

# ELEKTRISASI & MAGNETISASI

---

OLEH : IBU HEPI LUDİYATI



**POLBAN**



# DAFTAR ISTILAH DAN SIMBOL

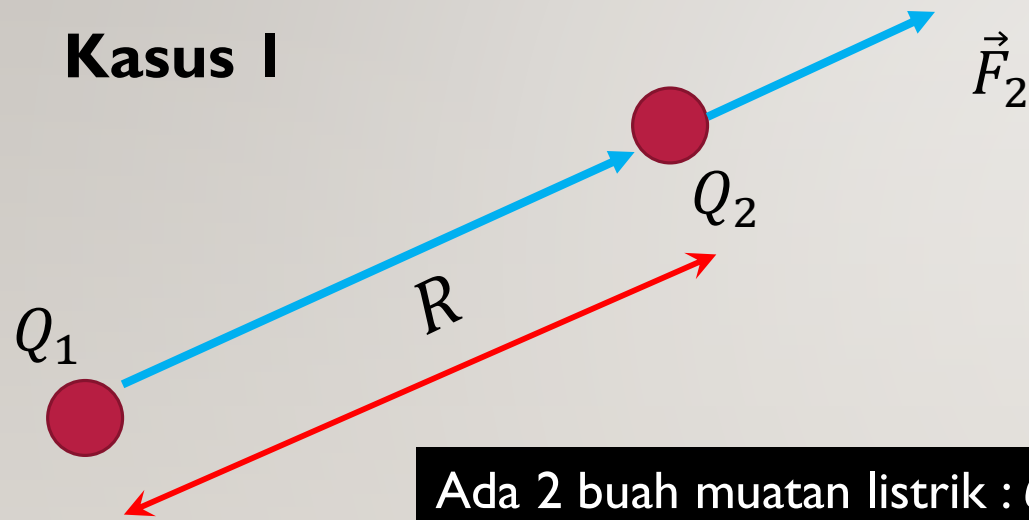
Pembahasan tentang **elektrisasi** adalah pembahasan tentang terjadinya medan listrik, mengeksplorasi karakteristiknya, membahas parameter-parameter yang mempengaruhinya.

- Muatan Listrik ( $Q$  : coloumb)
- Permittivitas Relatif ( $\epsilon_r$  : tanpa satuan)
- Permittivitas Ruang Hampa ( $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9}$  )
- Jarak ( $R$  : meter)
- Gaya Listrik/Gaya Coloumb ( $\vec{F}$  : Newton)
- Intensitas Medan Listrik ( $\vec{E}$  : volt/meter atau Newton/Coloumb)
- Rapat Muatan Garis ( $\rho_L$  : Coloumb/meter)
- Rapat Muatan Permukaan/Bidang ( $\rho_s : \frac{\text{Coloumb}}{\text{meter}^2}$  )
- Rapat Muatan Volume/Ruang ( $\rho_v : \frac{\text{Coloumb}}{\text{meter}^3}$  )

# GAYA LISTRIK/ GAYA COLOUMB

---

## Kasus I



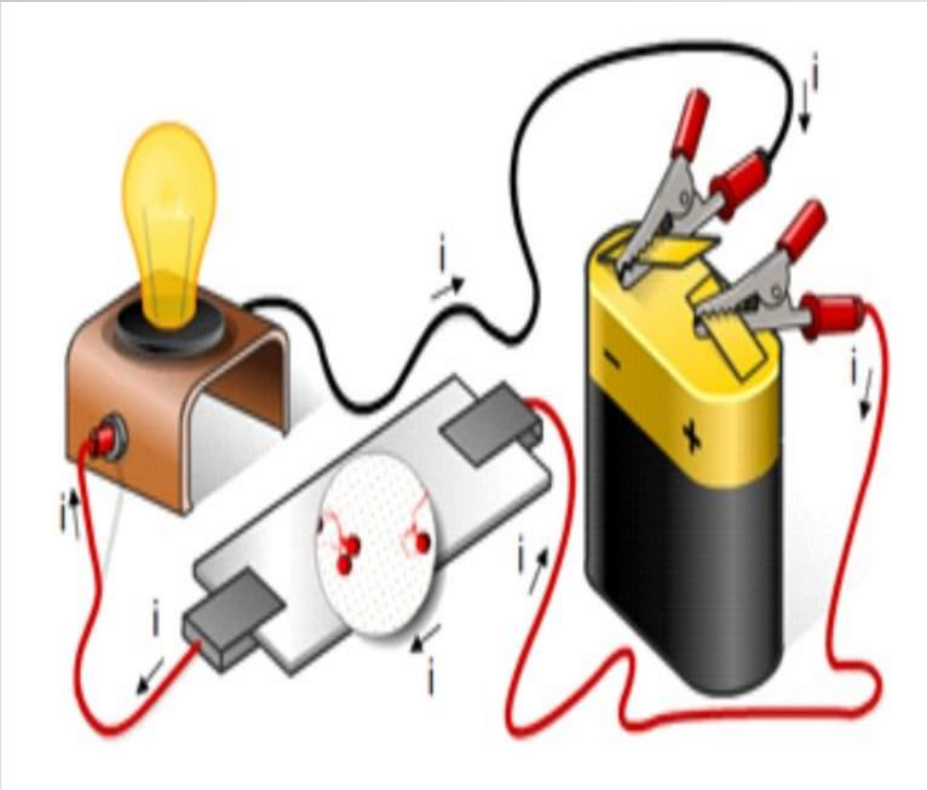
Ada 2 buah muatan listrik :  $Q_1$  dan  $Q_2$  , kedua buah muatan terpisahkan jarak  $R$ , muatan  $Q_2$  akan bergerak karena didorong oleh  $Q_1$ , pada kasus ini, ketika  $Q_2$  bergerak berpindah, maka melakukan gaya  $\vec{F}_2$





