

1

ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK

1.1 Pengertian Arus Listrik (*Electrical Current*)

Kita semua tentu paham bahwa arus listrik terjadi karena adanya aliran elektron dimana setiap elektron mempunyai muatan yang besarnya sama. Jika kita mempunyai benda bermuatan negatif berarti benda tersebut mempunyai kelebihan elektron. Derajat termuatinya benda tersebut diukur dengan jumlah kelebihan elektron yang ada. Muatan sebuah elektron, sering dinyatakan dengan simbol q atau e , dinyatakan dengan satuan coulomb, yaitu sebesar

$$q \approx 1,6 \times 10^{-19} \text{ coulomb}$$

Misalkan kita mempunyai sepotong kawat tembaga yang biasanya digunakan sebagai penghantar listrik dengan alasan harganya relatif murah, kuat dan tahan terhadap korosi. Besarnya hantaran pada kawat tersebut hanya tergantung pada adanya elektron bebas (dari elektron valensi), karena muatan inti dan elektron pada lintasan dalam terikat erat pada struktur kristal.

Pada dasarnya dalam kawat penghantar terdapat aliran elektron dalam jumlah yang sangat besar, jika jumlah elektron yang bergerak ke kanan dan ke kiri sama besar maka seolah-olah tidak terjadi apa-apa. Namun jika ujung sebelah kanan kawat menarik elektron sedangkan ujung sebelah kiri melepaskannya maka akan terjadi aliran elektron ke kanan (tapi ingat, dalam hal ini disepakati bahwa arah arus ke kiri). Aliran elektron inilah yang selanjutnya disebut arus listrik.

Besarnya arus listrik diukur dengan satuan banyaknya elektron per detik, namun demikian ini bukan satuan yang praktis karena harganya terlalu kecil. Satuan yang dipakai adalah ampere, dimana

$$i = dq/dt$$

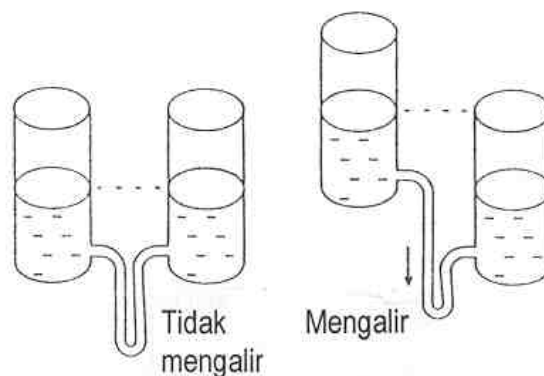
1 ampere = 1 coulomb/det.

Contoh di bawah ini menggambarkan besarnya arus listrik untuk beberapa peralatan:

Stasiun pembangkit	1000 A
Starter mobil	100 A
Bola lampu	1 A
Radio kecil	10 mA
Jam tangan	1 μ A

1.2 Pengertian Tegangan (*Voltage*)

Akan mudah menganalogikan aliran listrik dengan aliran air. Misalkan kita mempunyai 2 tabung yang dihubungkan dengan pipa seperti pada gambar 1.1. Jika kedua tabung ditaruh di atas meja maka permukaan air pada kedua tabung akan sama dan dalam hal ini tidak ada aliran air dalam pipa. Jika salah satu tabung diangkat maka dengan sendirinya air akan mengalir dari tabung tersebut ke tabung yang lebih rendah. Makin tinggi tabung diangkat makin deras aliran air yang melalui pipa.



Gambar 1.1 Aliran air pada bejana berhubungan

Terjadinya aliran tersebut dapat dipahami dengan konsep energi potensial. Tingginya tabung menunjukkan besarnya energi potensial yang dimiliki. Yang paling

penting dalam hal ini adalah perbedaan tinggi kedua tabung yang sekaligus menentukan besarnya perbedaan potensial. Jadi semakin besar perbedaan potensialnya semakin deras aliran air dalam pipa.

Konsep yang sama akan berlaku untuk aliran elektron pada suatu penghantar. Yang menentukan seberapa besar arus yang mengalir adalah besarnya beda potensial (dinyatakan dengan satuan volt). Jadi untuk sebuah konduktor semakin besar beda potensial akan semakin besar pula arus yang mengalir.

Perlu dicatat bahwa beda potensial diukur antara ujung-ujung suatu konduktor. Namun kadang-kadang kita berbicara tentang potensial pada suatu titik tertentu. Dalam hal ini kita sebenarnya mengukur beda potensial pada titik tersebut terhadap suatu titik acuan tertentu. Sebagai standar titik acuan biasanya dipilih titik tanah (*ground*).

Lebih lanjut kita dapat menganalogikan sebuah baterai atau accu sebagai tabung air yang diangkat. Baterai ini mempunyai energi kimia yang siap diubah menjadi energi listrik. Jika baterai tidak digunakan, maka tidak ada energi yang dilepas, tapi perlu diingat bahwa potensial dari baterai tersebut ada di sana. Hampir semua baterai memberikan potensial (tepatnya *electromotive force* - e.m.f) yang hampir sama walaupun arus dialirkan dari baterai tersebut.

