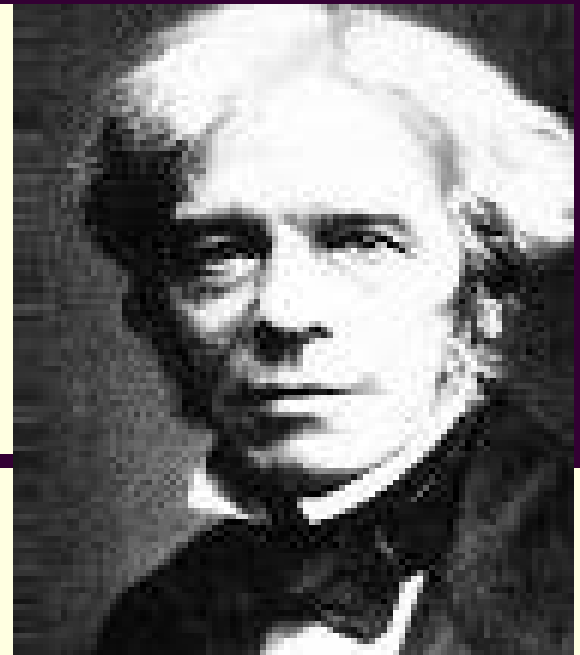


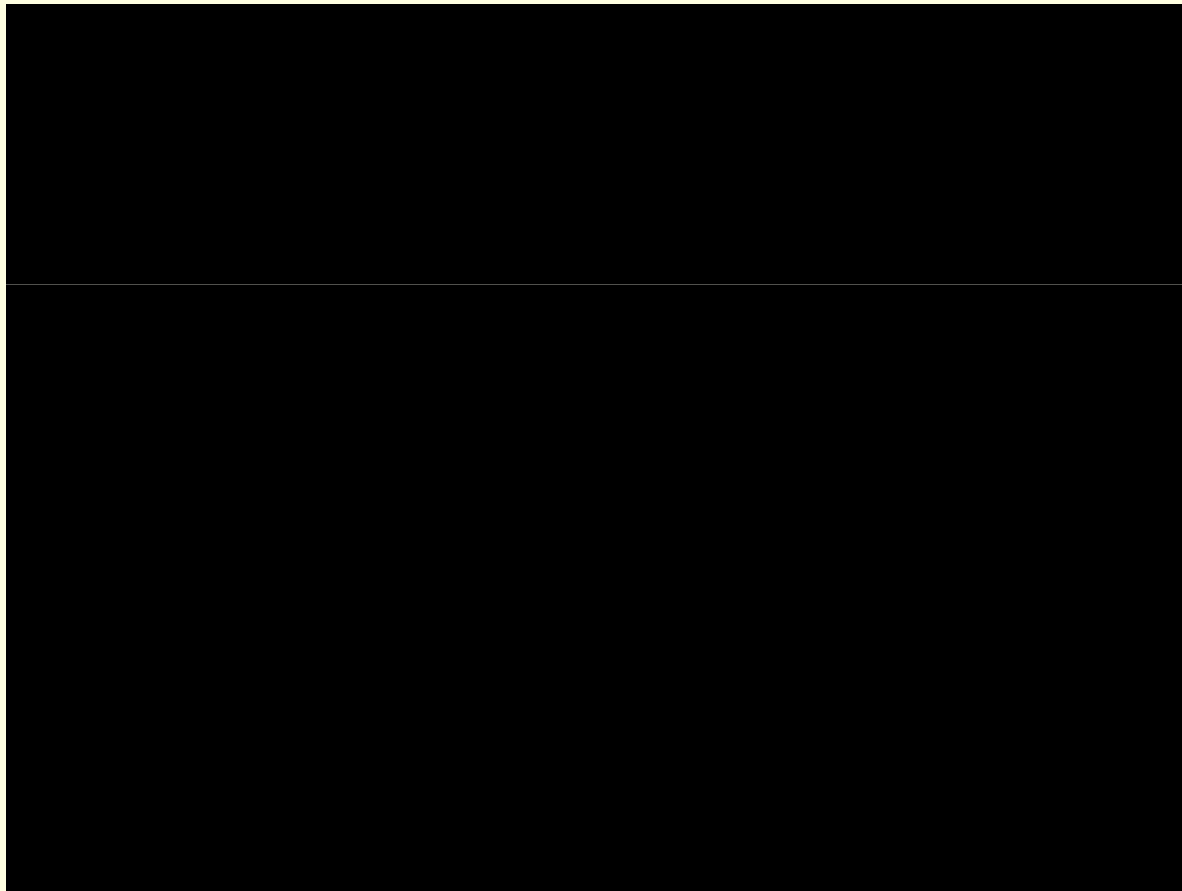
INDUKSI ELEKTROMAGNETIK

Oleh :
Sabar Nurohman, M.Pd



Ke Menu Utama

Perhatikan Tampilan Berikut