Menurut Coloumb, bahwa Besar Gaya Listrik yang terjadi antara 2 buah muatan bergantung kepada :

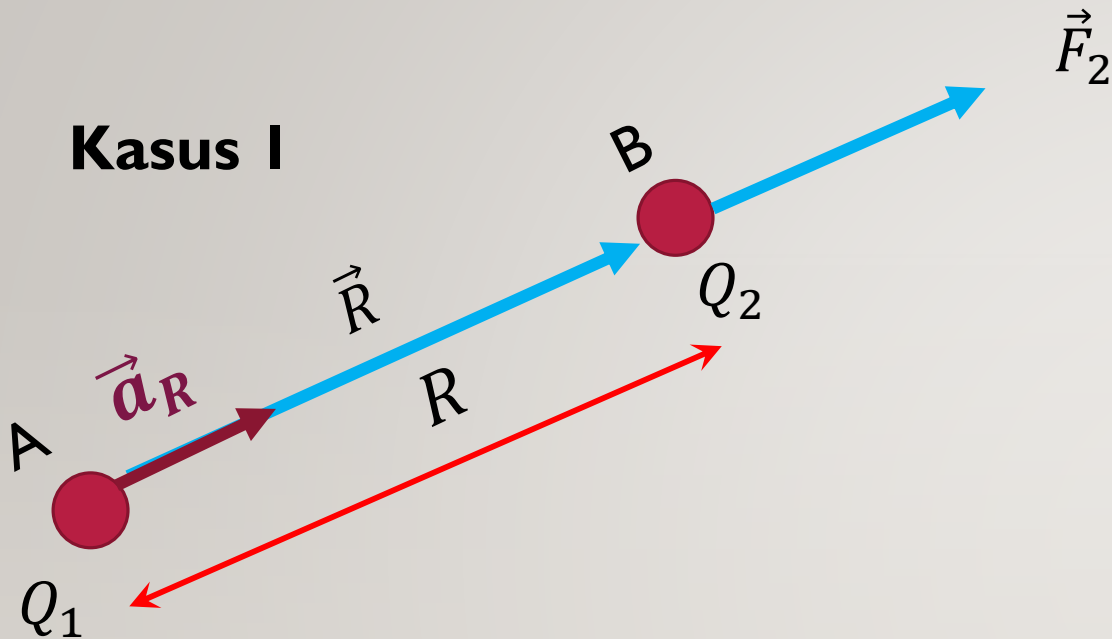
---



- ☐ Perkalian antara 2 (dua) buah muatan listrik.
- ☐ Medium dimana kedua buah muatan listrik diletakan.
- ☐ Jarak antara kedua buah muatan listrik, yang mana memenuhi fungsi terbalik terhadap jarak kuadrat.

Kalo kita uraikan vektornya :

### Kasus I



Misalkan muatan  $Q_1$  diletakan di titik  $A(x_A, y_A, z_A)$ , sedangkan muatan  $Q_2$  diletakan di titik B  $(x_B, y_B, z_B)$ .

Maka :

$$\vec{F}_2 = k \frac{Q_1 Q_2}{R^2} \vec{a}_R$$

Karena yang mendorong adalah  $Q_1$

Maka arah vektor dari  $Q_1$  menuju ke  $Q_2$



## KONSTANTA : MEDIUM

( $k$ )

Konstanta  
Dielektrik

Konstanta  $k$  merupakan konstanta medium dimana kedua buah muatan listrik diletakan. Medium yang dimaksud adalah medium dielektrik yang memiliki parameter permitivitas  $\varepsilon$

Konstanta  $k$  diuraikan menjadi :

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon_r}$$

Jika muatan berada di ruang hampa, maka :

$$\varepsilon = \varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \Rightarrow k = \frac{1}{4\pi \left( \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \right)} = 9 \times 10^9$$

Jika muatan berada di ruang bebas/free space/udara ( $\varepsilon_r = 1$ ), maka :

$$\varepsilon = \varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \Rightarrow k = \frac{1}{4\pi \left( \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \right)} = 9 \times 10^9$$

Jika muatan berada di material dielektrik, maka :

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \epsilon_r \Rightarrow k = \frac{1}{4\pi \left( \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \right) \epsilon_r} = \frac{9 \times 10^9}{\epsilon_r}$$

