

Slide Perkuliahan

Fisika Listrik dan Magnet

**1600C302**

(Bagian 1)



**Prof. Elieser Tarigan, PhD.**

Fakultas Teknik

UNIVERSITAS SURABAYA 2024

## Pengantar

Dokumen ini merupakan Slide pembelajaran Listrik Magnet (Bagian 1) yang disediakan untuk mahasiswa. Fisika Listrik dan magnet merupakan salah satu mata kuliah dasar di Program Studi Teknik Mesin dan Teknik Kimia di Universitas Surabata. Mata kuliah ini mengajarkan konsep dasar kelistrikan dan kemagnetan serta aplikasinya. Secara umum mata kuliah Fisika Listrik dan magnet menjadi dasar yang diperlukan bagi mata kuliah-mata kuliah di semester selanjutnya. Matematika yang digunakan dalam memecahkan persoalan-persoalan adalah matematika dasar aljabar dan kalkulus. Walaupun kalkulus muncul, tarafnya masih sederhana, terbatas pada perhitungan vektor, diferensial dan integral sederhana. Konsep muatan listrik diajarkan lebih dahulu karena merupakan bagian awal yang penting mendasari fenomena timbulnya sifat kelistrikan dan kemagnetan. Terbentuknya peristiwa medan listrik, gaya muatan tarik listrik (gaya Coulomb), potensial listrik dan energi listrik dijelaskan melalui konsep muatan listrik. Aplikasi gaya tarik antar muatan yang tidak sejenis di bahas pada beberapa aplikasi peralatan. Materi pokok kelistrikan adalah sifat listrik pada bahan ditinjau dari sifat resistansi (resistor), kapasitansi (resistor), dan induktansi (induktor). Ketiga piranti dasar ini menjadi komponen utama kelistrikan dan juga kemagnetan. Pembahasan awal adalah pembahasan ketiga piranti R, L, C pada sumber listrik searah. Pembahasan tahap berikutnya adalah fenomena kemagnetan, yang merupakan efek listrik dinamis. Pembangkitan tegangan induksi pada kumparan dibahas secara detail dan juga pembahasan ketiga piranti R, L, C pada sumber listrik bolak-balik. Setelah penyampaian konsep kemagnetan, diberikan contoh soal untuk penguatan konsep dan diakhiri dengan latihan soal yang kerap kali diberikan dalam bentuk tugas baik secara individu maupun kelompok.

Slide pembelajaran merupakan media visual yang sangat penting dalam mendukung proses pembelajaran di lingkungan perguruan tinggi. Dengan menggunakan slide, materi dapat disajikan secara sistematis, ringkas, dan mudah dipahami oleh mahasiswa. Slide membantu dosen menyampaikan poin-poin utama dari suatu topik secara terstruktur, sehingga mahasiswa dapat lebih fokus dalam menangkap inti pembelajaran tanpa merasa kewalahan oleh informasi yang berlebihan.

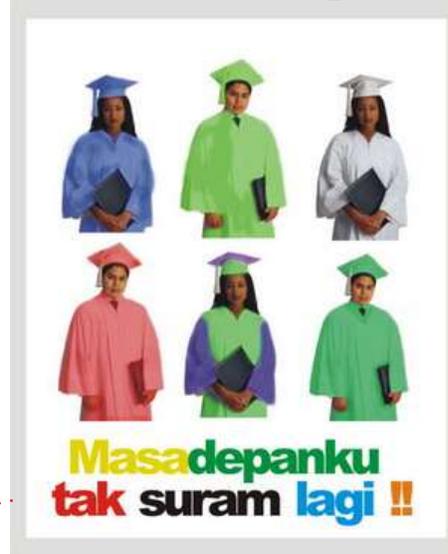
Selain itu, penggunaan elemen visual seperti gambar, grafik, dan diagram dalam slide mampu meningkatkan daya tarik serta memperkuat pemahaman konsep-konsep yang bersifat kompleks. Slide juga dapat membantu mengakomodasi gaya belajar visual dan auditori, menjadikannya alat yang inklusif bagi berbagai tipe pembelajar.

Dalam konteks pembelajaran modern, slide pembelajaran juga dapat diakses secara daring sebelum atau sesudah perkuliahan, sehingga mendorong mahasiswa untuk belajar mandiri dan melakukan review materi secara lebih efektif. Dengan demikian, slide pembelajaran tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu saat mengajar, tetapi juga sebagai sumber belajar yang mendukung peningkatan kualitas pemahaman dan partisipasi mahasiswa dalam proses belajar-mengajar

## *Perkuliahan Fisika Listrik Magnet*

### **Tujuan :**

*Memberi dasar –  
dasar pengertian  
Fisika terkait listrik  
magnet, serta  
aplikasinya sebagai  
bekal sebagai  
Sarjana Teknik*



1

## ELEKTRO STATIS

## **MUATAN LISTRIK dan MEDAN LISTRIK**

2

# Contoh-Contoh Aplikasi Listrik Statis

3

Chennai based manufacturer, exporter and supplier of magnetic and vibratory equipments such as Magnetic Roll Separator, Gauss Meter (Hand Held), Rectangular Magnet, Electrostatic Separator, Magnetic Sheet Funner, Eddy Current Separator, Concentrator Separator, etc.

**Inquiry Basket (0)**

## STAR TRACE™ (P) LTD

Home | Company Profile | Our Products | Trade Offers | Contact Us | Send Inquiry

### Excellent Magnetic Equipments



**PRODUCT RANGE**

- ▶ Magnetic Roll Separator
- ▶ Gauss Meter (Hand Held)
- ▶ Permanent Magnetic Lifter
- ▶ Flux Meter
- ▶ Rectangular Magnet
- ▶ Digital Gauss meter (Table Top)
- ▶ High Tension Electrostatic Drum Separator
- ▶ Paper Band Magnetic Lifter
- ▶ Magnetic Sheet Funner
- ▶ Magnetic Sweepers

#### High Tension Electrostatic Drum Separator

We are established company involved in designing, developing and supplying excellent quality **Industrial Electrostatic Separators** and offer it at market leading prices. Electrostatic Drum Separators are designed for separating **valuable** minerals of bulk materials, which are differing by their electrical properties. These superior quality High Tension Electrostatic Separators are manufactured following international norms and standards to satisfy the customers and maintaining products quality.

**Features:**

This Separator is capable of producing high grade concentrators with fast recovery of valuables owing to three -step re-cleaning and facility for heating materials. Besides these feature, it also consumes little electric power and is

**Inquire Now**



[Click here for an enlarged view](#)

4

**Products**

- Metallurgical Processing Machinery [13]
- Company Profile
- Trade Show

**Company Info**

Str Technical Machine Ltd. Co. [Turkey]

Online Postings: Products[13], Selling Leads[5]

Business Type: Manufacturer

City: Istanbul

Province/State: Europe

Country/Region: Turkey



Electrostatic Powder Coating



Movable Sieve...



GK150 Powder Coat recycling



AG3001 Automatic



Powder Coating Gun...



Powder Enamel Coating Gun...

### Electrostatic Powder Coating Equipment



Electrostatic Powder Coating Equipment

**Product Details:**

Electrostatic Powder Painting	Electrostatic Powder Coating
Place of Origin	Turkey
Brand Name	Strong3000
Model Number	MG3001

Offline [Contact Now](#) [View Contact Details](#)

« Prev Product    ...    8 9 10 11 12 13    Next Product »

**Detailed Product Description**

MG3001 Electrostatic Powder Coating Unit

With its special design, high quality and reliability properties, MG3001 manual powder coating equip...

**Contact this Member**

[Email your Message](#)

Click here to enter your email message

#### Control Technology – Selected Projects

Here is a small sampling of our work, including equipment and tooling applications as well as infrastructure and process applications.

*Choose a thumbnail below for a larger image and description at right.*

**Equipment and Tooling Applications**








**Infrastructure and Process Applications**








< Previous    11 of 12    Next >



**Industry/Application:** Environmental Remediation - Electrostatic Precipitator

**Description:** Wet Electrostatic Precipitators are sometimes used to remove particulate matter from the process gas smoke stacks of plants that manufacture Oriented Strand Board or Particle Board. Essentially, this is an environmental remediation process for the pulp and paper

**mks**  
Technology for Productivity

products | markets | service/support | technical info | investors | careers | about | contact

search

Login/register | my cart | home

Ionization, Static Control, Voltage Detection & Process Environment Monitoring

Ionization  
Static Control  
Voltage Detection & Process Environment Monitoring Instrumentation & Software

Electrostatic Chargers

*Electrostatic charging applications for films and plastic*

Electrostatic charging using ionization is often the most elegant and efficient way of accomplishing many physical tasks in handling plastic films, webs and sheets. A single charging system or a combination of two charging systems are used for "pinning" or "tacking" one or more film layers to a surface or for "tacking" or temporarily "bonding" two or more film layers together. Typical applications include manufacturing of binders, chill roll edge pinning on cast film lines, lamination, in-mold labeling (IML), plastic bag manufacturing, roll transfer, shrink wrapping, and other applications.

7

**Spectrum** Electrostatic Sprayers Inc.  
*The Electrostatic Sprayer*

HOME | COMPANY | USERS | SPRAYERS | CONTACT

Improve spray deposition  
Improve chemical performance  
Reduce application costs  
Reduce application time  
Increase acres sprayed per day  
Reduce labor costs  
Reduce spray drift  
Reduce worker exposure to chemicals

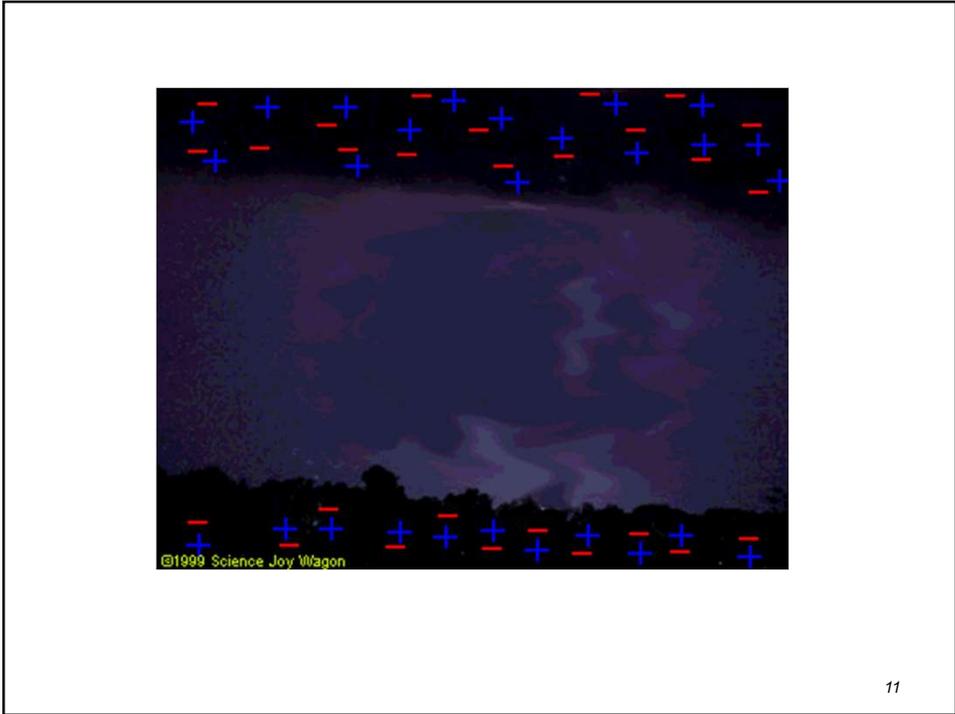
8

*MUATAN LISTRIK  
dan  
MEDAN LISTRIK*

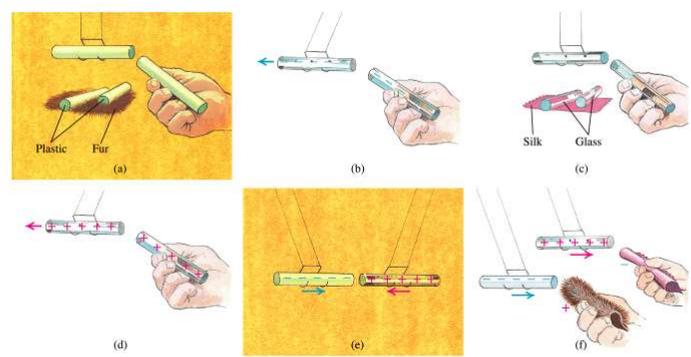
9

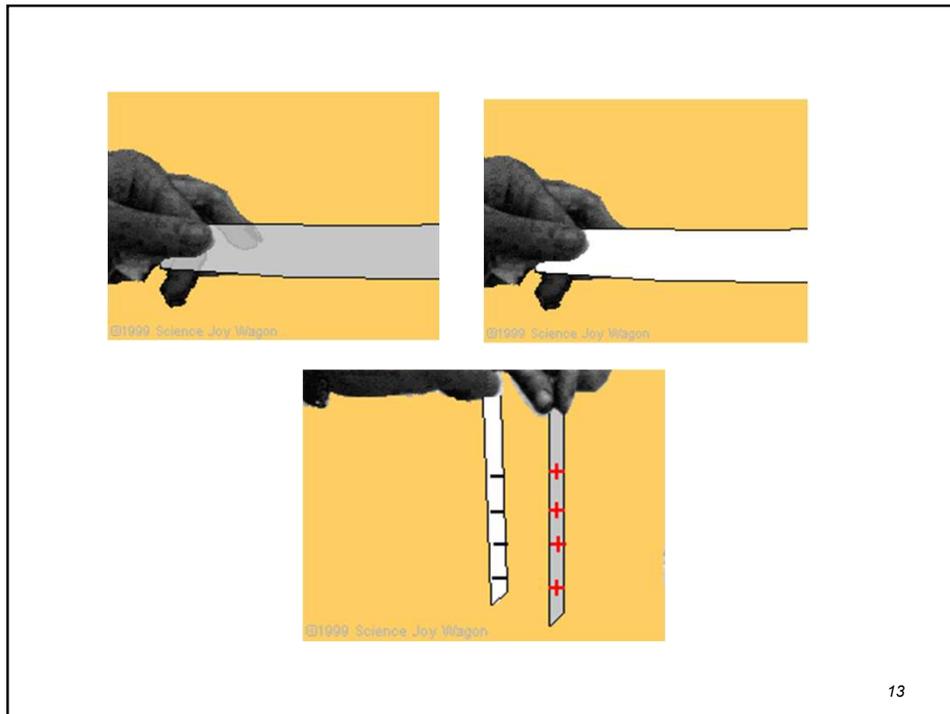


10



### Gejala Muatan Listrik





13

## Muatan Listrik

1. Dua Jenis muatan listrik: + (positif) dan – (negatif)
2. Jumlah muatan listrik yang dihasilkan pada **setiap proses** adalah nol.
3. Muatan Sejenis Tolak menolak, muatan berlawanan jenis tarik menarik
4. Besarnya suatu muatan selalu kelipatan bulat dari muatan elektron:  $Q = \pm N e$   
(  $e = 1.602 \times 10^{-19}$  Coulombs )

14

## Muatan Listrik dalam Atom

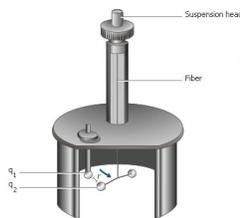
Atom merupakan bagian terkecil dari suatu zat yang tersusun dari inti bermuatan **positif** yang dikelilingi oleh satu atau lebih elektron yang bermuatan **negatif**

- Inti terdiri dari **proton (+) dan neutron**
- Atom kehilangan elektron = 'ion positif',
- Atom menerima elektron = 'ion negatif'.
- Materi dengan elektron-elektron bebas = '**konduktor**'
- materi dgn elektron-elektron terikat kuat dalam atom = '**isolator**'.
- Muatan elektron  $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
- Massa elektron  $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$
- Muatan proton = muatan elektron
- Massa proton =  $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = \text{muatan neutron}$

