

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Listrik Tanpa Kabel

2.1.1 Listrik tanpa kabel di masa lalu

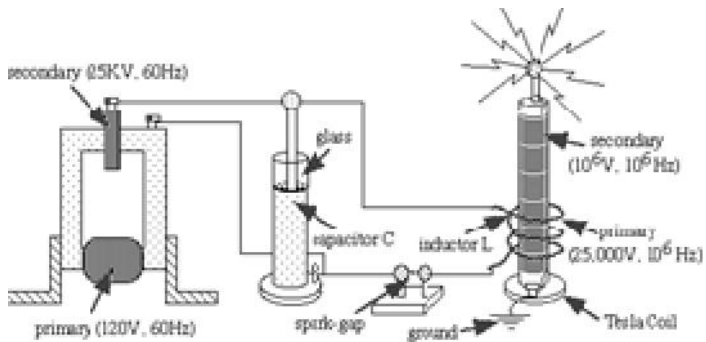
Mentransmisikan sejumlah tenaga listrik yang besar merupakan aplikasi gelombang mikro yang sangat memungkinkan di masa depan namun masih belum terbukti dan populer sejauh ini. Pada tahun 1900, Nikola Tesla, penemu dan ilmuwan, mengusulkan penggunaan gelombang radio untuk mengirimkan daya untuk saluran listrik tegangan tinggi. Nikola Tesla lahir di Smiljan, sebuah desa di daerah pegunungan di Semenanjung Balkan yang dikenal sebagai Lika, yang pada saat itu merupakan bagian dari Perbatasan Militer negara Austria-Hongaria. Pada bukunya yang berjudul *Prodigal Genius-The Life of Nikola Tesla* yang di buat oleh JJ Oneill, diceritakan tentang proses pembuatan dan pengujian *wireless power-transmission* yang dilakukan Tesla dengan menyalakan ratusan lampu pijar pada jarak 26mil, lampu tersebut menyala dengan energi listrik bebas yang diambil dari bumi, dengan kata lain tesla menyebut bahwa percobaanya ini merupakan sebuah terobosan untuk sebuah *free energy*. Namun, meskipun kelihatannya seperti sebuah prestasi, tapi karena tidak adanya dokumentasi dari Tesla sendiri maka hal tersebut hanyalah sebuah bualan belaka dan tidak ada yang bisa membuktikan serta melakukan percobaan sebagai pembuktiannya. Tesla hanya membuat catatan dia sendiri yang telah diterbitkan yang menyatakan bahwa demonstrasi tersebut benar-benar terjadi.



Gambar 2.1 Tesla Coil

Pada 1899, Nikola Tesla melanjutkan percobaan transmisi daya nirkabel kembali di Colorado setelah dia mendapatkan sokongan dana sebesar \$30000, dengan dana tersebut tesla membangun pemancar untuk menghantar tenaga listrik ke seluruh dunia. Hasil dari penelitian dengan menggunakan peralatan seperti pada gambar 2.1 tersebut, dia mengatakan bahwa energi dapat dikumpulkan dari seluruh dunia baik dalam jumlah kecil mulai dari satu fraksi hingga mencapai beberapa kekuatan kuda. Pada tahun 1930-an, para insinyur, dan ilmuwan menggunakan ide Tesla dalam sistem transmisi tenaga listrik melalui gelombang radio, tapi memiliki perbedaan yaitu bukan menggunakan frekuensi rendah. Mereka berpikir tentang penggunaan gelombang microwave. Namun, orang-orang yang tertarik pada penelitian ini harus bersabar sampai medote pembentukan gelombang microwave untuk menghantar daya yang besar terbentuk. Karena pada penelitian menggunakan microwave ini efisiensi sangat dipengaruhi daya yang diterima pada antena

dan reflector. Oleh karena itu, harus menggunakan penghantar microwave dengan daya besar.