### Menentukan $\vec{R}$ , $R$ dan $\vec{a}_R$

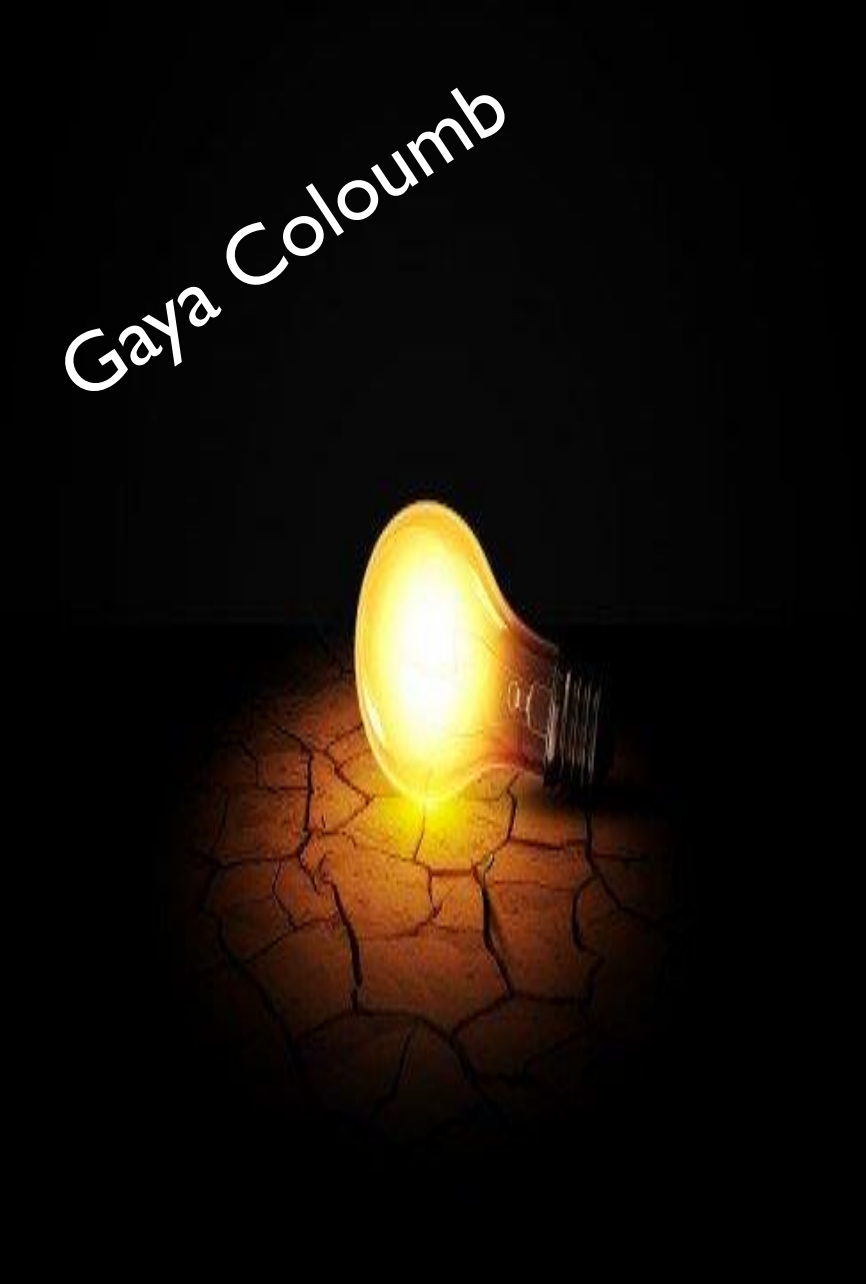
$\vec{R}$  membentang dari titik A menuju ke titik B, mengapa? Karena  $Q_2$  bergerak didorong oleh  $Q_1$

$$\vec{R} = (x_B - x_A)\vec{a}_x + (y_B - y_A)\vec{a}_y + (z_B - z_A)\vec{a}_z$$

$$\text{Jarak antara } Q_1 \text{ dan } Q_2 \text{ adalah } |\vec{R}| \text{ atau } R \Rightarrow |\vec{R}| = R = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2}$$

$$\text{Vektor satuan di arah vektor } \vec{R} \Rightarrow \vec{a}_R = \frac{\vec{R}}{|\vec{R}|} = \frac{(x_B - x_A)\vec{a}_x + (y_B - y_A)\vec{a}_y + (z_B - z_A)\vec{a}_z}{\sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2 + (z_B - z_A)^2}}$$





# Gaya Coloumb

Jadi gaya listrik yang terjadi pada  $Q_2$  akibat didorong oleh  $Q_1$  adalah :

$$\vec{F}_2 = k \frac{Q_1 Q_2}{R^2} \vec{a}_R$$

Dengan nilai  $k, R, \vec{a}_R$  seperti yang dijelaskan pada slide sebelumnya.