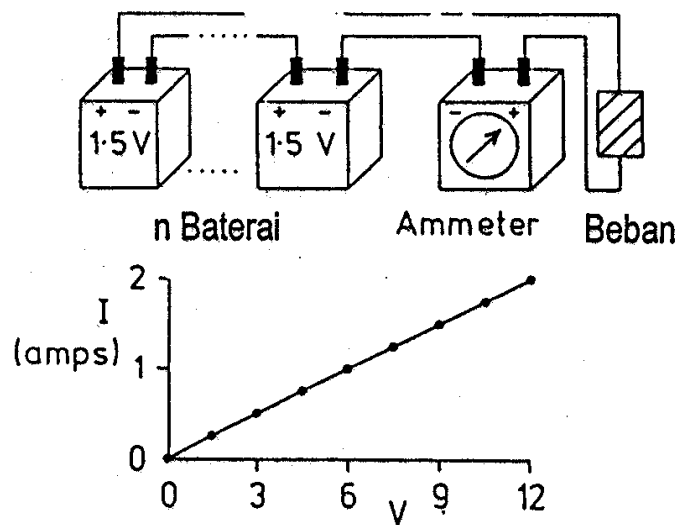
1.3 Hukum Ohm

Pada sebagian besar konduktor logam, hubungan arus yang mengalir dengan potensial diatur oleh Hukum Ohm. Ohm menggunakan rangkaian percobaan sederhana seperti pada gambar 1.2. Dia menggunakan rangkaian sumber potensial secara seri, mengukur besarnya arus yang mengalir dan menemukan hubungan linier sederhana, dituliskan sebagai

$$V = IR \tag{1.1}$$

dimana $R = V/I$ disebut hambatan dari beban. Nama ini sangat cocok karena R menjadi ukuran seberapa besar konduktor tersebut menahan laju aliran elektron.

Awas, berlakunya hukum ohm sangat terbatas pada kondisi-kondisi tertentu, bahkan hukum ini tidak berlaku jika suhu konduktor tersebut berubah. Untuk material-material atau piranti elektronika tertentu seperti diode dan transistor, hubungan I dan V tidak linier.



Gambar 1.2 Rangkaian percobaan hukum Ohm

1.4 Daya (Power)

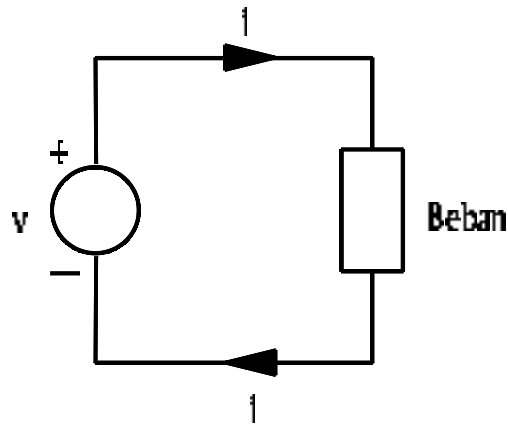
Misalkan suatu potensial v dikenakan ke suatu beban dan mengalirlah arus i seperti diskemakan pada gambar 1.3. Energi yang diberikan ke masing-masing elektron yang menghasilkan arus listrik sebanding dengan v (beda potensial). Dengan demikian total energi yang diberikan ke sejumlah elektron yang menghasilkan total muatan sebesar dq adalah sebanding dengan $v \times dq$.

Energi yang diberikan pada elektron tiap satuan waktu didefinisikan sebagai daya (*power*) p sebesar

$$p = v \, dq/dt = vi \tag{1.2}$$

dengan satuan watt

dimana $1 \text{ watt} = 1 \text{ volt} \times 1 \text{ amper}$



Gambar 1.3 Aliran arus pada beban karena potensial v

1.5 Daya pada Hambatan (Resistor)

Jika sebuah tegangan V dikenakan pada sebuah hambatan R maka besarnya arus yang mengalir adalah

$$I = V/R \quad (\text{hukum Ohm})$$

dan daya yang diberikan sebesar

$$\begin{aligned} P &= V \times I \\ &= V^2/R \\ &= I^2 R \end{aligned} \quad (1.3)$$

Untuk kasus tertentu persoalannya menjadi lain jika potensial yang diberikan tidak konstan, misalnya berbentuk fungsi sinus terhadap waktu (seperti pada arus bolak-balik)

$$v = V \sin \omega t$$

dengan demikian

$$\begin{aligned} i &= v/R \\ &= (V/R) \sin \omega t \end{aligned}$$

dan

$$\begin{aligned} p &= v \times i \\ &= (V^2/R) \sin^2 \omega t \end{aligned} \quad (1.4)$$

p selalu berharga positif sehingga daya akan selalu hilang pada setiap saat, berubah menjadi panas pada hambatan. Daya tersebut selalu berubah setiap saat, berharga nol saat $\sin \omega t = 0$, dan maksimum sebesar V^2/R saat $\sin \omega t = 1$.

Untuk menentukan efek pemanasan dari isyarat di atas, persamaan daya di atas dapat dituliskan sebagai

$$p = \frac{1}{2} (V^2 / R) (1 - \cos 2\omega t)$$

$\cos 2\omega t$ akan berharga positif atau negatif sama seringnya, sehingga rata-ratanya adalah nol. Dengan demikian daya rata-rata yang hilang sebesar

$$P = \frac{1}{2} (V^2 / R) = (V / \sqrt{2})^2 / R$$

Ini merupakan daya yang hilang pada R jika tegangan konstan $V_p / \sqrt{2}$ dikenakan padanya. Harga $V_p / \sqrt{2} = 0,707 V$ sering digunakan sebagai ukuran jika tegangan sinus digunakan pada suatu rangkaian dan harga tegangan tersebut sering disebut sebagai harga *root-mean-square* (RMS). Dalam hal ini kita harus berhati-hati untuk menentukan 3 pengukuran yang dipakai, yaitu

$$\begin{aligned} \text{Harga RMS} &= V_p / \sqrt{2} \\ \text{Amplitudo puncak} &= V_p \\ \text{Harga puncak-ke-puncak} &= 2V_p \end{aligned}$$