Gambar 2.2. Percobaan Kumparan Tesla (*Tesla Coil*)

Pada Perang Dunia II pengembangan transmisi microwave pada daya besar dilakukan dengan menggunakan sebuah *magnetron* dan *klystron*. Setelah Perang Dunia II besarnya daya pancar pada pemancar microwave menjadi cukup efisien, pengiriman yang dilakukan dapat untuk mengirim ribuan watt dengan jarak lebih dari satu mil. Sejarah pasca perang tentang penelitian transmisi daya pada ruang bebas tercatat dan didokumentasikan oleh William C. Brown. Dia merupakan seorang pelopor daya transmisi *microwave* praktis. William-lah yang pertama kali pada tahun 1964 berhasil menunjukkan sebuah helikopter bertenaga *microwave* yang menggunakan frekuensi 2,45GHz dalam rentang 2,4-2,5 GHz yang dibuat untuk keperluan gelombang radio pada Industri, Penelitian, dan Kesehatan.



Gambar 2.3. Menara Menara yang di gunakan Tesla

Sebuah konversi daya perangkat dari *microwave* ke DC disebut *rectenna*. Telah diciptakan dan digunakan untuk pembangkit daya *microwave* untuk helikopter tersebut. Pada 1963, *rectenna* pertama dibangun dan diuji di Perdue University dengan efisiensi 40% diperkirakan dan output daya dari 7 W. Pada tahun 1975 pada JPL Raytheon Goldstone efisiensi *microwave dc* yang dicapai sampai 84% dalam demonstrasi WPT.

Pada tahun 1968, Peter Glaser telah menghitung bahwa jika beberapa bagian besar dari *solar-power satellite* ditempatkan di orbit *geosynchronous*, maka energi yang mereka kumpulkan bisa membentuk sebuah jaringan yang utuh di permukaan bumi dengan menggunakan rangkaian antena yang di susun urut maka akan dapat mentransmisi sebuah daya pada jaringan hingga ribuan mil. Namun, Satelit ini harus berada di ruang tak berawan dan menerima sinar matahari setiap hari. Daya yang diterima dengan

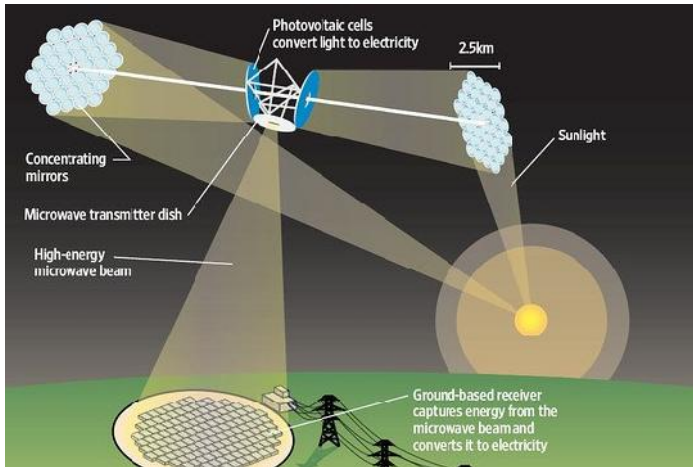
cara ini akan lebih dapat diandalkan dibandingkan sumber energi terbaru lainnya seperti generator bertenaga surya atau tenaga angin. Namun, pembentukan energi ini sangatlah mahal pada saat itu hingga gagasan tentang transmisi daya dengan gelombang mikro dari satelit cenderung hanya menjadi sebuah ide.

2.1.2 Listrik Tanpa Kabel Pada Saat Ini

Pada abad ke-21, tepatnya pada tahun 2007 sekelompok ilmuwan dari *MIT (Massachusetts Institute of Technology)*. Membuat sebuah sistem transmisi daya dengan menggunakan “*strongly coupled magnetic resonance*”. Percobaan dilakukan dengan menggunakan dua buah *coil* yang dihantarkan sebuah tegangan beresonansi sehingga tercipta sebuah medan elektromagnet yang cukup kuat. Dari percobaan ini tim *MIT* dapat mentransmisi daya yang cukup besar dengan kemampuan transmisi sekitar 60W dengan efisiensi sekitar 40% pada jarak 2 meter.