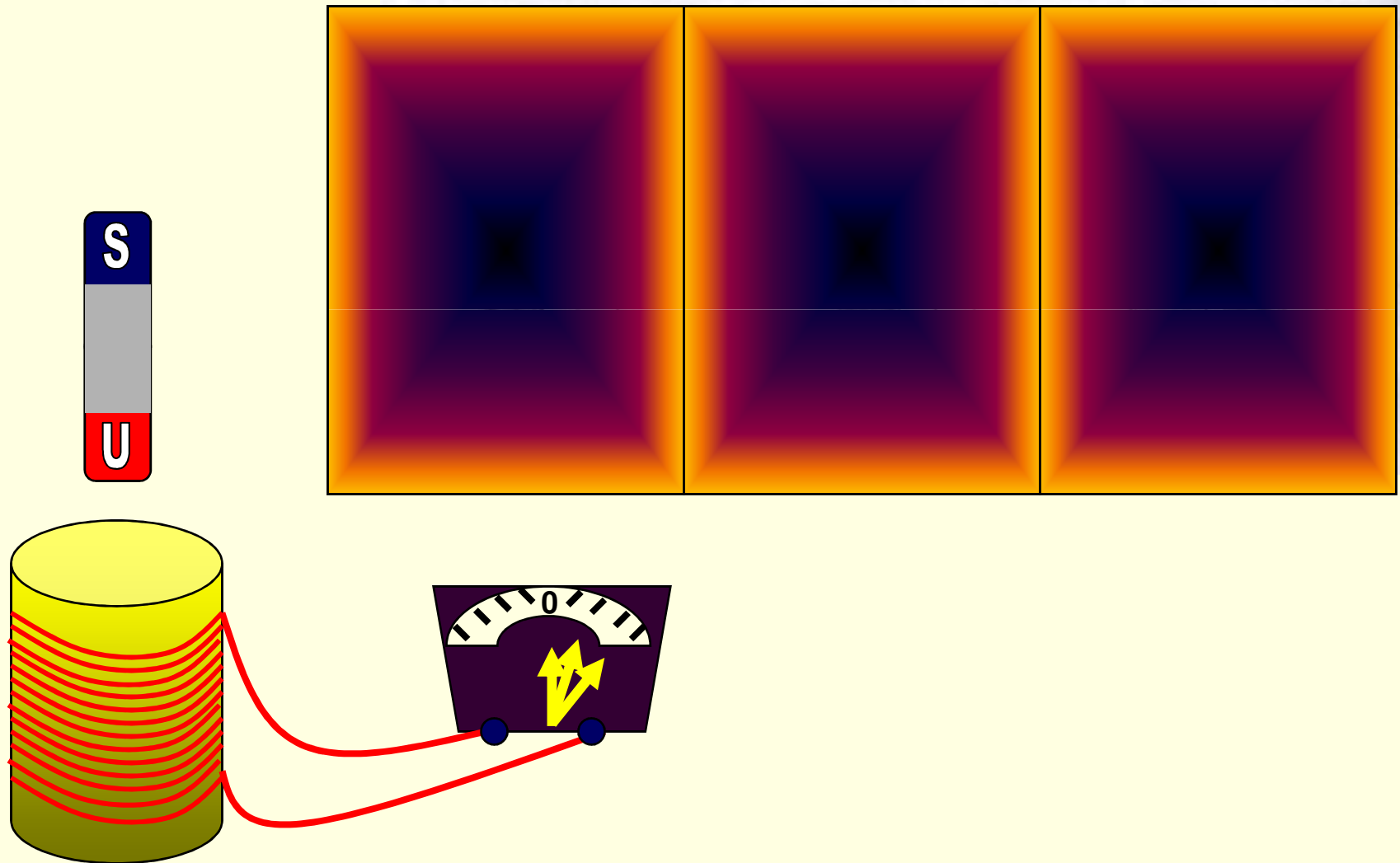
Bagaimana Listrik diproduksi dalam skala besar ?
Apakah batu baterai atau Aki saja bisa memenuhi kebutuhan listrik manusia ?



