dalam penghantar tersebut akan sebanding dengan beda potensial antara kedua ujung penghantar tersebut.

**Gambar 5.5** di samping menunjukkan tentang grafik kuat arus  $I$  sebagai fungsi beda potensial  $V$ .

Pada **Gambar 5.5** jika suatu bahan penghantar menghasilkan grafik kuat arus  $I$  sebagai fungsi, beda potensial  $V$  nya tidak membentuk garis lurus,

penghantarnya disebut *komponen non-ohmik*. Untuk bahan penghantar yang menghasilkan grafik kuat arus  $I$  sebagai fungsi, beda potensial  $V$ -nya membentuk garis lurus, penghantarnya disebut *komponen ohmik*.

Secara matematis, hubungan antara kuat arus  $I$  sebagai fungsi beda potensial  $V$  adalah:

$$I = \frac{V}{R} \text{ atau } V = R I \quad \dots (5-4)$$

dengan:

$V$  = beda potensial atau tegangan (volt, V),

$R$  = hambatan listrik penghantar (ohm,  $\Omega$ ),

$I$  = kuat arus listrik (ampere, A).

Persamaan (5.4) disebut hukum Ohm.



## Konsep

Hukum Ohm:

*Kuat arus yang melalui suatu konduktor ohm adalah sebanding (berbanding lurus) dengan beda potensial antara ujung-ujung konduktor asalkan suhu konduktor tetap.*

Dalam satuan SI, hambatan listrik  $R$  adalah ohm, sehingga:

$$1 \text{ ohm} = \frac{1 \text{ volt}}{1 \text{ ampere}}$$

Jadi, *satu ohm* adalah hambatan bagi suatu konduktor di mana ketika beda potensialnya satu volt diberikan pada ujung-ujung konduktor maka kuat arus satu ampere mengalir melalui konduktor tersebut.

Suatu kawat penghantar memiliki hambatan listrik  $R$  yang sering disebut juga *resistensi*. Hambatan listrik suatu kawat penghantar berbanding lurus dengan panjang kawat dan berbanding terbalik dengan luas penampang kawat penghantar tersebut, yaitu:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad \dots (5-5)$$

dengan:

$R$  = besar hambatan listrik penghantar (ohm, W),

$\rho$  = konstanta kesebandingan (resistivitas) bahan penghantar (ohm.m),

$L$  = panjang kawat penghantar (m),

$A$  = luas penampang kawat penghantar (m<sup>2</sup>).

Suatu kawat penghantar listrik pada suatu saat disebut sebagai konduktor, tetapi pada saat yang lain disebut sebagai resistor. Hal ini tergantung pada sifat mana yang akan kita tekankan. Jika kita tekankan sifat kawat penghantar sebagai konduktor maka kebalikan dari resistivitas listrik disebut konduktivitas ( $\sigma$ ) listrik.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad \dots (5.6)$$

dengan:

$\sigma$  = konduktivitas listrik bahan penghantar (ohm.m<sup>-1</sup>),

$\rho$  = resistivitas listrik bahan penghantar (ohm.m).



### Contoh Soal

Suatu kawat penghantar dengan hambatan total sebesar 10  $\Omega$ . Kawat tersebut membawa arus sebesar 50 mA. Hitunglah perbedaan potensial antara kedua ujung kawat tersebut.

*Penyelesaian:*

Beda potensial antara kedua ujung kawat tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5.4) yaitu:

$$V = R I = (10 \Omega) (50 \text{ mA}) = (10 \Omega) (0,05 \text{ A}) = 0,5 \text{ V}$$



### Contoh Soal

Suatu kawat nikrom (resistivitas  $10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ ) memiliki jari-jari 1,20 mm. Berapakah panjang kawat yang dibutuhkan untuk memperoleh resistansi 4,0  $\Omega$ ?

**Penyelesaian:**

Luas penampang kawat ini adalah:

$$A = \pi r^2 = (3,14) (12 \times 10^{-4} \text{ m})^2 = 4,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Dari persamaan 5-6 kita dapatkan:

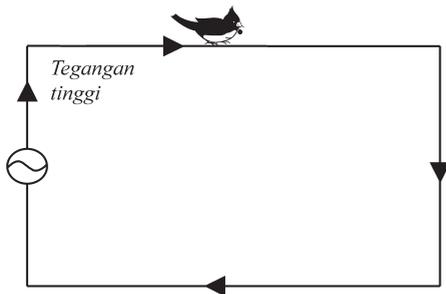
$$L = \frac{RA}{\rho} = \frac{(4 \Omega)(4,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2)}{10^{-6} \Omega \cdot \text{m}} = 18 \text{ m}$$



**Life Skills : Kecakapan Akademik**

Diskusikan masalah berikut dengan teman kalian dan laporkan hasil diskusi kepada guru kalian.

1. Pikirkan jika kalian melihat banyak burung merpati bertengger pada kawat tegangan tinggi, mengapa burung-burung tersebut tidak apa-apa?



2. Pikirkan bagaimana petir bisa terjadi di udara pada saat hari berawan tebal, saat akan terjadi hujan atau saat terjadi hujan?

**B. Identifikasi Penerapan Listrik AC dan DC dalam Kehidupan Sehari-Hari**

Pada saat malam hari, di rumah kita banyak dipasang lampu-lampu yang menyalnya sesuai dengan keinginan kita. Kita dapat menyalakan semua lampu atau tidak tergantung keperluan kita masing-masing. Apakah lampu-lampu di rumah kita yang jumlahnya banyak itu terhubung secara seri atau paralel?



Sumber : [www.wikipedia](http://www.wikipedia)

## Seputar Tokoh

*Gustav Kirchhoff (1824 – 1887)*

Seorang ilmuwan Jerman. Ia orang yang pertama menemukan dua hukum yang sangat berguna untuk menganalisis kuat arus, tegangan dan hambatan listrik dalam suatu rangkaian listrik. Hukum I Kirchhoff, tentang kuat arus listrik pada titik cabang. Hukum II Kirchhoff adalah tentang beda potensial mengitari suatu rangkaian tertutup.

## 1. Hukum I Kirchhoff

Dalam kehidupan sehari-hari, kadang kita harus memasang lampu-lampu secara seri, tetapi dalam keadaan yang lain kita harus memasang lampu secara paralel. Kuat arus listrik dalam suatu rangkaian tak bercabang, besarnya selalu sama. Lampu-lampu di rumah kita pada umumnya terpasang secara paralel. Pada kenyataannya rangkaian listrik biasanya terdiri banyak hubungan sehingga akan terdapat banyak cabang maupun titik simpul. Titik simpul adalah titik pertemuan dua cabang atau lebih. Penyelesaian dalam masalah rangkaian listrik yang terdapat banyak cabang atau simpul itu digunakan *Hukum I dan II Kirchhoff*.