Gaya listrik yang terjadi pada  $Q_1$  akibat didorong oleh  $Q_2$  adalah :  $\vec{F}_1$  yang membedakan dengan  $\vec{F}_2$  adalah arahnya saja, yang mana  $\vec{F}_1$  arahnya dari B ke A karena  $Q_1$  didorong oleh  $Q_2$

Sehingga :

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 \text{ sedangkan besar/magnitude keduanya sama, atau } |\vec{F}_1| = |\vec{F}_2|$$



## Contoh Soal :

---

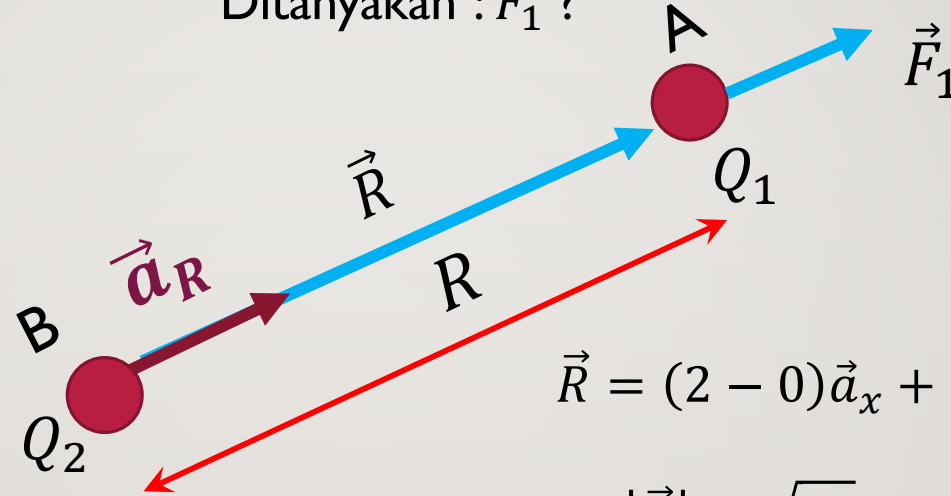
1. Dua buah muatan listrik masing-masing sebesar  $20 \mu\text{C}$  diletakan berturut-turut di titik  $A(2,1,3)$  dan  $B(0,1,3)$ , jika kedua buah muatan ditempatkan di ruang hampa, tentukan gaya listrik yang terjadi pada  $Q_1$  yang ditempatkan di titik A.
2. Dua buah muatan listrik masing-masing sebesar  $20 \mu\text{C}$  dan  $-20 \mu\text{C}$  diletakan berturut-turut di titik  $A(2,1,3)$  dan  $B(0,1,3)$ , jika kedua buah muatan ditempatkan di ruang hampa, tentukan gaya listrik yang terjadi pada  $Q_1$  yang ditempatkan di titik A.
3. Dua buah muatan listrik masing-masing sebesar  $-20 \mu\text{C}$  dan  $-20 \mu\text{C}$  diletakan berturut-turut di titik  $A(2,1,3)$  dan  $B(0,1,3)$ , jika kedua buah muatan ditempatkan di ruang hampa, tentukan gaya listrik yang terjadi pada  $Q_1$  yang ditempatkan di titik A.



Hmm... gimana  
yah ngerjainnya...

1. Diketahui :  $Q_1 = Q_2 = 20\mu C = 20 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-5} C$ ,  
 $Q_1$  diletakan di A(2,1,3) dan  $Q_2$  diletakan di B(0,1,3).  $\epsilon = \epsilon_0$   
(karena muatan diletakan di ruang hampa) sehingga  $k = 9 \times 10^9$ .

Ditanyakan :  $\vec{F}_1$  ?



$$\vec{R} = (2 - 0)\vec{a}_x + (1 - 1)\vec{a}_y + (3 - 3)\vec{a}_z = 2\vec{a}_x$$

$$|\vec{R}| = \sqrt{2^2} = 2 \Rightarrow \vec{a}_R = \frac{\vec{R}}{|\vec{R}|} = \frac{2\vec{a}_x}{2} = \vec{a}_x$$

$$\vec{F}_1 = 9 \times 10^9 \frac{(2 \times 10^{-5})(2 \times 10^{-5})}{2^2} \vec{a}_x = 0,9 \vec{a}_x \text{ Newton}$$



2. Diketahui :  $Q_1 = 20\mu C = 20 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-5} C$  dan  $Q_2 = -20 \times 10^{-6} = -2 \times 10^{-5} C$ ,  $Q_1$  diletakan di  $A(2,1,3)$  dan  $Q_2$  diletakan di  $B(0,1,3)$ .  $\varepsilon = \varepsilon_0$  (karena muatan diletakan di ruang hampa) sehingga  $k = 9 \times 10^9$ .

Ditanyakan :  $\vec{F}_1$  ?

