

BAB

3

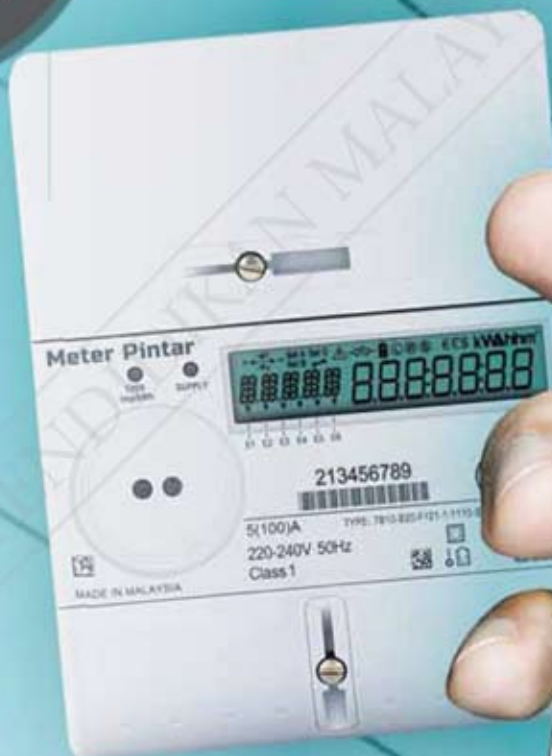
Elektrik

Bagaimanakah medan elektrik terhasil?

Apakah faktor-faktor yang mempengaruhi rintangan suatu dawai konduktor?

Apakah kelebihan sambungan sel kering secara bersiri dan selari?

Bagaimanakah kita dapat menjimatkan penggunaan tenaga elektrik di rumah?



Anda akan mempelajari:

- 3.1** Arus dan Beza Keupayaan
- 3.2** Rintangan
- 3.3** Daya Gerak Elektrik (d.g.e.) dan Rintangan Dalam
- 3.4** Tenaga dan Kuasa Elektrik



Portal Informasi

Tenaga Nasional Berhad (TNB) dijangka akan membelanjakan RM1.2 bilion dari tahun 2018 hingga 2020 untuk memasang meter pintar baharu di rumah kediaman seluruh negara. Meter pintar merupakan peranti yang membolehkan penggunaan elektrik harian direkodkan dan ditukarkan kepada data yang boleh dipantau oleh pengguna melalui aplikasi mudah alih. Peranti tersebut boleh mengumpul dan menganalisis data setiap jam penggunaan elektrik. Data penggunaan elektrik dikumpulkan dan dihantar ke pusat kawalan melalui frekuensi radio (RF). Kelebihan ini membolehkan pengguna memantau penggunaan elektrik dengan mudah serta mengurangkan tenaga pekerja TNB untuk bergerak dari satu rumah ke satu rumah bagi merekodkan bacaan penggunaan elektrik. Secara tidak langsung, teknologi ini meningkatkan kecekapan penggunaan tenaga elektrik di negara kita.



<http://bit.ly/2uC4eXF>

Kepentingan Bab Ini

Laluan kerjaya pada era Revolusi Industri 4.0 (IR 4.0) memerlukan kepakaran dalam bidang teknologi perisian maklumat untuk membina aplikasi berdasarkan keperluan pasaran semasa melalui dua platform utama, iaitu *Android* dan *iOS*. Platform ini mengutamakan perisian Kecerdasan Buatan (AI) yang akan membuat keputusan berasaskan algoritma kepintaran dalam bidang elektrik dan elektronik.

Lensa Futuristik

Komunikasi Talian Kuasa (PLC) akan menjadi kaedah pemindahan data digital pada masa depan di antara meter pintar dengan Pusat Kawalan Utiliti. Kaedah ini membolehkan data penggunaan kuasa dan profil penggunaan isi rumah dipantau secara dalam talian.



<http://bit.ly/2NxxjLV>

3.1 Arus dan Beza Keupayaan

Perhatikan Gambar foto 3.1 yang menunjukkan fenomena kilat. Bagaimanakah fenomena ini boleh terjadi? Imbas kembali bab Keelektrikan yang telah anda pelajari dalam subjek Sains semasa di Tingkatan 2.



Gambar foto 3.1 Fenomena kilat

Medan Elektrik

Apabila sebatang sikat yang bercas didekatkan dengan aliran air paip yang halus, aliran air paip tersebut menjadi bengkok. Fenomena ini menunjukkan kewujudan **medan elektrik** dalam kehidupan harian. Bolehkah anda senaraikan contoh kewujudan medan elektrik yang lain?



(a) Aliran air paip yang halus menjadi bengkok apabila sikat yang bercas didekatkan kepadanya



(b) Rambut tertarik oleh belon yang bercas



(c) Cebisan kertas tertarik ke sikat plastik yang bercas



(d) Penyedut minuman yang bercas bergerak mendekati jari yang didekatkan kepadanya

Gambar foto 3.2 Contoh kewujudan medan elektrik dalam kehidupan harian

Aktiviti 3.1 Demonstrasi guru

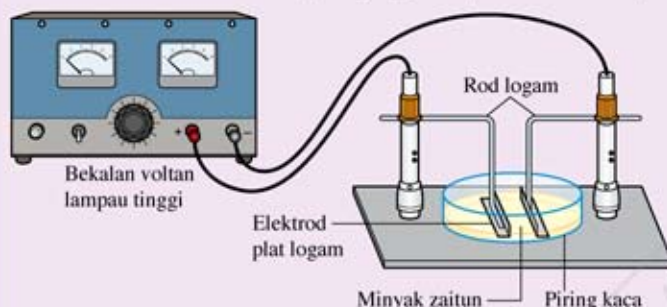
Tujuan: Mengkaji medan elektrik dengan menggunakan kit medan elektrik

Radas: Kit medan elektrik dan bekalan voltan lampau tinggi (V.L.T.)

Bahan: Minyak zaitun dan serbuk suji

Arahan:

1. Sediakan susunan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.1.



Rajah 3.1

2. Imbas kod QR dan cetak Jadual 3.1.
3. Tuang minyak zaitun ke dalam piring kaca.
4. Taburkan serbuk suji di atas permukaan minyak zaitun.
5. Hidupkan bekalan kuasa V.L.T. dan perhatikan pergerakan serbuk suji.
6. Rekodkan pemerhatian anda dalam Jadual 3.1.
7. Ulangi langkah 3 hingga 6 dengan pasangan plat berlainan bentuk seperti dalam Jadual 3.1.

Keputusan:

Jadual 3.1

Bentuk plat	Plat	Medan elektrik
Dua sfera bercas		
Sfera bercas dengan plat satah bercas		
Dua plat satah selari bercas		

Langkah Berjaga-jaga

- Jangan sentuh mana-mana bahagian logam apabila bekalan kuasa V.L.T. sedang digunakan.
- Pastikan suis bekalan kuasa V.L.T. dimatikan apabila tiada pemerhatian direkodkan.



