

ARUS DAN HAMBATAN (CURRENT AND RESISTANCE)
Mata Kuliah Elektrodinamika

Dosen Pengampu:
Dr. Doni Andra, M.Sc.
Dr. I Wayan Distrik, M.Si.



Disusun Oleh:
Alda Novita Sari
(2123022008)

MAGISTER PENDIDIKAN FISIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2022

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini tanpa kendala yang berarti. Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan dari pihak yang telah berkontribusi dengan memberikan sumbangan baik materi maupun pikirannya. Makalah ini merupakan sebuah tugas akhir dalam mata kuliah Elektrodinamika, yang disusun oleh penulis untuk menunjang proses belajar yang sedang dijalani.

Harapan penulis semoga makalah ini dapat bermanfaat dan menambah ilmu pengetahuan bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya. Karena keterbatasan pengetahuan, penulis yakin masih banyak kekurangan baik dalam penulisan maupun isinya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari pembaca supaya penulisan makalah ini menjadi lebih baik lagi.

.

Bandar Lampung, 27 Juni 2022

Penulis

PEMBAHASAN

ARUS DAN HAMBATAN (*CURRENT AND RESISTANCE*)

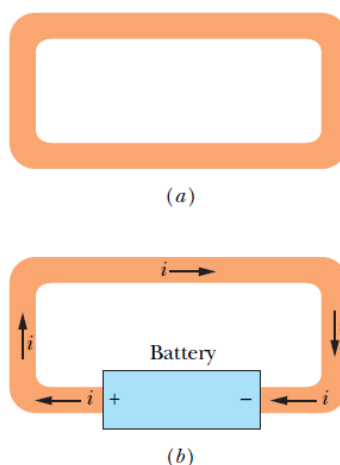
A. Pengertian Arus (*Current*)

Arus listrik adalah perbandingan antara tegangan masukan dengan hambatan rangkaian listrik. Arus listrik terbentuk adanya aliran-aliran muatan listrik yang mengalir pada medium tertentu, pembagian arus listrik dibagi menjadi 2 bagian: arus listrik searah (*direct current*) dan arus listrik bolak-balik (*alternating current*) (Hutagalung & Panjaitan, 2018). Dalam buku Halliday & Resnick, 2011 menjelaskan bahwa Arus listrik adalah aliran muatan yang bergerak, tidak semua muatan yang bergerak merupakan arus listrik. Jika ada arus listrik melalui permukaan tertentu, harus ada aliran muatan bersih melalui permukaan itu. Dua contoh ini memperjelas pemahaman.

1. Elektron Bebas (elektron konduksi) dalam panjang kawat tembaga yang terisolasi bergerak secara acak dengan kecepatan 10 m/s. Jika melewati bidang hipotetis melalui kawat seperti itu, elektron konduksi melewatinya di kedua arah dengan kecepatan miliaran per detik tetapi tidak ada perpindahan muatan bersih dan dengan demikian tidak ada arus yang melalui kawat. Namun, jika menghubungkan ujung kabel ke baterai, sedikit membiaskan aliran ke satu arah, dengan hasil bahwa sekarang ada transportasi muatan bersih dan dengan demikian arus listrik melalui kabel.
2. Aliran air melalui selang taman mewakili aliran langsung dari posisi muatan aktif (proton dalam molekul air) dengan kecepatan mungkin beberapa juta coulomb per detik. Namun, tidak ada perpindahan muatan bersih, karena ada aliran paralel muatan negatif (elektron dalam molekul air) dengan jumlah yang persis sama bergerak ke arah yang persis sama. Dalam materi ini kita membatasi diri kita sebagian besar pada studi dalam kerangka fisika klasik-aliran tetap elektron konduksi yang bergerak melalui konduktor logam seperti kawat tembaga.

Seperti yang diingatkan oleh **Gambar 1(a)**, setiap loop konduktor yang terisolasi terlepas dari apakah ia memiliki muatan berlebih semuanya memiliki potensial yang sama. Tidak ada medan listrik yang ada di dalamnya atau di sepanjang permukaannya. Meskipun elektron konduksi tersedia, tidak ada gaya listrik bersih yang bekerja pada mereka dan dengan demikian tidak ada arus.