Percobaan dari MIT meskipun mengacu pada ide dari percobaan yang dilakukan oleh tesla namun memiliki perbedaan yang mendasar. Diantaranya penggunaan *coil* yang berfrekuensi tinggi lalu diterima dengan menggunakan prinsip resonansi tanpa memerlukan *grounding*. Sedangkan, pada percobaan tesla pada proses transmisi daya harus selalu terhubung dengan tanah (*grounding*).

Di masa depan, mungkin sudah terdapat beberapa aplikasi lain dari *wireless power transfer* meskipun sekarang belum terwujud namun sedang dalam proses pengembangan seperti *charger* mobil massal di halte serta tempat parkir, *trolley wireless charger*, *charger wireless smart home*, dan pemanfaatan sinar matahari sebagai sumber tenaga dengan pemancaran gelombang *microwave*.



Gambar 2.4. Gelombang *microwave* dengan *wireless transfer* dari sinar matahari

2.2 Prinsip Induksi Elektromagnetik

Dalam eksperimen yang dilakukan oleh H.C Oersted, Biot-Savart dan Ampere menyatakan bahwa adanya gaya dan medan magnet pada kawat berarus. Dengan pernyataan ini maka dapat dipertanyakan sebuah pertanyaan dasar yaitu “apakah medan magnet dapat menghasilkan arus listrik?”.

Pada awal tahun 1930, Michael Faraday dan Joseph Henry melakukan sebuah percobaan untuk mencari tahu atas apa yang telah dilakukan oleh H.C. Oersted melalui eksperimen yang sangat sederhana. Sebuah magnet yang digerakkan masuk dan keluar pada kumparan dapat menghasilkan arus listrik pada kumparan itu. *Galvanometer* merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengetahui ada tidaknya arus listrik yang mengalir. Ketika sebuah magnet yang digerakkan masuk dan keluar pada kumparan, jarum galvanometer menyimpang ke kanan dan ke kiri. Bergeraknya jarum galvanometer menunjukkan bahwa magnet yang digerakkan keluar dan masuk pada kumparan menimbulkan arus listrik. Arus listrik bisa terjadi jika pada ujung-ujung kumparan terdapat GGL (gaya gerak listrik). GGL yang

terjadi di ujung-ujung kumparan dinamakan GGL induksi. Arus listrik hanya timbul pada saat magnet bergerak. Jika magnet diam di dalam kumparan di ujung kumparan tidak terjadi arus listrik.



Gambar 2.5 *Galvanometer*

2.2.1 Penyebab Terjadinya GGL Induksi

Seorang ilmuwan dari Jerman yang bernama Michael Faraday (1791 – 1867) memiliki gagasan dapatkah medan magnet menghasilkan arus listrik. Gagasan ini didasarkan oleh adanya penemuan dari Oersted bahwa arus listrik dapat menghasilkan medan magnet. Karena termotivasi oleh gagasan tersebut kemudian pada tahun 1822, Faraday memulai melakukan percobaan-percobaan. Pada tahun 1831 Faraday berhasil

Alat-alat yang digunakan Faraday dalam percobaannya adalah gulungan kawat atau kumparan yang ujung-ujungnya

dihubungkan dengan galvanometer. Jarum galvanometer mula-mula pada posisi nol. Seperti yang sudah mengetahui, bahwa galvanometer adalah sebuah alat untuk menunjukkan ada atau tidaknya arus listrik di dalam rangkaian

