

BAHAN AJAR

Mata Pelajaran : IPA Terpadu

Kelas/Semester : IX/2

Kompetensi Dasar :

4.3 Menerapkan induksi elektromagnetik untuk menjelaskan prinsip kerja alat induksi elektromagnetik

Materi Pokok : Induksi Elektromagnetik

A. INDUKSI ELEKTROMAGNETIK

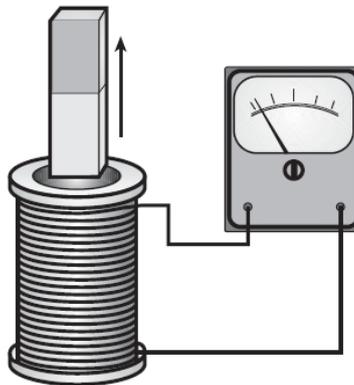
Induksi elektromagnetik adalah proses pembuatan arus listrik dengan cara mendekatkan sumber listrik pada sebuah magnet.

1. Gejala Induksi Elektromagnetik

Peristiwa elektromagnetik ini pertama kali ditemukan oleh **Michael Faraday** (1791-1867) ahli fisika bangsa Inggris dalam tahun 1831 setelah melakukan penyelidikan kurang lebih 9 tahun.

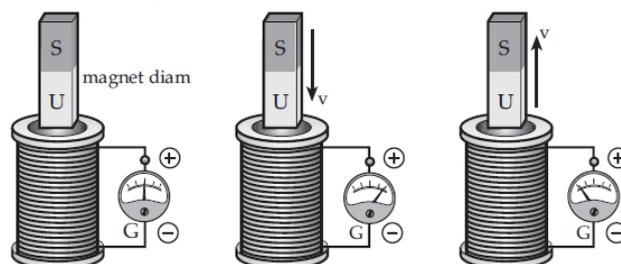
Michael Faraday menemukan bahwa GGL terjadi pada kawat penghantar yang berada di dalam bidang magnetik dan medan magnetik itu berubah. Gejala timbulnya arus listrik pada suatu penghantar karena pengaruh medan magnetik yang berubah disebut induksi elektromagnetik. GGL pada penghantar yang terjadi pada peristiwa induksi elektromagnetik ini disebut GGL induksi dan arus listrik yang timbul disebut arus induksi.

Sebenarnya pada saat yang hampir bersamaan **Joseph Henry** (1797-1878) ahli fisika bangsa Amerika Serikat juga menemukan gejala yang sama dengan gejala yang ditemukan oleh **Michael Faraday** tersebut. Penemuan Michael Faraday dan Joseph Henry ini besar manfaatnya untuk mengadakan energi listrik yang jumlahnya besar sekali. Bagaimanakah Faraday melakukan percobaan? Di bawah ini beberapa peralatan yang digunakan Faraday dalam percobaannya.



Gambar 1 Menimbulkan arus listrik dengan menggunakan magnet

Proses percobaannya sebagai berikut



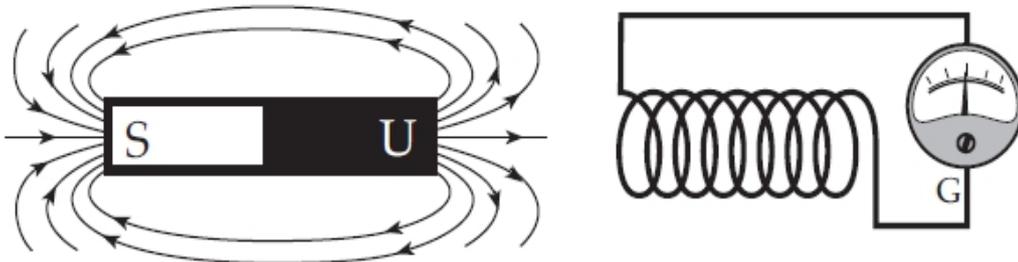
Gambar 2 Percobaan Faraday

G = galvanometer, yaitu alat ukur kuat arus yang sangat kecil.