15

## Hukum Coulomb

Charles Augustin de Coulomb menggunakan sebuah bandul torsi dalam menurunkan "Hukum Coulomb"



- Coulomb memformulasikan gaya tarik/ tolak antara benda yang bermuatan
  - Sebanding dengan besar muatan masing-masing benda
  - Berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antar benda
  - Ada pengaruh medium tempat benda berada

$$F \propto q_1 q_2$$

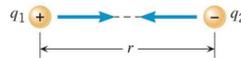
–

$$F \propto \frac{1}{r^2}$$

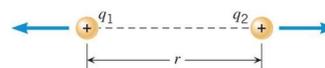
–

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Representasi pengaruh medium



(a)



(b)

16

- Konstanta  $k$  yang menyatakan pengaruh medium (lingkungan tempat muatan berada) dikaitkan dengan besaran fisis yang disebut permitivitas (*permitivity*)

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon}$$

- Jika medium berupa ruang bebas (*free-space*, biasa dipahami secara sederhana sebagai ruang hampa) maka permitivitasnya disimbolkan dengan  $\epsilon_0$ .
- Konstanta  $k$  di ruang hampa:

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2\text{N}^{-1}\text{m}^{-2}$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \approx 8,99 \times 10^9 \text{ Nm}^2\text{C}^{-2}$$

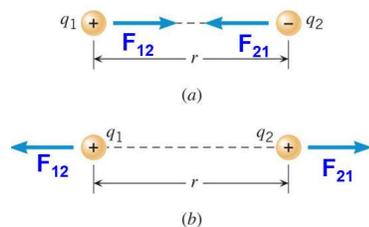
17

## Hukum Coulomb- Notasi Skalar

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

Dalam Notasi Skalar

**Notasi  $F_{12}$**  Artinya Gaya Pada pada benda (muatan) 1 diakibatkan oleh benda (muatan) 2



- Satuan-satuan (SI)

Simbol	Besaran	Satuan (SI)
$\vec{F}$	Gaya Coulomb	N
$\epsilon_0$	Permitivitas medium (vakum)	$\frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}$
$q_1, q_2$	muatan	C
$r$	jarak	m

18

## Notasi Vector

- Ungkapan hukum Coulomb akan lebih praktis bila dinyatakan dalam bentuk simbol vektor. Ingat bahwa gaya adalah besaran vektor
- Dengan notasi vektor, arah dan besar gaya dapat diungkapkan sekaligus
- Vektor posisi masing-masing muatan ( $q_1$ ) dan ( $q_2$ )

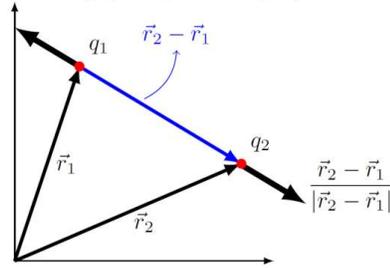
$$\vec{F}_{21} = k \frac{q_1 q_2}{r_{21}^2} \frac{(\vec{r}_2 - \vec{r}_1)}{|\vec{r}_2 - \vec{r}_1|}$$

Gaya **pada** muatan  $q_2$   
**akibat** muatan  $q_1$

$$r_{21} = |\vec{r}_2 - \vec{r}_1| = r_{12}$$

Gaya **pada** muatan  $q_1$   
**akibat** muatan  $q_2$

$$\vec{F}_{12} = k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \frac{(\vec{r}_1 - \vec{r}_2)}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|}$$



- Dengan notasi vektor, resultan gaya pada suatu muatan (yang diakibatkan banyak muatan) dapat diperoleh dengan penjumlahan (superposisi) vektor

$$\begin{aligned} \vec{F}_1 &= \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14} + \dots \\ &= k \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2} \frac{(\vec{r}_1 - \vec{r}_2)}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|} + k \frac{q_1 q_3}{r_{13}^2} \frac{(\vec{r}_1 - \vec{r}_3)}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_3|} + k \frac{q_1 q_4}{r_{14}^2} \frac{(\vec{r}_1 - \vec{r}_4)}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_4|} + \dots \\ &= k q_1 \left[ \frac{q_2}{r_{12}^2} \frac{(\vec{r}_1 - \vec{r}_2)}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|} + \frac{q_3}{r_{13}^2} \frac{(\vec{r}_1 - \vec{r}_3)}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_3|} + \frac{q_4}{r_{14}^2} \frac{(\vec{r}_1 - \vec{r}_4)}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_4|} + \dots \right] \\ \vec{F}_1 &= k q_1 \left[ \frac{q_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12} + \frac{q_3}{r_{13}^2} \hat{r}_{13} + \frac{q_4}{r_{14}^2} \hat{r}_{14} + \dots \right] \end{aligned}$$

Gaya total **pada** muatan  $q_1$   
akibat muatan lainnya

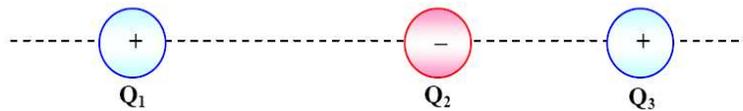
Vektor satuan  $\hat{r}_{ij} = \frac{\vec{r}_i - \vec{r}_j}{|\vec{r}_i - \vec{r}_j|}$

*Dalam Perkuliahan ini, Penyelesaian Soal-Soal dapat dilakukan dengan pendekatan Skalar maupun Vektor*

21

**SOAL**

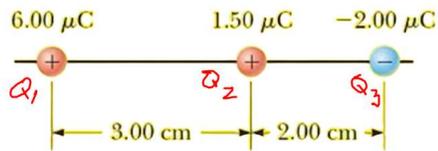
1. Tiga muatan titik disusun dalam satu garis seperti pada gambar di bawah ini. Gambarlah :



- gaya listrik yang diberikan pada muatan 1 oleh muatan 2 !
- gaya listrik yang diberikan pada muatan 1 oleh muatan 3 !
- gaya listrik yang diberikan pada muatan 2 oleh muatan 1 !
- gaya listrik yang diberikan pada muatan 2 oleh muatan 3 !
- gaya listrik yang diberikan pada muatan 3 oleh muatan 1 !
- gaya listrik yang diberikan pada muatan 3 oleh muatan 2 !

22

2. Tiga muatan titik disusun dalam satu garis seperti pada gambar di bawah ini.

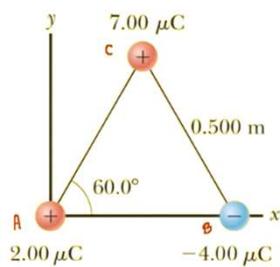


Hitung :

- gaya listrik yang diberikan pada muatan 2 oleh muatan 1 !
- gaya listrik yang diberikan pada muatan 2 oleh muatan 3 !
- gaya listrik total pada muatan 2 yang disebabkan oleh 2 muatan yang lain !

23

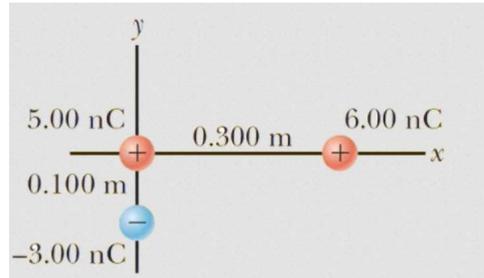
3. Tiga buah muatan Listrik terletak pada sudut segitiga sama sisi, seperti gambar. Hitung gaya yang dialami Muatan A.



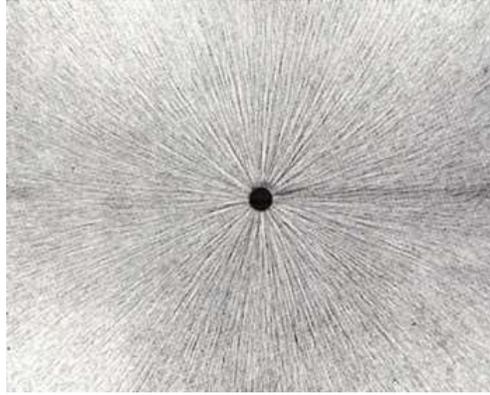
24

**TUGAS**

Hitung Besar dan Arah Gaya yang dialami oleh muatan di pusat koordinat



## MEDAN LISTRIK



1

## Medan Listrik

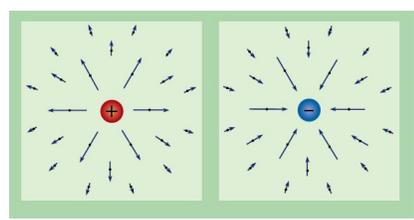
- Medan Listrik oleh sebuah muatan listrik  $Q$  adalah daerah yang terkena pengaruh muatan tersebut. Pengaruh tersebut adalah dalam bentuk Gaya Listrik.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q'}$$

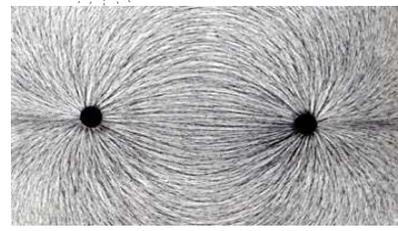
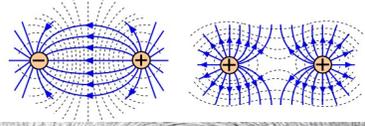
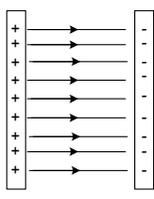
- Kuat Medan Listrik Disimbolkan dengan  $E$ , merupakan gaya yang dialami oleh muatan tes  $Q'$  per satuan muatannya

2

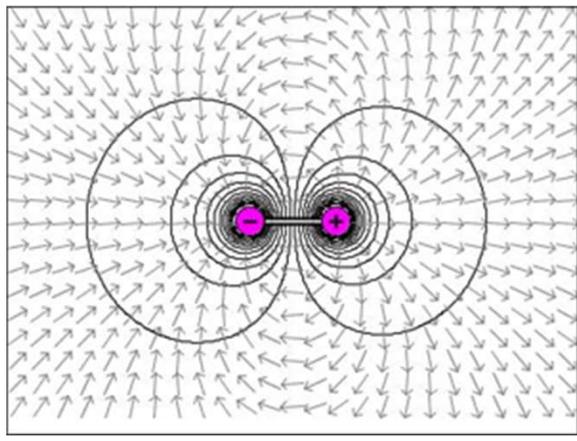
# Garis Medan Listrik



Arah garis medan listrik adalah menuju muatan negatif, dan, atau menjauhi muatan positif.



3



4

## Garis Medan Listrik

Arah garis medan listrik adalah menuju muatan negatif, dan, atau menjauhi muatan positif.

5

## Perhitungan Kuat Medan Listrik

Kuat Medan listrik,  $E$ , Oleh Muatan titik  $q$  pada jarak  $r$  dari muatan tersebut dirumuskan:

$$E = k \frac{q}{r^2}$$

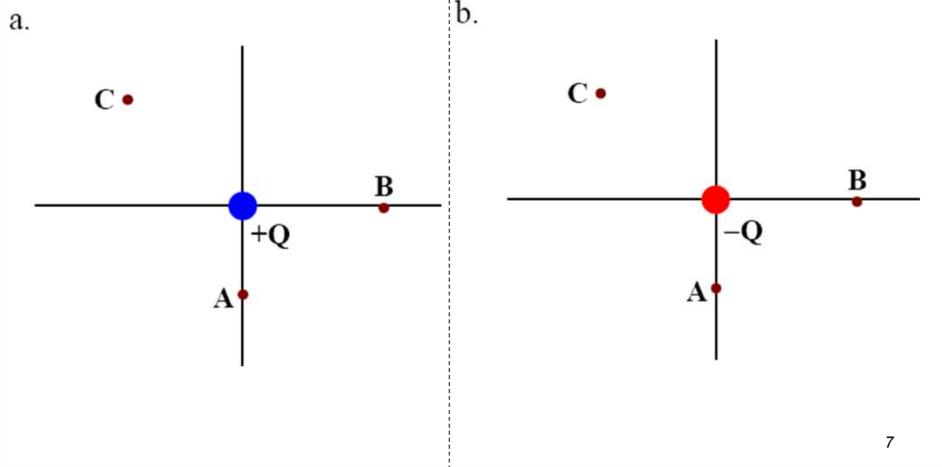
Secara vektor

$$\vec{E} = k \frac{q}{r^2} \hat{r}$$

6

## SOAL

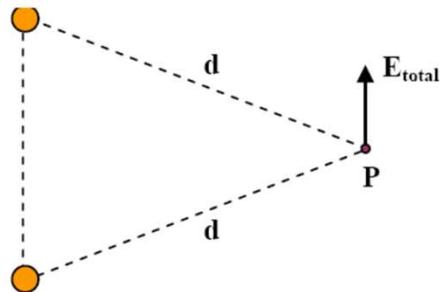
5. Gambarkan medan listrik di setiap titik yang ditimbulkan oleh muatan di bawah ini !



7

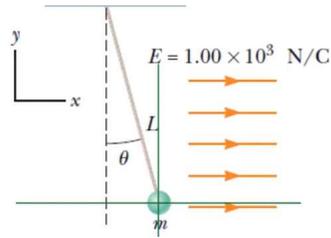
## SOAL

6. Dua buah muatan titik yang sama besar  $Q_1$  dan  $Q_2$  ditempatkan pada posisi seperti terlihat pada gambar di samping. Medan listrik total di titik  $P$  akibat kedua muatan tersebut arahnya tegak lurus ke atas. Tentukan jenis muatan  $Q_1$  dan  $Q_2$  !



8

Diketahui sebuah bola plastik  $m = 2$  gram, menggantung pada tali  $L = 20$  cm pada daerah yang bermedan Listrik  $E$  seperti gambar. Ternyata sudut  $\theta$  yang terbentuk 15 derajat, hitunglah muatan Bola (abaikan massa tali)



9

Empat buah muatan masing masing terletak di keempat sudut bujur sangkar dengan sisi  $a = 5$  cm.