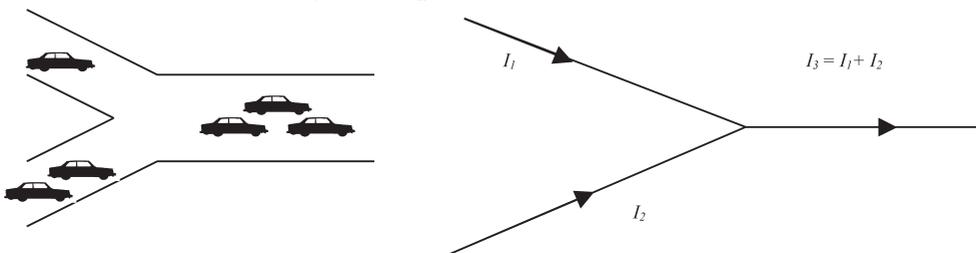
### Konsep

Hukum I Kirchoff :

*Jumlah kuat arus yang masuk ke suatu titik cabang sama dengan jumlah arus yang keluar dari titik cabang tersebut.*

$$\sum I_{masuk} = \sum I_{keluar} \quad \dots (5.7)$$

Sebagai contoh berikut dijelaskan ada dua komponen arus yang bertemu di satu titik simpul sehingga menjadi satu, seperti ditunjukkan pada **Gambar 5.6**.



**Gambar 5.6.** *Analogi pertemuan dua jalan menjadi satu dengan dua cabang arus bergabung menjadi satu cabang.*

## 2. Hubungan Seri dan Paralel Untuk Resistor

Dalam kehidupan sehari-hari, kita sering melakukan penyambungan lampu baik secara seri maupun secara paralel. Bagaimana tentang hubungan antar hambatan-hambatan listrik? Misalkan kita mempunyai lampu pertama dan kedua yang dianggap sebagai hambatan listrik 1  $R_1$  dan hambatan listrik 2 atau  $R_2$ , seperti ditunjukkan pada **Gambar 5.7**.



**Gambar 5.7.** Hambatan  $R_1$  dan  $R_2$  yang mewakili hambatan listrik lampu pertama dan kedua

Hambatan pengganti  $R_s$  dari kedua hambatan  $R_1$  dan  $R_2$  yang dihubungkan secara seri tersebut adalah:

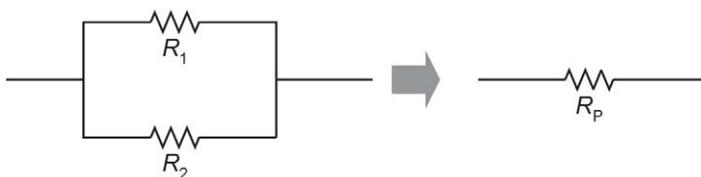


$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad \dots (5.8)$$

dengan :

$R_s = R$  gabungan untuk sambungan seri,  
 $R_1, R_2, \dots, R_n =$  resistor ke 1, 2, ...n.

Hambatan pengganti  $R_p$  dari kedua hambatan  $R_1$  dan  $R_2$  yang dihubungkan secara paralel tersebut adalah:

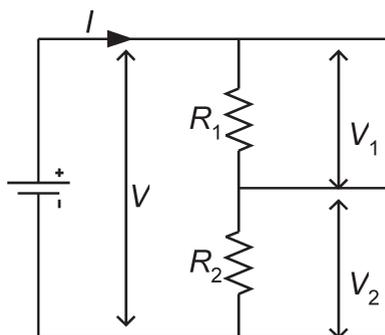


$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad \dots (5.9)$$

dengan:

$R_p = R$  gabungan untuk sambungan paralel,  
 $R_1, R_2, \dots, R_n =$  resistor ke 1, 2, ...n

Aplikasi rangkaian seri untuk membagi tegangan dapat ditunjukkan pada **Gambar 5.8**.



**Gambar 5.8** Rangkaian seri untuk membagi tegangan

Penerapan hukum Ohm seperti rangkaian pada **Gambar 5.8** akan diperoleh:

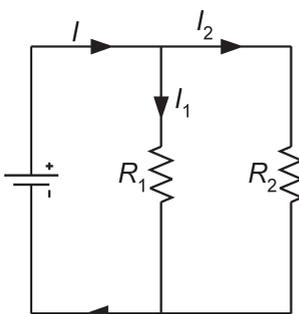
$V_1 = I R_1$  dan  $V = I (R_1 + R_2)$  sehingga:

$$\frac{V_1}{V} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \text{ atau } V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V \quad \dots (5.10)$$

Hubungan seri untuk resistor dapat disimpulkan :

1. Hubungan seri bertujuan untuk memperbesar hambatan rangkaian.
2. Hubungan seri berfungsi sebagai pembagi tegangan.
3. Kuat arus yang melewati setiap hambatan adalah sama.

Aplikasi rangkaian paralel untuk membagi aliran arus listrik dapat ditunjukkan pada **Gambar 5.9**.



**Gambar 5.9.** Rangkaian paralel untuk membagi aliran arus listrik

Penerapan Hukum I Kirchhoff pada rangkaian pada **Gambar 5.8** akan diperoleh:

$$I = I_1 + I_2 \text{ atau}$$

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} = V \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) = \frac{V}{R_p} \quad \dots (5.11)$$

Sebagai contoh bahwa pemakaian hubungan paralel pada peralatan listrik di rumah kita harus mendapat tegangan yang sama, misalnya 220 volt.

Hubungan paralel untuk resistor dapat disimpulkan :

1. Hubungan paralel bertujuan untuk memperkecil hambatan rangkaian.
2. Hubungan paralel berfungsi sebagai pembagi arus.
3. Beda potensial pada setiap ujung-ujung hambatan adalah sama.

### 3. Hukum II Kirchhoff

Dalam kehidupan sehari-hari kita tidak hanya dilibatkan dengan masalah rangkaian listrik 1 (satu) rangkaian (loop), tetapi juga melibatkan sistem rangkaian lebih dari satu rangkaian. Hukum II Kirchhoff tentang beda potensial mengitari suatu rangkaian tertutup. Hukum II Kirchhoff berbunyi:



#### Konsep

*Di dalam sebuah rangkaian tertutup, jumlah aljabar gaya gerak listrik ( $\epsilon$ ) dengan penurunan tegangan ( $IR$ ) sama dengan nol.*

Secara matematis, Hukum II Kirchhoff dapat ditulis:

$$\Sigma \epsilon + \Sigma (IR) = 0 \quad \dots (5.12)$$

Penggunaan Hukum II Kirchhoff adalah sebagai berikut:

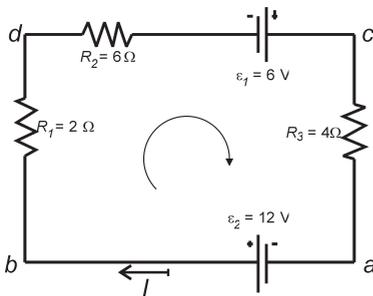
1. Pilih rangkaian untuk masing-masing lintasan tertutup dengan arah tertentu. Pemilihan arah loop bebas, tapi jika memungkinkan diusahakan searah dengan arah arus listrik.