Jika, seperti pada **Gambar 1(b)**, kita memasukkan baterai ke dalam loop, loop penghantar tidak lagi pada potensial tunggal. Medan listrik bekerja di dalam bahan yang membentuk loop, mengarahkan gaya pada elektron konduksi, menyebabkan mereka bergerak dan dengan demikian membentuk arus. Setelah waktu yang sangat singkat, aliran elektron mencapai nilai konstan dan arus berada di keadaan tunak (tidak berubah terhadap waktu).



Gambar 1.

(a) Lingkaran tembaga dalam kesetimbangan elektrostatik. Seluruh loop berada pada potensial tunggal, dan medan listrik adalah nol di semua titik di sisi tembaga.

(b) Penambahan baterai menimbulkan perbedaan potensial listrik antara ujung loop yang terhubung ke terminal baterai. Baterai dengan demikian menghasilkan medan listrik di dalam loop, dari terminal ke terminal, dan medan menyebabkan muatan bergerak di sekitar loop.

Pergerakan muatan ini adalah arus i .

Gambar 2 dibawah ini menunjukkan bagian konduktor, bagian dari loop konduktor di mana arus telah dibuat. Jika muatan dq melewati bidang hipotetis (seperti aa') dalam waktu dt , maka arus i melalui bidang itu didefinisikan sebagai berikut:

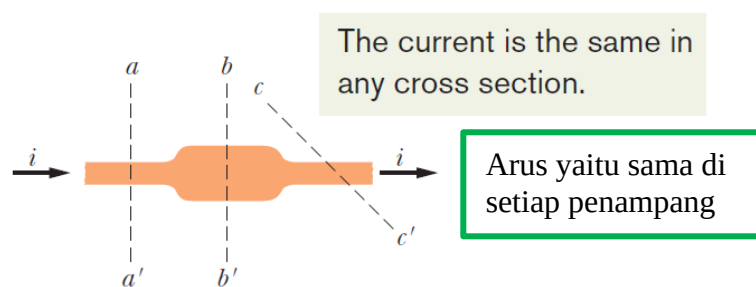
$$i = \frac{dq}{dt}$$

(Definisi Arus) (Persamaan 1)

Kita dapat menemukan muatan yang melalui bidang dalam selang waktu yang terbentang dari 0 hingga t dengan integrasi:

$$q = \int dq = \int_0^t i dt \text{ (Persamaan 2)}$$

dimana saat ini dapat bervariasi dengan waktu.



Gambar 2

Arus i melalui penghantar memiliki nilai yang sama pada bidang aa' , bb' , dan cc' .

Dalam kondisi tunak, arus adalah sama untuk bidang aa' , bb' , dan cc' dan memang untuk semua bidang yang melalui konduktor sepenuhnya, tidak peduli apa lokasi atau orientasinya. Ini mengikuti dari fakta bahwa muatan adalah kekal. Di bawah kondisi tunak yang diasumsikan di sini, sebuah elektron harus melewati bidang aa' untuk setiap elektron yang melewati bidang cc' . Dengan cara yang sama, jika kita memiliki aliran air yang stabil melalui selang taman, setetes air harus meninggalkan nosel untuk setiap tetes yang masuk ke selang di ujung yang lain. Jumlah air dalam selang adalah jumlah yang diteruskan.

Satuan SI untuk arus adalah coulomb per detik, atau ampere (A), adalah satuan dasar SI:

$$1 \text{ ampere} = 1\text{A} = 1 \text{ coulomb per detik} = 1 \text{ C/s.}$$

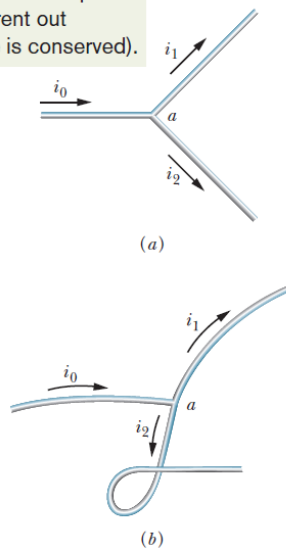
Arus, seperti yang didefinisikan oleh Persamaan 1, adalah skalar karena muatan dan waktu dalam persamaan itu adalah skalar. Namun, seperti pada Gambar 1(b), kita sering menggambarkan arus dengan panah untuk menunjukkan bahwa muatan bergerak. Namun, panah seperti itu bukan vektor, dan tidak memerlukan penambahan vektor. Gambar 3(a) menunjukkan konduktor dengan arus i , membelah di persimpangan menjadi dua cabang. Karena muatan adalah kekal, besaran arus pada cabang harus dijumlahkan untuk menghasilkan besar arus pada penghantar asal, sehingga:

$$i_0 = i_1 + i_2 \text{ (Persamaan 3)}$$

Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3(b), menekuk atau mengarahkan kembali kabel di ruang angkasa tidak mengubah validitas Persamaan 3. Panah arus hanya menunjukkan arah (atau pengertian) aliran di sepanjang konduktor, bukan arah di ruang angkasa.

Arus ke persimpangan harus sama dengan arus keluar (muatan diteruskan).

The current into the junction must equal the current out (charge is conserved).



Gambar 3

Relasi $i_0 = i_1 + i_2$ adalah benar di persimpangan (a) tidak peduli apa orientasi dalam ruang dari tiga kabel. Arus adalah skalar, bukan vektor.

B. Pengertian Hambatan dan Resistivitas (*Resistance and Resistivity*)

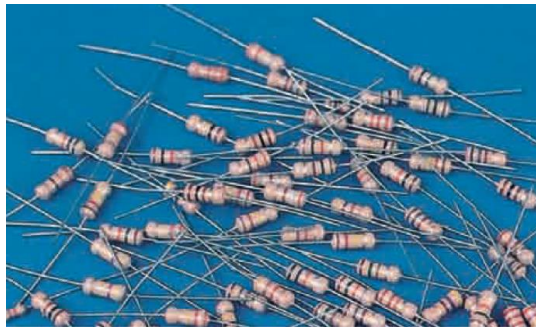
Jika menerapkan beda potensial yang sama antara ujung-ujung geometris yang serupa batang tembaga dan kaca, arus yang dihasilkan sangat berbeda. Ciri khas dari penghantar yang masuk disini adalah hambatan listriknya. Kami menentukan resistansi antara dua titik konduktor dengan menerapkan perbedaan potensial V antara titik-titik tersebut dan mengukur arus i yang dihasilkan. Hambatan R , sebagai berikut:

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

(Definisi R) (Persamaan 4)

Satuan SI untuk resistansi yang mengikuti dari Persamaan 4 adalah volt per ampere. Kombinasi terjadi begitu sering sehingga kita memberinya nama khusus, ohm (simbol Ω), itu adalah:

$$1 \text{ ohm} = 1 \Omega = 1 \text{ volt per ampere} = 1 \text{ V/A (Persamaan 5)}$$



Gambar 4.

Bermacam-macam resistor. Pita melingkar adalah tanda kode warna yang mengidentifikasi nilai resistansi.

Sebuah konduktor yang fungsinya dalam suatu rangkaian adalah untuk memberikan resistansi tertentu disebut resistor (lihat Gambar 4). Dalam diagram rangkaian, kami mewakili resistor dan resistansi dengan simbol $\sim\sim\sim$. Jika kita menulis Persamaan 4 sebagai:

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

Kita melihat bahwa, untuk V tertentu, semakin besar hambatan, semakin kecil arus. Hambatan konduktor tergantung pada cara di mana perbedaan potensial diterapkan padanya. Gambar 5, misalnya, menunjukkan perbedaan potensial tertentu yang diterapkan dalam dua cara berbeda pada

konduktor yang sama. Seperti yang ditunjukkan oleh arus kerapatan arus, arus dalam dua kasus-maka resistansi yang diukur akan berbeda. Kecuali dinyatakan lain, kita akan mengasumsikan bahwa setiap perbedaan potensial yang diberikan diterapkan seperti pada Gambar 5(b).



Gambar 5.

Dua cara menerapkan beda potensial pada batang penghantar. Konektor abu-abu diasumsikan memiliki resistansi yang dapat diabaikan. Ketika mereka diatur seperti pada (a) di daerah kecil di setiap ujung batang, hambatan yang diukur lebih besar daripada ketika mereka diatur seperti pada (b) untuk menutupi seluruh ujung batang.