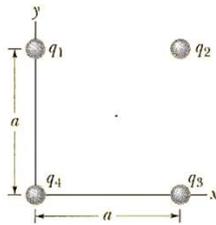
$$q_1 = +10 \text{ nC}$$

$$q_2 = -20 \text{ nC}$$

$$q_3 = +20 \text{ nC}$$

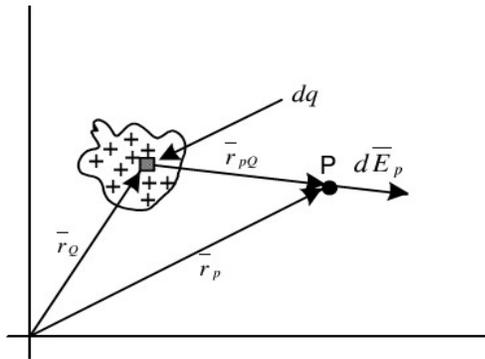
$$q_4 = -10 \text{ nC}$$

Hitung Medan Listrik  $E$  ditengah Tengah diagonal bujur sangkar



10

### Kuat Medan Listrik oleh Muatan Terdistribusi



$$dE_p = \frac{k dQ}{r_{pQ}^2} \hat{r}_{pQ}$$

$$\bar{E}_p = \int \frac{k dQ}{r_{pQ}^2} \hat{r}_{pQ}$$

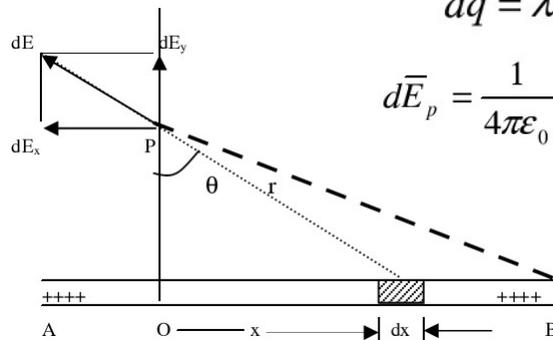
11

### Muatan Terdistribusi : Kawat Lurus

muatan/sat. panjang =  $\lambda$

$$dq = \lambda dx$$

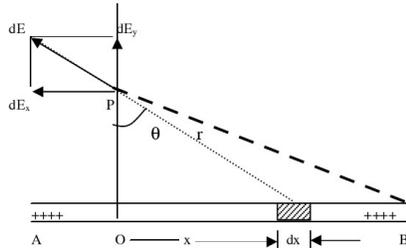
$$d\bar{E}_p = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \hat{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda dx}{r^2} \hat{r}$$



12

## Kawat lurus.....

Karena kuat medan listrik adalah vektor, maka uraikan dalam komponen  $x$  dan  $y$  (lihat gambar) sebagai berikut :



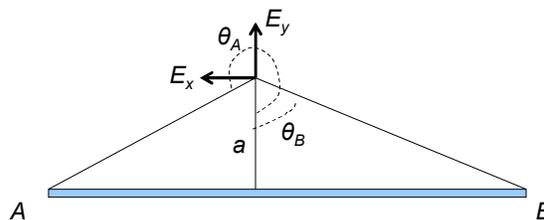
$$dE \sin \theta = -\frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \frac{dx}{r^2} \sin \theta$$

$$dE_y = dE \cos \theta = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \frac{dx}{r^2} \cos \theta$$

Catatan: Detail proses pengintegralan LIHAT HAND OUT

13

## Rumus $E$ oleh Kawat lurus

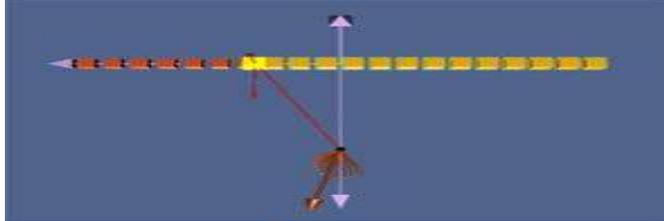


$$E_x = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 a} [\cos \theta_B - \cos \theta_A]$$

$$E_y = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 a} [\sin \theta_B - \sin \theta_A]$$

14

*Muatan +*

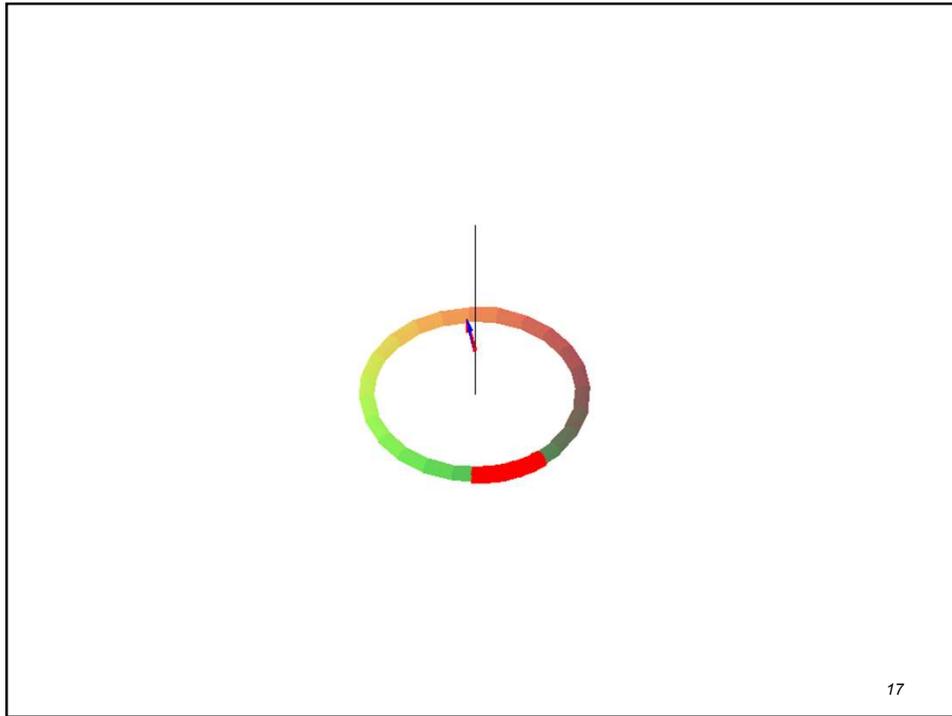


15

*E oleh Cincin Bermuatan Listrik*

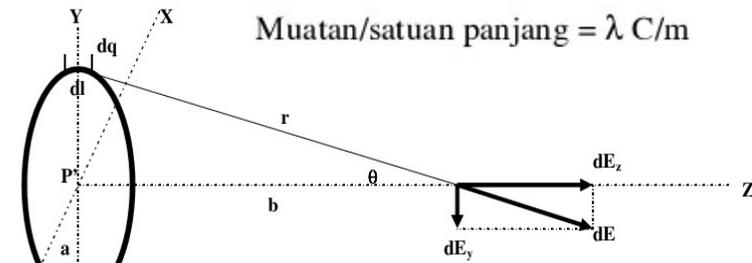


16



17

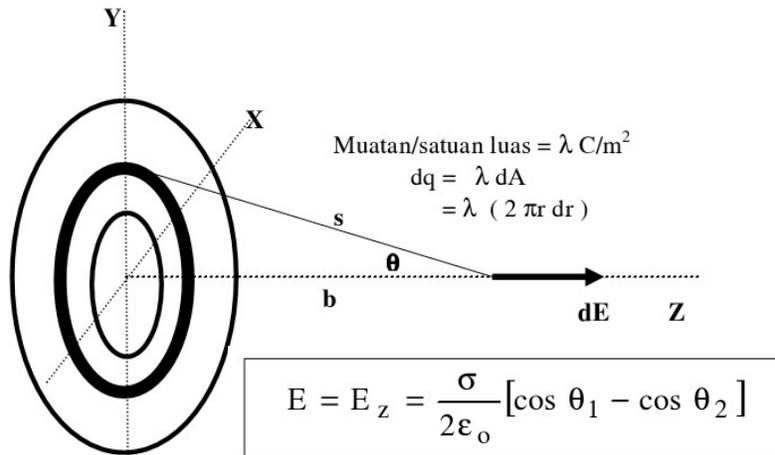
### *E oleh Cincin Bermuatan Listrik*



$$E = E_z = \frac{\lambda}{2\epsilon_0} \frac{ab}{r^3} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cos\theta$$

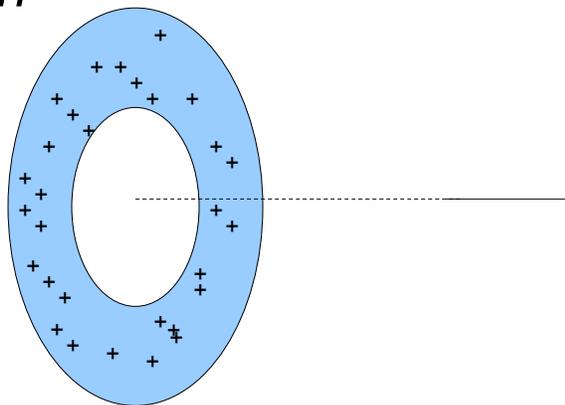
18

## Cakram



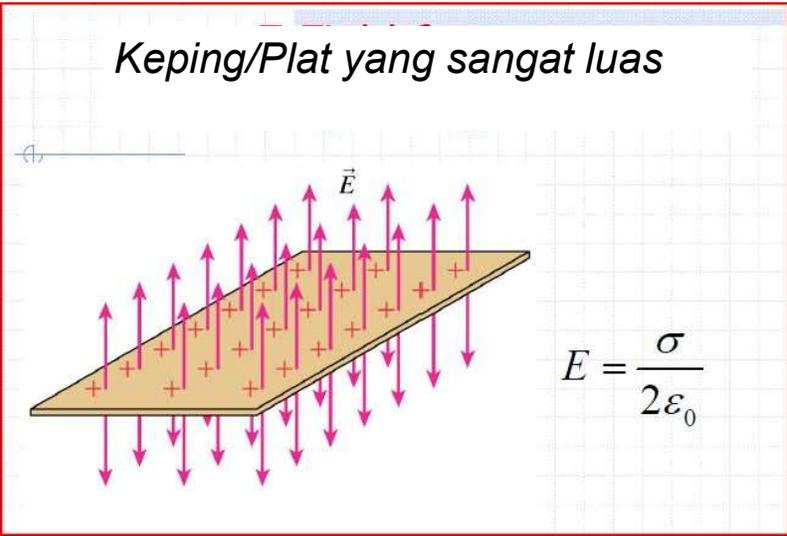
19

## Medan Listrik Oleh Cakram Bermuatan



20

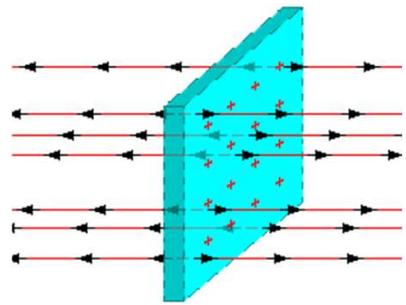
*Keping/Plat yang sangat luas*



The diagram shows a brown rectangular plate with positive charges (+) on its surface. Red arrows representing the electric field  $\vec{E}$  point away from the plate, both above and below. The formula  $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$  is written to the right of the plate.

21

*Keping/Plat yang sangat luas*



The diagram shows a cyan rectangular plate with positive charges (+) on its surface. Red arrows representing the electric field  $\vec{E}$  point away from the plate, both above and below. The arrows are shown as black lines with red arrowheads.

22

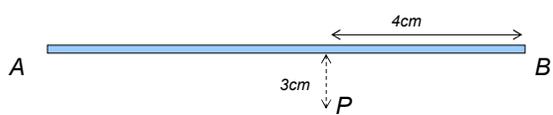
*Tugas*

3. Dua buah muatan  $Q_1 = +4 \mu\text{C}$  di titik A (0,0) m dan  $Q_2 = -6 \mu\text{C}$  di titik B (6,0) m. Tentukan di mana letak suatu titik di sepanjang sumbu x positif yang kuat medan listriknya nol !
4. Dua buah kawat yang sangat panjang dengan jumlah muatan per satuan panjangnya masing-masing adalah  $\lambda_1 = +6 \mu\text{C}/\text{cm}$  dan  $\lambda_2 = -4 \mu\text{C}/\text{cm}$ .
  - a. Bila kedua kawat diletakkan paralel dan terpisah pada jarak 20 cm maka tentukan kuat medan listrik di titik P yang berada di tengah-tengah kawat tersebut !
  - b. Tentukan pula gaya listrik yang dialami muatan  $Q' = +3 \mu\text{C}$  bila diletakkan di titik P !

23

Contoh –  $E$  oleh Muatan terdistribusi pada kawat lurus

**Kawat AB panjang 10 cm bermuatan  $Q = -10 \text{ nC}$ . Hitung  $E$  di titik P**



24

Contoh – E oleh Muatan terdistribusi pada cincin

- Cincin jari-jari 2 cm, bermuatan 10 pC.  
Hitung Kuat Medan Listrik di :
  - a. 1 cm dari pusat cincin
  - b. pusat cincin

## Hukum Gauss

Hukum Gauss menyatakan :  
 “Fluks listrik total yang melalui sebuah permukaan tertutup sama dengan muatan listrik total di dalam permukaan itu , dibagi oleh  $\epsilon_0$ ”.

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{\text{tercakup}}}{\epsilon_0}$$

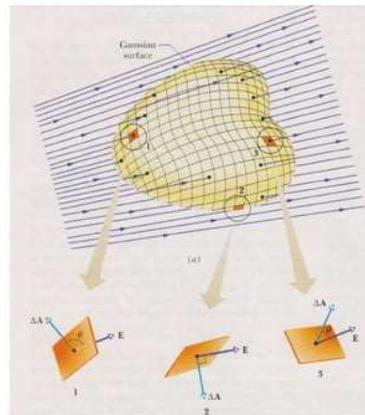
1

### □ FLUKS MEDAN LISTRIK

- Misalkan suatu permukaan tertutup A berada di dalam medan listrik E
- Permukaan tertutup ini dibagi-bagi menjadi  $\Delta A$  yang kecil sekali sehingga dapat dianggap bidang datar, sehingga fluksnya adalah  $\Delta \mathbf{A} \bullet \mathbf{E}$
- Jumlah total fluks yang menembus permukaan tertutup menjadi :

$$\Phi = \sum \vec{E} \cdot d\vec{A} \rightarrow \Phi = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$$

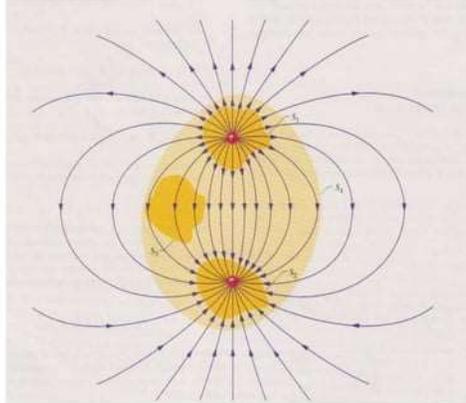
- Fluks yang keluar dapat dianggap positif sedangkan fluks yang masuk dianggap negatif



2

□ HUKUM GAUSS

- Hukum Gauss menyatakan bahwa jumlah fluks medan listrik yang menembus suatu permukaan tertutup sebanding dengan jumlah muatan yang ada di dalam permukaan tertutup tersebut



$$\epsilon_0 \Phi = q \rightarrow \epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q$$

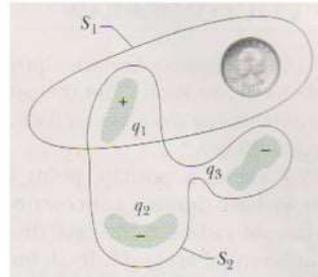
- Permukaan tertutup tersebut sering disebut sebagai permukaan Gauss
- Jumlah fluks yang menembus permukaan S<sub>1</sub> positif (ada muatan positif)
- Jumlah fluks yang menembus permukaan S<sub>2</sub> negatif (ada muatan negatif)
- Jumlah fluks yang menembus permukaan S<sub>3</sub> nol (tidak ada muatan)
- Jumlah fluks yang menembus permukaan S<sub>4</sub> nol (jumlah muatan nol)

3

Contoh Soal 3.1

Pada gambar di bawah ini ditunjukkan tiga buah plastik bermuatan dan sebuah koin netral (tidak bermuatan). q<sub>1</sub> = 3.1 nC, q<sub>2</sub> = -5.9 nC dan q<sub>3</sub> = -3.1 nC. Tentukan jumlah fluks yang menembus permukaan S<sub>1</sub> dan S<sub>2</sub>

Jawab :



$$\Phi_{S_1} = \frac{q_1}{\epsilon_0} = \frac{+3,1 \times 10^{-9} \text{ C}}{8,85 \times 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{Nm}^2}} = +350 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}}$$

$$\Phi_{S_2} = \frac{q_1 + q_2 + q_3}{\epsilon_0} = \frac{(+3,1 - 5,9 - 3,1) \times 10^{-9}}{8,85 \times 10^{-12}} = -670 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}}$$

4

□ HUBUNGAN HUKUM GAUSS DAN HUKUM COULOMB

• Misalkan terdapat sebuah muatan titik q dan sebuah permukaan tertutup berupa bola berjari-jari r

• Dari hukum Gauss diperoleh :

$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q$$

• Karena simetris, E konstan diseluruh permukaan sehingga :