2. Jika pada suatu cabang, arah loop sama dengan arah arus, maka penurunan tegangan ( $IR$ ) bertanda positif, sedangkan bila arah loop berlawanan arah dengan arah arus, maka penurunan tegangan ( $IR$ ) bertanda negatif.
3. Bila saat mengikuti arah loop, kutub sumber tegangan yang lebih dahulu dijumpai adalah kutub positif, maka gaya gerak listrik bertanda positif, sebaliknya bila kutub negatif maka penurunan tegangan ( $IR$ ) bertanda negatif.



### Contoh Soal

Suatu rangkaian seperti ditunjukkan pada gambar 5.10, dengan hukum Kirchhoff II hitunglah arus yang mengalir dalam rangkaian tersebut.



Gambar 5.10 Suatu loop tertutup untuk menerapkan hukum II Kirchhoff

1. Dipilih loop  $abdca$ , dengan arah dari  $a - b - d - c - a$
2. Dengan menerapkan hukum II Kirchhoff:  $\sum \mathcal{E} + \sum (IR) = 0$  dan memperhatikan aturan yang disepakati tentang tanda-tandanya, sehingga diperoleh:

$$-\varepsilon_2 + I R_1 + I R_2 - \varepsilon_1 + I R_2 = 0 \text{ atau}$$

$$-\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + I(R_1 + R_2 + R_3) = 0 \text{ atau}$$

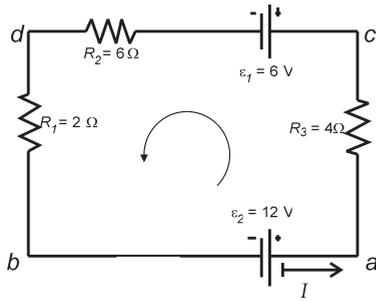
$$I = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{12 + 6}{2 + 6 + 4} = \frac{18V}{12 \Omega} = 1,5 A$$

Jadi, arus yang mengalir adalah 1,5 A dengan arah dari  $a - b - d - c - a$ .



### Contoh Soal

Suatu rangkaian seperti ditunjukkan pada gambar 5.11, dengan hukum II Kirchhoff, hitunglah arus yang mengalir dalam rangkaian tersebut!



**Gambar 5.11.** Suatu loop tertutup untuk menerapkan hukum II Kirchhoff

1. Dipilih loop acdb, dengan arah dari a - c - d - b - a.
2. Dengan menetapkan hukum II Kirchhoff:  $\Sigma \varepsilon + \Sigma (IR) = 0$  dan memperhatikan aturan yang disepakati tentang tanda-tandanya, sehingga diperoleh:

$$-\varepsilon_2 + I R_1 + I R_2 + \varepsilon_1 + I R_3 = 0 \text{ atau}$$

$$\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + I(R_1 + R_2 + R_3) = 0 \text{ atau}$$

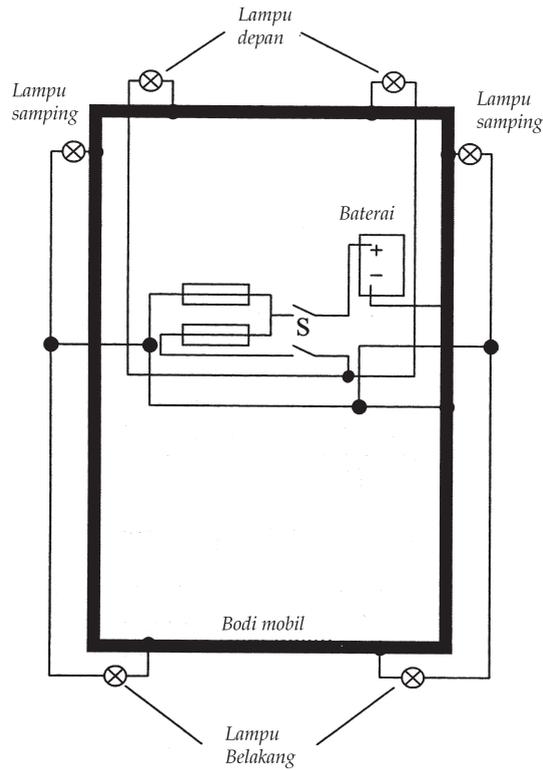
$$I = \frac{-\varepsilon_1 + \varepsilon_2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{-6 + 12}{2 + 6 + 4} = \frac{6 \text{ V}}{12 \Omega} = 0,5 \text{ A}$$

Jadi, arus yang mengalir adalah 0,5 A dengan arah dari a - c - d - b - a

## 4. Penerapan Arus Searah dalam Kehidupan Sehari-hari

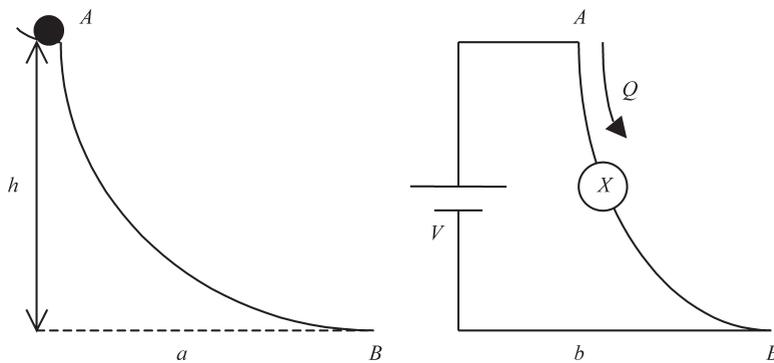
*Arus searah (Direct Current)* adalah suatu arus listrik yang aliran muatan netto hanya dalam satu arah. Dalam kehidupan sehari-hari, arus searah banyak digunakan pada kendaraan bermotor (baik roda empat maupun roda dua), lampu penerangan di rumah, misalnya lampu senter. Contoh penggunaan sumber arus searah (sumber tegangan searah) pada sebuah mobil ditunjukkan pada **Gambar 5.12**.

Sumber arus searah suatu alat untuk menghasilkan beda potensial antara dua titik dalam suatu rangkaian. Misalnya : batu baterai, aki (*accumulator*), sel surya (*solar cell*), dan sebagainya. Beda potensial pada sumber arus listrik searah ada yang 1,5 V, 6 V, 12 V, 24 V dan sebagainya.