**Solusi :**

$$\vec{F}_1 = 9 \times 10^9 \frac{(\cancel{2 \times 10^{-5}})(\cancel{-2 \times 10^{-5}})}{\cancel{2^2}} \vec{a}_x = -0,9 \vec{a}_x \text{ Newton}$$

3. Diketahui :  $Q_1 = Q_2 = -20\mu C = 20 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-5} C$ ,  $Q_1$  diletakan di  $A(2,1,3)$  dan  $Q_2$  diletakan di  $B(0,1,3)$ .  $\varepsilon = \varepsilon_0$  (karena muatan diletakan di ruang hampa) sehingga  $k = 9 \times 10^9$ .

$$\vec{F}_1 = 9 \times 10^9 \frac{(\cancel{-2 \times 10^{-5}})(\cancel{-2 \times 10^{-5}})}{\cancel{2^2}} \vec{a}_x = 0,9 \vec{a}_x \text{ Newton}$$



Dari ketiga soal ini, dapat dianalisis beberapa hal :

- 1) Ketika  $Q_2$  mendorong  $Q_1$  sehingga  $Q_1$  melakukan gaya listrik sebesar  $\vec{F}_1$  maka muatan  $Q_1$  akan bergerak menjauhi  $Q_2$ , vektor satuan yang menunjukkan gerak  $Q_1$  menjauhi  $Q_2$  dinyatakan dengan arah  $\vec{a}_x$  atau ke arah sumbu +x. Demikian juga ketika  $Q_1$  mendorong  $Q_2$  sehingga terjadi gaya listrik  $\vec{F}_2$  maka  $Q_2$  akan bergerak menjauhi  $Q_1$  atau ke arah  $-\vec{a}_x$  atau ke arah sumbu (-x). Dari kedua kasus ini, dapat diambil kesimpulan bahwa ketika kedua polaritas muatan listrik sama yaitu keduanya berpolaritas positif atau keduanya berpolaritas negatif, maka muatan listrik akan bergerak menjauh satu sama lain atau dikenal dengan istilah **tolak menolak**. (Untuk kasus soal No. 1 dan No.3)
- 2) Ketika  $Q_2$  mendorong  $Q_1$  sehingga  $Q_1$  melakukan gaya listrik sebesar  $\vec{F}_1$  dan kedua muatan listrik berbeda polaritas (kasus soal No.2),  $Q_1$  bergerak mendekati  $Q_2$  hal ini diwakili oleh vektor satuan  $(-\vec{a}_x)$  atau ke arah sumbu (-x), padahal  $Q_1$  didorong oleh  $Q_2$ , demikian juga sebaliknya. Dari ini dapat diambil kesimpulan bahwa ketika kedua muatan listrik berbeda polaritas, maka gaya listrik yang terjadi **tarik menarik**.