IMBAS SAYA

Video demonstrasi kit medan elektrik

<http://bit.ly/2YSK3jb>



IMBAS SAYA

Lembaran kerja (Jadual 3.1)

<http://bit.ly/2PJiKUc>

Perbincangan:

1. Mengapakah bekalan kuasa V.L.T. digunakan dalam aktiviti ini?
2. Apakah yang berlaku pada plat satah selari apabila bekalan kuasa V.L.T. dihidupkan?
3. Mengapakah taburan serbuk suji membentuk corak tertentu apabila bekalan kuasa V.L.T. dihidupkan?
4. Apakah fungsi minyak zaitun dalam aktiviti ini?
5. Namakan bahan lain yang boleh digunakan selain serbuk suji dalam aktiviti ini.

Berdasarkan Aktiviti 3.1, apabila bekalan kuasa V.L.T. dihidupkan, dua elektrod logam akan mempunyai keupayaan yang berbeza. Medan elektrik wujud di antara dua elektrod tersebut. **Medan elektrik** ialah kawasan sekitar suatu zarah bercas di mana sebarang cas elektrik yang berada dalam kawasan tersebut akan mengalami daya elektrik. Apabila serbuk suji diletakkan di dalam medan elektrik tersebut, serbuk suji mengalami daya elektrik. Corak yang dibentuk oleh serbuk suji menunjukkan corak medan elektrik.

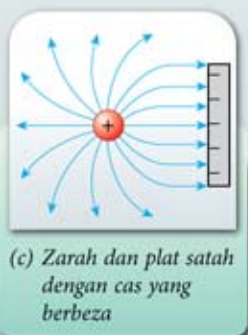


Galeri MAKLUMAT

Garis medan elektrik bermula dengan cas positif dan berakhir dengan cas negatif. Garis medan elektrik juga tidak bersilang antara satu sama lain.

Rajah 3.2 Corak medan elektrik di sekitar zarah dengan cas positif dan cas negatif

Garis medan elektrik di sekeliling suatu zarah cas positif sentiasa menghala ke luar manakala medan elektrik di sekeliling suatu cas negatif menghala ke dalam (Rajah 3.2). Cas-cas yang berbeza saling menarik manakala cas-cas yang sama saling menolak.

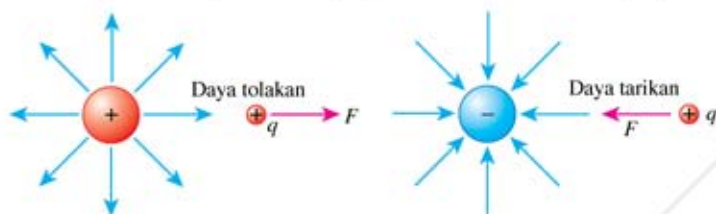


Rajah 3.3 Corak medan elektrik

Corak medan elektrik boleh dilukis menggunakan garis-garis beranak panah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.3. Setiap garis beranak panah mewakili satu garis medan elektrik.

Kekuatan Medan Elektrik

Andaikan satu cas uji positif, q diletakkan dalam satu medan elektrik. Cas uji tersebut akan mengalami daya elektrik, sama ada daya tolakan atau daya tarikan bergantung pada jenis zarah bercas. Rajah 3.4 menunjukkan daya elektrik yang bertindak ke atas cas uji positif.



Rajah 3.4 Daya elektrik yang bertindak ke atas cas uji positif dalam medan elektrik

Kekuatan medan elektrik, E pada satu titik dalam medan elektrik boleh ditakrifkan sebagai **daya elektrik yang bertindak ke atas seunit cas positif yang terletak pada titik itu.**

$$E = \frac{F}{q}$$

iaitu E = kekuatan medan elektrik

F = daya elektrik

q = kuantiti cas elektrik

Unit S.I. bagi E ialah newton per coulomb (N C^{-1})

Galeri MAKLUMAT

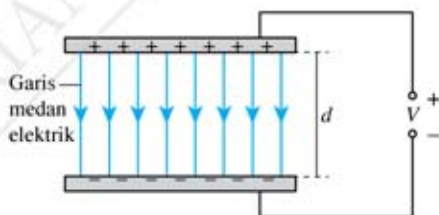
Arah garis medan elektrik mengikut arah tindakan daya elektrik ke atas cas uji positif yang terletak dalam medan elektrik tersebut.



IMBANG KEMBALI

Unit S.I. bagi cas ialah coulomb (C).

Medan elektrik yang ditunjukkan di antara dua plat selari yang bertentangan cas adalah seragam seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.5. Medan elektrik seragam ini diwakili oleh satu set garis-garis medan elektrik yang selari antara satu sama lain.



Rajah 3.5 Medan elektrik di antara dua plat selari yang bertentangan cas

Kekuatan medan elektrik, E yang dihasilkan oleh dua plat bercas yang selari ialah

$$E = \frac{V}{d}$$

iaitu E = kekuatan medan elektrik

V = beza keupayaan di antara dua plat selari

d = jarak di antara dua plat selari

Unit S.I. bagi E mengikut rumus ini ialah volt per meter (V m^{-1})

INFO Celik

Unit V m^{-1} adalah setara dengan N C^{-1} .

Kelakuan Zarah Bercas di dalam Suatu Medan Elektrik

Dalam suatu medan elektrik, terdapat cas-cas elektrik sama ada cas positif atau cas negatif. Cas-cas yang sama saling menolak manakala cas-cas yang berlainan saling menarik. Apakah yang akan terjadi kepada zarah bercas apabila diletakkan ke dalam suatu medan elektrik?

Aktiviti 3.2 Demonstrasi Guru

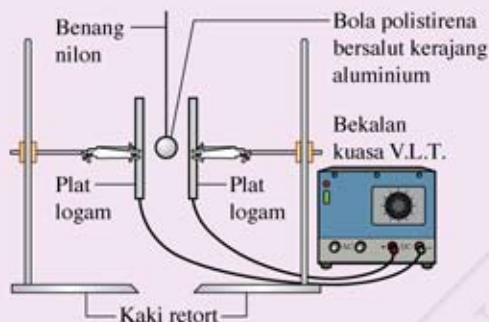
Tujuan: Mengkaji kesan medan elektrik ke atas objek bercas

Radas: Bekalan voltan lampau tinggi (V.L.T.), plat logam dan kaki retort

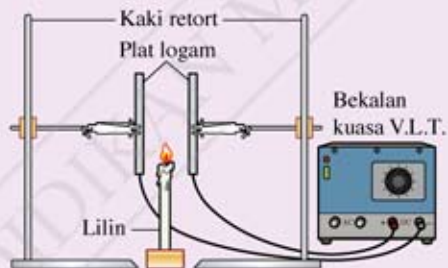
Bahan: Bola polistirena bersalut kerajang aluminium, benang nilon dan lilin

Arahan:

1. Sediakan susunan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.6.



Rajah 3.6



Rajah 3.7

2. Hidupkan suis bekalan kuasa V.L.T. Sesarkan bola polistirena supaya menyentuh satu permukaan plat logam dan lepaskan bola itu. Catatkan pemerhatian anda.
3. Ulangi langkah 2 dengan:
 - (a) kurangkan jarak di antara dua plat logam
 - (b) tinggikan voltan bekalan kuasa
4. Matikan suis bekalan kuasa dan gantikan bola polistirena dengan sebatang lilin yang bernyala seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.7.
5. Hidupkan suis bekalan kuasa V.L.T. Perhatikan kesan yang berlaku kepada nyalaan lilin. Catatkan pemerhatian anda.
6. Matikan suis bekalan kuasa. Songsangkan terminal bekalan kuasa dan hidupkan suis semula. Perhatikan kesan yang berlaku kepada nyalaan lilin. Catatkan pemerhatian anda.