Di sini kita melakukannya dengan memfokuskan bukan pada beda potensial V melintasi resistor tertentu tetapi pada medan listrik $\vec{E}$ pada suatu titik dalam bahan resistif. Alih-alih berurusan dengan arus i melalui resistor, kita berurusan dengan rapat arus $\vec{J}$ pada titik yang bersangkutan. Alih-alih resistansi R suatu objek, kita berurusan dengan resistivitas ρ material:

$$\rho = \frac{E}{J}$$

(Definisi ρ) (Persamaan 6)

(Bandingkan persamaan ini dengan Persamaan 4.) Jika kita menggabungkan satuan SI dari E dan J menurut Persamaan.6, kita mendapatkan, untuk satuan ρ , ohm-meter ($\Omega \text{ m}$):

$$\frac{\text{unit}(E)}{\text{unit}(J)} = \frac{V/m}{A/m^2} = \frac{V}{A} m = \Omega \text{ m}$$

Tabel 1. Resistivitas Beberapa Bahan.

Resistivities of Some Materials at Room Temperature (20°C)		
Material	Resistivity, ρ ($\Omega \cdot \text{m}$)	Temperature Coefficient of Resistivity, α (K^{-1})
<i>Typical Metals</i>		
Silver	1.62×10^{-8}	4.1×10^{-3}
Copper	1.69×10^{-8}	4.3×10^{-3}
Gold	2.35×10^{-8}	4.0×10^{-3}
Aluminum	2.75×10^{-8}	4.4×10^{-3}
Manganin ^a	4.82×10^{-8}	0.002×10^{-3}
Tungsten	5.25×10^{-8}	4.5×10^{-3}
Iron	9.68×10^{-8}	6.5×10^{-3}
Platinum	10.6×10^{-8}	3.9×10^{-3}
<i>Typical Semiconductors</i>		
Silicon, pure	2.5×10^3	-70×10^{-3}
Silicon, <i>n</i> -type ^b	8.7×10^{-4}	
Silicon, <i>p</i> -type ^c	2.8×10^{-3}	
<i>Typical Insulators</i>		
Glass	$10^{10} - 10^{14}$	
Fused quartz	$\sim 10^{16}$	

^aAn alloy specifically designed to have a small value of α .

^bPure silicon doped with phosphorus impurities to a charge carrier density of 10^{23} m^{-3} .

^cPure silicon doped with aluminum impurities to a charge carrier density of 10^{23} m^{-3} .

(Jangan bingung antara ohm-meter, satuan resistivitas, dengan ohmmeter, yang merupakan instrumen untuk mengukur resistansi.) Tabel 1 mencantumkan resistivitas beberapa bahan.

Kita dapat menulis Persamaan 6 dalam bentuk vektor yaitu:

$$\vec{E} = \rho \vec{J}$$

(Persamaan 7)

Persamaan 6 dan 7 hanya berlaku untuk bahan isotropik. Bahan yang sifat listriknya sama ke segala arah. Kita sering berbicara tentang konduktivitas atau material. Ini hanyalah kebalikan dari resistivitasnya, jadi:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

(Definisi σ) (Persamaan 8)

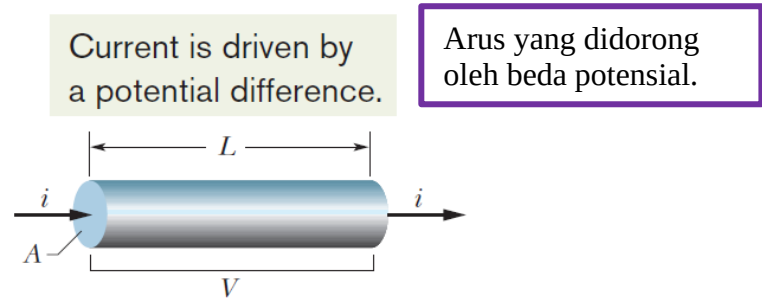
Satuan SI untuk konduktivitas adalah ohm-meter timbal balik, $(\Omega m)^{-1}$. Nama satuan mhos per meter kadang-kadang digunakan (mho adalah ohm terbalik). Definisi σ memungkinkan kita untuk menulis Persamaan 7 dalam bentuk alternatif:

$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$

(Persamaan 9)

C. Menghitung Resistansi dari Resistivitas

Resistansi adalah sifat suatu benda. Resistivitas adalah sifat suatu material. Jika kita mengetahui resistivitas suatu zat seperti tembaga, kita dapat menghitung hambatan dari panjang kawat yang terbuat dari zat tersebut. Misalkan A adalah luas penampang kawat, misalkan L adalah panjangnya, dan biarkan ada beda potensial V di antara ujung-ujungnya (Gbr. 6).