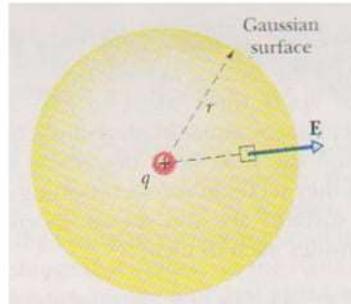
$$\epsilon_0 E \oint dA = \epsilon_0 EA = q$$

$$\epsilon_0 E(4\pi r^2) = q$$

• Dengan demikian :

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

• Hukum Gauss adalah cara lain untuk menyatakan hukum Coulomb



5

□ SIMETRI SILINDER

• Misalkan terdapat muatan garis tak hingga dengan rapat muatan  $\lambda$

• Dipilih permukaan Gauss berupa silinder setinggi h dan berjari-jari r dengan sumbu yang terletak pada muatan garis

• Medan listrik seragam menembus selimut silinder dan tidak ada fluks yang menembus tutup atas dan tutup bawah silinder

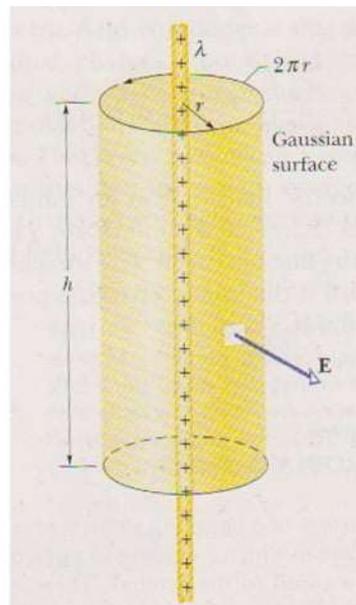
• Dari hukum Gauss diperoleh :

$$\epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \epsilon_0 E \int_{\text{selimut}} dA = \epsilon_0 EA = q_i$$

$$\epsilon_0 E(2\pi r)h = q_i$$

$$\epsilon_0 E(2\pi r) = \frac{q_i}{h} = \lambda$$

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r}$$

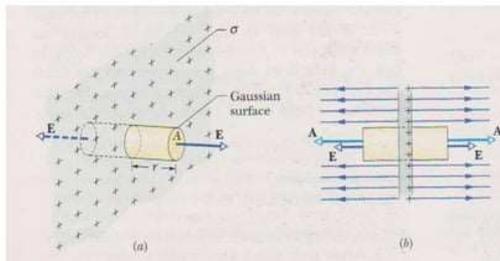


6

□ SIMETRI BIDANG DATAR

- Misalkan terdapat muatan bidang tak hingga (non konduktor) dengan rapat muatan  $\sigma$
- Dipilih permukaan Gauss berupa silinder dengan luas tutup kiri dan kanan sebesar A
- Medan listrik seragam di kiri dan kanan bidang yang arahnya keluar
- Tidak ada fluks yang menembus selimut silinder
- Dari hukum Gauss diperoleh :

$$\begin{aligned} \epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} &= q_i \\ \epsilon_0 \oint_{\text{kiri}} \vec{E} \cdot d\vec{A} + \epsilon_0 \oint_{\text{kanan}} \vec{E} \cdot d\vec{A} &= q_i \\ \epsilon_0 EA + \epsilon_0 EA &= q_i \\ 2\epsilon_0 E &= \frac{q_i}{A} = \sigma \\ E &= \frac{\sigma}{2\epsilon_0} \end{aligned}$$

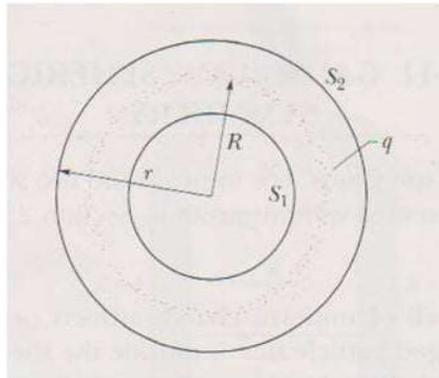


7

□ SIMETRI BOLA

- Misalkan terdapat sebuah kulit bola bermuatan q yang terdistribusi seragam diseluruh permukaannya
- Dipilih dua permukaan Gauss berupa bola  $S_1$  yang berjari-jari  $< R$  dan bola  $S_2$  yang berjari-jari  $\geq R$
- Dari hukum Gauss diperoleh :

$$\begin{aligned} \epsilon_0 \oint_{S_1} \vec{E} \cdot d\vec{A} &= q_{i,S_1} = 0 \\ E &= 0 \quad r < R \\ \epsilon_0 \oint_{S_2} \vec{E} \cdot d\vec{A} &= q_{i,S_2} = q \\ \epsilon_0 E(4\pi r^2) &= q \\ E &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \quad r \geq R \end{aligned}$$



8

Contoh Soal 3.2

Sebuah muatan titik sebesar  $1,8 \mu\text{C}$  terletak di tengah-tengah sebuah kubus berjari-jari  $55 \text{ cm}$ . Hitung fluks listrik yang menembus permukaan kubus tersebut

Jawab :

$$\phi = \oint E \cdot dA \quad \epsilon_0 \oint E \cdot dA = q$$

$$\phi = \frac{q}{\epsilon_0} = \frac{1,8 \times 10^{-6}}{8,85 \times 10^{-12}} = 2,034 \times 10^5 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}}$$

9

Contoh Soal 3.3

Sebuah muatan titik  $q$  terletak pada jarak  $d/2$  dari pusat sebuah bujur sangkar bersisi  $d$  seperti terlihat pada gambar di bawah ini. Hitung fluks listrik yang menembus bujur sangkar tersebut

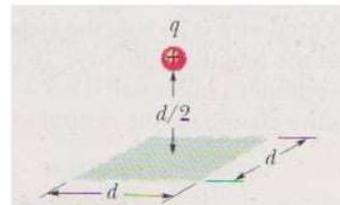
Jawab :

$$\phi = \oint E \cdot dA \quad \epsilon_0 \oint E \cdot dA = q$$

$$\epsilon_0 \oint_{\text{kubus}} E \cdot dA = \epsilon_0 EA_{\text{kubus}} = q$$

$$\epsilon_0 \oint_{\text{bujur sangkar}} E \cdot dA = \epsilon_0 EA_{\text{bujursangkar}} = \frac{q}{6}$$

$$\Phi = EA_{\text{bujursangkar}} = \frac{q}{6\epsilon_0}$$



10

Contoh Soal 3.4

Medan listrik di sekitar permukaan bumi mempunyai arah vertikal ke bawah. Pada ketinggian 200 m medan listrik terukur sebesar 100 N/C sedangkan pada ketinggian 300 m medan listrik terukur sebesar 60 N/C. Berapa jumlah muatan yang terdapat di dalam kubus bersisi 100 m dengan permukaan horisontalnya terletak pada ketinggian 200 m dan 300 m.

Jawab :

$$\begin{aligned} \epsilon_0 \oint E \cdot dA &= q \rightarrow q = \epsilon_0 (E_1 - E_2) A \\ \epsilon_0 \oint_{\text{kubus}} E \cdot dA &= \epsilon_0 \oint_{\text{atas}} E \cdot dA + \epsilon_0 \oint_{\text{bawah}} E \cdot dA = q \\ q &= -\epsilon_0 E_{\text{atas}} A_{\text{atas}} + \epsilon_0 E_{\text{bawah}} A_{\text{bawah}} \\ &= (8.85 \times 10^{-12})(-60 + 100)(100^2) = 3.54 \mu\text{C} \end{aligned}$$

11

Contoh Soal 3.5

Sebuah bola isolator bermuatan q dan berjari-jari R mempunyai rapat muatan volume seragam. Dengan menggunakan hukum Gauss tentukan medan listrik di dalam dan diluar bola.

Jawab :

$$\text{a). } \rho = \frac{q}{\frac{4}{3}\pi R^3} \rightarrow q_r = \rho V_r = \frac{q}{\frac{4}{3}\pi R^3} \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{qr^3}{R^3}$$

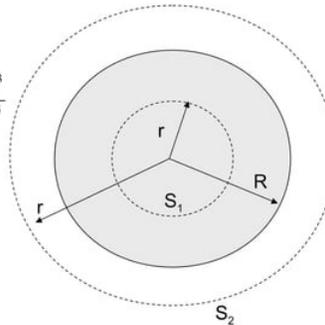
$$\epsilon_0 \oint_{S_1} E \cdot dA = q_r \rightarrow \epsilon_0 E \oint_{S_1} dA = \frac{qr^3}{R^3}$$

$$\epsilon_0 E (4\pi r^2) \frac{qr^3}{R^3} \rightarrow E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qr}{R^3}$$

$$\text{b). } \epsilon_0 \oint_{S_2} E \cdot dA = q \rightarrow \epsilon_0 E \oint_{S_2} dA = q$$

$$\epsilon_0 E (4\pi r^2) = q \rightarrow E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

Seperti muatan titik



12

## Penggunaan Hukum Gauss

Distribusi Muatan	Titik dalam medan listrik	Besar medan listrik
Muatan titik tunggal	Jarak $r$ dari $q$	$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$
Muatan $q$ pada permukaan bola konduksi dengan jari-jari $R$	Di luar bola, $r > R$	$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$
	Didalam bola, $r < R$	$E = 0$
Kawat tak berhingga, muatan persatuan panjang $\lambda$	Di dalam bola jarak $r$ dari kawat	$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r}$

13

## Penggunaan Hukum Gauss.....

Silinder konduksi tak berhingga dengan jari-jari $R$ , muatan persatuan panjang $\lambda$	Di luar silinder, $r > R$	$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r}$
	Di dalam silinder, $r < R$	$E = 0$
Bola isolator padat dengan jari-jari $R$ , muatan $Q$ yang didistribusikan secara homogen di seluruh volume $r < R$	Di luar bola, $r > R$	$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$
	Di dalam bola, $r < R$	$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qr}{R^3}$
Lembaran muatan tak berhingga dengan muatan homogen per satuan luas $\sigma$	Sebarang titik	$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$
Dua pelat konduksi yang bermuatan berlawanan, dengan kerapatan muatan permukaan $+\sigma$ dan $-\sigma$	Sebarang titik di antara kedua pelat	$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

14

Soal Latihan 3.1

Sebuah konduktor yang berbentuk silinder sepanjang L dan bermuatan sebesar +q dikelilingi oleh konduktor lain berbentuk silinder berongga juga sepanjang L yang bermuatan - 2q seperti terlihat pada gambar di bawah ini. Dengan menggunakan hukum Gauss tentukan :

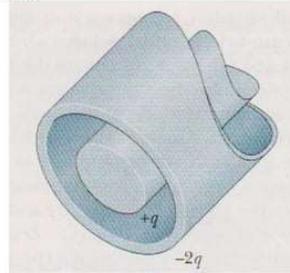
- Medan listrik diluar silinder berongga
- Distribusi muatan pada silinder berongga
- Medan listrik diantara kedua konduktor

a).  $E = \frac{-q}{2\pi\epsilon_0 rL}$

-q pada dinding dalam

-q pada dinding luar

c).  $E = \frac{+q}{2\pi\epsilon_0 rL}$



15

Soal Latihan 3.2

Sebuah bola isolator pejal dengan jari-jari  $R_1$  dikelilingi oleh bola berongga konduktor netral berjari-jari dalam  $R_2$  dan berjari-jari luar  $R_3$ . Bola isolator mempunyai rapat muatan volume sebesar  $\rho(r)=br$  dimana b adalah konstan dan r adalah jarak dari pusat bola. Hitung medan listrik di :

- $r < R_1$
- $R_1 < r < R_2$
- $R_2 < r < R_3$
- $R > R_3$

Hitung juga rapat muatan induksi di dinding dalam bola berongga

a).  $E = \frac{1}{4\epsilon_0} br^2$     b).  $E = \frac{1}{4\epsilon_0} \frac{bR_1^4}{r^2}$

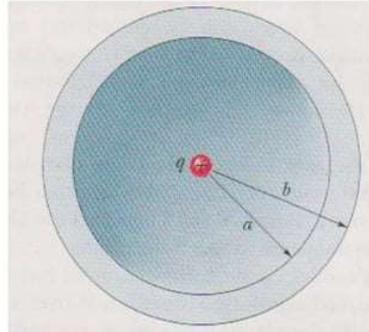
c).  $E = 0$     d).  $E = \frac{1}{4\epsilon_0} \frac{bR_1^4}{r^2}$      $\sigma' = -\frac{bR_1^4}{4R_2^2}$

16

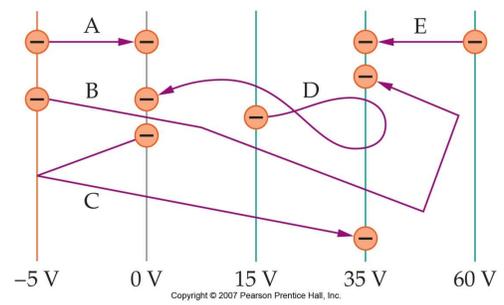
Soal Latihan 3.3

Sebuah bola berongga non konduktor mempunyai jari-jari dalam  $a$  dan jari-jari luar  $b$  serta mempunyai rapat muatan volume  $\rho = A/r$ , dimana  $A$  suatu konstanta dan  $r$  adalah jarak dari pusat bola berongga. Berapa harga  $A$  agar medan listrik di dalam bola berongga akan uniform.

$$A = \frac{q}{2\pi a^2}$$



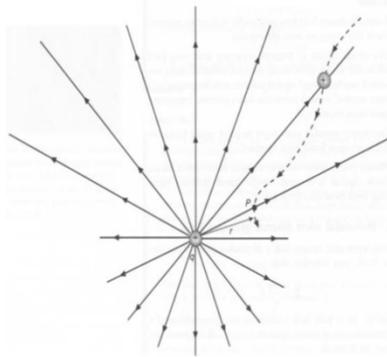
# BAB 2 Potensial Listrik



Diktat h.19



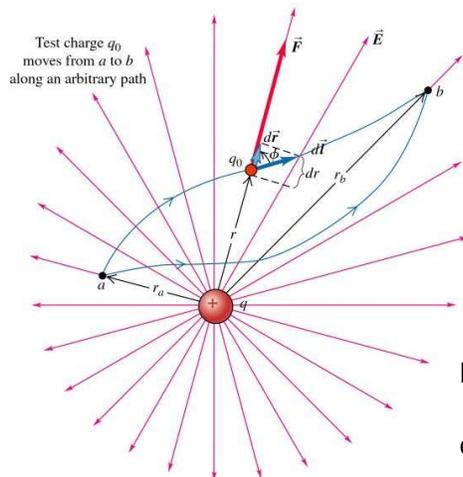
“ Konsep energi potensial listrik dan potensial listrik, dapat dijelaskan melalui peristiwa perpindahan muatan di dalam ruangan bermedan listrik “



Ketika muatan  $q$  dilepaskan di dalam ruangan bermedan listrik  $E$ , kerja oleh gaya listrik pada muatan  $q$  mengubah energi potensial listrik menjadi energi kinetik. (Analogi seperti kita melepaskan benda dari ketinggian karena gravitasi bumi)

Sebaliknya ketika membawa muatan  $q$  untuk melawan medan listrik, suatu gaya luar harus diberikan dan energi potensial listrik pada muatan akan bertambah.

### Kerja oleh gaya listrik $W'$



Muatan uji berpindah dari titik a ke titik b.