**Gambar 5.12** Sistem aliran listrik pada sebuah mobil

Penggunaan sumber energi listrik akan terkait dengan adanya perubahan energi yaitu dari energi listrik ke energi bentuk lain, misalnya energi panas. Pada Gambar 5.13 berikut ditunjukkan kemiripan antara bola yang meluncur karena adanya energi potensial gravitasi dan aliran muatan listrik yang bergerak karena adanya sumber tegangan searah.



**Gambar 5.13.** Kemiripan antara bola yang meluncur dengan aliran muatan positif

Energi listrik adalah besar muatan (dalam coulomb) dikalikan beda potensial yang dialaminya. Satuan energi listrik dalam sistem SI adalah joule (J). Energi listrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$W = QV = VIt = I^2Rt = \frac{V^2}{R}t \quad \dots (5.13)$$

dengan:

$W$  = energi listrik (joule, J),

$V$  = beda potensial listrik (volt, V),

$Q$  = muatan listrik (coulomb, C),

$I$  = arus listrik (ampere, A),

$R$  = hambatan (ohm,  $\Omega$ ),

$t$  = waktu arus mengalir (sekon, s).

Daya listrik adalah energi listrik yang dihasilkan atau diperlukan per satuan waktu. Daya listrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5.13) di atas, yaitu:

$$\text{Daya listrik } P = \frac{\text{energi listrik yang dibebaskan } (W)}{\text{selang waktu } (t)}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{VIt}{t} = VI \quad \dots (5.14)$$

dengan:

$P$  = daya listrik (watt),

$W$  = energi yang dibebaskan (joule),

$t$  = selang waktu (sekon)



## Konsep

Satu watt (1 W) adalah besar daya ketika energi satu joule dibebaskan dalam selang waktu 1 sekon.

Bagaimana proses penggunaan suatu sumber arus listrik dalam pengalaman sehari-hari? Dalam kehidupan sehari-hari kita sering menggunakan sumber arus searah, tetapi juga menggunakan tegangan bolak-balik, misalnya sumber listrik dari Pusat Listrik Negara (PLN). Pada sumber arus bolak-balik pada umumnya mempunyai tegangan efektifnya adalah 220 V. Tegangan efektif artinya besar tegangan arus listrik bolak-balik yang memberi akibat sama dengan arus searah, khususnya dalam hal energi dan daya listrik.

Jika tegangan listrik mengalami penurunan, maka daya yang terjadi juga mengalami penurunan yaitu sesuai dengan persamaan berikut:

$$\frac{P_2}{P_1} = \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^2 \quad \dots (5.15)$$



### Contoh Soal

Berapa daya lampu 100 W/220 V jika tegangan PLN turun menjadi 100 V tersebut di atas?

#### Penyelesaian:

Pada tegangan  $V_1 = 220$  V maka daya lampu  $P_1 = 100$  W, sehingga jika  $V_2 = 100$  V maka daya lampu tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5.15):

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

$$P_2 = \left( \frac{100 \text{ V}}{220 \text{ V}} \right)^2 100 \text{ W} = 20,66 \text{ W}$$



### Kejar Ilmu

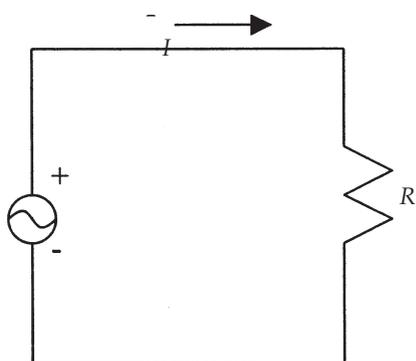
Lampu pijar tertulis 220 V 100 W. Jika lampu dihubungkan dengan sumber listrik PLN yang tegangannya 180 V maka hitunglah daya lampu sebenarnya.

*Konsep hambatan konstan pada suatu alat listrik:*

- Pada lampu pijar tertulis informasi tentang tegangan dan daya, misalnya 220 V 40 W atau 220 V 60 W atau 220 V 100 W, dan sebagainya.
- Lampu-lampu tersebut diproduksi dengan hambatan listrik elemen lampu tersebut tetap.

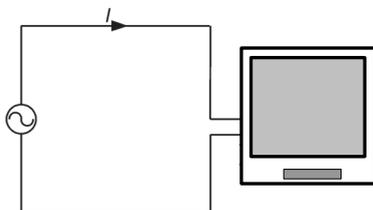
## 5. Penerapan Arus Bolak Balik dalam Kehidupan Sehari-hari

*Arus bolak-balik (arus Alternating Current)* adalah suatu arus listrik yang arahnya membalik dengan frekuensi  $f$ . Dalam kehidupan sehari-hari, arus bolak-balik banyak digunakan di rumah-rumah, kantor-kantor dan pabrik-pabrik.



**Gambar 5.14.** Generator arus bolak-balik (AC) dihubungkan dengan tahanan  $R$

Bagaimana kalian memahami hal ini jika dikaitkan dengan penggunaan setrika listrik, kompor listrik, televisi, kipas angin, dan sebagainya? Peralatan-peralatan listrik tersebut dirangkai dengan posisi sebagai tahanan listrik  $R$  (lihat **Gambar 5.14**). Sambungan televisi pada sumber tegangan bolak-balik ditunjukkan pada **Gambar 5.15**.



**Gambar 5.15.** Sambungan televisi pada sumber tegangan bolak-balik



### Kejar Ilmu

Diskusikan dengan teman kalian dan laporkan hasil diskusi kepada guru kalian!

Lampu 2,5 V 1,5 W diberi tegangan 3,0 V dan lampu 6 V, 2 W diberi tegangan 6 V. Lampu mana yang menyala lebih terang? Jelaskan alasannya!



### Etos Kerja

Apakah mungkin kalau kita merangkai peralatan di rumah kita secara seri? Jelaskan! Diskusikan dengan guru fisikamu!



## Kewirausahaan

Pikirkan bagaimana cara mengatur lampu pengatur lalu lintas (*traffic light*) di kotamu. Buatlah skema pengaturan lampu lalu lintas di suatu perempatan jalan jika diinginkan lampu hijau dan merah menyala selama 1 menit sedang lampu kuning menyala selama 15 sekon. Diskusikan dengan guru fisikamu!

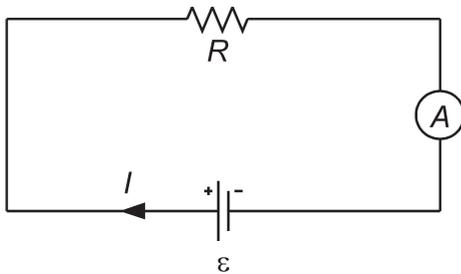
## C. Penggunaan Alat Ukur Listrik

*Masalah kontekstual:*

*Alat-alat listrik di rumah kita masing-masing, seperti lampu, TV, dan tape stereo dicatu dari jaringan kawat listrik PLN bertegangan 220 V. Mengapa alat-alat listrik ini dirangkai secara paralel? Mengapa tidak dirangkai secara seri?*

Dalam kehidupan sehari-hari, kalian sering menggunakan alat ukur listrik, antara lain: alat ukur kuat arus listrik (*ampere meter*), alat ukur tegangan listrik (*voltmeter*), alat ukur hambatan listrik (*ohmmeter*), alat ukur daya listrik (*wattmeter*).