Gambar 6.

Beda Potensial V diterapkan di antara ujung kawat dengan panjang L dan penampang A , menghasilkan arus i .

Jika garis arus yang mewakili rapat arus seragam di seluruh kawat, medan listrik dan rapat arus akan konstan untuk semua titik di dalam kawat dan akan memiliki nilai:

$$E = V/L \text{ dan } J = i/A$$

(Persamaan 10)

Kemudian dapat menggabungkan Persamaan 6 dan 10, ditulis:

$$\rho = \frac{E}{J} = \frac{V/L}{i/A}$$

(Persamaan 11)

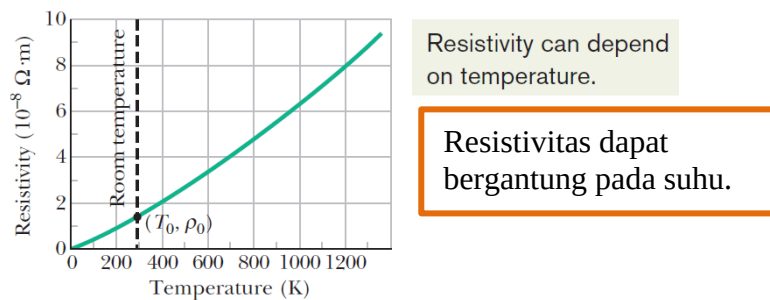
Namun, V/i adalah resistansi R , yang memungkinkan kita untuk menyusun kembali Persamaan 11 yaitu:

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

(Persamaan 12)

Persamaan 12 hanya dapat diterapkan pada konduktor isotropik homogen dengan penampang seragam, dengan beda potensial diterapkan seperti pada Gambar 5(b). Besaran makroskopik V , i , dan R paling menarik ketika kita melakukan pengukuran listrik pada konduktor tertentu. Itu adalah besaran yang kita baca langsung di meteran. Kami beralih ke jumlah mikroskopis E , J , dan ρ ketika kami tertarik pada sifat listrik dasar bahan.

D. Variasi dengan Suhu



Gambar 7.

Resistivitas tembaga sebagai fungsi suhu.
Titik pada kurva menandai titik referensi yang nyaman pada suhu $T_0=293\text{K}$ dan resistivitas $\rho_0 = 1,69 \times 10^{-8}\Omega \text{ m}$

Nilai sebagian besar sifat fisik bervariasi dengan suhu, dan resistivitas tidak pengecualian. Gambar 7, misalnya, menunjukkan variasi sifat ini untuk tembaga pada rentang suhu yang luas. Hubungan antara suhu dan resistivitas untuk tembaga dan untuk logam pada umumnya cukup linier di atas rentang suhu yang luas. Untuk hubungan linier seperti itu kita dapat menulis empiris pendekatan yang cukup baik, sebagai berikut:

$$\rho - \rho_0 = \rho_0 \alpha (T - T_0)$$

(Persamaan 13)