Kerja yang dilakukan oleh **gaya listrik F** adalah

$$dW' = F dl \cos \phi$$

$$dW' = F \bullet dl$$

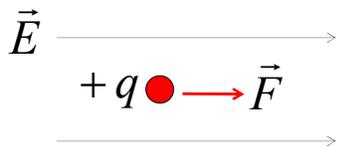
karena  $dr = dl \cos \phi$

didapat  $dW' = F dr$

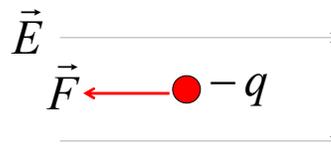
## Hubungan F dan E

Gaya listrik  $F$  yang bekerja pada muatan  $q$  di dalam ruangan bermedan listrik  $E$  adalah

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}$$



Untuk muatan  $q+$   
Arah  $F$  dan  $E$  searah



Untuk muatan  $q-$   
Arah  $F$  dan  $E$  berlawanan

## Kerja oleh gaya luar W

Kerja yang dilakukan oleh **gaya luar** adalah **NEGATIF** dari kerja oleh gaya listrik :

$$dW = -Fdr$$

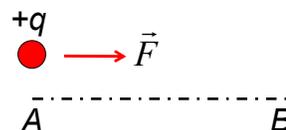
Karena  $F = qE$  maka

$$dW = -qEdr = q(-Edr)$$

Dapat ditulis :

$$dV = -Edr$$

$$dW = qdV$$



Kerja yang dilakukan oleh **gaya luar** untuk memindahkan muatan  $q$  dari titik  $A$  ke titik  $B$  :

$$dW = qdV$$

$$W_{A \rightarrow B} = q \int_{V_A}^{V_B} dV$$

$$W_{A \rightarrow B} = q(V_B - V_A)$$

Beda potensial :

$$\Delta V = V_B - V_A$$

## Hubungan antara E dan V

$$dV = -E dr$$

atau

$$E = -\frac{dV}{dr}$$

Dalam koordinat cartesian 3 dimensi:

$$\vec{E} = -\vec{\nabla}V$$

$$\vec{E} = -\left( \hat{i} \frac{dV}{dx} + \hat{j} \frac{dV}{dy} + \hat{k} \frac{dV}{dz} \right)$$

### Contoh 1.

Potensial listrik di dalam ruangan tertentu sebagai fungsi posisi  $x$  dinyatakan :  $V(x) = 3x^2 - x^3$

Tentukan komponen medan listrik pada  $x = 2$  ?

## Hubungan antara E dan V - 1 dimensi

Untuk medan listrik homogen,  
1 dimensi, berlaku :

$$dV = -Edx$$

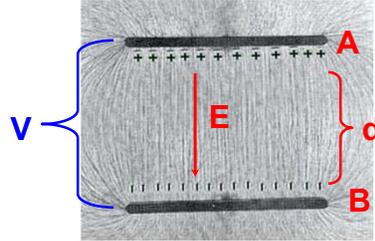
$$\int_{V_A}^{V_B} dV = - \int_{r_A}^{r_B} Edx$$

$$V_A - V_B = E.(x_B - x_A)$$

$$V = E.d$$

Dimana  $d$  adalah jarak antara titik A dan B.

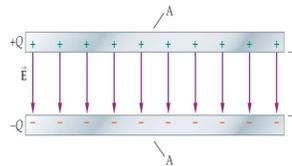
$V$  adalah beda potensial antara titik A dan B.



Muatan positif bergerak dari potensial tinggi ( $V_A$ ) ke potensial lebih rendah ( $V_B$ ).

### Contoh 2.

Dua plat sejajar dimuati tegangan 50 V.  
Jika jarak antar dua plat tersebut 0,05 m.  
Hitung besar kuat medan listrik di antaranya ?



## Energi Potensial Listrik

Kerja oleh gaya luar

$$W_{A \rightarrow B} = - \int_{r_A}^{r_B} F dr$$

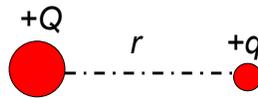
$$= - \int_{r_A}^{r_B} \frac{kQ \cdot q}{r^2} dr$$

$$= \frac{kQ \cdot q}{r_B} - \frac{kQ \cdot q}{r_A}$$

$$= U_B - U_A$$

$$= \Delta U$$

Kerja oleh gaya luar digunakan untuk mengubah energi potensial listrik



Energi potensial listrik

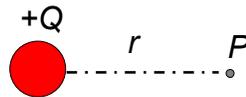
$$U = \frac{kQ \cdot q}{r}$$

Energi potensial listrik dari dua muatan titik Q dan q yang terpisah sejauh r

## Potensial Listrik V

Potensial listrik adalah energi potensial listrik per satuan muatan

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



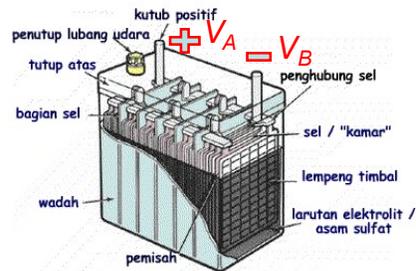
$$V = \frac{kQ}{r}$$

Potensial listrik di titik P pada jarak r dari muatan +Q

## Kerja dan Beda Potensial listrik

Kerja yang dilakukan oleh gaya listrik untuk memindahkan muatan  $q$  dari titik A ke titik B :

$$W'_{A \rightarrow B} = q(V_A - V_B)$$



Aki mobil  $V=12$  Volt, artinya terminal (+) potensialnya 12 V lebih tinggi dari terminal (-).

Jika aki dihubungkan dengan rangkaian luar, setiap muatan 1 C pindah dari terminal (+) ke terminal (-), Gaya listrik melakukan kerja sebanyak 12 J. ( $W=q \cdot V$ ). Sehingga setelah beberapa lama aki harus diisi kembali. (Diktat h.23)

## Satuan Potensial Listrik V

- Besaran skalar
- Satuan populer adalah volt = 1 J/C.

### Energi listrik

- Besaran skalar
- Satuan adalah joule.
- Satuan lainnya adalah **elektron Volt** (disingkat eV) adalah energi sebuah elektron yang bergerak melalui beda potensial satu volt.

Faktor konversinya adalah **1 eV = 1,602 x 10<sup>-19</sup> J.**

### KONVERSI ENERGI

Umumnya untuk benda bermassa bergerak dari A ke B karena gaya gravitasi bumi, HKE:

$$\frac{1}{2}mv_A^2 + U_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + U_B$$

Untuk muatan listrik, Energi potensial listrik adalah

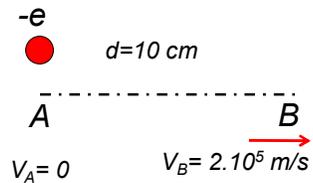
$$U = qV$$

sehingga

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}mv_B^2 &= \frac{1}{2}mv_A^2 + U_A - U_B \\ &= \frac{1}{2}mv_A^2 + q(V_A - V_B) \end{aligned}$$

#### Contoh 3.

Sebuah elektron dari keadaan diam di titik A bergerak tanpa gaya luar ke titik B dalam suatu daerah bermedan listrik. Jarak pisah antar kedua titik itu adalah 10 cm dan kecepatan elektron ketika tiba di B adalah  $2 \cdot 10^5$  m/s. Berapakah kerja listrik yang telah diberikan pada elektron, jika masa elektron  $9,31 \cdot 10^{-31}$  kg dan muatan elektron  $-1,6 \cdot 10^{-19}$  C ?

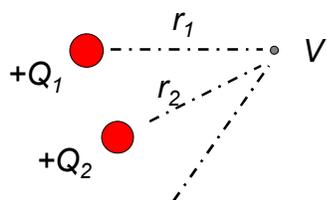


## Potensial listrik $V$ oleh banyak muatan titik

Karena  $V$  merupakan skalar, maka

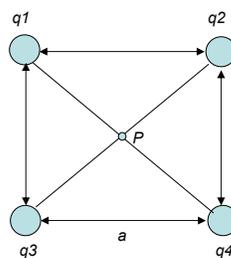
$$V = \sum_{n=1}^N \frac{kQ}{r}$$

$$= \frac{kQ_1}{r_1} + \frac{kQ_2}{r_2} + \dots$$



### Contoh 4

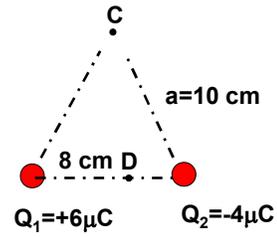
Berapakah besarnya total potensial di pusat sebuah segiempat kuadratis dari gambar di samping. Diketahui :  $q_1=1 \times 10^{-8} \text{C}$ ,  $q_2=-2 \times 10^{-8} \text{C}$ ,  $q_3=3 \times 10^{-8} \text{C}$ ,  $q_4=2 \times 10^{-8} \text{C}$  dan  $a=1 \text{m}$ .



**Contoh 5.**

Muatan titik  $Q_1=+6\mu\text{C}$  dan  $Q_2=-4\mu\text{C}$  berada di sudut-sudut segitiga sama sisi dengan sisi 10 cm seperti terlihat pada gambar. Tentukan

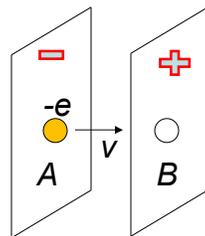
- potensial listrik titik C dan titik D !
- energi potensial muatan  $q=+3\mu\text{C}$  bila diletakkan di titik C dan titik D !
- kerja minimum untuk membawa muatan  $q$  dari C ke D !



**Contoh 6.**

Sebuah elektron dipercepat melalui beda potensial 5 K V.  
Berapa kecepatannya ketika melewati lubang ?

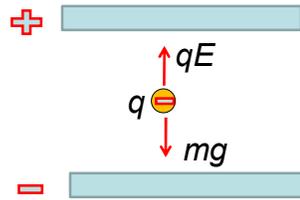
Jawab.



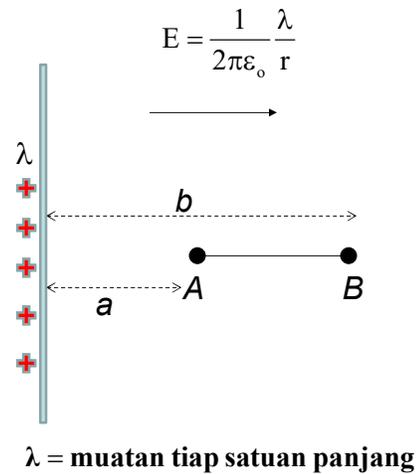
**Contoh 7.**

Tetes minyak bermuatan  $q = -8 \cdot 10^{-15} \text{ C}$  dan bermassa  $m = 12 \cdot 10^{-11} \text{ kg}$  berada di antara dua plat sejajar A dan B yang jarak pisahnya 1 cm. Berapa beda potensial  $V_{AB}$  agar :

- tetes minyak tersebut diam ?
- tetes minyak bergerak ke atas dengan percepatan  $2 \text{ m/s}^2$  ?



**POTENSIAL LISTRIK DARI MUATAN GARIS (panjang tak hingga)**



$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r}$$

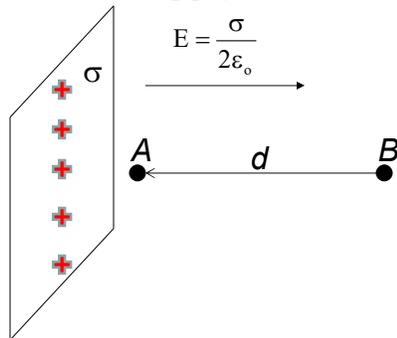
$$dV = -E dr$$

$$V_b - V_a = -\int_a^b E dr$$

$$V_a - V_b = \int_{r=a}^b \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\lambda}{r} dr$$

$$V = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{b}{a}$$

### POTENSIAL LISTRIK DARI MUATAN BIDANG (luas tak hingga)



$\sigma$  = muatan tiap satuan luas

$$dV = -E dr$$

$$V_B - V_A = -\int_a^b E dr$$

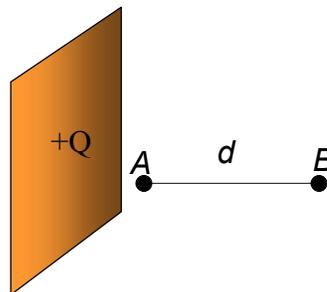
$$V_A - V_B = \int_{x=0}^d \frac{\sigma}{2\epsilon_0} dx$$

$$V = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} d$$

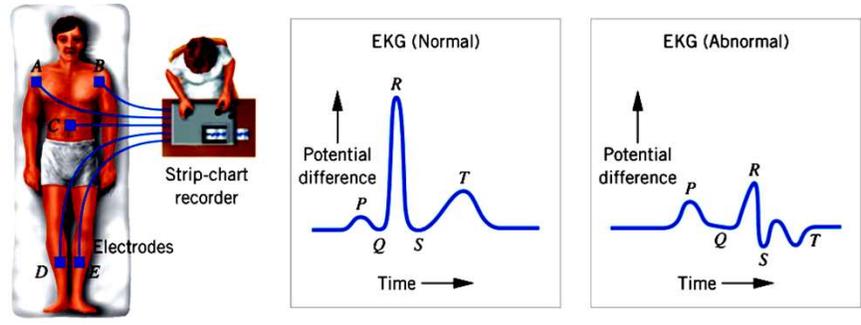
#### Contoh 8.

Sebuah plat dianggap luas berbentuk persegi panjang (panjang=5 cm, lebar = 4cm) diberi muatan  $Q=+10 \mu\text{C}$ . Hitung :

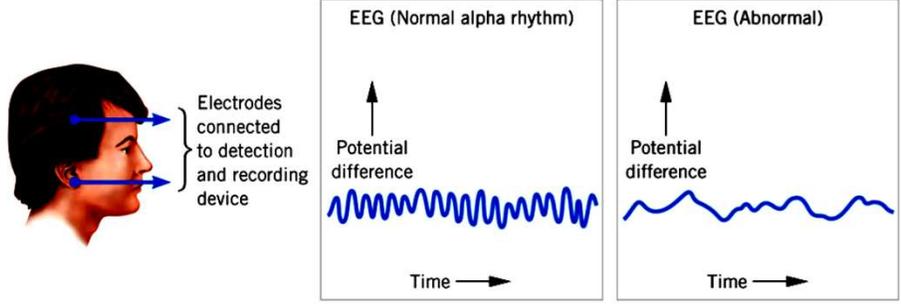
- rapat muatan listrik pada plat
- beda potensial listrik antara titik A dan B yang berjarak 2 cm



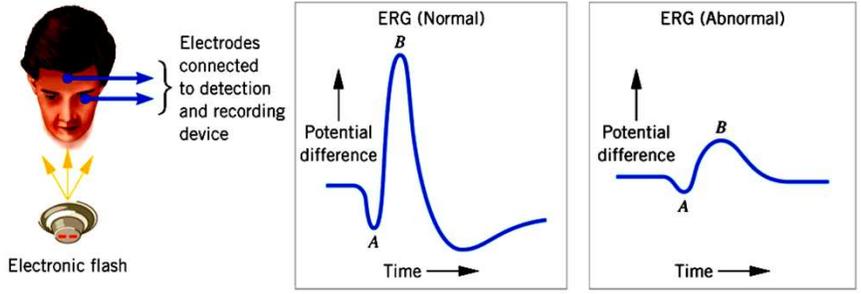
*Contoh aplikasi  
Heartbeat (electrocardiography, ECT, EKG)*



*Brain waves (electroencephalography, EEG)*

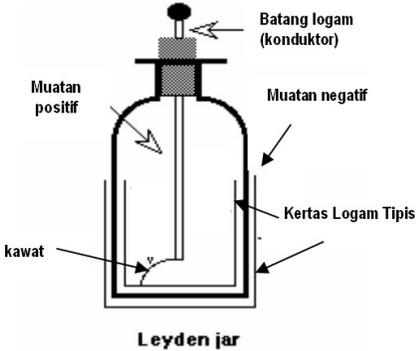


## Response to light (electroretinography, ERG)



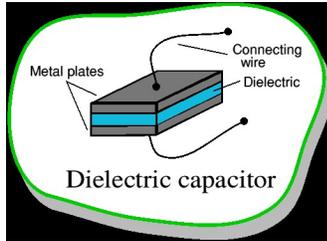


### Penemuan Kapasitor



Kapasitor sekarang.