Percobaan Faraday untuk menentukan arus listrik dengan menggunakan medan magnet, dilakukan antara lain seperti kegiatan di atas. Ketika kutub utara magnet batang digerakkan masuk ke dalam kumparan, jumlah garis gaya-gaya magnet yang terdapat didalam kumparan bertambah banyak. Bertambahnya jumlah garis-garis gaya ini menimbulkan GGL induksi pada ujung-ujung kumparan. GGL induksi yang ditimbulkan menyebabkan arus listrik mengalir menggerakkan jarum galvanometer. Arah arus induksi dapat ditentukan dengan cara memerhatikan arah medan magnet yang ditimbulkannya. Pada saat magnet masuk, garis-gaya magnet listrik dalam kumparan bertambah. Akibat medanmagnet, hasil arus induksi bersifat mengurangi garis gaya magnet itu. Dengan demikian, ujung kumparan itu merupakan kutub utara sehingga arah arus induksi seperti yang ditunjukkan Gambar 2.6.a.

Ketika kutub utara magnet batang digerakkan keluar dari dalam kumparan, jumlah garis-garis gaya magnet yang terdapat di dalam kumparan berkurang. Berkurangnya jumlah garis-garis gaya ini juga menimbulkan GGL induksi pada ujung-ujung kumparan. GGL induksi yang ditimbulkan menyebabkan arus listrik mengalir dan menggerakkan jarum galvanometer. Sama halnya ketika magnet batang masuk ke kumparan. Pada saat magnet keluar garis gaya magnet dalam kumparan berkurang. Akibatnya medan magnet hasil arus induksi bersifat menambah garis gaya magnet itu. Dengan demikian, ujung kumparan itu merupakan kutub selatan, sehingga arah arus induksi seperti yang ditunjukkan Gambar 2.6.b.

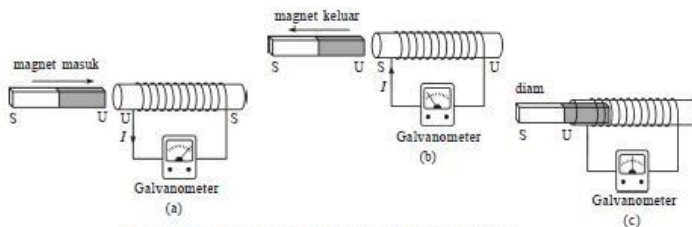
Ketika kutub utara magnet batang diam di dalam kumparan, jumlah garis garis gaya magnet di dalam kumparan tidak terjadi perubahan (tetap). Karena jumlah garis-garis gaya tetap, maka pada ujung-ujung kumparan tidak terjadi GGL induksi. Akibatnya, tidak terjadi arus listrik dan jarum galvanometer tidak bergerak. Dari hasil percobaan di atas maka

dapat diambil kesimpulan bahwa arus induksi yang timbul dalam kumparan arahnya bolak-balik seperti yang ditunjukkan oleh penyimpangan jarum galvanometer yaitu ke kanan dan ke kiri

Karena arus induksi selalu bolak-balik, maka disebut arus bolak-balik ($AC = Alternating Current$). Faraday menggunakan konsep garis gaya magnet untuk menjelaskan peristiwa di atas. Perhatikan Gambar 2.6.

- 1) Magnet didekatkan pada kumparan maka gaya magnet yang melingkupi kumparan menjadi bertambah banyak, sehingga pada kedua ujung kumparan timbul gaya gerak listrik (GGL).
- 2) Magnet dijauhkan terhadap kumparan maka garis gaya magnet yang melingkupi kumparan menjadi berkurang, kedua ujung kumparan juga timbul GGL.
- 3) Magnet diam terhadap kumparan, jumlah garis gaya magnet yang melingkupi kumparan tetap, sehingga tidak ada GGL.

Kesimpulan percobaan di atas adalah: Timbulnya gaya listrik (GGL) pada kumparan hanya apabila terjadi perubahan jumlah garis-garis gaya magnet.