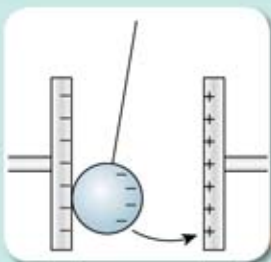
Perbincangan:

1. Mengapakah bola polistirena perlu disaluti kerajang aluminium?
2. Apakah fungsi benang nilon?
3. Apakah yang berlaku kepada gerakan bola polistirena sekiranya jarak di antara plat logam bertambah?

Kesan medan elektrik ke atas bola polistirena bersalut logam

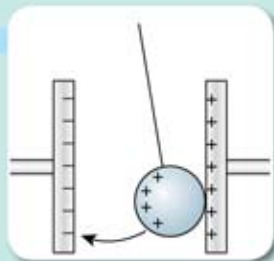
- 1 Apabila bola polistirena disasarkan menyentuh plat logam bercas positif dan dilepaskan, bola tersebut akan berayun berulang-alik di antara kedua-dua plat logam sehingga bekalan kuasa dimatikan.

- 2 Semasa bekalan kuasa dihidupkan, bola polistirena bersalut logam berada di antara kedua-dua plat logam yang bercas dan tidak bergerak. Bola tersebut berada dalam keadaan neutral.



- 3 Apabila bola polistirena disasarkan sehingga menyentuh plat logam bercas negatif, cas positif pada bola akan dinyahcaskan. Bola polistirena akan bercas negatif. Kesamaan cas di antara bola polistirena dengan plat logam menghasilkan daya tolakan yang menolak bola tersebut. Bola polistirena yang bercas negatif akan ditarik ke arah plat logam positif.

- 4 Di plat logam positif, elektron pada bola polistirena akan dipindahkan ke plat logam positif sehingga bola tersebut bercas positif. Kesamaan cas di antara bola polistirena dengan plat logam menghasilkan daya tolakan yang menolak bola tersebut. Bola polistirena yang bercas positif akan tertarik ke arah plat logam negatif.



- 5 Proses ini akan berulang sehingga bekalan kuasa dimatikan.



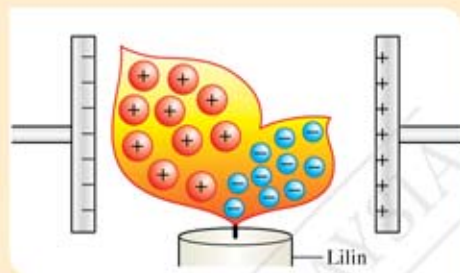
IMBAS SAYA

Video kesan
medan elektrik
ke atas bola
polistirena

<http://bit.ly/2E10I9I>

Rajah 3.8 Kesan medan elektrik ke atas gerakan bola polistirena bersalut logam

- 1 Apabila bekalan kuasa dihidupkan, nyalaan lilin akan tersebar di antara kedua-dua plat logam. Sebaran nyalaan lilin yang menghala ke plat logam negatif lebih besar berbanding dengan yang menghala ke plat logam bercas positif.
- 2 Haba daripada lilin menyebabkan udara mengion menjadi ion positif dan ion negatif.
- 3 Ion negatif akan tertarik ke plat logam bercas positif manakala ion positif tertarik ke plat logam bercas negatif.
- 4 Ion positif mempunyai jisim dan saiz yang lebih besar berbanding dengan ion negatif. Oleh itu, sebaran yang tertarik ke plat logam bercas negatif adalah lebih besar berbanding dengan sebaran yang tertarik ke plat logam bercas positif.



IMBAS SAYA

Video kesan medan elektrik ke atas nyalaan lilin

<https://bit.ly/2W3YZuS>

Rajah 3.9 Kesan medan elektrik ke atas nyalaan lilin

Arus Elektrik

Peralatan elektrik akan dapat berfungsi sekiranya terdapat arus elektrik mengalir dalam litar elektrik yang lengkap. **Arus, I** ialah kadar pengaliran cas, Q dalam satu konduktor.

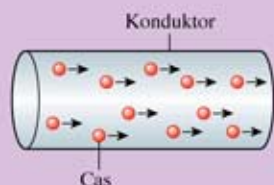
$$I = \frac{Q}{t} \quad \text{atau} \quad Q = It$$

iaitu I = arus

Q = jumlah cas

t = masa

Unit S.I. bagi arus, I ialah coulomb per saat ($C s^{-1}$) atau ampere (A).



Rajah 3.10 Cas elektrik mengalir dalam suatu konduktor

Beza Keupayaan

Anda telah mempelajari bahawa arus elektrik ialah kadar pengaliran cas elektrik. Bagaimanakah arus elektrik ini boleh mengalir dalam litar? Hal ini dapat dikaitkan dengan **beza keupayaan** elektrik.



Cetus Minda

Dalam medan elektrik suatu zarah dengan cas positif, mengapakah keupayaan elektrik adalah lebih tinggi pada kedudukan yang dekat dengan cas tersebut?

Arus dapat mengalir dari satu titik ke titik yang lain dalam litar kerana wujudnya beza keupayaan di antara dua titik dalam litar tersebut. **Beza keupayaan**, V di antara dua titik dalam suatu medan elektrik ialah **kerja**, W yang dilakukan untuk menggerakkan satu coulomb cas di antara dua titik tersebut.

$$V = \frac{W}{Q} \quad \text{atau} \quad V = \frac{E}{Q}$$

iaitu V = beza keupayaan

W = kerja yang dilakukan

E = tenaga yang digunakan

Q = jumlah cas yang mengalir

Unit S.I. bagi beza keupayaan, V ialah joule per coulomb (J C^{-1}) atau volt (V).

Beza keupayaan 1 V bermaksud kerja sebanyak 1 J dilakukan untuk menggerakkan 1 C cas dari satu titik ke titik yang lain.