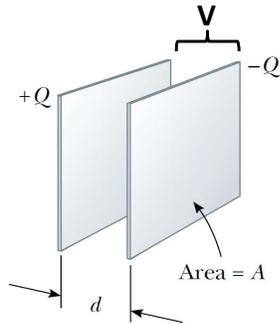
Kapasitor model pertama "diciptakan" di Belanda, tepatnya kota Leyden pada abad 18 oleh ahli fisika. Karenanya alat ini dinamakan [Leyden Jar](#).



## Fungsi Kapasitor

Kapasitor berfungsi sebagai **penyimpan muatan atau energi.**

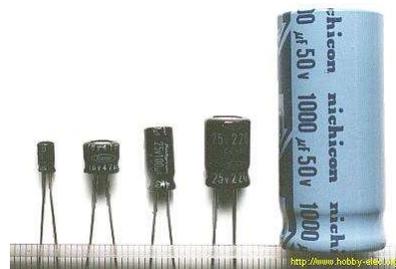
Secara umum Kapasitor terdiri atas dua keping konduktor yang saling sejajar dan terpisah oleh suatu bahan dielektrik (dari bahan isolator) atau ruang hampa.



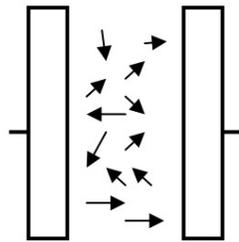
Antara dua keping dihubungkan dengan beda potensial  $V$  dan menimbulkan muatan listrik  $Q$  sama besar pada masing-masing keping tetapi berlawanan tanda.

## Sifat Kapasitor

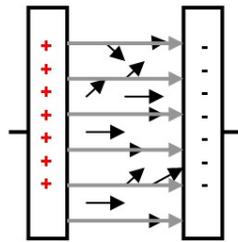
1. Dapat menyimpan energi listrik, tanpa disertai reaksi kimia
2. Tidak dapat dilalui arus listrik DC dan mudah dilalui arus bolak-balik
3. Bila kedua keping dihubungkan dengan beda potensial, masing-masing bermuatan listrik sama besar tapi berlawanan tanda



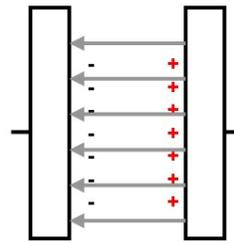
## Cara Kerja Kapasitor



Sebelum adanya muatan pada kedua pelat, bahan dielektrik memiliki dipole acak sehingga bersifat isolator



Setelah pelat bermuatan yg menghasilkan medan listrik ke arah kanan, muatan pada dielektrik terpolarisasi oleh medan listrik. Muatan positif perlahan-lahan menuju pelat negatif, dan muatan negatif ke pelat positif

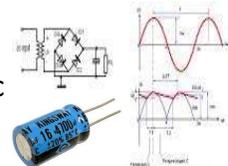


Akibatnya terdapat medan listrik baru pada dielektrik yang melawan medan listrik semula yang saling menghilangkan, sehingga medan listrik total menjadi nol, dan arus berhenti mengalir

5

## Beberapa Aplikasi

- Fungsi kapasitor misalnya sebagai cadangan energi ketika sikuit elektronika terputus secara-tiba-tiba (UPS). Ia mungkin mirip seperti baterai singkat. Hal ini karena adanya arus transien pada kapasitor.
- Pada alat penerima radio, kapasitor bersama komponen elektronika lain dapat digunakan sebagai tapis (penyaring) frekuensi dan filter gelombang
- Sebagai komponen pada sirkuit penyearah arus/tegangan ac menjadi dc atau disebut dengan penghalus riak

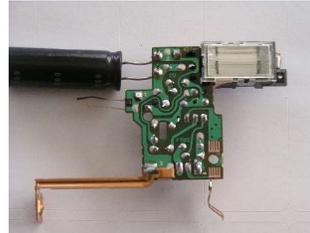


6

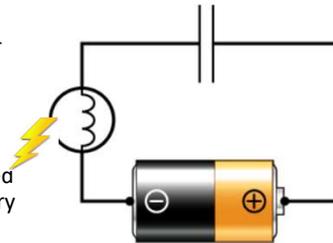
Blitz pada kamera



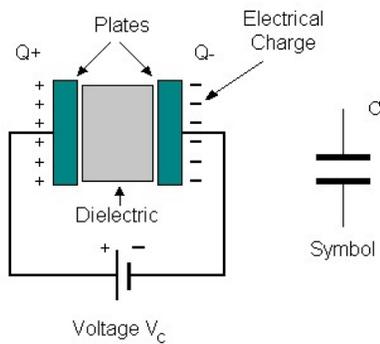
Kapasitor juga dapat digunakan sebagai komponen pemberi cahaya singkat pada blitz kamera



When a voltage is applied to an empty capacitor, current flows through the capacitor and each side of the capacitor becomes charged. The two sides have equal and opposite charges. When the capacitor is fully charged, the current stops flowing. The collected charge is then ready to be discharged and when you press the flash it discharges very quickly released it in the form of light.



## Geometri Kapasitor



Satuan Kapasitansi adalah **FARAD, F.**

$$V = Ed$$

$$C = \frac{Q}{V}$$

$A$  = luas plat

$d$  = jarak antara plat

$\epsilon_o$  = permitivitas hampa

$$\epsilon_o = 8.85 \times 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2}$$

$$C = \frac{\epsilon_o A}{d}$$

## Capacitor Problems

What is the AREA of a 1F capacitor that has a plate separation of 1 mm?

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{D}$$

$$1 = 8.85 \times 10^{-12} \frac{A}{0.001}$$

$$A = 1.13 \times 10^8 \text{ m}^2$$

$$\text{Sides} = 10629 \text{ m}$$

Is this a practical capacitor to build?

NO! – How can you build this then?

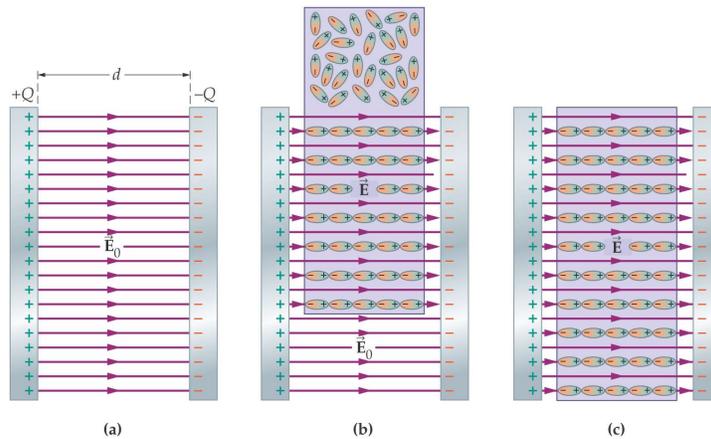
The answer lies in REDUCING the AREA.  
But you must have a CAPACITANCE of 1 F.

How can you keep the capacitance at 1 F  
and reduce the Area at the same time?

Add a DIELECTRIC!!!

## Kapasitor dan Dielektrik

Dielektrik adalah isolator yang disisipkan di antara kedua plat.  
Hal ini berakibat medan listrik di dalam plat akan turun dan  
nilai kapasitansi naik.



Polarisasi muatan listrik pada saat dielektrik terkena medan listrik

Polarisasi dari dielektrik mengakibatkan medan listrik diantara plat turun menjadi :

$$E = \frac{E_0}{\kappa}$$

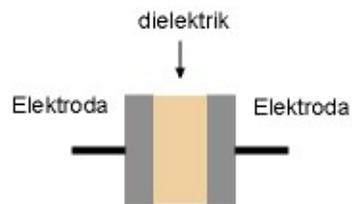
Beda potensial listrik :

$$V = \frac{V_0}{\kappa}$$

Sehingga kapasitansi menjadi :

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{(V_0/\kappa)} = \kappa \frac{Q}{V_0} = \kappa C_0$$

- C = kapasitansi setelah diberi dielektrik
- C<sub>0</sub> = Kapasitansi semula
- K = Tetapan dielektrik bahan

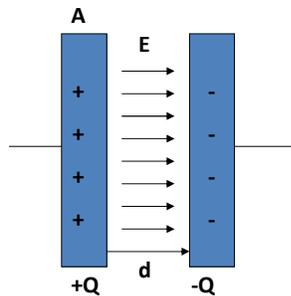


**TABLE 20-1 Dielectric constants**

Substance	Dielectric constant, $\kappa$
Water	80.4
Neoprene rubber	6.7
Pyrex glass	5.6
Mica	5.4
Paper	3.7
Mylar	3.1
Teflon	2.1
Air	1.00059
Vacuum	1

Copyright © 2007 Pearson Prentice Hall, Inc.

## KAPASITOR KEPING



Bila luas masing2 keping  $A$ ,

maka :

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$$

Tegangan antara kedua keping :

$$V = E \cdot d = \frac{Q \cdot d}{\epsilon_0 A}$$

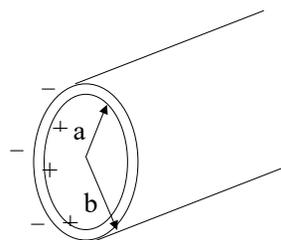
Jadi kapasitas kapasitor untuk ruang hampa adalah :

$$C_0 = \frac{Q}{V} = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

Jika diberi dielektrik

## KAPASITOR SILINDER



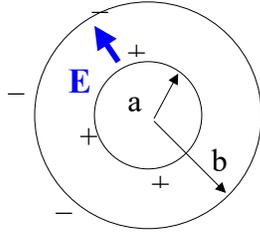
Gunakan hukum Gauss untuk menghitung besar medan di daerah  $a < r < b$

$$E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$$

$$V_a - V_b = -\int_b^a E \cdot dr = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \int_b^a \frac{1}{r} dr = -\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{b}{a}$$

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{2\pi\epsilon_0 l}{\ln(b/a)}$$

## KAPASITOR BOLA



Gunakan hukum Gauss untuk mendapatkan E

Di  $r < a$   $E = 0$

Di daerah  $a < r < b$  →  $E = \frac{Q}{4\pi r^2 \epsilon_0}$

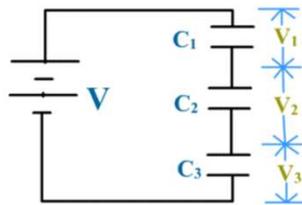
Di  $r > b$   $E = 0$

$$V_a - V_b = -\int_b^a E \cdot dr = -\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int_b^a \frac{1}{r^2} dr = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$$

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = 4\pi\epsilon_0 \frac{ab}{(b-a)}$$

## Kapasitor Seri

Secara seri, muatan pada kapasitor terjadi secara induksi, sehingga semua kapasitor bermuatan sama. Beda potensial baterai terbagi di antara kapasitor seri, artinya jumlah total tegangan kapasitor sama dengan tegangan baterai.



Capacitors in series

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

$$V = \frac{Q}{C}$$

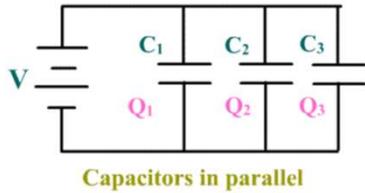
$$\frac{Q_T}{C_T} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_{Series}} = \sum \frac{1}{C_i}$$

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} \dots$$

## Kapasitor Paralel

Secara paralel, beda potensial semua kapasitor sama, yaitu sebesar tegangan baterai. Semua kapasitor dimuati oleh baterai sebesar  $Q_{total}$ .



$$Q_{Total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots$$

$$Q = CV$$

$$C_T V_T = C_1 V_1 + C_2 V_2 + C_3 V_3$$

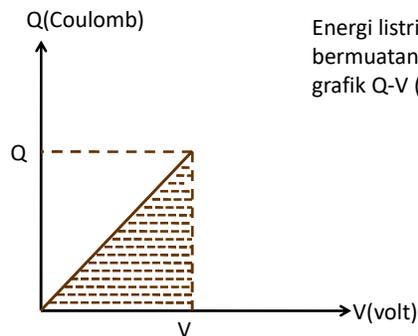
$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$

$$C_{Parallel} = \sum C_i$$

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3$$

## Energi Listrik pada Kapasitor

- Grafik hubungan tegangan (V) dengan muatan listrik yang tersimpan pada kapasitor (Q)



Energi listrik yang tersimpan pada kapasitor yang bermuatan listrik  $Q =$  luas daerah dibawah garis grafik Q-V (yang diarsir).

$$W = \frac{1}{2} QV$$

Karena  $Q = C.V$ , maka

$$W = \frac{1}{2} CV^2$$

**Contoh 1.**

Tentukan kapasitas kapasitor yang mempunyai luas keping 1 cm<sup>2</sup> dan jarak antara kepingnya 0,2 cm, bila muatan masing-masing keping sebesar 5 μC dan ε<sub>0</sub> = 8,85 x 10<sup>-12</sup> C<sup>2</sup>/Nm<sup>2</sup> dan diantara medium ada bahan dengan konstanta dielektrik 2.

Diket

$$A=1\text{cm}^2 = 1 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d=0,2 \text{ cm} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$q=5\mu\text{C} = 5 \times 10^{-6} \text{ C}$$

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{Nm}^2$$

$$K=2$$

Dit: C ?

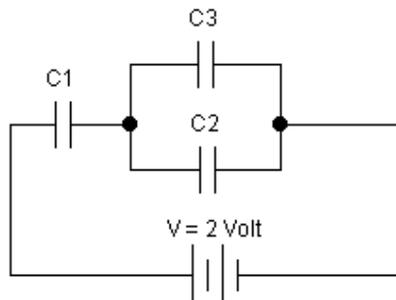
Jawab

$$C = K\epsilon_0 \frac{A}{d} = 2 \times (8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{Nm}^2) \frac{1 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{2 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

**Contoh 2.**

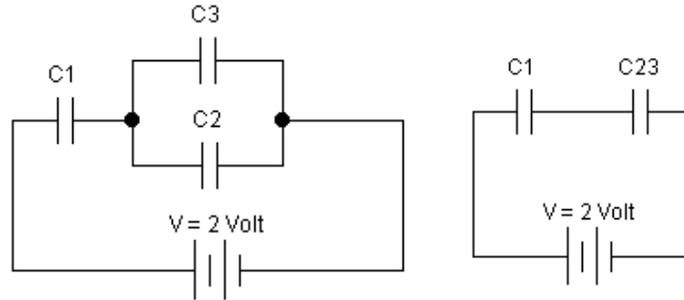
Tiga buah kapasitor C<sub>1</sub> = 3 μF, C<sub>2</sub> = 1 μF dan C<sub>3</sub> = 2 μF dirangkai seperti terlihat pada gambar di bawah ini. Rangkaian ini dihubungkan dengan sumber tegangan 2 volt. Hitunglah :

- Kapasitansi ekivalen rangkaian tersebut.
- Besarnya muatan yang tersimpan pada C<sub>3</sub>.