Keterangan gambar 2

- magnet diam, jarum galvanometer menunjuk angka nol berarti dalam kumparan tidak mengalir arus listrik.
- magnet digerakkan mendekati kumparan, jarum galvanometer menyimpang ke kanan, berarti dalam kumparan mengalir arus listrik.
- magnet digerakkan menjauhi kumparan, jarum galvanometer menyimpang ke kiri, berarti dalam kumparan mengalir arus listrik.

Dari hasil percobaan tersebut dapat disimpulkan bahwa arus listrik dapat terjadi dalam rangkaian selama magnet digerakkan mendekati atau menjauhi kumparan. Arus listrik yang terjadi pada peristiwa tersebut disebut arus induksi dan GGL yang terjadi pada peristiwa tersebut disebut GGL induksi. Terjadinya peristiwa tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

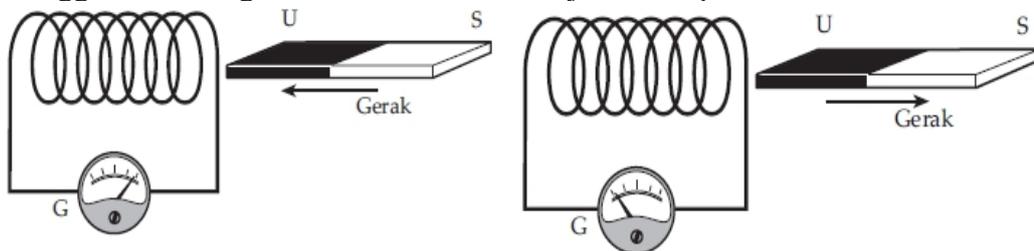


Gambar 3 Perubahan banyaknya garis gaya dalam kumparan menimbulkan GGL induksi pada ujung-ujung kumparan

- Selama magnet dидiamkan di luar atau di dalam kumparan maka tidak terjadi perubahan jumlah garis gaya magnet yang dilingkupi kumparan dan tidak ada arus listrik yang mengalir melalui kumparan.
- Selama magnet digerakkan mendekati atau menjauhi kumparan maka terjadi perubahan jumlah garis gaya magnet yang dilingkupi kumparan dan ada arus listrik yang mengalir melalui kumparan. Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa terjadinya arus induksi dalam rangkaian tersebut selama terjadi perubahan jumlah garis gaya magnet yang dilingkupi kumparan. Bagaimana cara mendapatkan perubahan jumlah garis gaya magnet yang dilingkupi kumparan?

Di bawah ini menggambarkan cara mendapatkan perubahan jumlah garis gaya magnet yang dilingkupi kumparan.

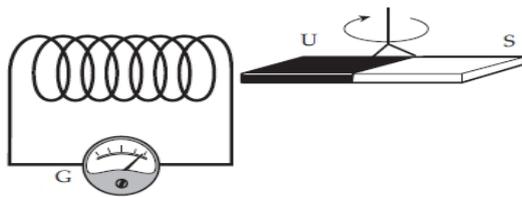
- (a) Menggerakkan magnet, mendekati atau menjauhi kumparan.



Gambar 4 Cara menimbulkan arus listrik

Selama magnet batang digerakkan mendekati atau menjauhi kumparan, maka pada kumparan timbul arus listrik.

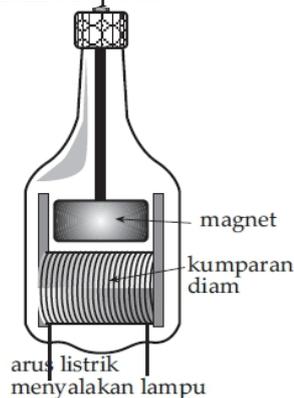
(b) Memutar Magnet di dekat kumparan



Selama magnet berputar di dekat kumparan pada kumparan timbul arus listrik.