EMK Sejarah



Alessandro Volta ialah seorang saintis dari Itali yang mencipta *voltaic pile*, iaitu bateri elektrik pertama. Unit volt digunakan sempena nama beliau sebagai tanda penghargaan terhadap penemuan tersebut.

INFO Celik

Cas satu elektron, $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

$$\begin{aligned} \text{Maka, } 1 \text{ C} &= \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} \\ &= 6.25 \times 10^{18} \text{ elektron} \end{aligned}$$

Praktis Formatif 3.1

1. Nyatakan takrifan arus dan beza keupayaan.
2. Apakah yang dimaksudkan dengan medan elektrik?
3. Rajah 3.11 menunjukkan sekeping papan iklan elektronik. Arus yang mengalir ialah $4.0 \times 10^{-2} \text{ A}$. Berapakah bilangan elektron yang mengalir dalam litar itu apabila suis dihidupkan selama 3 jam?
4. Sebuah mentol berlabel 3.0 V, 0.2 A menyala selama 1 jam. Hitungkan:
 - (a) jumlah cas yang mengalir
 - (b) jumlah tenaga yang dijanakan
5. Suatu konduktor logam mengalirkan 900 C cas elektrik dalam masa 10 minit. Hitungkan arus yang mengalir.



Rajah 3.11

Konduktor Ohm dan Konduktor Bukan Ohm

Konduktor yang mematuhi hukum Ohm dikenali sebagai konduktor Ohm manakala konduktor yang tidak mematuhi hukum Ohm dikenali sebagai konduktor bukan Ohm. Adakah beza keupayaan yang merentasi dan arus yang mengalir pada dawai konstantan dan mentol berubah menurut hukum Ohm? Jalankan Eksperimen 3.1.



IMBAS SAYA
Hukum Ohm

<http://bit.ly/2MfdCGP>



IMBAS SAYA
Video Hukum Ohm

<http://bit.ly/36E1Ugw>



Eksperimen 3.1

Inferens: Beza keupayaan yang merentasi suatu konduktor bergantung pada arus yang mengalir

Hipotesis: Semakin tinggi arus yang mengalir, semakin tinggi beza keupayaan yang merentasi konduktor

Tujuan: Mengkaji hubungan antara arus dengan beza keupayaan bagi konduktor Ohm dan konduktor bukan Ohm

A Konduktor Ohm (dawai konstantan)

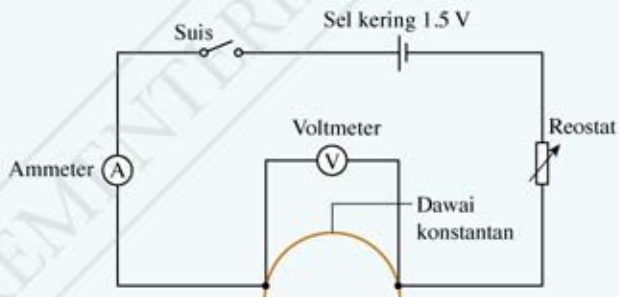
Pemboleh ubah:

- (a) Dimanipulasikan: Arus, I
- (b) Bergerak balas: Beza keupayaan, V
- (c) Dimalarkan: Suhu, diameter dan panjang dawai konstantan

Radas: Sel kering 1.5 V, pemegang sel, suis, dawai penyambung, ammeter, voltmeter, pembaris meter, reostat, dawai konstantan s.w.g. 24 (panjang 20 cm)

Prosedur:

1. Sediakan susunan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.12.



Rajah 3.12

2. Hidupkan suis dan laraskan reostat sehingga bacaan ammeter, $I = 0.2$ A. Catat bacaan voltmeter, V dalam Jadual 3.2.
3. Ulangi langkah 2 dengan nilai $I = 0.3$ A, 0.4 A, 0.5 A dan 0.6 A.

Galeri MAKLUMAT

Nilai s.w.g. (*standard wire gauge*) mewakili diameter bagi setiap jenis dawai. Semakin besar nilai s.w.g., semakin kecil diameter dawai.

Langkah Berjaga-jaga

- Pastikan dawai penyambung disambungkan dengan ketat.
- Elakkan ralat paralaks semasa mengambil bacaan ammeter dan voltmeter.
- Matikan suis sebaik sahaja bacaan diambil supaya suhu dawai konstantan kekal malar sepanjang eksperimen dijalankan.

Keputusan:**Jadual 3.2**

Arus, I / A	Beza keupayaan, V / V
0.2	
0.3	
0.4	
0.5	
0.6	

B Konduktor Bukan Ohm (mentol berfilamen)**Pemboleh ubah:**

- (a) Dimanipulasikan: Arus, I
- (b) Bergerak balas: Beza keupayaan, V
- (c) Dimalarkan: Panjang filamen

Radas: Sel kering 1.5 V, pemegang sel, suis, dawai penyambung, ammeter, voltmeter, reostat dan mentol berfilamen (2.5 V, 3 W)

Prosedur:

- Gantikan sambungan dawai konstantan dalam Rajah 3.12 dengan mentol berfilamen.
- Hidupkan suis dan laraskan reostat sehingga bacaan ammeter, $I = 0.14 A$. Catatkan bacaan voltmeter, V dalam Jadual 3.3.
- Ulangi langkah 2 dengan nilai $I = 0.16 A, 0.18 A, 0.20 A$ dan $0.22 A$.

Keputusan:**Jadual 3.3**

Arus, I / A	Beza keupayaan, V / V
0.14	
0.16	
0.18	
0.20	
0.22	

Analisis data:

Plotkan graf beza keupayaan, V melawan arus, I bagi eksperimen A dan eksperimen B.

Kesimpulan:

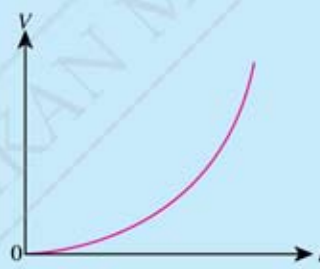
Apakah kesimpulan yang dapat dibuat daripada kedua-dua eksperimen ini?

Sediakan laporan yang lengkap bagi eksperimen A dan eksperimen B.

Perbincangan:

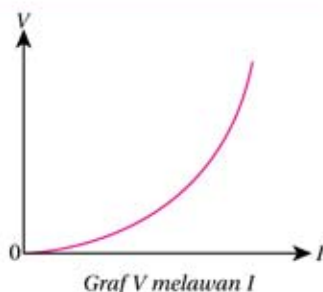
Berdasarkan kedua-dua graf V melawan I yang diplot, bandingkan bentuk graf dan kecerunan graf.