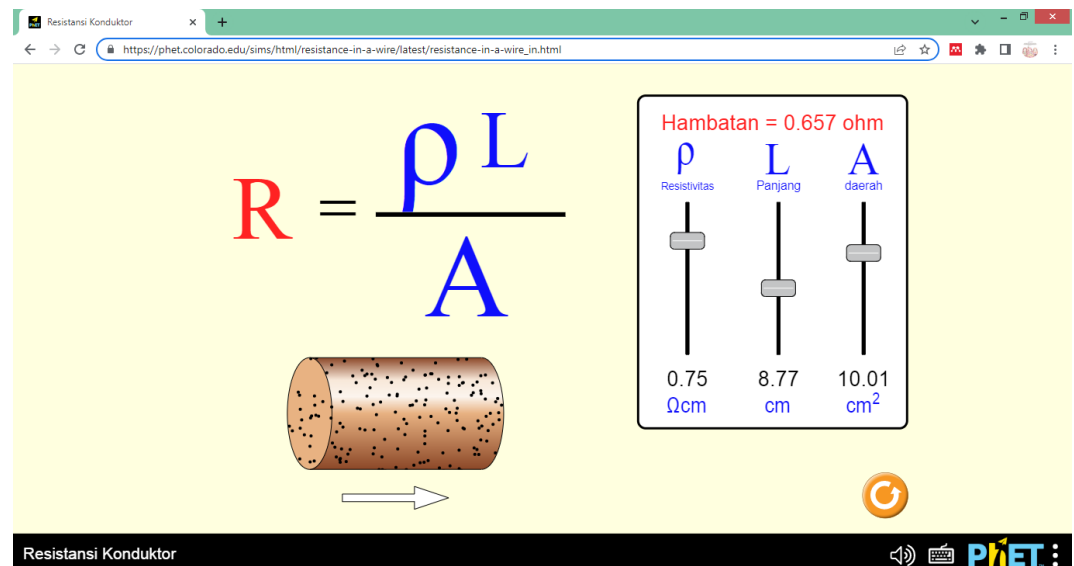
Disini T_0 adalah suhu referensi yang dipilih dan ρ_0 adalah resistivitas pada suhu tersebut. Biasanya $T_0=293\text{K}$ (suhu kamar), dimana $\rho_0=1,69 \times 10^{-8}\Omega \text{ m}$

untuk tembaga. Karena suhu memasuki Persamaan 13 hanya sebagai perbedaan, tidak masalah apakah menggunakan skala Celcius atau Kelvin dalam persamaan itu karena ukuran derajat pada skala ini identik. Besaran α dalam Persamaan 13, yang disebut koefisien suhu resistivitas, dipilih sehingga persamaan memberikan persetujuan yang baik dengan eksperimen untuk suhu dalam kisaran yang dipilih. Beberapa nilai α untuk logam tercantum dalam Tabel 1.

E. Percobaan menggunakan *Phet Simulation*

Berikut Link Percobaan Resistansi Konduktor melalui *Phet Simulation*:

https://phet.colorado.edu/sims/html/resistance-in-a-wire/latest/resistance-in-a-wire_in.html



F. Contoh Soal

Suatu kawat nikrom (resistivitas $10^{-6} \Omega \text{ m}$) memiliki jari-jari 0,65 mm. Berapakah panjang kawat yang dibutuhkan untuk memperoleh resistansi 2Ω ?

Penyelesaian:

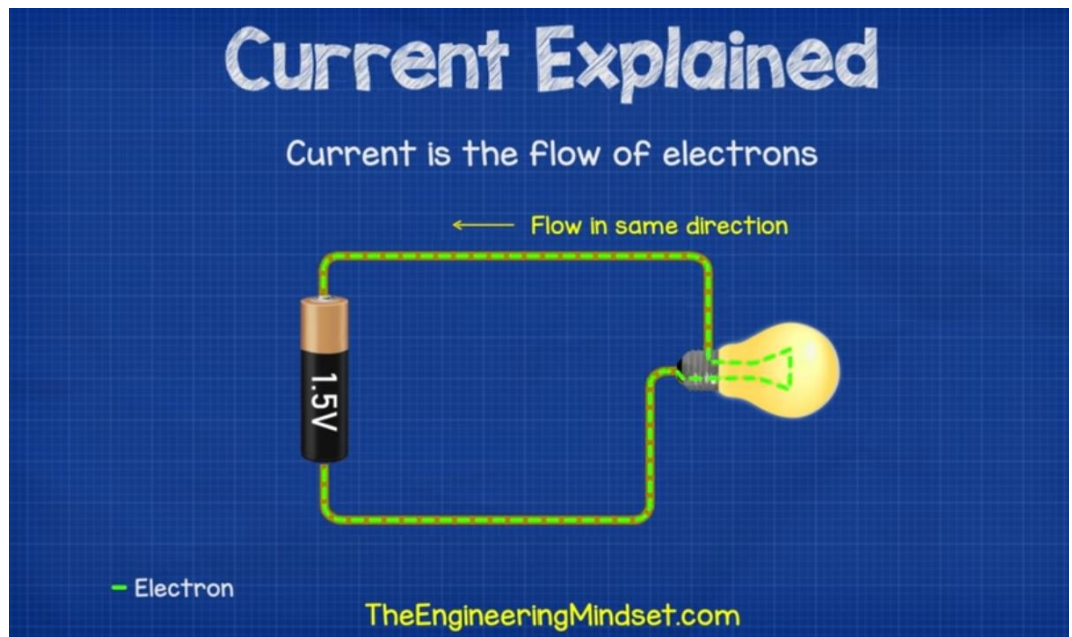
$$A = \pi r^2 = (3,14) (6,5 \times 10^{-4})^2 = 1,33 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Sehingga diperoleh