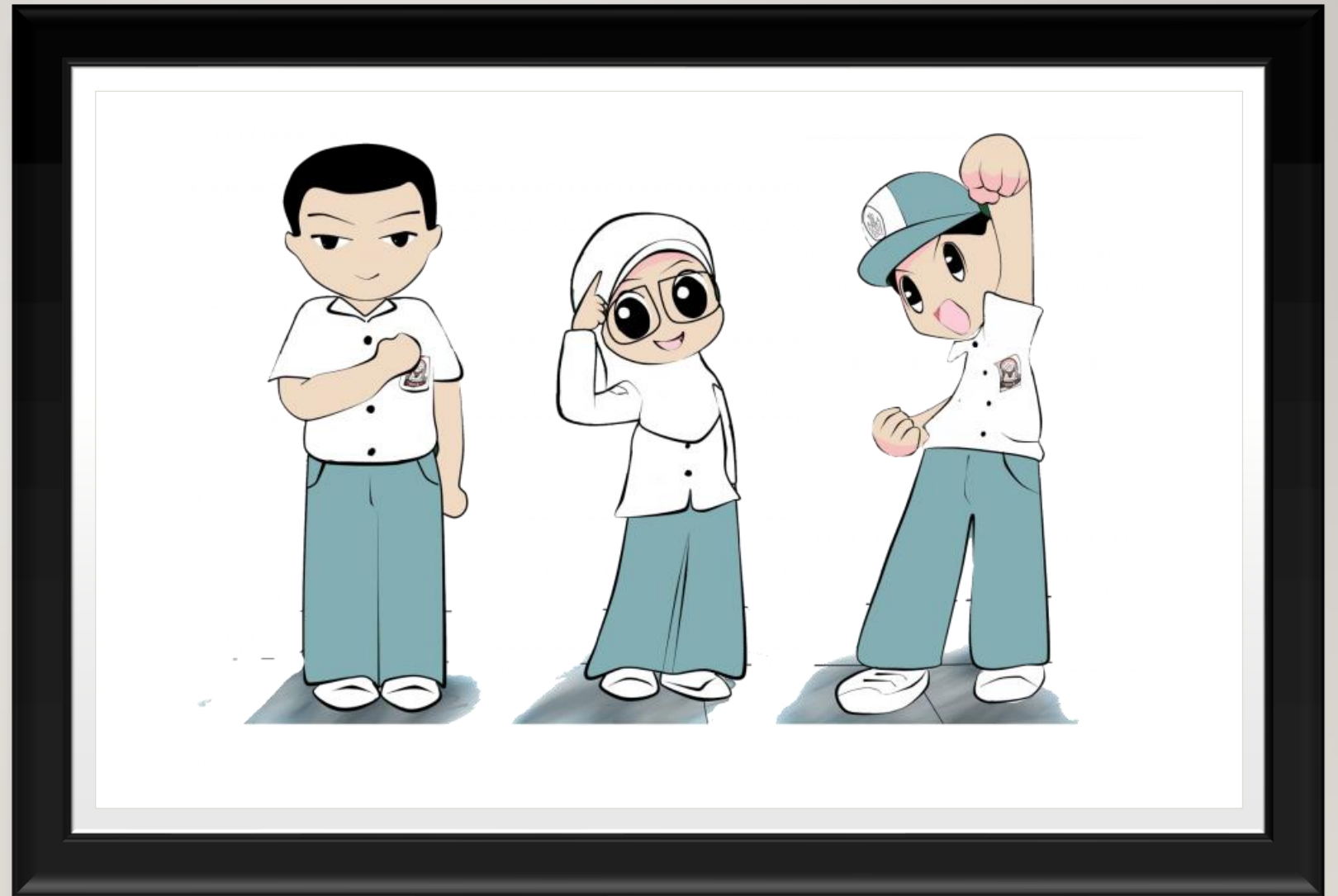


## Bahan Diskusi

Coba pikirkan : bagaimana jika ada lebih dari 2 (dua) buah muatan listrik, Gaya listrik yang dilakukan oleh salah satu muatan bagaimana jadinya?

# TKM ONLINE

---







Dikumpulkan : melalui email :

1. Dua buah muatan listrik masing-masing sebesar  $10 \text{ nC}$  dan  $20 \text{ nC}$  diletakan berturut-turut di titik  $A(1,1,3)$  dan  $B(2,1,3)$ , jika kedua buah muatan ditempatkan di ruang hampa, tentukan gaya listrik yang terjadi pada  $Q_1$  yang ditempatkan di titik A.
2. Sama seperti soal No.1, tetapi kedua muatan listrik ditempatkan di material dielektrik dengan  $\epsilon_r = 4$
3. Tiga buah muatan listrik masing-masing sebesar  $10 \text{ nC}$  diletakan berturut-turut di titik  $O(0,0,0)$ ,  $A(1,1,3)$  dan  $B(2,1,3)$ , jika ketiga buah muatan ditempatkan di ruang hampa, tentukan gaya listrik yang terjadi pada  $Q_1$  yang ditempatkan di titik O.

# MEDAN LISTRIK

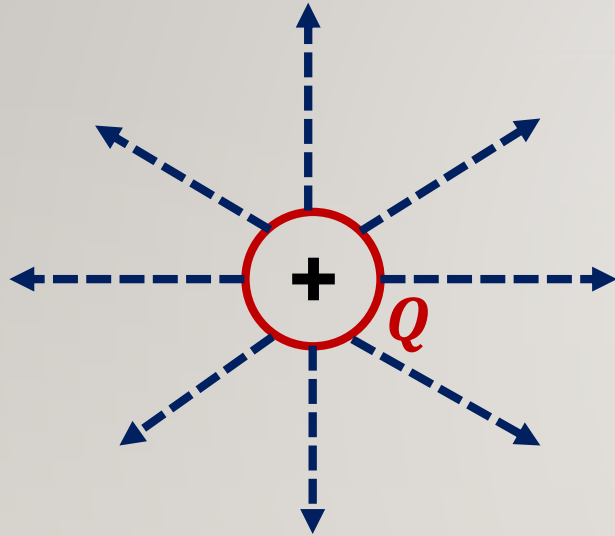
## Beberapa Terminologi dalam Bidang Elektromagnetika

---

- Medan = daerah pengaruh
- Medan Listrik = daerah pengaruh adanya sumber listrik
- Sumber Listrik = muatan listrik positif
- Logika berfikir = sumber listrik akan memberikan pengaruh ke lingkungan sekitar, pengaruhnya akan kuat jika observator berada di dekat sumber listrik tersebut. (observator : titik pengamatan, titik dimana lokasi pengukuran)
- Pengaruh sumber listrik bergantung pada medium dimana sumber listrik tersebut berada.
- Penyebaran sumber listrik (fluks listrik) pun bergantung pada medium yang dilaluinya.