Induksi elektromagnetisme adalah rahasia dibalik fenomena besar, diproduksinya listrik untuk kesejahteraan manusia.

Bagaimana ceritanya ???

Pada era tahun 1800-an, eksperimen tentang *tge* yang diperoleh dari induksi magnet telah dirintis oleh M. Faraday di Inggris dan J. Henry di Amerika. Gambar berikut memberikan ilustrasi tentang bagaimana *tge* bisa diproduksi akibat adanya induksi magnet.



Lebih Jelasnya, lihat tampilan berikut:



Tge pada sebuah simpal dapat dihasilkan jika ada perubahan medan magnet di sekitar simpal tersebut. Banyaknya aliran medan magnet yang melewati suatu luasan (*Fluks Magnet*);

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} = \int B dA \cos \phi$$

Tge induksi dalam sebuah simpal tertutup sama dengan negatif dari kecepatan perubahan fluks magnet (yang melalui simpal itu) terhadap waktu .

(Hukum Farady)

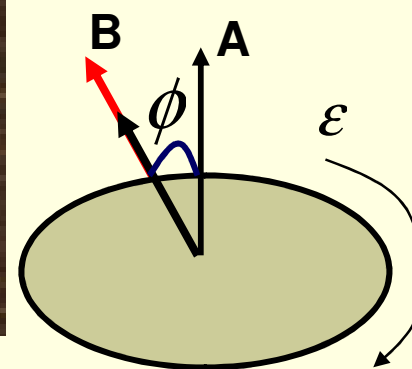
$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}$$



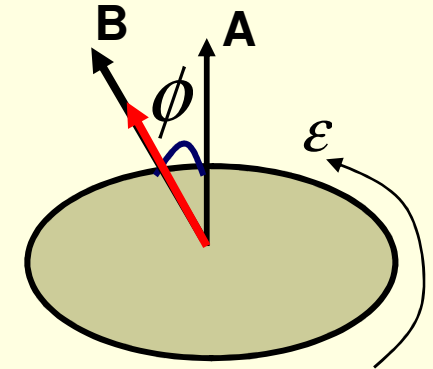
Tanda negatif pada persamaan ini menunjukkan bahwa : Jika flukus semakin bertambah (bernilai positif), maka *tge* induksi atau arus induksi itu adalah **negatif**. Begitupun sebaliknya.