Jawab :

a)



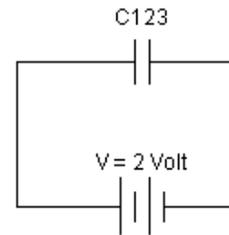
$$C_1 = 3 \mu\text{F} \quad C_2 = 1 \mu\text{F} \quad C_3 = 2 \mu\text{F}$$

$C_2$  &  $C_3$  paralel:

$$C_{23} = C_2 + C_3 = (1 + 2) = 3 \mu\text{F}$$

$C_1$  &  $C_{23}$  seri:

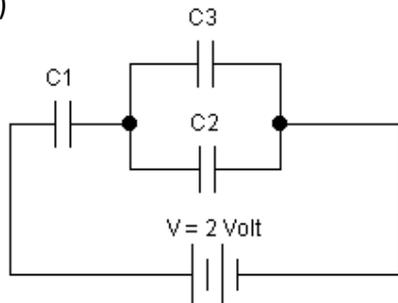
$$C_{\text{eq}} = C_{123} = \frac{C_1 C_{23}}{C_1 + C_{23}} = \frac{(3)(3)}{3 + 3} = 1,5 \mu\text{F}$$



Jawab :

$$C_1 = 3 \mu\text{F} \quad C_2 = 1 \mu\text{F} \quad C_3 = 2 \mu\text{F}$$

b)



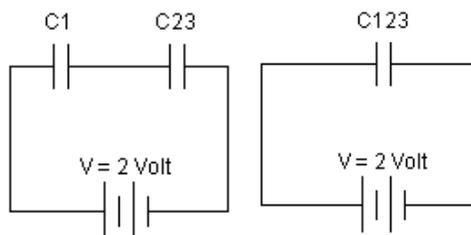
$$C_{123} = 1,5 \mu\text{F}$$

$$\text{Seri: } Q_{123} = Q_1 = Q_{23} = C_{123} V_{123} \\ = (1,5)(2) = 3 \mu\text{C}$$

$$\text{Paralel: } V_{23} = V_2 = V_3$$

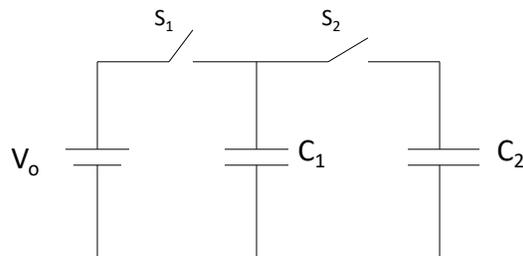
$$V_{23} = \frac{Q_{23}}{C_{23}} = \frac{3}{3} = 1 \text{ V}$$

$$Q_3 = C_3 V_3 = (2)(1) = 2 \mu\text{C}$$



**Contoh 3.**

Mula-mula kapasitor  $C_1$  diisi muatan dari tegangan  $V_0$  (saklar  $S_1$  ditutup). Setelah muatan pada  $C_1$  penuh tegangan  $V_0$  dilepaskan ( $S_1$  dibuka lagi). Kemudian saklar  $S_2$  ditutup sehingga sebagian muatan di  $C_1$  pindah ke kapasitor  $C_2$ . Tentukan tegangan akhirnya



**Jawab :**

$$Q_0 = C_1 V_0$$

$$\text{Paralel: } \rightarrow V_1 = V_2 = V$$

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 = C_1 V_1 + C_2 V_2 = (C_1 + C_2) V$$

$$C_1 V_0 = (C_1 + C_2) V \rightarrow V = \frac{C_1}{C_1 + C_2} V_0$$

**Soal - Soal**

1. Suatu kapasitor keping sejenis mempunyai kapasitas  $5 \mu\text{F}$ , untuk ruang diantara keping2 berisi udara. Dan apabila ruang diantara keping2 tersebut diisi porselin, kapasitasnya menjadi  $30 \mu\text{F}$ . Berapakah konstanta dielektrik porselin ?

jawab.  $K=6$

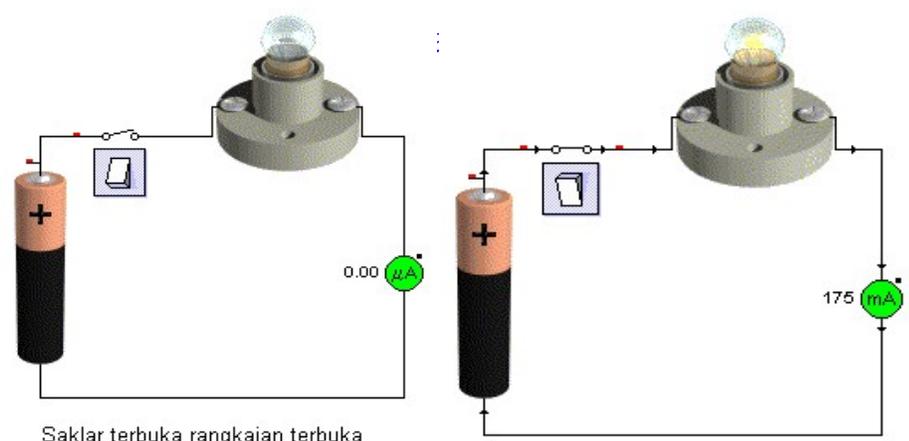
2. Suatu kapasitor berisi udara, tegangannya  $V_0$ . Kapasitor itu kemudian diisi mika ( $K = 5$ ) dan diisolasi (muatannya dibuat tetap). Berapakah tegangan kapasitor itu sekarang ?

jawab.  $V=V_0/5$

PR

- Diktat h.36-37, Soal 2,4,5

# ARUS LISTRIK SEARAH

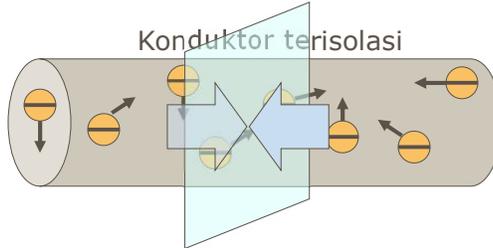


Saklar terbuka rangkaian terbuka  
Saklar tertutup rangkaian tertutup

Saklar terbuka rangkaian terbuka  
Saklar tertutup rangkaian tertutup

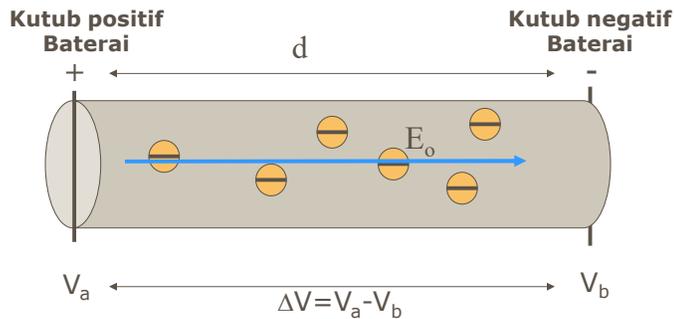
### ARUS LISTRIK

Di dalam konduktor / penghantar terdapat elektron bebas (muatan negatif) yang bergerak dalam arah sembarang



Elektron-elektron tersebut tidak mempunyai gerakan terarah netto sepanjang konduktor. Artinya jika kita pasang sebuah bidang hipotetik sembarang melalui konduktor tersebut maka banyaknya elektron yang melalui bidang tersebut dari kedua sisi bidang **sama besarnya**.

Jika kedua ujung konduktor sepanjang  $d$  tersebut dihubungkan ke sebuah baterai maka akan timbul medan listrik di dalamnya



$$\Delta V = V_A - V_b = -\int \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

$$\Delta V = E l$$

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

Jika sebuah muatan netto  $q$  lewat melalui suatu penampang penghantar / konduktor selama waktu  $t$ , maka arus (yang dianggap konstan) adalah

$$i = \frac{q}{t}$$

dimana  $i$   $\equiv$  arus dengan satuan Ampere (A)  
 $q$   $\equiv$  banyaknya muatan satuan Coulomb (C)  
 $t$   $\equiv$  waktu satuan detik / sekon (s)

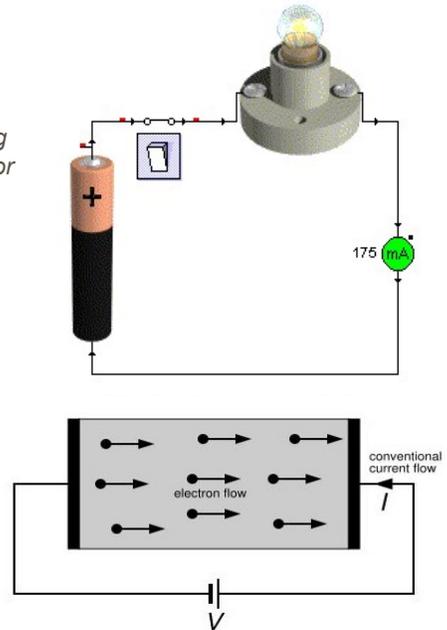
Jika banyaknya muatan yang mengalir per satuan waktu tidak konstan, maka arus akan berubah dengan waktu dan diberikan oleh limit differensial dari persamaan di atas.

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

**Kuat arus listrik:** Jumlah muatan listrik yang mengalir melalui suatu penampang konduktor tiap detik.

$$I = q / t$$

*Keterangan:*  
 $I$  = kuat arus listrik (Ampere)  
 $q$  = jumlah muatan yang mengalir (coulomb)  
 $t$  = waktu aliran muatan (detik)



CONTOH 1

Sebuah kios pengisian aki mengisi aki dengan mengalirkan arus 0,4 A selama 7 jam. Berapakah muatan yang dimasukkan ke dalam aki?

Jawab

Diberikan

$$I = 0,4 \text{ A}$$

$$\Delta t = 7 \text{ jam} = 7 \times 3600 \text{ s} = 25\,200 \text{ s}$$

Muatan yang dimasukkan ke dalam aki adalah

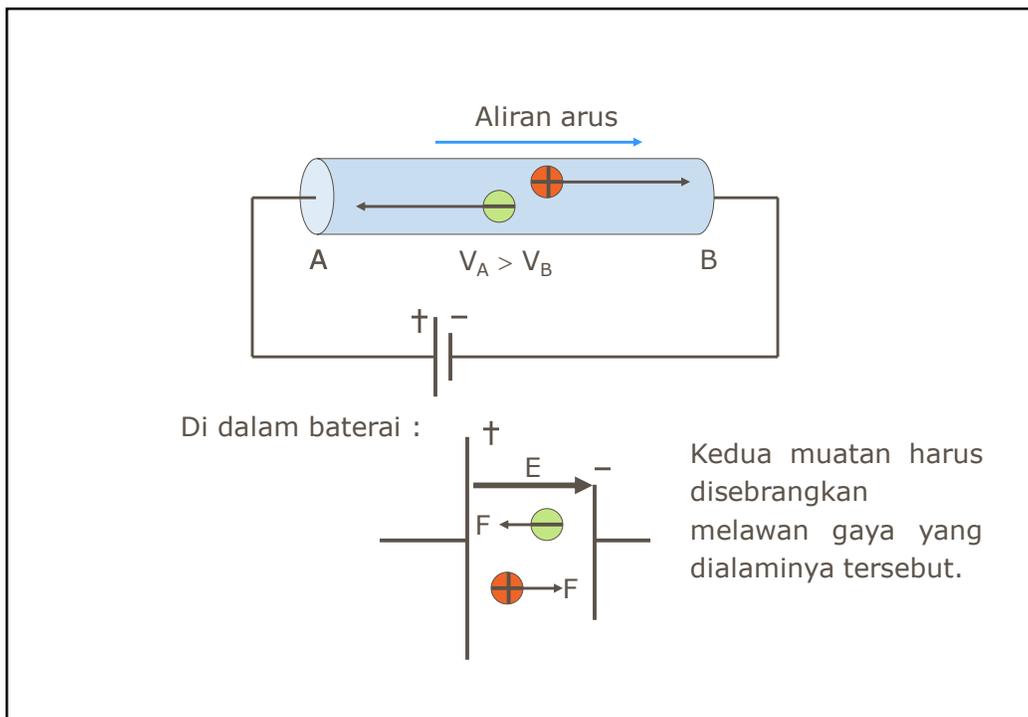
$$\Delta Q = I \Delta t = 0,4 \times 25\,200 = 10\,080 \text{ C}$$



**Arus listrik dalam Konduktor**

Arus listrik dalam konduktor didefinisikan sebagai banyaknya muatan positif yang mengalir pada suatu penampang konduktor per satuan waktu.

Jika sebuah penghantar logam dihubungkan dengan sebuah baterai, maka arus akan mengalir dari ujung logam yang berpotensi lebih tinggi (ujung yang dihubungkan dengan kutub positif baterai) ke ujung logam yang berpotensi lebih rendah (ujung yang dihubungkan dengan kutub negatif baterai).



Di dalam baterai, elektron harus disebrangkan dari kutub positif baterai ke kutub negatif baterai, melawan gaya yang bekerja pada elektron di dalam baterai.

Untuk itu diperlukan usaha untuk menyebrangkan elektron tersebut. —→ **elektron memerlukan tambahan energi listrik.**

Energi listrik ini harus bisa diberikan oleh baterai, sehingga baterai berfungsi sebagai penyuplai energi listrik bagi elektron

Besarnya energi listrik yang harus diberikan sebanding dengan beda potensial antara kedua kutub baterai.

Beda potensial antara kedua kutub baterai ini yang didefinisikan sebagai ***gaya gerak listrik (GGL)*** / tegangan baterai.

### Hukum Ohm

Arus yang mengalir dalam penghantar logam besarnya konstan .  
Ini berarti rapat arusnya juga konstan.

Dan karena laju gerak pembawa muatan berbanding lurus dengan rapat arus yang konstan maka lajunya pun konstan.

Ternyata bahwa besarnya laju gerak penyimpangan elektron dalam penghantar sebanding dengan besarnya medan listrik dalam penghantar tersebut.

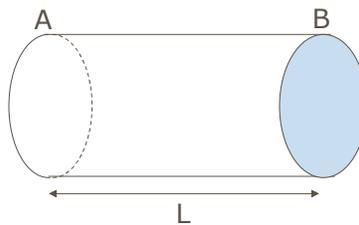
$$v_{\text{konstan}} \sim E \longrightarrow j \sim E$$

Akhirnya diperoleh :

$$j = \sigma E \quad (\text{Hukum Ohm})$$

Dimana  $\sigma$  adalah konduktivitas listrik.