Jadual 3.4 Perbandingan graf V melawan I bagi konduktor Ohm dan konduktor bukan Ohm

Jenis konduktor	Konduktor Ohm	Konduktor bukan Ohm
Graf V melawan I	Graf garis lurus melalui titik asalan 	Graf garis lengkung melalui titik asalan 
Hubungan antara V dengan I	V berkadar secara terus dengan I	V bertambah dengan I
Kadar pertambahan voltan	Tetap	Meningkat
Rintangan	Malar	Meningkat

Galeri MAKLUMAT

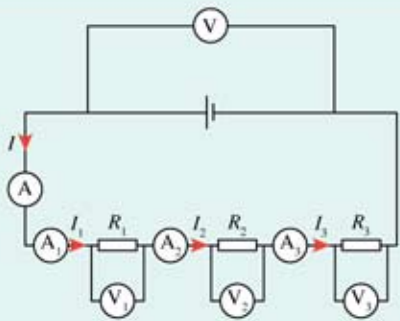
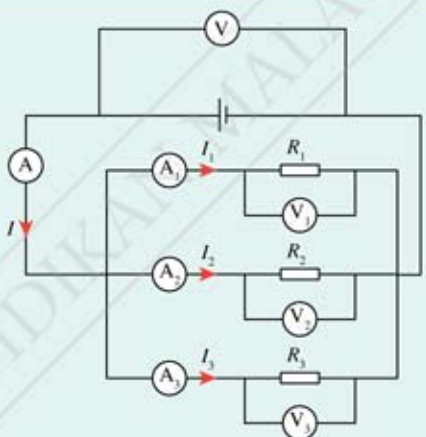
Graf di sebelah menunjukkan hubungan antara beza keupayaan, V dengan arus, I bagi sebuah mentol berfilamen tungsten. Dawai tungsten yang digunakan dalam mentol berfilamen merupakan konduktor Ohm. Oleh kerana filamen mentol berkelung, dawai filamen menjadi panjang. Apabila arus yang mengalir melaluinya bertambah, suhu dawai meningkat. Pada masa yang sama, rintangan turut meningkat dan lampu akan menyala. Pada ketika ini, dawai tungsten merupakan konduktor bukan Ohm.



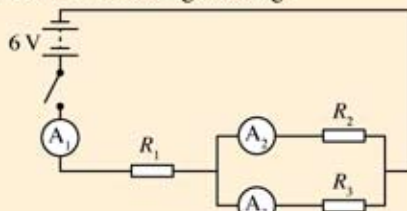
Menyelesaikan Masalah bagi Sambungan Litar Kombinasi Bersiri dan Selari

Imbas kembali pelajaran anda tentang litar bersiri dan litar selari semasa di Tingkatan 2. Arus, beza keupayaan dan rintangan dalam suatu litar bersiri adalah berbeza daripada litar selari. Jadual 3.5 merumuskan arus, beza keupayaan dan rintangan bagi litar bersiri dan litar selari. Berdasarkan rumusan tersebut, anda dapat mengira arus, beza keupayaan dan rintangan bagi sambungan litar kombinasi bersiri dan selari.

Jadual 3.5 Rumusan arus, beza keupayaan dan rintangan bagi litar bersiri dan litar selari

Litar bersiri	Litar selari
	
Arus yang mengalir melalui setiap perintang adalah sama. $I = I_1 = I_2 = I_3$	Jumlah arus dalam litar bersamaan dengan jumlah arus yang melalui perintang pada setiap cabang. $I = I_1 + I_2 + I_3$
Beza keupayaan yang merentasi sel kering adalah sama dengan jumlah beza keupayaan yang merentasi semua perintang. $V = V_1 + V_2 + V_3$	Beza keupayaan yang merentasi sel kering adalah sama dengan beza keupayaan yang merentasi setiap perintang. $V = V_1 = V_2 = V_3$
Rintangan berkesan $R = R_1 + R_2 + R_3$	Rintangan berkesan $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

Tiga buah perintang disusun secara bersiri dan selari seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.13. Nilai perintang bagi R_1 , R_2 dan R_3 ialah $2\ \Omega$, $4\ \Omega$ dan $12\ \Omega$ masing-masing.



Rajah 3.13

Apabila suis ditutup, hitungkan:

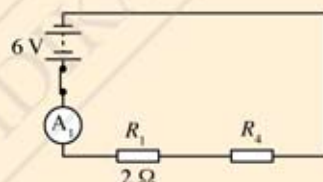
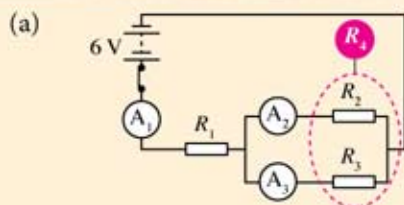
- rintangan berkesan, R
- arus dan beza keupayaan yang merentasi perintang $2\ \Omega$
- arus dan beza keupayaan yang merentasi perintang $4\ \Omega$ dan $12\ \Omega$

CUBA JAWAB



<http://bit.ly/2Pp451y>

Penyelesaian



Jumlah rintangan dalam litar selari,

$$\begin{aligned}\frac{1}{R_4} &= \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \\ &= \frac{1}{4} + \frac{1}{12} \\ &= \frac{4}{12} \\ R_4 &= \frac{12}{4} \\ &= 3\ \Omega\end{aligned}$$

Maka, rintangan berkesan dalam litar lengkap,

$$\begin{aligned}R &= R_1 + R_4 \\ &= 2 + 3 \\ &= 5\ \Omega\end{aligned}$$

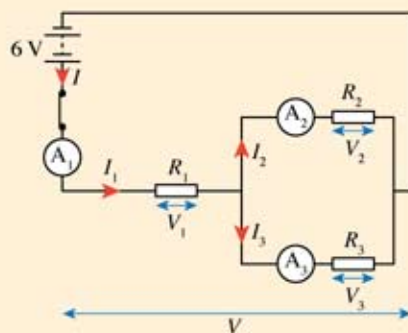
(b) Jumlah arus yang mengalir dalam litar,

$$\begin{aligned}I &= \frac{V}{R} \\ I &= \frac{6}{5} \\ &= 1.2\ \text{A}\end{aligned}$$

$$I_1 = I$$

Maka, beza keupayaan bagi $V_1 = I_1 R_1$

$$\begin{aligned}V_1 &= 1.2 (2) \\ &= 2.4\ \text{V}\end{aligned}$$



(c) Untuk perintang $4\ \Omega$ dan $12\ \Omega$:

Beza keupayaan, $V = V_1 + V_2$

$$\begin{aligned} V_2 &= V - V_1 \\ &= 6 - 2.4 \\ &= 3.6\text{ V} \end{aligned}$$

Oleh kerana R_2 selari dengan R_3 ,

Maka, $V_3 = V_2 = 3.6\text{ V}$

Jadi, arus yang mengalir melalui perintang $4\ \Omega$,

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{V_2}{R_2} \\ &= \frac{3.6}{4} \\ &= 0.9\text{ A} \end{aligned}$$