Aturan-aturan berikut memberikan penjelasan tentang bagaimana arah *tge* :

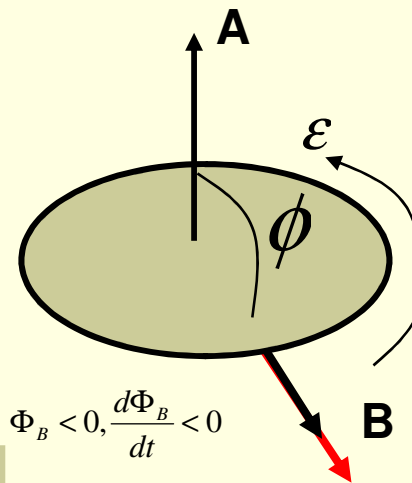
1. Definisikan arah positif untuk luas vektor **A**
2. Tentukan tanda fluks magnetik (Φ_B) dan kecepatan perubahannya ($\frac{d\Phi_B}{dt}$)
3. Tentukan arah *tge* induksi atau arus induksi dengan aturan tangan kanan. Ibu jari anda menunjuk ke arah **A**, sedangkan jari-jari yang lain menunjukan arah *tge* induksi atau arus induksi jika ia positif. Namun jika *tge* induksi atau arus induksi negatif maka arahnya berlawanan dengan arah jari-jari tangan kanan anda yang diputar.



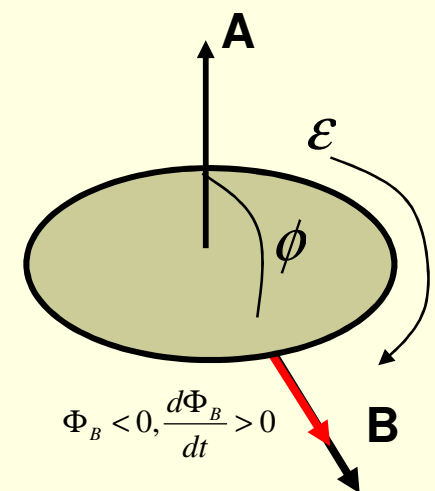
$$\Phi_B > 0, \frac{d\Phi_B}{dt} > 0$$



$$\Phi_B > 0, \frac{d\Phi_B}{dt} < 0$$



$$\Phi_B < 0, \frac{d\Phi_B}{dt} < 0$$



$$\Phi_B < 0, \frac{d\Phi_B}{dt} > 0$$

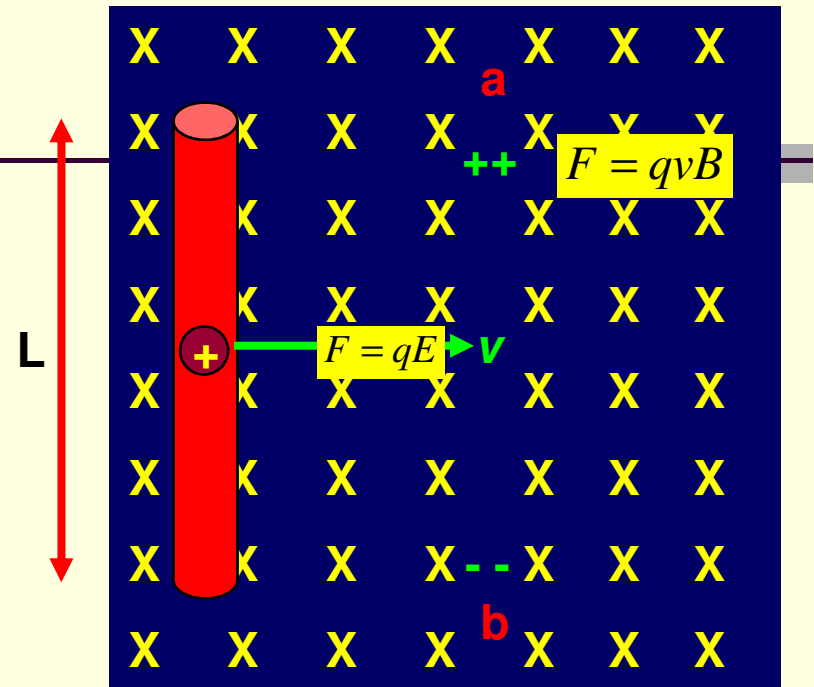


Tegangan Gerak Elektrik Gerakan

Gambar di samping menunjukkan sebuah konduktor lurus yang digerakan dengan kecepatan v pada arah yang tegak lurus dengan medan magnet homogen (B). Akibat peristiwa ini maka di antara ujung konduktor akan terjadi perbedaan potensial yang nilainya diberikan oleh :

$$V_{ab} = vBL$$

Pertanyaannya, bagaimana persamaan itu muncul ?, buktikan!