Gambar 2.6 Gaya gerak listrik timbul akibat perubahan garis gaya magnet percobaan Faraday

Gaya gerak listrik yang timbul akibat adanya perubahan jumlah garis-garis gaya magnet disebut GGL induksi, sedangkan arus yang mengalir dinamakan arus induksi dan peristiwanya disebut induksi elektromagnetik

2.2.2 Faktor Besarnya GGL

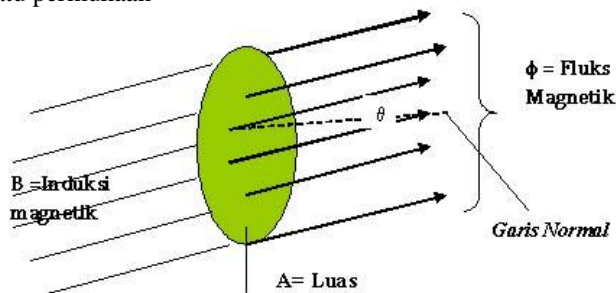
Ada beberapa faktor yang mempengaruhi besar GGL induksi yaitu:

- 1) Kecepatan perubahan medan magnet. Semakin cepat perubahan medan magnet, maka GGL induksi yang timbul semakin besar.
- 2) Banyaknya lilitan semakin banyak lilitannya, maka GGL induksi yang timbul juga semakin besar.
- 3) Kekuatan magnet, Semakin kuat gejala kemagnetannya, maka GGL induksi yang timbul juga semakin besar.

Untuk memperkuat gejala kemagnetan pada kumparan dapat dengan jalan memasukkan inti besi lunak. GGL induksi dapat ditimbulkan dengan cara lain yaitu:

- 1) Memutar magnet di dekat kumparan atau memutar kumparan di dekat magnet. Maka kedua ujung kumparan akan timbul GGL induksi.
- 2) Memutus-mutus atau mengubah-ubah arah arus searah pada kumparan primer yang di dekatnya terletak kumparan sekunder maka kedua ujung kumparan sekunder dapat timbul GGL induksi.
- 3) Mengalirkan arus AC pada kumparan primer, maka kumparan sekunder didekatkan dapat timbul GGL induksi. Arus induksi yang timbul adalah arus AC dan gaya gerak listrik induksi adalah GGL AC.

Sebagaimana fluks listrik, fluks magnet juga dapat diilustrasikan sebagai banyaknya garis medan yang menembus suatu permukaan



Gambar 2.7. *Fluks Magnet*

Fluks listrik yang dihasilkan oleh medan B pada permukaan yang luasnya A adalah ;

$$d\Phi = B \cdot dA \quad (2.1)$$

$$\Phi = \int B \cdot dA \quad (2.2)$$

$$\Phi = \int B \cdot n dA \quad (2.3)$$

$$\Phi = \int B \cos\theta dA \quad (2.4)$$

Eksperimen yang dilakukan oleh Faraday menunjukkan bahwa perubahan fluks magnet pada suatu permukaan yang dibatasi oleh suatu lintasan tertutup akan mengakibatkan adanya GGL. Faraday menyimpulkan besarnya GGL yang timbul adalah :

$$\varepsilon = \oint E \cdot ds \quad (2.5)$$

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_{mag}}{dt} \quad (2.6)$$

Masukkan persamaan (2.2) ke persamaan (2.6), maka :

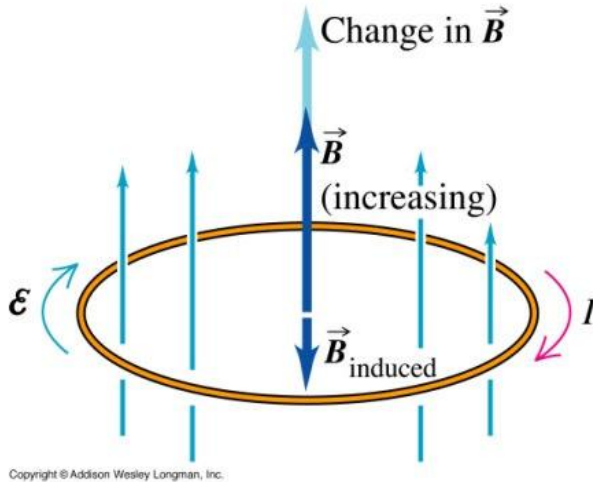
$$\varepsilon = - \frac{d(\int B \cdot dA)}{dt} \quad (2.7)$$