### 1. Amperemeter



**Gambar 5.16.** Penggunaan amperemeter untuk mengukur arus listrik

*Amperemeter* adalah alat ukur arus listrik. Amperemeter sering dicirikan dengan simbol  $A$  pada setiap rangkaian listrik. Satuan arus listrik dalam satuan SI adalah ampere atau diberi simbol  $A$ . Amperemeter harus dipasang seri dalam suatu rangkaian, arus listrik yang melewati hambatan  $R$  adalah sama dengan arus listrik yang melewati amperemeter tersebut. Pada **gambar 5.16** amperemeter juga mempunyai hambatan sehingga dengan disisipkannya amperemeter tersebut menyebabkan arus listrik dalam rangkaian sedikit berkurang. Idealnya, suatu *amperemeter* harus memiliki hambatan yang sangat kecil agar berkurangnya arus listrik dalam rangkaian juga sangat kecil.

Komponen dasar suatu amperemeter adalah *galvanometer*, yaitu suatu alat yang dapat mendeteksi arus kecil yang melaluinya. Galvanometer mempunyai hambatan yang sering disebut sebagai hambatan dalam galvanometer,  $R_g$ .

Amperemeter mempunyai skala penuh atau batas ukur maksimum. Dalam kenyataannya kita harus mengukur arus listrik yang nilai arusnya jauh lebih besar dari batas ukur maksimumnya. Susunan suatu amperemeter dengan menggunakan galvanometer jika dipakai untuk mengukur arus yang lebih besar dari batas ukurnya maka harus dipasang suatu hambatan paralel terhadap galvano-meter (sebagai amperemeter) ditunjukkan pada **Gambar 5.17**.

Jika arus yang akan diukur  $I = nI_G$  maka arus yang melalui hambatan pada galvanometer adalah  $I_G$ , sedang arus melalui hambatan yang dipasang paralel adalah  $(n - 1) I_G$ . Dengan menggunakan Hukum I Kirchhoff maka diperoleh:

$$I = I_G + (n - 1)I_G.$$

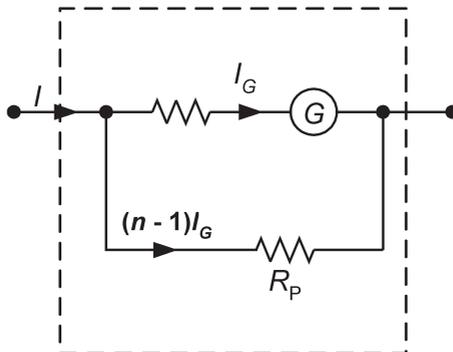
Pada hubungan paralel maka beda potensial sama, maka:

$$I_G R_g = (n - 1) I_g R_p$$

Sehingga:

$$R_p = \frac{R_g}{(n - 1)} \quad \dots (5.15)$$

dengan  $R_p$  adalah hambatan paralel, dan  $R_g$  adalah hambatan dalam galvanometer (amperemeter).



**Gambar 5.17.** Susunan suatu amperemeter dengan menggunakan galvanometer  $G$  dengan hambatan dalam  $R_g$  dan suatu hambatan  $R_p$



## Contoh Soal

Sebuah amperemeter dengan hambatan dalam  $R_A = 25 \text{ ohm}$  mempunyai batas ukur maksimum  $10 \text{ mA}$ . Berapa besar hambatan paralel yang harus dipasang agar amperemeter ini dapat digunakan untuk mengukur arus listrik yang besarnya  $1 \text{ A}$ ?

### Penyelesaian:

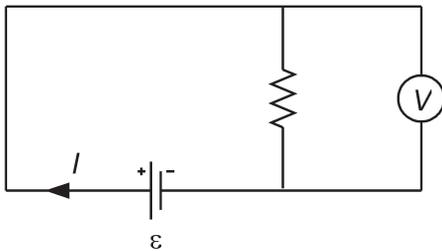
Batas ukur amperemeter maksimum  $I_A = 10 \text{ mA} = 10^{-2} \text{ A}$  dan arus listrik yang akan diukur  $1 \text{ A}$ . Perbandingan antar arus listrik yang diukur dengan arus amperemeter maksimum:

$$n = \frac{1 \text{ A}}{10^{-2} \text{ A}} = 100$$

Dengan menggunakan persamaan (5.15), sehingga diperoleh:

$$R_p = \frac{R_g}{(n-1)} = \frac{25 \Omega}{100-1} = \frac{25 \Omega}{99} = 0,252 \Omega$$

## 2. Voltmeter



**Gambar 5.18.** Penggunaan voltmeter untuk mengukur beda potensial listrik

*Voltmeter* adalah alat ukur tegangan listrik. Voltmeter sering dicirikan dengan simbol  $V$  pada setiap rangkaian listrik. Voltmeter harus dipasang paralel dengan ujung-ujung hambatan yang akan diukur beda potensialnya. Penggunaan voltmeter untuk mengukur beda potensial listrik ditunjukkan pada **Gambar 5.18**. Satuan beda potensial listrik dalam satuan SI adalah *volt* atau diberi simbol  $V$ . Voltmeter sendiri mempunyai hambatan

sehingga dengan disisipkannya voltmeter tersebut menyebabkan arus listrik yang melewati hambatan  $R$  sedikit berkurang. Idealnya, suatu voltmeter harus memiliki hambatan yang sangat besar agar berkurangnya arus listrik yang melewati hambatan  $R$  juga sangat kecil.

Komponen dasar suatu voltmeter adalah galvanometer. Galvanometer mempunyai hambatan yang sering disebut sebagai hambatan dalam galvanometer,  $R_g$ . Susunan suatu

voltmeter dengan menggunakan galvanometer ditunjukkan pada **Gambar 5.19**.