$$F = qvB$$

polarisasi muatan di masing-masing ujung, Muncul beda potensial V_{ab}

Muncul medan listrik $E = V_{ab}/L$

Muncul gaya listrik

$$F = qE$$

Terjadi kesetimbangan

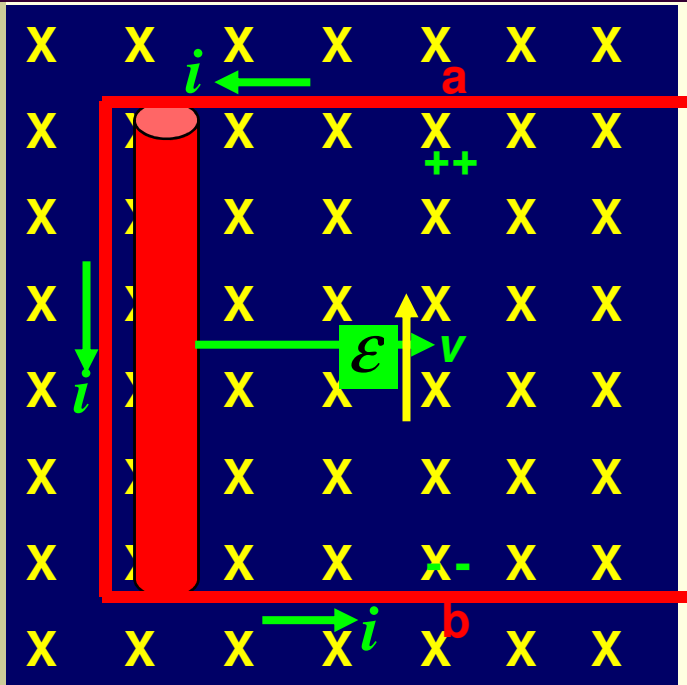
$$qE = qvB$$

$$E = vB$$

$$V_{ab} = EL = vBL$$



Inilah yang terjadi, jika antara ujung atas dan bawah dihubungkan dengan kabel....



Maka dapat disimpulkan bahwa konduktor yang bergerak di suatu daerah yang mengandung medan magnet akan menghasilkan **teg** dengan besar dan arah sbb :