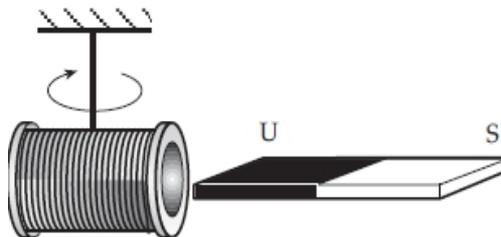
Gambar 5 Cara menimbulkan arus listrik

Prinsip ini digunakan pada dinamo sepeda



Gambar 6 Skema dinamo sepeda

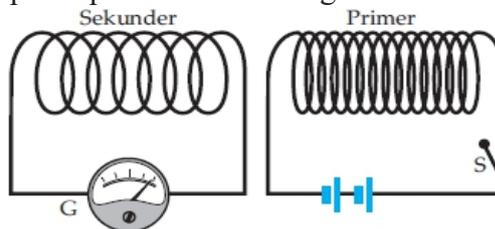
(c) Memutar Kumparan di dekat magnet



Gambar 7 Cara mendapatkan arus listrik

Selama kumparan berputar di dekat magnet, pada kumparan timbul arus listrik. Prinsip ini digunakan pada generator.

(d) Memutus-mutus kumprana primer untuk menginduksi kumparan sekunder



Gambar 8 Cara menimbulkan arus listrik

Besarnya GGL induksi pada kumparan :

- sebanding dengan jumlah lilitan kumparan dan
- sebanding dengan kecepatan perubahan jumlah garis gaya magnet yang dilingkupi kumparan.

Sehingga besar GGL induksi pada kumparan dapat dinyatakan dengan persamaan

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Keterangan :

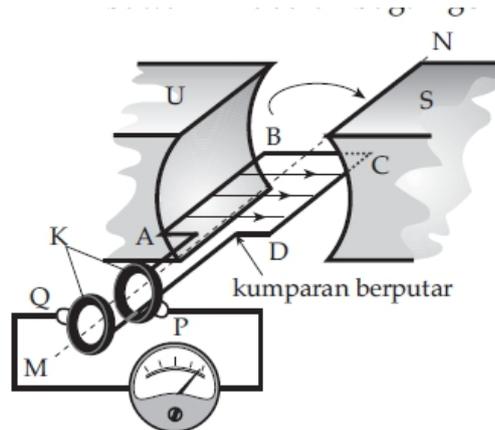
ε = GGL induksi (volt)

N = Jumlah lilitan kumparan

$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ = Laju perubahan flux magnetik (Wb/s)

tanda (-) = Penyesuaian hukum Lenz

2. Generator



Gambar 9 Bagian Generator

Tentunya kita tidak asing lagi dengan istilah generator. Generator adalah mesin yang mengubah energi kinetik menjadi energi listrik. Untuk mengenal bentuk nyata dari generator, akan lebih mudah jika kita mengunjungi wilayah pembangkit listrik karena di sana generator banyak digunakan.

Terdapat dua jenis generator, yaitu generator arus bolak-balik dan generator arus searah. Pada generator arus bolak-balik, kumparan yang diletakkan pada batang diputar dalam medan magnet yang diam sehingga menghasilkan tegangan induksi. Melalui sikat-sikat karbon yang dihubungkan dengan cincin-cincin generator, tegangan yang dihasilkan dapat menyalakan sebuah lampu. Generator ini dinamakan generator arus bolak-balik karena arah arus induksi berlawanan dengan arah putaran kumparan. Bagian generator yang berputar disebut rotor, sedangkan bagian yang diam disebut stator. Pada dasarnya, prinsip kerja generator arus bolak-balik dan generator arus searah adalah sama. Hanya saja pada generator arus searah, cincin yang digunakan adalah cincin belah. Cincin ini bekerja sebagai komutator yang mengubah arus listrik yang dikeluarkan generator. Dengan demikian, arus listrik yang awalnya merupakan arus bolak-balik pada kumparan, dalam rangkaian di luar kumparan menjadi arus searah. Dapat dilakukan beberapa cara untuk memperbesar tegangan dan arus induksi, yaitu:

- Mempercepat putaran rotor.
- Memperbanyak lilitan pada kumparan.
- Menggunakan magnet yang lebih kuat.
- Memasukkan inti besi lunak ke dalam kumparan.