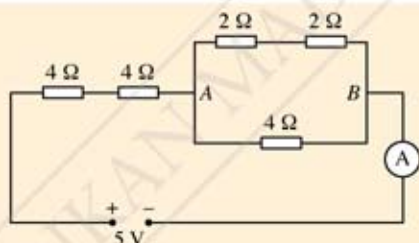
Manakala arus yang mengalir melalui perintang $12\ \Omega$,

$$\begin{aligned} I_3 &= \frac{V_3}{R_3} \\ &= \frac{3.6}{12} \\ &= 0.3\text{ A} \end{aligned}$$

Contoh 2

Rajah 3.14 menunjukkan litar kombinasi lima buah perintang yang disambungkan secara bersiri dan selari. Hitungkan:

- rintangan berkesan, R
- arus yang mengalir melalui ammeter, I
- beza keupayaan merentasi titik A dan B, V_{AB}



Rajah 3.14

Penyelesaian

(a)

$$\begin{aligned} R_1 &= 2 + 2 \\ &= 4\ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_2} &= \frac{1}{4} + \frac{1}{4} \\ &= \frac{2}{4} \\ R_2 &= \frac{4}{2} \\ &= 2\ \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= 4 + 4 + 2 \\ &= 10\ \Omega \end{aligned}$$

(b) Beza keupayaan, $V = 5\text{ V}$
Rintangan berkesan, $R = 10\ \Omega$

$$\begin{aligned} \text{Arus, } I &= \frac{V}{R} \\ &= \frac{5}{10} \\ &= 0.5\text{ A} \end{aligned}$$

(c) Rintangan, $R_2 = 2\ \Omega$

Arus, $I = 0.5\text{ A}$

$$\begin{aligned} \text{Beza keupayaan, } V_{AB} &= IR_2 \\ &= (0.5)(2) \\ &= 1.0\text{ V} \end{aligned}$$

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Rintangan Dawai

Faktor-faktor yang mempengaruhi rintangan dawai ialah panjang dawai, l , luas keratan rentas dawai, A dan kerintangan dawai, ρ . Jalankan Eksperimen 3.2, 3.3 dan 3.4 untuk mengkaji hubungan antara faktor-faktor tersebut dengan rintangan dawai.

Eksperimen 3.2

Inferens: Rintangan suatu dawai bergantung pada panjang dawai

Hipotesis: Semakin panjang dawai, semakin besar rintangan dawai

Tujuan: Mengkaji hubungan antara panjang dawai dengan rintangan dawai

Pemboleh ubah:

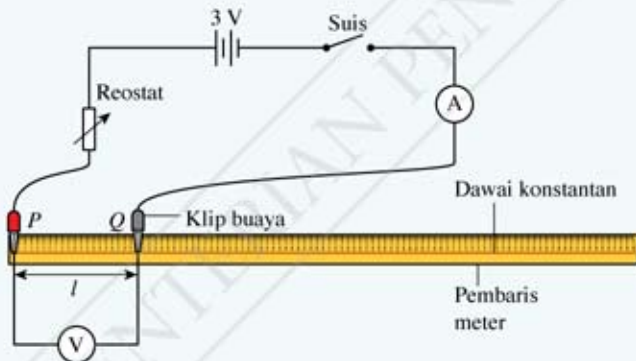
- (a) Dimanipulasikan: Panjang dawai, l
- (b) Bergerak balas: Rintangan, R
- (c) Dimalarkan: Diameter dawai, kerintangan dawai dan suhu dawai

Radas: Dua sel kering 1.5 V, pemegang sel, suis, dawai penyambung, ammeter, voltmeter, klip buaya, reostat dan pembaris meter

Bahan: Dawai konstantan s.w.g. 24 dengan panjang 110.0 cm

Prosedur:

1. Sediakan susunan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.15.



Rajah 3.15

Galeri MAKLUMAT

Kerintangan dawai bergantung pada bahan dawai.

Nota

Pastikan suhu dawai adalah tetap sepanjang eksperimen dijalankan kerana perubahan suhu akan mempengaruhi rintangan dawai.

2. Laraskan klip buaya P dan Q supaya panjang dawai, $l = 20.0$ cm.
3. Hidupkan suis dan laraskan reostat sehingga arus, I yang mengalir dalam litar ialah 0.5 A.
4. Rekodkan nilai beza keupayaan merentasi dawai dalam Jadual 3.6.
5. Ulangi langkah 2 hingga 4 bagi panjang dawai konstantan yang berbeza, $l = 40.0$ cm, 60.0 cm, 80.0 cm dan 100.0 cm.
6. Hitungkan rintangan, $R = \frac{V}{I}$.

Keputusan:**Jadual 3.6**

Panjang dawai, l / cm	Arus, I / A	Beza keupayaan, V / V	Rintangan, R / Ω
20.0			
40.0			
60.0			
80.0			
100.0			

Analisis data:

Plotkan graf rintangan, R melawan panjang dawai, l .

Kesimpulan:

Apakah kesimpulan yang dapat dibuat daripada eksperimen ini?

Sediakan laporan yang lengkap bagi eksperimen ini.

Perbincangan:

Nyatakan satu langkah berjaga-jaga yang perlu diambil untuk memastikan suhu dawai adalah tetap sepanjang eksperimen dijalankan.

Eksperimen 3.3

Inferens: Rintangan suatu dawai bergantung pada luas keratan rentas dawai

Hipotesis: Semakin besar luas keratan rentas dawai, semakin kecil rintangan dawai

Tujuan: Mengkaji hubungan antara luas keratan rentas dawai dengan rintangan dawai

Pemboleh ubah:

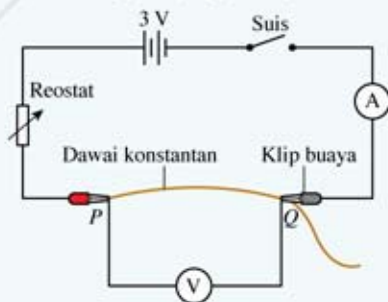
- (a) Dimanipulasikan: Luas keratan rentas dawai, A
- (b) Bergerak balas: Rintangan, R
- (c) Dimalarkan: Panjang dawai, kerintangan dawai dan suhu dawai

Radas: Dua sel kering 1.5 V, pemegang sel, suis, ammeter, voltmeter, dawai penyambung, klip buaya, reostat dan pembaris meter

Bahan: Dawai konstantan s.w.g. 22, s.w.g. 24, s.w.g. 26, s.w.g. 28 dan s.w.g. 30 dengan panjang 30.0 cm setiap satu

Prosedur:

1. Sediakan susunan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.16.

**Rajah 3.16**

Nota
Pastikan suhu dawai adalah tetap sepanjang eksperimen dijalankan kerana perubahan suhu akan mempengaruhi rintangan dawai.