$$d\varepsilon = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$$

$$\varepsilon = \oint (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$$

$$\varepsilon = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot \vec{L}$$

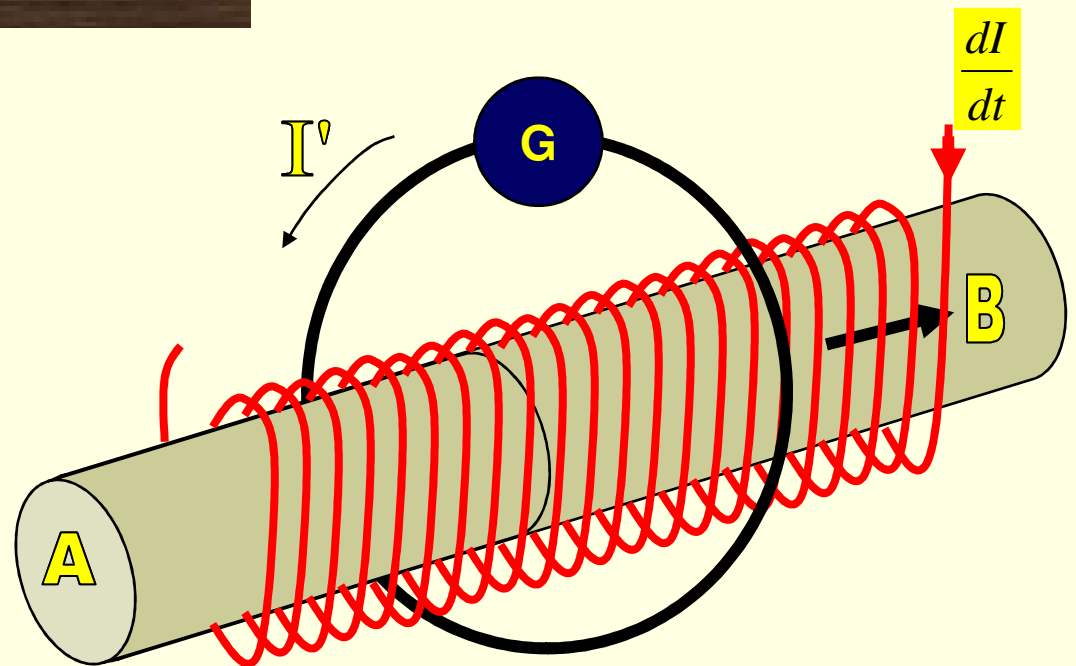


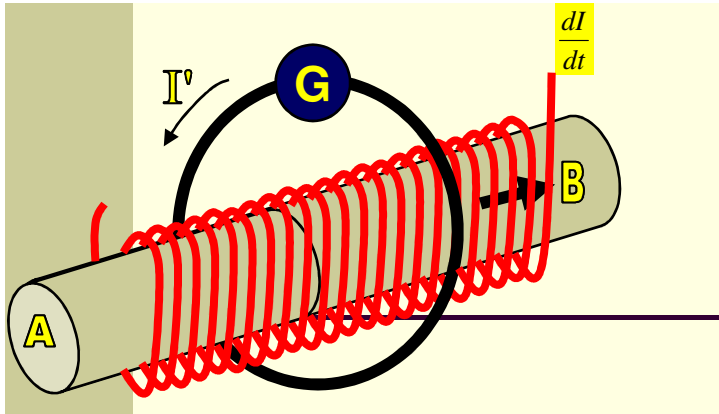
Medan Listrik Induksi

Kita sediakan sebuah solenoida yang panjang lalu diberi arus yang bertambah seiring dengan waktu (dI/dt). Maka pada bagian dalam solenoida akan muncul fluks magnet yang semakin bertambah ($d\Phi/dt$).

Jika kita tempatkan sebuah simpul konduktor berbentuk lingkaran seperti pada gambar, maka pada simpul tersebut terdeteksi adanya arus listrik ?

Dari manakah arus listrik itu ?

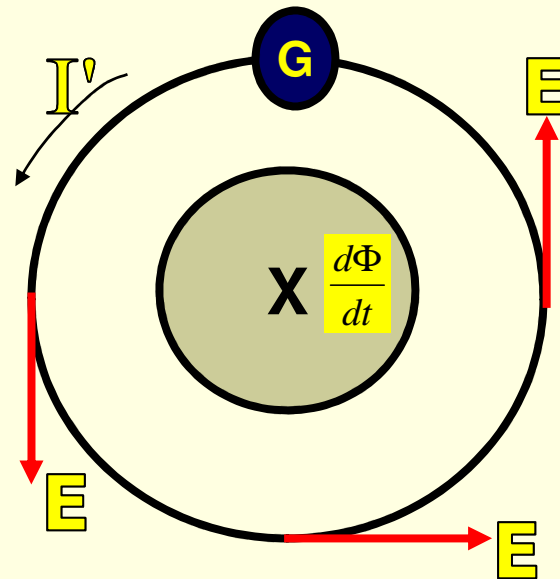




Gaya apa yang membuat muatan pada simpal lingkaran bergerak membentuk arus ? Tentu saja bukan gaya magnet, karena tidak ada medan magnet yang menumbuk secara tegak lurus pada partikel-partikel bermuatan di dalam konduktor. Lalu ?