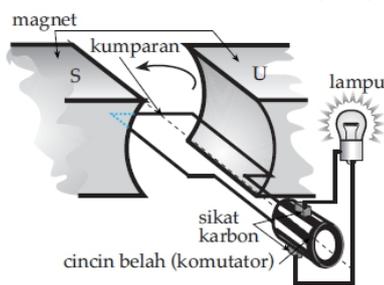
Dalam kehidupan sehari-hari, generator arus bolak-balik ini dapat kita temukan pada sepeda yang berlampu. Untuk menyalakan lampu tersebut, generator dipasang pada roda. Kayuhan yang dilakukan telah mengubah energi dalam tubuhmu menjadi energi mekanis pada gerak roda. Gerak roda ini kemudian menghasilkan tegangan

listrik yang dapat menyalakan lampu. Sedangkan, generator arus searah dapat kita jumpai pada alat-alat pemanas.

Listrik yang kita gunakan sehari-hari berasal dari PLN merupakan listrik yang berasal dari generator arus bolak-balik. Generator ini menghasilkan arus yang sangat besar sehingga susunannya lebih rumit daripada generator serupa yang digunakan untuk menyalakan lampu sepeda. Pada generator ini, energi mekanis diperoleh dari gerakan benda yang disebut turbin. Turbin adalah roda besar yang diputar oleh dorongan air, angin, atau uap, bahkan nuklir. Secara umum, cara menghasilkan arus induksi pada generator ini hampir sama dengan generator sederhana. Hanya saja, arus induksi yang dihasilkan akan diproses terlebih dahulu sebelum akhirnya sampai ke rumah-rumah untuk digunakan. Salah satu alat yang digunakan pada proses ini adalah transformator.

Generator ada 2 macam, yaitu generator arus searah (DC) dan generator arus bolak-balik (AC).

a. Generator Arus Searah (DC)

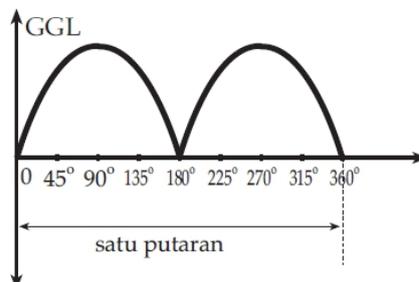


Pada generator DC hanya terdapat 1 buah kolektor dan terbelah, yang disebut komutator.

Prinsip Kerja Generator: Selama kumparan berputar di antara magnet permanen, maka pada kumparan timbul arus listrik. Karena pada generator DC hanya mempunyai 1 buah kolektor dan terbelah, maka pada rangkaian luar arus listrik terjadi hanya pada setengah fase, seperti

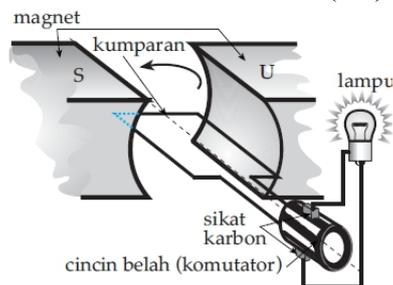
Gambar 10 Generator DC sederhana

gambar di bawah ini.



Gambar 11 Bentuk arus listrik DC

b. Generator Arus bolak-balik (AC)

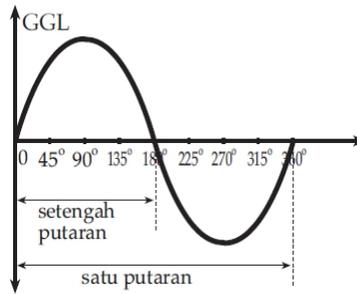


Gambar 12 Generator AC Sederhana

Pada generator AC terdapat 2 buah kolektor dan masing-masing tidak terbelah

Prinsip kerja generator:

Selama kumparan berputar di antara magnet permanen, pada kumparan timbul arus listrik. Karena pada generator AC terdapat dua buah kolektor dan tidak terbelah maka pada rangkaian luar arus listrik dapat terjadi tiap fase. Seperti gambar di bawah ini!