**Gambar 5.19.** Susunan suatu voltmeter dengan menggunakan galvanometer  $G$  dengan hambatan dalam  $R_g$  dan suatu hambatan  $R_s$

Voltmeter mempunyai skala penuh atau batas ukur maksimum. Dalam kenyataannya sering kita harus mengukur tegangan listrik yang nilai tegangannya jauh lebih besar dari batas ukur maksimumnya. Susunan suatu voltmeter dengan menggunakan galvanometer jika dipakai untuk mengukur tegangan yang lebih besar dari batas ukurnya maka harus dipasang suatu hambatan seri  $R_s$  terhadap galvanometer (sebagai voltmeter) ditunjukkan pada **Gambar 5.17**. Jika tegangan yang akan diukur  $V = n V_g$  maka arus yang melalui hambatan pada galvanometer adalah  $I_g$  yang sama. Besar hambatan  $R_s$  yang harus dipasang adalah :  $n V_g = V_s + V_g'$  karena arus sama besar maka:

$$n R_g = R_s + R_g \text{ atau } R_s = (n - 1) R_g \quad \dots (5.16)$$

dengan  $R_s$  = hambatan seri dan  $R_g$  hambatan dalam galvanometer (voltmeter).



### Contoh Soal

Sebuah voltmeter dengan hambatan dalam  $R_v = 10 \text{ k}\Omega$  mempunyai batas ukur maksimum  $100 \text{ V}$ . Jika voltmeter ini akan dipakai untuk mengukur beda potensial sampai  $V = 1000 \text{ V}$  maka hitunglah besar hambatan seri yang harus dipasang pada voltmeter tersebut.

#### Penyelesaian:

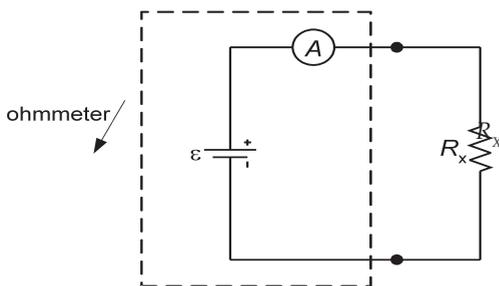
Perbandingan antara beda potensial yang akan diukur dengan batas ukur maksimum voltmeter:

$$n = \frac{1000 \text{ V}}{100 \text{ V}} = 10$$

Dengan menggunakan persamaan (5.16), sehingga diperoleh hambatan seri  $R_s$ :

$$\begin{aligned} R_s &= (n - 1) R_G \\ &= (10 - 1) 10 \text{ kV} \\ &= 90 \text{ kV} \end{aligned}$$

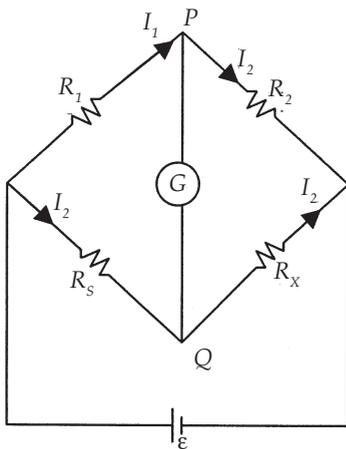
### 3. Ohmmeter



**Gambar 5.20.** Pengukuran hambatan listrik dengan menggunakan sebuah amperemeter

*Ohmmeter* adalah alat ukur hambatan listrik. Satuan hambatan listrik dalam satuan SI adalah ohm atau diberi simbol  $\Omega$ . Pada pengukuran suatu hambatan listrik dilakukan dengan menghubungkan sebuah sumber tegangan yang sudah diketahui tegangannya secara seri dengan sebuah amperemeter dan hambatan yang akan diukur, seperti ditunjukkan pada **Gambar 5.20**. Hasil nilai ukur hambatan dapat dihitung dan nilai tegangan sumber  $\varepsilon$  dan arus yang

terbaca pada amperemeter, hasil alat ukur ini dikalibrasi sehingga pembacaannya menunjukkan hasil dalam ohm meskipun sesungguhnya yang diukur adalah arus.



**Gambar 5.21.** Metode Jembatan untuk mengukur besar suatu hambatan

Suatu metode pengukuran suatu hambatan listrik yang sangat teliti telah ditemukan oleh seorang fisikawan Inggris **Charles Wheatstone** pada tahun 1843. Metode ini menggunakan suatu rangkaian yang disebut sebagai metode *Jembatan Wheatstone*, seperti ditunjukkan pada **Gambar 5.21**. Rangkaian pada **Gambar 5.21** menunjukkan rangkaian jembatan Wheatstone yang terdiri atas hambatan  $R_1$ ,  $R_2$  dan  $R_s$  yang diketahui nilai hambatannya dan hambatan yang akan diukur  $R_x$ , sebuah galvanometer  $G$  dan sumber tegangan. Pada pengukuran ini  $R_1$  dan  $R_2$  dibuat tetap, sedang hambatan  $R_s$  dapat divariasikan nilai

hambatannya. Pada saat pengukuran, nilai  $R_s$  diatur sedemikian sehingga galvanometer menunjukkan angka nol.

Pada kondisi arus galvanometer menunjuk nol disebut jembatan dalam keadaan seimbang atau potensial di titik  $P$  sama dengan potensial di titik  $Q$  sehingga diperoleh:

$$I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_S \text{ dan } I_1 R_2 = I_2 \cdot R_x \text{ atau:}$$

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} R_S \quad \dots (5.13)$$

Dengan menggunakan persamaan (5.13) besar hambatan  $R_x$  dapat dihitung.



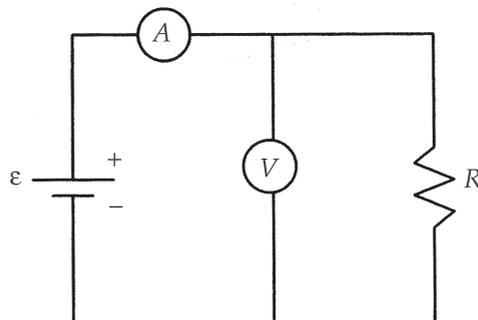
### Wawasan Kewirausahaan : Inovatif

*Diskusikan masalah berikut dengan teman kalian dan laporkan hasilnya kepada guru kalian!*

Alat ukur arus yang ideal mempunyai hambatan dalam nol. Menurut teknologi saat ini apakah alat ini mampu dibuat oleh suatu pabrik elektronik? Jelaskan jawabanmu.

## 4. Wattmeter

*Wattmeter* adalah alat ukur daya listrik. Satuan daya listrik dalam satuan SI adalah watt atau diberi simbol  $W$ . Susunan wattmeter untuk mengukur daya yang dikeluarkan oleh suatu hambatan  $R$  ditunjukkan pada **Gambar 5.22**. Daya yang dihasilkan oleh suatu hambatan  $R$  dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (5.14) yaitu:



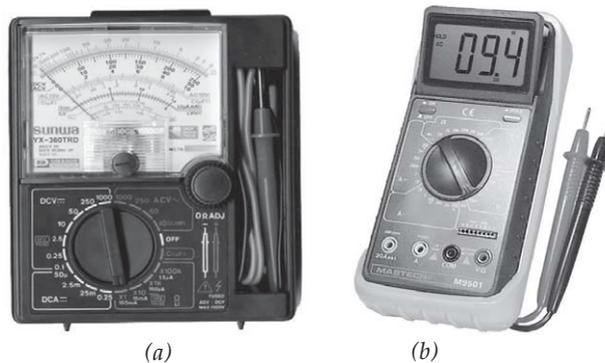
**Gambar 5.22.** Susunan wattmeter untuk mengukur daya yang dikeluarkan oleh suatu hambatan  $R$

$$\text{Daya listrik } P = \frac{W}{t} = \frac{VI t}{t} = VI \quad \dots (5.14)$$

Daya  $P$  dapat diperoleh dari hasil pembacaan tegangan listrik  $V$  dan arus listrik  $I$  secara bersamaan.