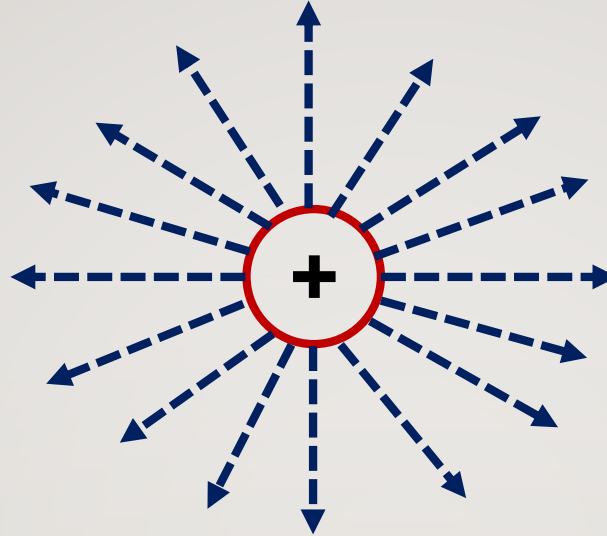


## Ilustrasi :

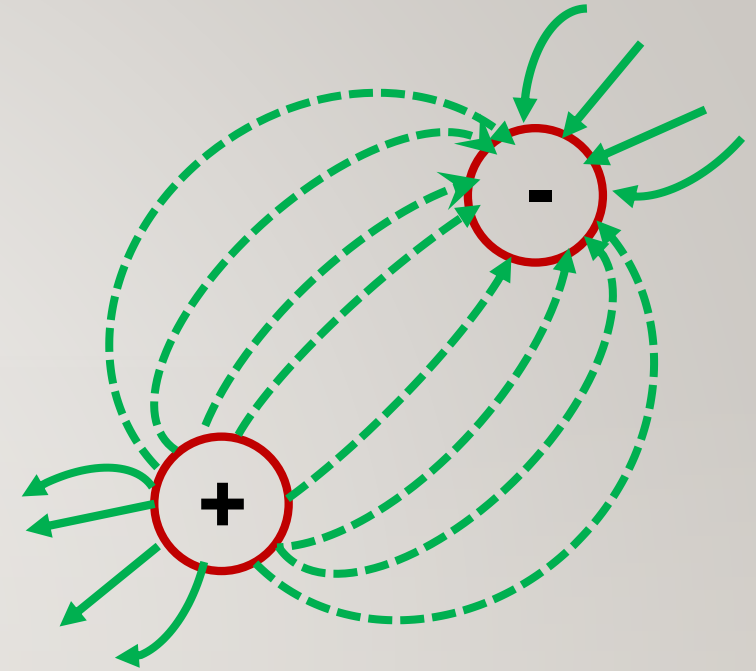


Muatan listrik + memberikan pengaruh ke lingkungan sekitarnya, arah pengaruh dari sumber (+ $Q$ ) ke luar (observator)

Untuk kasus  $Q \gg$



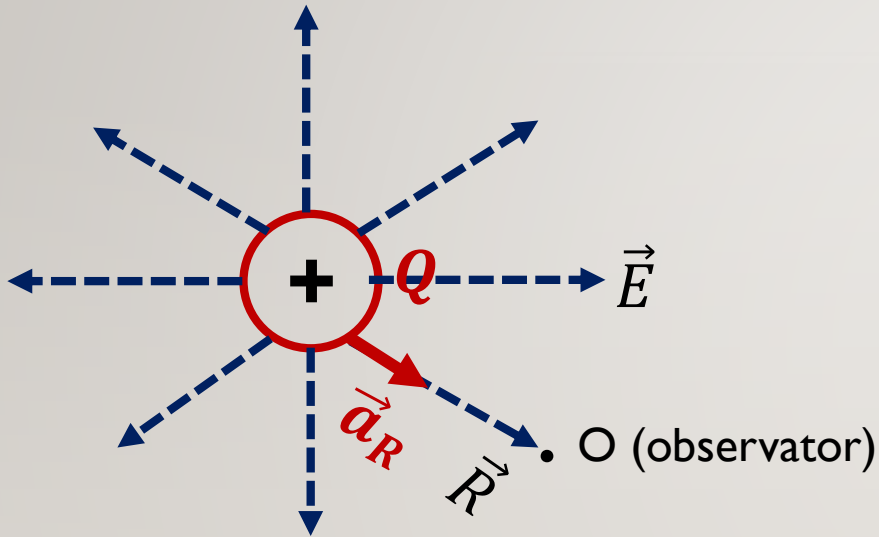
Jika besar muatan listrik + diperbesar, maka pengaruh ke lingkungan sekitarnya akan bertambah besar/kuat, hal ini ditandai dengan bertambahnya garis-garis medan, arah pengaruh dari sumber (+ $Q$ ) ke luar (observator)



Jika ada muatan negatif ( $-Q$ ), maka muatan listrik positif akan memberikan pengaruh listrik ke muatan listrik negatif dan ke luar

## Intensitas Medan Listrik ( $\vec{E}$ )

---



Dirumuskan :