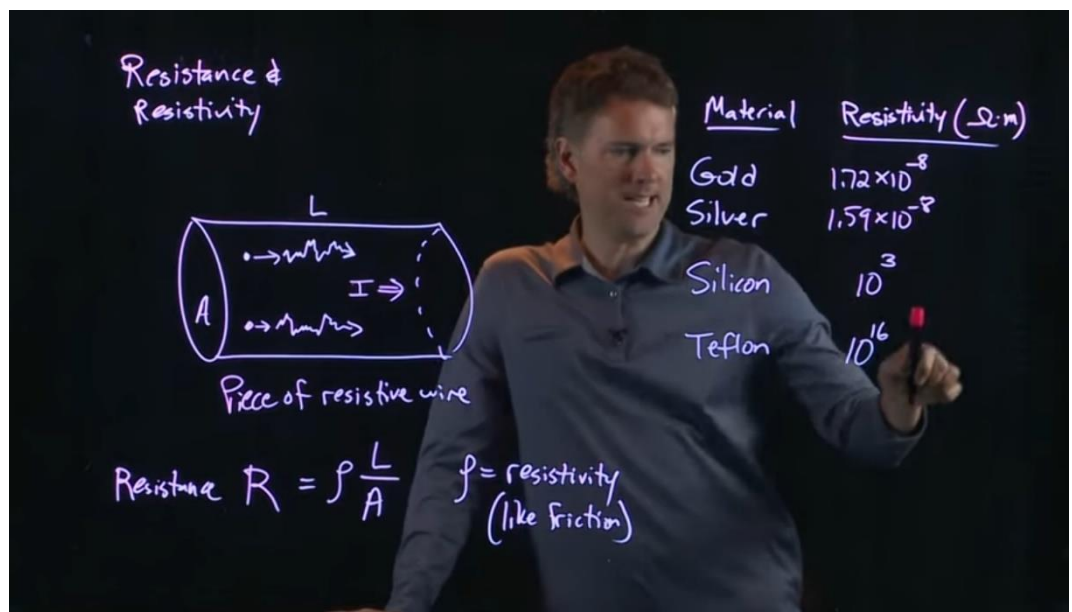
$$L = \frac{RA}{\rho} = \frac{(2)(1,33 \times 10^{-6})}{10^{-6}} = 2,66 \text{ m}$$

G. Video Pembelajaran Arus (Current) dan Hambatan (Resistance)

<https://youtu.be/8Posj4WMo0o>



https://youtu.be/CZFFmr_uM7A



DAFTAR PUSTAKA

Halliday, D., Resnick, R., and Walker, J. 2011. *Fundamental of Physics Edition 9th*. John Wiley & Sons, Inc: The United States of America.

Hutagalung, S.N., & Panjaitan, M. 2018. Pembelajaran Fisika Dasar dan Elektronika Dasar (Arus, Hambatan, dan Tegangan Listrik) menggunakan Aplikasi Matlab Metode Simulink. *Jurnal Ikatan Alumni Fisika Universitas Negeri Medan*. Vol 4. No 3.

Phet Simulation Resistansi Konduktor:

https://phet.colorado.edu/sims/html/resistance-in-a-wire/latest/resistance-in-a-wire_in.html

YouTube Arus (*Current*):

<https://youtu.be/8Posj4WMo0o>

YouTube Hambatan dan Resistivitas (*Resistance and Resistivity*):

https://youtu.be/CZFFmr_uM7A