Kita dipaksa untuk percaya adanya **Medan Listrik Induksi**. Yaitu sebuah medan listrik yang disebabkan adanya **fluks magnetik yang berubah-ubah** pada daerah simpal konduktor tersebut.

Dengan kata lain, sebuah medan magnet yang berubah-ubah bertindak sebagai sumber medan listrik.



Fluks Magnet di dalam solenoida

$$\Phi_B = BA = \mu_0 nIA$$

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = \mu_0 nA \frac{dI}{dt}$$

Medan Listrik Induksi, yaitu sebuah medan listrik yang disebabkan adanya **fluks magnetik yang berubah-ubah** pada daerah simpal konduktor.



Hukum Faraday

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\mathcal{E} = - \mu_0 nA \frac{dI}{dt}$$

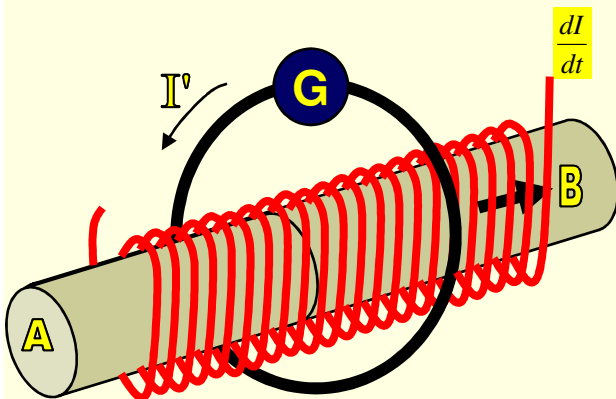
Hukum Ohm

$$\mathcal{E} = I'R$$

Medan Listrik Induksi

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \mathcal{E} \text{ (Ingat } V = Ed)$$

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d\Phi_B}{dt} = \mathcal{E}$$



$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad \text{-----} > \quad E \oint dl = \left| \frac{d\Phi_B}{dt} \right|$$

$$E(2\pi r) = \left| \frac{d\Phi_B}{dt} \right| \quad \text{-----} > \quad E = \frac{1}{2\pi r} \left| \frac{d\Phi_B}{dt} \right|$$

PERSAMAAN MAXWELL

Sekarang kita akan merangkum keseluruhan persamaan yang pernah kita gunakan dalam pengkajian listrik-magnet dalam sebuah paket. Paket tersebut diberi nama sebagai *persamaan Maxwell*. Maxwell tidak menemukan persamaan ini sendiri, tetapi dia berhasil menggabungkan persamaan-persamaan tersebut dalam sebuah paket dan dia yang mengenal arti pentingnya dan kekhasannya dalam meramalkan gelombang elektromagnetik.

1

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

(Hukum Gauss untuk medan listrik)

2

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$$

(Hukum Gauss untuk medan magnet)

3

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \left(i_c + \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \right)_{\text{yang tercakup}}$$

(Hukum Ampere)

4

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

(Hukum Faraday)



Hukum Ampere dan Hukum Faraday pada Ruang Hampa

Sekarang kita akan memperlihatkan lagi sebuah persamaan yang akan membuat kita semakin yakin bahwa secara matematis ada hubungan yang sangat unik antara listrik dengan magnet.

Jika kita tinjau di sebuah ruang hampa sehingga arus konduksi i_c adalah nol dan Q yang tercakup juga nol, maka Hukum Ampere dan hukum Faraday berturut-turut dapat dituliskan :

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \epsilon_0 \mu_0 \frac{d}{dt} \int \vec{E} \cdot d\vec{A}$$



$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