Gambar 13 Bentuk Arus Listrik

3. Transformator

Transformator adalah alat yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan bolak-balik. Alat ini terdiri dari dua buah kumparan. Arus pada salah satu kumparan akan menghasilkan medan magnet yang akan menginduksi arus pada kumparan lain. Kumparan yang pertama disebut kumparan primer, sementara kumparan yang kedua, yaitu kumparan yang menghasilkan arus induksi disebut kumparan sekunder. Jumlah lilitan pada kumparan primer dan sekunder suatu transformator dapat berbeda atau sama. Perbandingan antara kumparan sekunder dengan kumparan primer disebut dengan perbandingan transformator, dinotasikan:

$$\frac{N_s}{N_p}$$

dengan:

N_p = jumlah lilitan pada kumparan primer

N_s = jumlah lilitan pada kumparan sekunder

Pada awal pembahasan subbab induksi elektromagnetik telah disebutkan bahwa besar tegangan induksi sebanding dengan jumlah lilitan sehingga berlaku persamaan:

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

dengan:

V_p = tegangan kumparan primer (tegangan primer)

V_s = tegangan kumparan sekunder (tegangan sekunder)

Berdasarkan Hukum Ohm yang menyebutkan bahwa tegangan berbanding terbalik dengan arusnya, maka perbandingan arus dapat dihitung dengan persamaan:

$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{V_s}{V_p}$$

Dengan : I_p = Arus kumparan primer

I_s = Arus Kumparan sekunder

Dari ketiga perbandingan di atas, dapat diperoleh satu persamaan, yaitu:

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p} = \frac{I_p}{I_s}$$

a. Jenis-Jenis Transformator

Berdasarkan fungsinya, transformator dikelompokkan menjadi dua, yaitu transformator *step-up* dan transformator *step-down*.

1) Transformator *step-up*

Transformator *step-up* adalah jenis transformator yang berfungsi untuk menaikkan tegangan induksi. Pada transformator ini, jumlah lilitan pada kumparan primer lebih sedikit daripada jumlah lilitan kumparan sekunder (ingat bahwa tegangan induksi sebanding dengan jumlah lilitan) sehingga arus induksi yang dihasilkan pada kumparan sekunder akan lebih besar daripada arus pada kumparan primer. Dengan demikian, tegangan induksi pun akan naik. Transformator ini digunakan pada televisi untuk menaikkan tegangan 220 V menjadi 20.000 V.

2) Transformator *step-down*

Transformator *step-down* adalah jenis transformator yang berfungsi untuk menurunkan tegangan induksi. Sesuai tujuannya, jumlah lilitan kumparan sekunder pada transformator ini dibuat lebih sedikit daripada jumlah lilitan pada kumparan primer. Transformator ini banyak digunakan pada radio, tape recorder, dan komputer.

Secara bersamaan, kedua transformator ini digunakan pada penyaluran listrik dari pembangkit listrik menuju pelanggan. Pembangkit listrik yang biasanya terletak cukup jauh dari tempat pelanggan, dapat kehilangan energi yang cukup banyak pada proses penyalurannya. Faktor utama penyebabnya adalah tegangan dan arus yang dihasilkan

generator relatif kecil. Untuk itu, dalam jarak yang cukup dekat dari sumber pembangkit listrik, digunakan transformator *step-up* sehingga tegangan akan membesar dan energi yang hilang selama penyaluran listrik akan lebih kecil. Sebelum sampai ke pelanggan, tegangan tinggi yang berbahaya ini kemudian diturunkan lagi menggunakan transformator *step-down* yang biasa tersimpan pada tiang listrik di dekat rumah pelanggan. Selain dapat meminimalisir kehilangan energi, pemanfaatan transformator ini pun berfungsi untuk menjaga keamanan dan keselamatan pelanggan dari bahaya tegangan tinggi.

b. Efisiensi Transformator

Ketika kita menggunakan transformator, kita akan merasakan panas di sekitar transformator tersebut. Panas yang timbul pada transformator ini merupakan energi yang dihasilkan oleh inti besi dan kumparan yang telah mengubah sebagian energi listrik yang dihasilkan menjadi energi panas. Akibatnya, jumlah energi listrik yang dihasilkan kumparan primer ketika dipindahkan ke kumparan sekunder akan berkurang. Kondisi ini merugikan karena telah mengurangi hasil kerja transformator tersebut. Kerugian ini dapat dihitung dari selisih daya pada kumparan primer dengan kumparan sekunder. Persentase dari perbandingan daya pada kumparan sekunder dan kumparan primer disebut sebagai efisiensi transformator (η), dirumuskan:

$$\eta = \frac{P_s}{P_p} * 100\%$$

dengan: η = efisiensi transformator

P_s = daya kumparan sekunder

P_p = daya kumparan primer