Tinjau kembali sebuah penghantar logam berbentuk silinder sepanjang L:



$$V_A - V_B = \Delta V = - \int_0^L \vec{E} \cdot d\vec{l}$$

Untuk E serba sama maka  $E = \frac{V}{L}$

Sehingga

$$J = \sigma E = \sigma \frac{V}{L}$$

$$i = J.A = \sigma \frac{V}{L} A = \frac{\sigma A}{L} V$$

$$V = \frac{L}{\sigma A} i$$

jadi  $V = Ri$  (Hukum Ohm)

dimana  $R = \frac{L}{\sigma A}$

jika didefinisikan  $\rho = \frac{1}{\sigma} \equiv$  resistivitas/hambatan jenis maka

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

## HAMBATAN LISTRIK

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

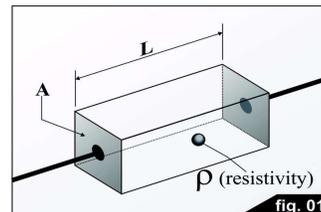
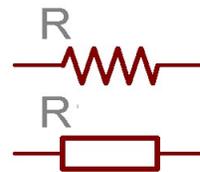
*Keterangan :*

$R$  = hambatan penghantar

$\rho$  = hambatan jenis ( $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ )

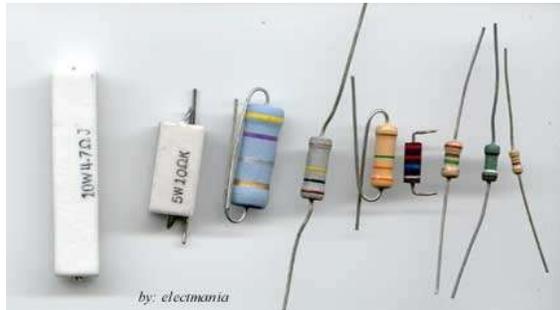
$\ell$  = panjang penghantar (m)

$A$  = penampang penghantar ( $\text{mm}^2$ )



## Resistor dan Tahanan

*Resistor*



*Tahanan*

*Setiap Perangkat dan alat Listrik mempunyai nilai tahanan listrik*

## HUKUM OHM

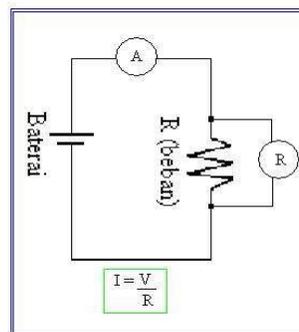
$$R = \frac{V}{I}$$

*Keterangan:*

*V = tegangan / beda potensial listrik (volt)*

*R = hambatan listrik (ohm)*

*I = kuat arus listrik (ampere)*



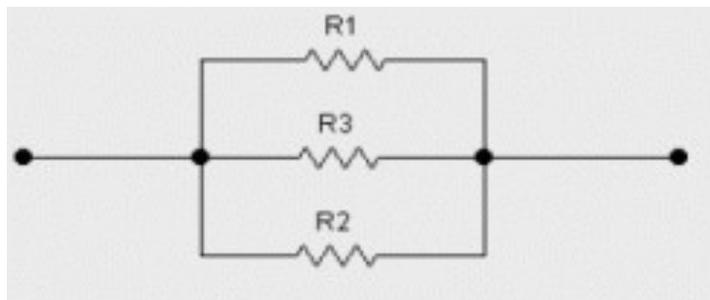
## CONTOH 2

1. suatu kawat tembaga 20 m luas penampang  $1 \text{ mm}^2$  resistivitas  $1,7 \times 10^{-8}$  ohm m
- berapa hambatan listrik kawat tembaga
  - bila ujung ujung kawat di hubungkan dengan baterai 1,2 volt berapa besar arus yang mengalir

$$\text{a} \quad R = \frac{\rho L}{A} = \frac{17 \times 10^{-8} [20]}{1,6 \times 10^{-6}} = 3,4 \times 10^{-1} \text{ ohm}$$

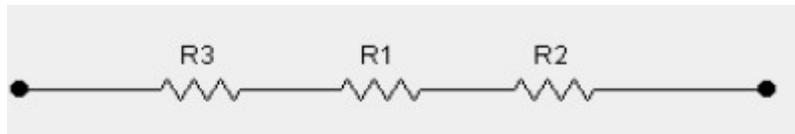
$$\text{b} \quad V = I R$$

$$12 = I 3,4 \times 10^{-1} \quad \rightarrow \quad I = 3,5 \text{ A}$$

RANGKAIAN PARALEL TAHANAN

*Rangkaian resistor secara paralel*

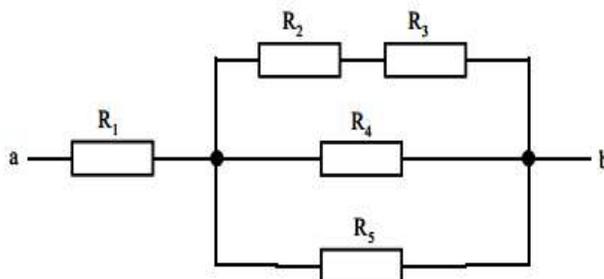
$$R_{\text{PENGGANTI}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

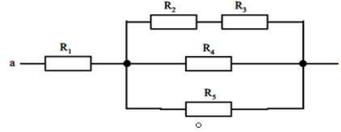
**RANGKAIAN SERI TAHANAN***Rangkaian resistor secara seri*

$$R_{\text{TOTAL}} = R_1 + R_2 + R_3$$

## Contoh 3

Tentukan hambatan pengganti untuk susunan hambatan pada Gbr 3.30. Nilai hambatan dalam rangkaian adalah  $R_1 = 500 \Omega$ ,  $R_2 = 200 \Omega$ ,  $R_3 = 300 \Omega$ ,  $R_4 = 400 \Omega$ , dan  $R_5 = 200 \Omega$ .





Jawab

R2 dan R3 tersusun secara seri sehingga dapat digantikan oleh hambatan RA yang memenuhi

$$R_A = R_2 + R_3 = 200 + 300 = 500 \Omega.$$

RA, R4, dan R5 tersusun secara paralel, sehingga dapat digantikan oleh hambatan RB yang memenuhi

$$\frac{1}{R_B} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{500} + \frac{1}{400} + \frac{1}{200} = \frac{4}{2000} + \frac{5}{2000} + \frac{10}{2000} = \frac{19}{2000}$$

atau

$$R_B = 2000/19 = 105 \Omega.$$

R1 dan RB tersusun secara seri sehingga dapat digantikan oleh RT yang memenuhi

$$R_T = R_1 + R_B = 500 + 105 = 605 \Omega.$$

#### Contoh 4

- (a) Tentukan hambatan pengganti dari empat hambatan yang disusun secara paralel,  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 4 \text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 8 \text{ k}\Omega$ , dan  $R_4 = 5 \text{ k}\Omega$ .
- (b) Jika benda tahanan yang dipasang antar ujung-ujung hambatan adalah 50 V, tentukan arus yang mengalir pada masing-masing hambatan.

Jawab

(a) Hambatan pengganti memenuhi

$$\begin{aligned} \frac{1}{R} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \\ &= \frac{1}{1} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{5} = \frac{40}{40} + \frac{10}{40} + \frac{5}{40} + \frac{8}{40} = \frac{63}{40} \end{aligned}$$

atau

$$R = 40/63 = 0,635 \text{ k}\Omega = 635 \Omega$$

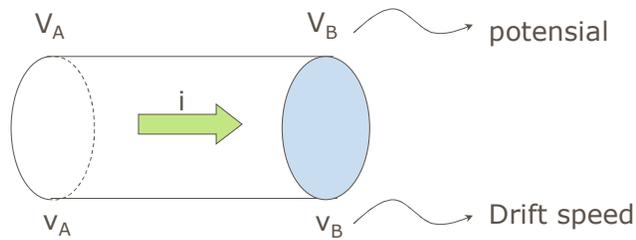
(b) Arus yang mengalir pada masing-masing hambatan

Hambatan R1:  $I_1 = V/R_1 = 50/1000 = 0,05 \text{ A}$

Hambatan R2:  $I_2 = V/R_2 = 50/5000 = 0,0125 \text{ A}$

Hambatan R3:  $I_3 = V/R_3 = 50/8000 = 0,00625 \text{ A}$

Hambatan R4:  $I_4 = V/R_4 = 50/5000 = 0,01 \text{ A}$

**Hukum Joule**

Potensial kedua ujung penghantar :  $V_A > V_B$

Timbul arus pada penghantar :  $i = \frac{V}{R}$

Karena arus konstan maka kecepatan gerak pembawa muatan di setiap titik penghantar sama  $v_A = v_B$

Pada saat aliran berjalan selama  $dt$  akan terkumpul energi persatuan waktu atau daya kalor  $P$  sebesar

$$P = \frac{dU}{dt} = \frac{dqV}{dt} = \frac{dq}{dt}V = iV$$

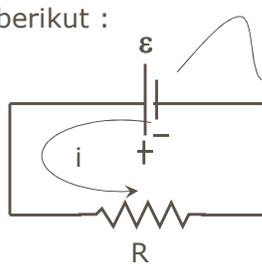
dan karena  $V = iR$

maka :  $P = i^2R$  (Hukum Joule)

Daya ini akan terdisipasi pada penghantar menjadi panas.

Oleh karena itu disebut sebagai **daya disipasi**

Perhatikan sebuah rangkaian yang terdiri dari sebuah hambatan  $R$  dan sebuah sumber tegangan baterai  $\epsilon$  sebagai berikut :



Di dalam sumber tegangan / baterai, pembawa muatan mendapat tambahan energi sebesar  $U = q\epsilon$

Muatan dapat disebrangkan sehingga timbul arus dalam rangkaian

Arus di dalam rangkaian memperoleh daya sebesar  $P = \epsilon I$ .

Dalam baterai sendiri ada hambatan dalam baterai sebesar  $r$  sehingga terdapat daya yang terdisipasi sebagai kalor di dalam baterai sebesar  $P_r = i^2 r$ .

Sedangkan pada Pada hambatan  $R$  daya juga akan terdisipasi menjadi kalor sebesar  $P_R = i^2 R$

Di dalam rangkaian berlaku hukum kekekalan energi

→ Energi yang diterima oleh pembawa muatan sama dengan energi yang hilang sebagai kalor

Dalam bentuk energi pesatuan waktunya atau daya berlaku bahwa daya yang diterima pembawa muatan sama dengan daya yang hilang sebagai kalor.

Daya yang diterima = Daya yang dilepas

$$P = P_r + P_R$$

$$\epsilon i = i^2 r + i^2 R$$

$$\epsilon = ir + iR$$

$$\epsilon = i(r + R)$$

Jika dalam rangkaian terdapat lebih dari satu sumber tegangan dan satu hambatan maka :

$$\sum \epsilon = \sum i(R+r)$$

Dan karena biasanya  $r \ll R$ , maka hambatan dalam baterai  $r$  sering diabaikan sehingga persamaan di atas menjadi

$$\sum \epsilon = \sum i.R$$

## DAYA dan ENERGI Listrik

*DAYA LISTRIK (Watt)*

$$P = VI$$

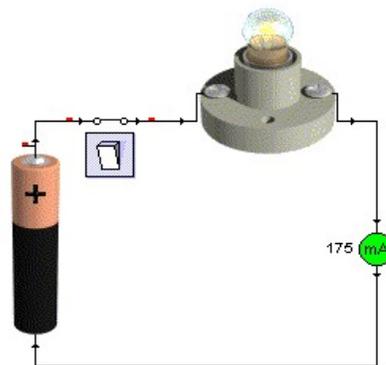
$$P = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

*ENERGI LISTRIK (Joule)*

$$W = P.t$$

$$W = V.I.t$$

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



## CONTOH 5

Lampu 75 W, 220 V dihubungkan secara paralel dengan lampu 40 W, 220 V. Berapakah hambatan total lampu?

Jawab

Hambatan lampu pertama  $R_1 = V^2/P_1 = 220^2/75 = 645 \Omega$ .

Hambatan lampu kedua  $R_2 = V^2/P_2 = 220^2/40 = 1\,210 \Omega$ .

Hambatan total lampu, R memenuhi

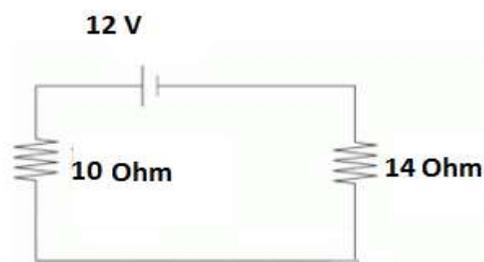
$$1/R = 1/645 + 1/1\,210 = 0,00155 + 0,000826 = 0,002376$$

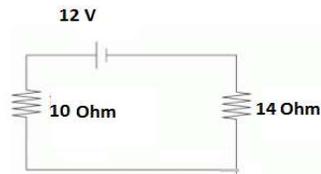
atau

$$R = 1/0,002376 = 421 \Omega$$

## CONTOH 6

Hitunglah besar energi listrik yang diberikan oleh baterai dan energi pada hambatan 10 ohm selama 30 detik pada rangkaian pada gambar !





- a. Arus yang mengalir pada rangkaian dapat dihitung dengan :

$$I = \frac{\varepsilon}{R_{ab}} = \frac{12}{24} = 0,5A$$

Sehingga  $W = \varepsilon \cdot I \cdot \Delta t = 12 (0,5) (30) = 180 \text{ J}$

- b. Energi listrik yang diberikan oleh baterai adalah :

$$\begin{aligned} W (10 \Omega) &= I^2 \cdot R \cdot t \\ &= (0,5)^2 (10) (30) = 75 \text{ J} \end{aligned}$$

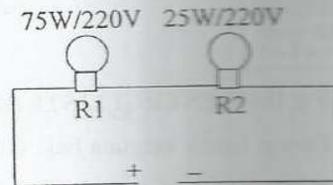
#### CONTOH 7

Dua buah lampu masing-masing bertuliskan 25W/200V dan 75W/220V, dipasang seri kemudian dihubungkan dengan beda potensial 100V. Hitung daya masing-masing lampu.

Lampu yang bertuliskan 25W/220V artinya lampu itu akan memberikan daya sebesar 25 watt ketika dipasang pada tegangan 220 volt. Dengan menggunakan  $P = \frac{V^2}{R}$ , kita dapat menghitung tahanan masing-masing lampu ini.

$$R_1 = \frac{V_1^2}{P_1} = \frac{220^2}{75} = 645,3 \Omega$$

$$R_2 = \frac{V_2^2}{P_2} = \frac{220^2}{25} = 1936 \Omega$$



Arus listrik yang mengalir ketika lampu dipasang pada tegangan 100 volt adalah

$$R = R_1 + R_2 = 645,3 + 1936 = 2581,3 \Omega$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{100}{2581,3} = 3,87 \times 10^{-2} \text{ A}$$

Dengan arus sebesar  $I$  dan tegangan sebesar  $R_1$ , daya yang diterima oleh hambatan  $R_1$  adalah :

$$P_{1(\text{diterima})} = I^2 \cdot R_1 = (3,87 \times 10^{-2})^2 \cdot 645,3 = 0,97 \text{ watt}$$

Demikian juga untuk  $R_2$  kita peroleh :

$$P_{2(\text{diterima})} = I^2 \cdot R_2 = (3,87 \times 10^{-2})^2 \cdot 1936 = 2,9 \text{ watt}$$

Terlihat bahwa daya ini sangat kecil dibandingkan dengan daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh masing-masing lampu (daya yang tertulis pada bohlam itu).

## CONTOH 8

- Suatu rangkaian tertutup mengandung sebuah baterai dengan tegangan 1,5 V dan sebuah tahanan dengan hambatan 2 k $\Omega$ . Anggaplah baterai memiliki hambatan dalam nol. (a) Berapakah arus yang mengalir dalam rangkaian (b) hitung daya listrik yang hilang pada tahanan (c) Hitung daya yang hilang pada Baterai.

**Jawab**

**Diberikan**

$$\varepsilon = 1,5 \text{ V}$$

$$R = 2 \text{ k}\Omega = 2000 \Omega$$

**(c) Daya listrik yang hilang pada baterai**

$$P = \varepsilon I = 1,5 \times 0,00075 = 0,0011 \text{ W}$$

**(a) Arus yang mengalir dalam loop**

$$I = \varepsilon/R = 1,5/2000 = 0,00075 \text{ A}$$

**(b) daya listrik yang hilang pada tahanan**

$$P = I^2 R = (0,00075)^2 \times 2000 = 0,0011 \text{ W}$$

## CONTOH 9

Hitung Biaya Pemakaian Bohlam 100W yang dipakai selama 20 jam jika harga energi listrik adalah Rp. 1500/kWh.

Penyelesaian:

$$P = W/t \text{ atau } W = P.t =$$

$$W = 100 \text{ Watt} \cdot 20 \text{ jam} = 2000 \text{ Wh} = 2 \text{ kWh.}$$

Karena harga 1 kWh adalah Rp 1500; maka biaya untuk 2

$$\text{kWh} = \text{Rp. } 1.500 \times 2 = \text{Rp. } 3000$$

Pada sebuah lampu pijar tertulis 220 V, 100 W. Tentukan daya listrik yang diserap lampu jika dihubungkan dengan tegangan:

1. 240 V
2. 150 V



**Contoh**

Dalam sebuah rumah terdapat 4 lampu 20 W, 2 lampu 60 W dan sebuah TV 60 W. Setiap hari dinyalakan selama 4 jam. Berapakah biaya yang harus dibayar selama 1 bulan jika harga 1 kWh = Rp 1600,-?

**Contoh**

**Tagihan bulanan Listrik sebuah keluarga adalah Rp.850.000/bulan. Hitung kebutuhan Listrik harian keluarga tersebut!**