Makna fisis medan listrik diatas disebabkan oleh muatan statis sehingga medan akan bersifat konservatif yaitu integral tertutup medan elektrostatik disekeliling kurva tertutup sama dengan nol (persamaan 2.5). Sedangkan pada GGL induksi medan listrik tidak konserfatis yang berhubungan dengan keadaan *fluks*-nya.

2.2.3 Hukum Lenz

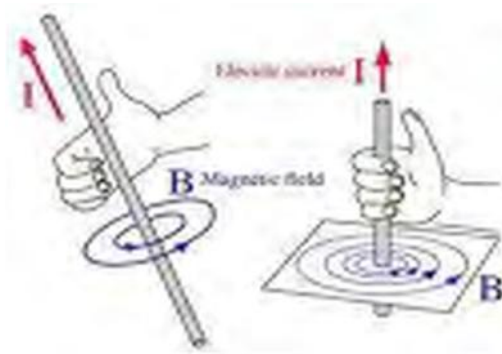
Tanda negatif pada hukum Faraday berkaitan dengan arah GGL induksi yang ditimbulkan. Hukum Lenz menyatakan bahwa arus induksi yang timbul arahnya sedemikian rupa sehingga

menimbulkan medan magnet induksi yang melawan arah perubahan medan magnet.



Gambar 2.8. Arah GGL Induksi

Dari gambar 2.8 diatas dapat terlihat bahwa jika medan magnet bertambah (ke atas), maka akan timbul medan magnet induksi yang berlawanan arah dengan medan magnet utama (ke bawah), medan induksi ini akan menghasilkan GGL induksi pada kumparan tersebut dengan arah yang disesuaikan dengan aturan tangan kanan seperti gambar 2.9 di bawah ini.



Gambar 2.9 Kaidah Tangan Kanan

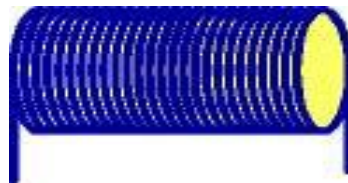
2.2.4 Induktansi Diri

Arus yang mengalir melalui induktor akan membentuk suatu medan magnet, dimana jika arus berubah maka medan magnet ini pun akan berubah dan sebaliknya. Perubahan pada medan magnet ini akan menginduksi suatu tegangan pada coil. Induktansi dinotasikan dengan L , satuan $1H=1Wb/A=1Tm^2/A$.

Besarnya medan magnet yang ditimbulkan sebanding dengan besarnya arus listrik yang mengalir, sebagai contoh :

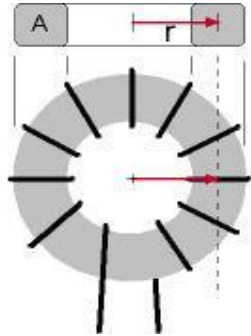
B pada solenoida panjang:

$$B = \mu_0 n I \quad (2.8)$$

Gambar 2.10. *Solenoid* panjang

B pada toroida:

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2\pi R} \quad (2.9)$$



Gambar 2.11. Toroida

Ket :

μ_0 = Permeabilitas udara vakum

$$(4\pi \times 10^{-7} \text{ WbA}^{-1}\text{m}^{-1})$$

n = Jumlah lilitan N terhadap panjang induktor (lilitan/m)

I = Kuat arus listrik (A)

R = Jari-jari induktor (m)