$$\vec{E} = k \frac{Q}{R^2} \vec{a}_R$$

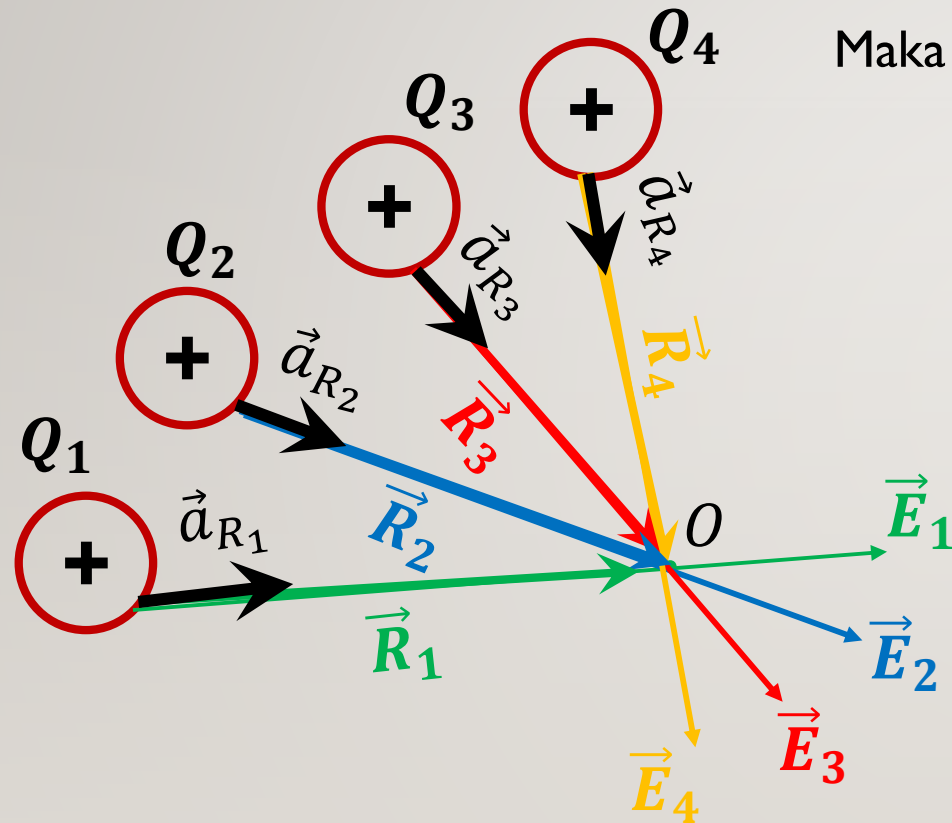
$R$  = jarak sumber (+ $Q$ ) ke observator

$\vec{a}_R$  = vektor satuan yang berarah dari sumber (+ $Q$ ) ke obeservator

$k$  = konstanta medium (ruang hampa, *free space*, medium dielektrik)

Jika ada lebih dari 1 (satu) muatan listrik (+Q) :  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$

---



Maka : Intensitas Medan Listrik yang dirasakan di titik observator  $O$  :

$$\begin{aligned}\vec{E} &= \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \vec{E}_4 \\ &= k \left[ \frac{Q_1}{R_1^2} \vec{a}_{R_1} + \frac{Q_2}{R_2^2} \vec{a}_{R_2} + \frac{Q_3}{R_3^2} \vec{a}_{R_3} + \frac{Q_4}{R_4^2} \vec{a}_{R_4} \right]\end{aligned}$$

$R_1$  = jarak dari muatan  $Q_1$  ke titik observator

$R_2$  = jarak dari muatan  $Q_2$  ke titik observator

Dan seterusnya....

## Dari persamaan intensitas medan listrik, dapat diambil kesimpulan :

- 1) Sumber medan listrik adalah muatan listrik positif.
- 2) Arah medan listrik membentuk lintasan terbuka, yaitu *point to point* (dari sumber ke titik observator).
- 3) Ketika kita bergerak pada jarak yang konstan terhadap titik sumber, maka intensitas medan listrik yang dirasakan akan tetap (sama).
- 4) Ketika kita bergerak menjauhi sumber listrik, maka intensitas medan listrik yang dirasakan semakin kecil, pengecilan memenuhi fungsi terbalik terhadap kuadrat jarak antara sumber dengan observator.
- 5) Intensitas medan listrik yang dirasakan pada medium dielektrik, lebih kecil dibandingkan dengan intensitas medan listrik di ruang bebas (*free space*/udara bebas). Faktor pengecilan intensitas medan listrik pada medium memenuhi fungsi terbalik terhadap nilai permitivitas relatif ( $\epsilon_r$ ) medium.
- 6) Muatan listrik negatif, menerima medan listrik dari sumber muatan listrik positif.
- 7) Ketika terdapat muatan listrik negatif, maka medan listrik akan menuju ke muatan listrik negatif dan sebagian ke ruang bebas.



BAGAIMANA,  
ANAK-ANAK?  
MASIH MODE  
“ON” ?

Aku sih enjoy  
dengan  
rumus-rumus  
tadi...



Siap Bu, aku sikat habis  
rumus kayak gini  
mah.....kecil itu mah....

Waduuuhhh...rumus-rumus tadi buat aku  
pusing....gak ngerti...susah pisan





Anak-anak....ayo tetap semangat,  
jangan menyerah...kalo kalian sabar  
dan tekun, insyaa Allah karunia  
berupa pemahaman akan Allah  
berikan buat kalian semua, oke  
yah....?

Tidak ada yang sulit jika kita mau belajar, siap yah?

# FLUKS LISTRIK & KERAPATAN FLUKS LISTRIK

Keberadaan medan listrik di suatu tempat dinyatakan oleh garis-garis medan (berupa anak panah). Garis-garis medan ini menunjukkan adanya penyebaran medan listrik dari sumber ke observator. Penyebaran sumber listrik ini sering dinamakan fluks listrik.

Penyebaran sumber listrik (fluks listrik) pun bergantung pada medium yang dilaluinya.





# FLUKS LISTRIK & KERAPATAN FLUKS LISTRIK

Muatan listrik terdistribusi pada sebuah batang konduktor (warna hitam) : jarak antar garis-garis fluks (warna biru) sama menunjukkan muatan listrik terdistribusi uniform