## 5. Multimeter

*Multimeter* adalah suatu alat yang berfungsi sebagai *amperemeter*, *voltmeter*, dan *ohmmeter*. Multimeter ada dua jenis yaitu analog dan digital, seperti ditunjukkan pada **Gambar 5.23**.



Sumber : [www.necfec.or.th](http://www.necfec.or.th).

**Gambar 5.23.** (a) Multimeter analog (b) multimeter digital.



### Wawasan Kewirausahaan : Etos Kerja

Diskusikan masalah berikut dengan teman-teman kalian dan hasilnya dilaporkan kepada guru kalian!

Carilah di suatu toko elektronik sebuah alat ukur tegangan yang harganya sekitar Rp 100.000,00 sedang alat ukur tegangan yang lain jauh lebih mahal yaitu kira-kira sepuluh kalinya (sekitar Rp 1.000.000,00). Tugas kamu, apa yang menyebabkan perbedaan harga tersebut dan banyak juga orang yang membeli dengan harga yang mahal?



## Ringkasan

- Arus listrik adalah laju aliran muatan listrik yang melalui suatu luasan penampang lintang.
- Syarat-syarat arus listrik dapat mengalir dalam konduktor yaitu: Rangkaian harus tertutup dan harus ada beda potensial antara dua titik dalam rangkaian listrik.
- Kuat arus listrik:
 
$$I = \frac{\text{Jml muatan listrik yang mengalir}}{\text{selang waktu}}$$

$$I = \frac{q}{t}$$
- Rapat arus ( $J$ ) adalah besar kuat arus listrik per satuan luas penampang. Satuan rapat arus dalam sistem SI adalah ampere/m<sup>2</sup> atau Am<sup>-2</sup> atau  $J = \frac{I}{A}$
- Grafik kuat arus  $I$  sebagai fungsi beda potensial  $V$  nya tidak membentuk garis lurus, penghantarnya disebut komponen non-ohmik.
- Grafik kuat arus  $I$  sebagai fungsi beda potensial  $V$  nya membentuk garis lurus, penghantarnya disebut komponen ohmik.
- Kuat arus yang melalui suatu konduktor ohmik adalah sebanding (berbanding lurus) dengan beda potensial antara ujung-ujung konduktor asalkan suhu konduktor tetap.
- Hukum Ohm :  $V = RI$
- Hambatan listrik suatu kawat penghantar berbanding langsung dengan panjang kawat dan berbanding terbalik dengan luas penampang kawat penghantar tersebut, yaitu:  $R = \rho \frac{L}{A}$
- Hukum I Kirchhoff: Jumlah kuat arus yang masuk ke suatu titik cabang sama dengan jumlah arus yang keluar dari titik cabang yaitu:
 
$$\sum I_{\text{masuk}} = \sum I_{\text{keluar}}$$
- Hambatan pengganti  $R_s$  dari sejumlah hambatan  $R_1, R_2, \dots, R_n$  yang dihubungkan secara seri tersebut adalah:
 
$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n.$$
- Hambatan pengganti  $R_p$  dari kedua hambatan  $R_1, R_2, \dots, R_n$  yang dihubungkan secara paralel tersebut adalah:
 
$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$
- Hukum Kirchhoff II berbunyi: Di dalam sebuah rangkaian tertutup, jumlah aljabar gaya gerak listrik ( $\epsilon$ ) dengan penurunan tegangan ( $IR$ ) sama dengan nol.
- Secara matematis, hukum Kirchhoff II ditulis:  $\sum \epsilon + \sum (IR) = 0$
- Energi listrik adalah besar muatan (dalam coulomb) dikalikan beda potensial yang dialaminya.

16. Energi listrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$W = QV = VI t = I^2 R t = \frac{V^2}{R} t$$

17. Daya listrik adalah energi listrik yang dihasilkan atau diperlukan per satuan waktu atau:

Daya listrik  $P =$

$$\frac{\text{energi listrik yang dibebaskan (W)}}{\text{selang waktu (t)}}$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{VI t}{t} = VI$$

18. Satu watt (1 W) adalah besar daya ketika energi satu joule dibebaskan dalam selang waktu 1 sekon.
19. Idealnya, suatu *amperemeter* harus memiliki hambatan yang sangat kecil agar berkurangnya arus listrik dalam rangkaian juga sangat kecil.
20. Idealnya, suatu *voltmeter* harus memiliki hambatan yang sangat besar agar berkurangnya arus listrik yang melewati hambatan R juga sangat kecil.

21. *Amperemeter* adalah alat ukur arus listrik. *Amperemeter* harus dipasang seri dalam suatu rangkaian, arus listrik yang melewati hambatan R adalah sama dengan arus listrik yang melewati *amperemeter* tersebut.

22. *Voltmeter* adalah alat ukur beda potensial (tegangan) listrik. *Voltmeter* harus dipasang paralel dengan ujung-ujung hambatan yang akan diukur beda potensialnya.

23. *Ohmmeter* adalah alat ukur hambatan listrik.

24. *Wattmeter* adalah alat ukur daya listrik.

25. *Multimeter* adalah suatu alat yang berfungsi sebagai *amperemeter*, *voltmeter*, dan *ohmmeter*.



Kerjakan di buku tugas kalian!