- Sambungkan seutas dawai konstantan s.w.g. 22 dengan panjang 25 cm di antara P dengan Q .
- Hidupkan suis dan laraskan reostat sehingga arus, I yang mengalir dalam litar ialah 0.5 A.
- Rekodkan nilai beza keupayaan merentasi dawai.
- Ulangi langkah 2 hingga 4 menggunakan dawai konstantan s.w.g. 24, s.w.g. 26, s.w.g. 28 dan s.w.g. 30.
- Berdasarkan diameter yang diberi dalam Jadual 3.7, hitungkan luas keratan rentas dawai, $A = \pi j^2$ dan rintangan, $R = \frac{V}{I}$ untuk lima set data yang diperolehi (j = jejari dawai).
- Rekodkan semua nilai bagi luas keratan rentas, A , arus, I , beza keupayaan, V dan rintangan, R dalam Jadual 3.7.

Keputusan:

Jadual 3.7

s.w.g.	Diameter, d / mm	Luas keratan rentas, A / mm ²	Arus, I / A	Beza keupayaan, V / V	Rintangan, R / Ω
22	0.711				
24	0.559				
26	0.457				
28	0.376				
30	0.315				

Analisis data:

Plotkan graf rintangan, R melawan luas keratan rentas dawai, A .

Kesimpulan:

Apakah kesimpulan yang dapat dibuat daripada eksperimen ini?

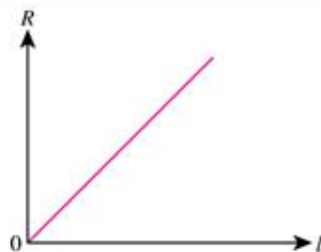
Sediakan laporan yang lengkap bagi eksperimen ini.

Perbincangan:

Nyatakan hubungan antara:

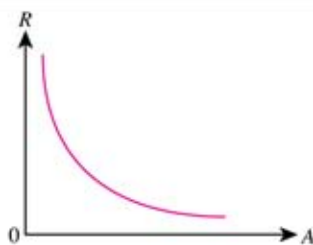
- luas keratan rentas dengan rintangan suatu dawai.
- nilai s.w.g. dengan rintangan suatu dawai.

Berdasarkan hasil keputusan Eksperimen 3.2, graf dalam Rajah 3.17 diperolehi. Graf R melawan I menunjukkan bahawa apabila panjang dawai bertambah, rintangan dawai juga bertambah dengan syarat suhu dawai adalah tetap. Hal ini menunjukkan rintangan berkadar terus dengan panjang dawai.

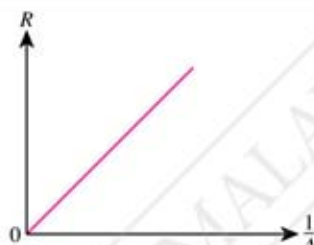


Rajah 3.17 Graf R melawan I

Berdasarkan hasil keputusan Eksperimen 3.3, graf dalam Rajah 3.18 diperoleh. Graf R melawan A menunjukkan rintangan dawai berkurang apabila luas keratan rentas dawai bertambah dengan syarat suhu dawai adalah tetap. Apabila diplotkan graf R melawan $\frac{1}{A}$, graf garis lurus melalui titik asalan diperoleh seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.19. Hal ini menunjukkan rintangan berkadar terus dengan $\frac{1}{A}$.



Rajah 3.18 Graf R melawan A



Rajah 3.19 Graf R melawan, $\frac{1}{A}$

Kerintangan Dawai

- **Kerintangan dawai**, ρ ialah suatu ukuran bagi keupayaan konduktor untuk menentang pengaliran arus elektrik.
- Unit bagi kerintangan ialah ohm-meter ($\Omega \text{ m}$).
- Nilai kerintangan bergantung pada sifat semula jadi bahan dan suhu bahan tersebut.

Eksperimen 3.4

Inferens: Rintangan suatu dawai bergantung pada kerintangan dawai

Hipotesis: Semakin besar kerintangan dawai, semakin besar rintangan dawai

Tujuan: Mengkaji hubungan antara kerintangan dawai dengan rintangan dawai

Pemboleh ubah:

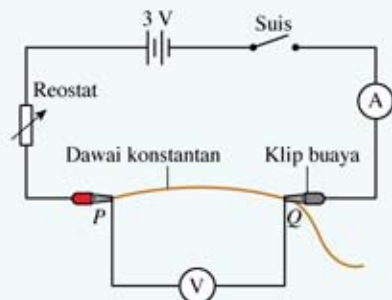
- Dimanipulasikan: Kerintangan dawai, ρ
- Bergerak balas: Rintangan, R
- Dimalarkan: Panjang dawai, diameter dawai dan suhu dawai

Radas: Dua sel kering 1.5 V, pemegang sel, suis, dawai penyambung, ammeter, voltmeter, klip buaya, reostat dan pembaris meter

Bahan: Dawai konstantan s.w.g. 24 dan dawai nikrom s.w.g. 24 dengan panjang 35.0 cm setiap satu

Prosedur:

- Sediakan susunan radas seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.20.
- Laraskan panjang dawai konstantan di antara P dengan Q supaya panjang, $l = 30.0 \text{ cm}$.
- Hidupkan suis dan laraskan reostat sehingga arus, I yang mengalir dalam litar ialah 0.5 A.
- Rekodkan nilai beza keupayaan merentasi dawai, V .



Rajah 3.20

- Ulangi langkah 2 hingga 4 dengan dawai nikrom.
- Hitungkan rintangan, $R = \frac{V}{I}$ bagi setiap jenis dawai.
- Rekodkan semua nilai arus, I , beza keupayaan, V dan rintangan, R dalam Jadual 3.8.

Keputusan:

Jadual 3.8

Jenis dawai	Arus, I / A	Beza keupayaan, V / V	Rintangan, R / Ω
Konstantan			
Nikrom			

Nota

Pastikan suhu dawai adalah tetap sepanjang eksperimen dijalankan kerana perubahan suhu akan mempengaruhi rintangan dawai.

Kesimpulan:

Apakah kesimpulan yang dapat dibuat daripada eksperimen ini?

Sediakan laporan yang lengkap bagi eksperimen ini.

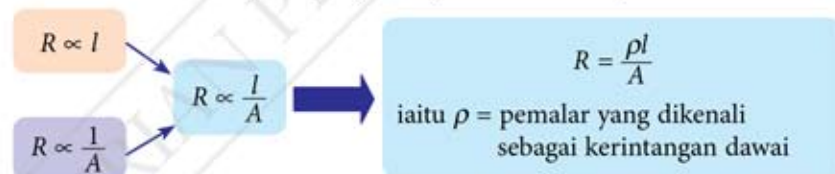
Perbincangan:

Diberi nilai kerintangan bagi beberapa jenis dawai dalam Jadual 3.9. Apakah yang anda boleh katakan tentang rintangan dawai kuprum berbanding dengan rintangan dawai konstantan dan nikrom? Jelaskan.

Jadual 3.9

Bahan	Kerintangan dawai, $\rho / \Omega \text{ m}$
Kuprum	1.68×10^{-8}
Konstantan	49×10^{-8}
Nikrom	100×10^{-8}

Berdasarkan hasil keputusan Eksperimen 3.2, 3.3 dan 3.4, faktor-faktor yang mempengaruhi rintangan dawai boleh dirumuskan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3.21.



Rajah 3.21 Merumuskan rintangan dawai

Aplikasi Kerintangan Dawai dalam Kehidupan Harian

Bagaimanakah pengetahuan tentang kerintangan dawai boleh digunakan dalam kehidupan harian anda?



Aktiviti 3.3

KIAK

Tujuan: Mengkaji dan menghuraikan aplikasi kerintangan dawai dalam kehidupan harian

Arahan:

- Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan.
- Dapatkan maklumat untuk mengkaji aplikasi kerintangan dawai tentang:
 - elemen pemanas
 - pendawaian elektrik di rumah (fius dan wayar penyambung)
- Sediakan laporan ringkas yang menghuraikan aplikasi kerintangan dawai.

Rajah 3.22 menerangkan tentang aplikasi kerintangan dawai dalam sebuah periuk nasi elektrik.



Rajah 3.22 Aplikasi kerintangan dawai dalam sebuah periuk nasi elektrik

Bahan konduktor yang berbeza mempunyai nilai kerintangan yang berbeza. Begitu juga dengan bahan bukan konduktor, semikonduktor dan superkonduktor yang mempunyai nilai kerintangan yang berbeza.



Aktiviti

3.4

KIAK / KMK

Tujuan: Mencari maklumat tentang nilai kerintangan bahan konduktor, bukan konduktor, semikonduktor dan superkonduktor

Arahan:

1. Jalankan aktiviti ini dalam bentuk *Think-Pair-Share*.
2. Dapatkan maklumat daripada sumber bacaan atau carian di laman sesawang tentang nilai kerintangan bahan konduktor, bukan konduktor, semikonduktor dan superkonduktor.
3. Bentangkan hasil dapatan anda.



IMBAS SAYA

Nilai kerintangan bagi contoh bahan

<http://bit.ly/2YSRUNB>

Jadual 3.10 menunjukkan perbandingan antara bahan bukan konduktor, semikonduktor, konduktor dan superkonduktor.

Jadual 3.10 Perbandingan antara bahan bukan konduktor, semikonduktor, konduktor dan superkonduktor

Bukan konduktor	Semikonduktor	Konduktor	Superkonduktor
Bahan yang tidak mengkonduksikan elektrik dan penebat yang baik.	Bahan yang mengkonduksikan elektrik lebih baik daripada penebat tetapi tidak sebaik konduktor.	Bahan yang dapat mengkonduksikan elektrik.	Bahan yang mengkonduksikan elektrik tanpa mengalami sebarang rintangan.
Mempunyai nilai kerintangan paling tinggi	Mempunyai nilai kerintangan antara bukan konduktor dengan konduktor	Mempunyai nilai kerintangan yang rendah	Mempunyai nilai kerintangan $0 \Omega \text{ m}$ pada suhu genting
Contoh: plastik dan kayu.	Contoh: silikon dan germanium.	Contoh: besi dan karbon.	Contoh: cesium apabila berada pada atau di bawah suhu 1.5 K.
 Penutup plastik kotak fius	 Cip silikon	 Lingaran nikrom sebagai elemen pemanas	 Lingaran superkonduktor dalam MRI

Superkonduktor ialah bahan yang mengkonduksikan elektrik tanpa sebarang rintangan. Oleh itu, tiada sebarang tenaga hilang apabila arus mengalir melalui superkonduktor. **Suhu genting**, T_c ialah suhu apabila kerintangan suatu superkonduktor menjadi sifar.



Aktiviti 3.5

KIAK / KMK

Tujuan: Mencari maklumat tentang kajian superkonduktor

Arahan:

- Jalankan aktiviti ini secara berkumpulan.
- Layari laman sesawang atau imbas kod QR untuk mendapatkan maklumat tentang kajian superkonduktor.
- Kumpulkan maklumat tentang:
 - suhu genting, T_c
 - graf rintangan melawan suhu termodinamik bagi superkonduktor
 - penemuan dan kajian terkini tentang suhu genting, T_c
- Bentangkan hasil dapatan anda.



IMBAS SAYA
Superkonduktor

<http://bit.ly/2SqGe3v>

Menyelesaikan Masalah Melibatkan Rumus Rintangan Dawai

Contoh 1

Kerintangan dawai konstantan dengan panjang 50.0 cm dan diameter 0.6 mm ialah $49 \times 10^{-8} \Omega$ m. Hitungkan rintangan dawai konstantan tersebut.

CUBA JAWAB



<http://bit.ly/2EUnT3>

Penyelesaian**Langkah 1:**

Mengenal pasti masalah

Langkah 2:

Mengenal pasti maklumat yang diberikan

Langkah 3:

Mengenal pasti rumus yang boleh digunakan

Langkah 4:

Menyelesaikan masalah secara numerikal

1 Rintangan dawai konstantan, R

2 Kerintangan dawai, $\rho = 49 \times 10^{-8} \Omega$ m

Panjang dawai, $l = 50.0$ cm

$= 0.5$ m

Diameter dawai, $d = 0.6$ mm

Jejari dawai, $j = \frac{0.6 \times 10^{-3} \text{ m}}{2}$

$= 3 \times 10^{-4}$ m

3 Luas keratan rentas dawai, $A = \pi j^2$

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

4 $A = \pi(3 \times 10^{-4})^2 \text{ m}^2$

$R = \frac{(49 \times 10^{-8})(0.5)}{\pi(3 \times 10^{-4})^2}$
 $= 0.867 \Omega$

Contoh 2

Azwan ialah seorang kontraktor di Taman Kota Puteri. Dia mendapati bahawa segulung wayar kuprum tulen dengan panjang 500 m dan jejari 0.5 mm mempunyai rintangan 10.8 Ω . Berapakah nilai kerintangan wayar kuprum tersebut?

Penyelesaian

Rintangan wayar, $R = 10.8 \Omega$

Panjang wayar, $l = 500$ m

Jejari wayar, $j = 0.5$ mm

$= 0.5 \times 10^{-3}$ m

Kerintangan wayar, $\rho = \frac{RA}{l}$

$= \frac{R\pi j^2}{l}$

$= \frac{(10.8)\pi(0.5 \times 10^{-3})^2}{500}$

$= 1.696 \times 10^{-8} \Omega$ m

Praktis Formatif 3.2

- Senaraikan faktor-faktor yang mempengaruhi rintangan suatu dawai.
- Hitungkan jumlah rintangan bagi segulung wayar kuprum dengan panjang 50.0 m dan luas keratan rentas 2.5 mm². Diberi nilai kerintangan kuprum pada suhu 20°C ialah $1.72 \times 10^{-8} \Omega$ m.