**A. Pilihlah salah satu jawaban yang tepat dengan memberi tanda silang (X) pada huruf a, b, c, d, atau e!**

- Dua buah elektron dengan  $e = 1,6 \times 10^{-19}$  C dan  $m = 9,1 \times 10^{-31}$  kg dilepas dari keadaan diam pada saat berjarak antara  $2 \times 10^{-14}$  m. Kecepatan elektron itu ketika keduanya berjarak antara  $5 \times 10^{-14}$  m adalah (dalam  $10^8$  m/s) ....  
**(UMPTN '96 Kode 24 Rayon C)**  
a. 0,02                      c. 0,3                      e. 1,38  
b. 0,2                        d. 0,50
- Sebuah bola lampu berukuran 30V, 90W. Jika hendak dipasang pada sumber tegangan 120V dengan daya tetap, maka lampu harus dirangkai seri dengan hambatan ....  
**(UMPTN '89 Rayon C No. 40)**  
a. 10 ohm                    c. 30 ohm                    e. 50 ohm  
b. 20 ohm                    d. 40 ohm
- Sebuah elektron yang mula-mula rehat, kemudian bergerak melalui beda potensial 1000 V, jika massa elektron  $9,11 \times 10^{-31}$  kg dan muatannya  $1,6 \times 10^{-19}$  C, maka energi kinetik akhirnya adalah (dalam joule) ....  
**(UMPTN '95 Kode 42 Rayon C)**  
a. 1000    d.  $-1,6 \times 10^{-31}$   
b.  $1,6 \times 10^{-16}$     e.  $14,6 \times 10^{-50}$   
c.  $5,7 \times 10^{-24}$
- Sebuah lampu listrik dengan spesifikasi 220 V, 50 W dihubungkan seri dengan sebuah hambatan listrik 1000 W, lalu dihubungkan dengan sumber tegangan listrik 110 V. Arus yang mengalir dalam rangkaian tersebut adalah ....  
a. 56 mA                      c. 112 mA                      e. 548 mA  
b. 84 mA                      d. 224 mA
- Sebuah elektron yang mula-mula rehat, kemudian bergerak melalui beda potensial 1000 V. Jika massa elektron  $9,11 \times 10^{-31}$  kg dan muatannya  $1,6 \times 10^{-19}$  C, maka energi potensialnya adalah (dalam eV) ....  
**(UMPTN '95 Kode 62 Rayon B)**  
a.  $16,3 \times 10^4$     d.  $9,11 \times 10^2$   
b.  $3,3 \times 10^3$     e.  $6,12 \times 10^2$   
c. 1500



10. Sebuah galvanometer yang hambatannya 50 ohm, mengalami simpangan maksimum jika dilalui arus 20 mA. Jika sistem ini akan dipakai untuk mengukur tegangan listrik 10 V, maka harus dipasang ....
- hambatan muka sebesar 450 ohm
  - hambatan muka sebesar 500 ohm
  - hambatan cabang sebesar 450 ohm
  - hambatan cabang sebesar 500 ohm
  - hambatan muka dan cabang sebesar 450 ohm
11. Agar supaya sebuah bohlam listrik 25 Volt, 100 watt dapat bekerja dengan layak ketika dihubungkan dengan sumber DC 125 volt maka diperlukan tambahan hambatan listrik .... (UM-UGM 2003, Kode 322)
- 25 ohm secara seri
  - 25 ohm secara paralel
  - 20 ohm secara paralel
  - 20 ohm secara seri
  - 20 ohm secara seri dan 25 ohm secara paralel
12. Sebuah bola lampu listrik dibuat 220 V/50 W, yang mana dari pernyataan-pernyataan berikut yang benar?
- dayanya selalu 50 watt
  - tegangan minimum diperlukan untuk menyalakan adalah 220 V
  - hambatannya 484 ohm
  - diperlukan aliran arus sebesar  $\frac{5}{22}$  ampere untuk menyalakannya
  - menghabiskan energi sebesar 50 joule dalam 1 detik bila dihubungkan dengan sumber tegangan 220 V
13. Suatu galvanometer dengan hambatan dalam  $R_g$  ingin dijadikan voltmeter. Galvanometer tersebut menunjukkan skala penuh saat arus yang melaluinya sebesar  $I_g$ . Jika voltmeter yang dirancang diharapkan dapat menunjukkan skala penuh pada pengukuran tegangan sebesar  $V$ , maka hambatan depan yang harus dipasang secara seri dengan galvanometer tersebut harus berharga .... (SPMB 2004, Kode 550, Regional III)
- $\frac{(V + R_g I_g)}{I_g}$
  - $\frac{(V - R_g I_g)}{I_g}$
  - $(R_g I_g - V) I_g$
  - $\frac{V}{I_g - 2 R_g}$
  - $\frac{V}{I_g + R_g}$



19. Sebuah amperemeter mempunyai hambatan 18 ohm dan berdaya ukur 10 mA. Agar daya ukur ampere meningkat menjadi 100 mA, harus dipasang hambatan ....  
**(SPMB 2003, Kode 721, Regional 1)**
- 0,8 ohm seri dengan amperemeter
  - 0,8 ohm paralel dengan amperemeter
  - 2,0 ohm seri dengan amperemeter
  - 2,0 ohm paralel dengan amperemeter
  - 8,0 ohm seri dengan amperemeter
20. Suatu amperemeter yang ideal, seharusnya mempunyai hambatan dalam yang besarnya ....
- tak terhingga
  - besar sekali
  - sembarang
  - kecil
  - nol

**B. Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan singkat dan jelas!**

- Sebuah voltmeter dengan hambatan dalam 5 k $\Omega$  memberikan penunjukan maksimum 50 volt. Supaya alat ini mampu mengukur tegangan sampai 1 kV, berapakah nilai hambatan muka yang harus diserikan dengan voltmeter?
- Tentukan semua kombinasi yang mungkin diperoleh dari susunan 3 buah hambatan listrik yang masing-masing besarnya 4  $\Omega$ !
- Sebuah amperemeter dengan hambatan dalam 6  $\Omega$  mempunyai batas maksimum untuk mengukur arus listrik adalah 10 mA. Supaya alat ini mampu mengukur arus listrik sampai 100 mA, berapakah nilai hambatan yang harus dipasang paralel dengan amperemeter?
- Tiga buah hambatan listrik yang besarnya masing-masing 2  $\Omega$ , 4  $\Omega$ , dan 6  $\Omega$  disusun secara seri dan kemudian dihubungkan dengan sebuah baterai yang gaya gerak listrik (tegangan) nya 24 V. Hitunglah beda potensial antara ujung-ujung masing-masing hambatan tersebut!
- Sebuah aki mempunyai gaya gerak listrik 12 V dan hambatan dalam 0,1  $\Omega$ . Jika aki ini dialiri arus 10 A, maka hitunglah tegangan antarkedua terminalnya!

**(UMPTN '94 Rayon B No. 34)**



## Refleksi

Setelah mempelajari bab ini, seharusnya kalian memahami tentang:

1. arus listrik;
2. hukum Ohm dan hambatan listrik;
3. hukum I Kirchhoff;
4. hukum II Kirchhoff;
5. hambatan pengganti untuk rangkaian seri dan paralel;
6. penerapan arus listrik DC dalam kehidupan sehari-hari;
7. penerapan arus listrik AC dalam kehidupan sehari-hari; dan
8. bagian-bagian alat-alat ukur listrik dan fungsinya serta prinsip kerja alat ukur tersebut;

Apabila ada bagian-bagian yang belum kalian pahami, pelajailah kembali sebelum melanjutkan pada bab berikutnya.