N = Jumlah lilitan kumparan

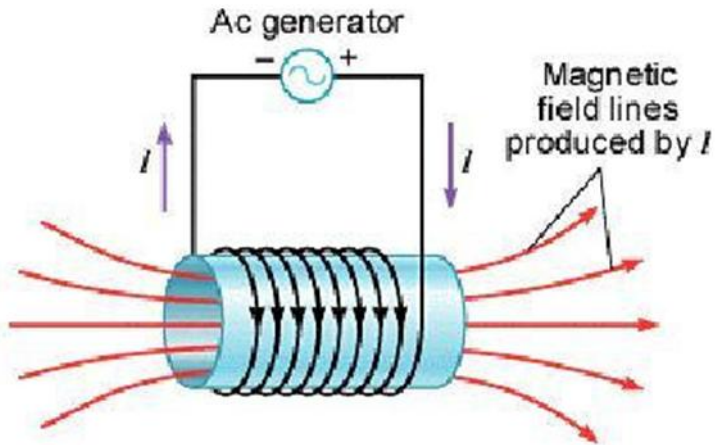
ϕ = Fluks magnetik (Webber)

E = GGL induksi (Volt)

Dari persamaan (2-1) sampai dengan (2-2) terlihat bahwa B sebanding dengan I , dan nilai *fluks* juga sebanding dengan I . sehingga didapatkan persamaan:

$$N\phi = LI$$

$$(2.10)$$



Gambar 2.12. Induktansi diri

Dimana L adalah ketetapan sebanding antar nilai dan I yang dinamakan sebuah induktansi diri, dan N d notasikan sebagai jumlah lilitan, maka:

$$\varepsilon = -\left(\frac{\Delta(\Phi)}{\Delta t}\right) = -\frac{\Delta\pi r^2 BN}{\Delta t}$$

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\pi r^2 \mu_0 N^2 I}{2\pi R \Delta t} = -\frac{\mu_0 r^2 N^2}{2R} \times \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

Sehingga nilai induktasi untuk toroida adalah :

$$L = \frac{\mu_0 r^2 N^2}{2R} \quad (2.13)$$

$$\frac{d\Phi_m}{dt} = L \frac{d(I)}{dt} = L \frac{dI}{dt} \quad (2.14)$$

Seperti yang sudah disebutkan di atas, arus dalam rangkaian dapat berubah terhadap waktu sehingga *fluks* magnetik juga berubah, maka timbul GGL induksi dalam rangkaian dan hubungannya: Lalu dikarenakan hukum faraday bahwa perubahan *fluks* listrik dapat menimbulkan GGL, maka persamaan (2-7) dapat dinyatakan dengan:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta(N\Phi)}{\Delta t} = -\frac{\Delta(LI)}{\Delta t} \quad \varepsilon = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (2.15)$$

2.2.5 Induktansi Bersama

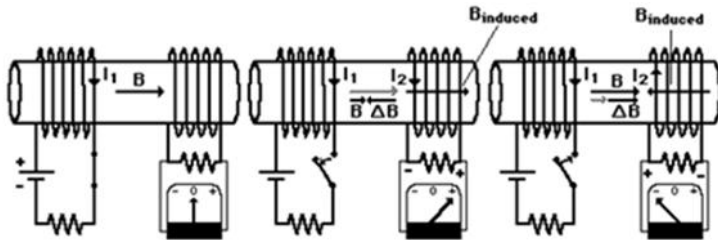
Seperti yang terlihat pada gambar 2.10, arus i_1 pada kumparan 1 akan menghasilkan medan magnet yang *fluksnya* mempengaruhi kumparan 2. Saat i_1 terjadi perubahan, maka medan magnet pada kumparan 1 juga akan berubah. Hal ini mengakibatkan terjadinya GGL induksi pada kumparan 2. Kemudian saat GGL induksi timbul pada kumparan 2, maka arus akan mengalir di kumparan 2 dan menyebabkan medan magnet mempengaruhi kumparan 1. Proses inilah yang menghasilkan induktansi bersama (M), sehingga didapatkan persamaan Faraday, yaitu :

$$\varepsilon_2 = -M \frac{di_1}{dt} \quad (2.16)$$

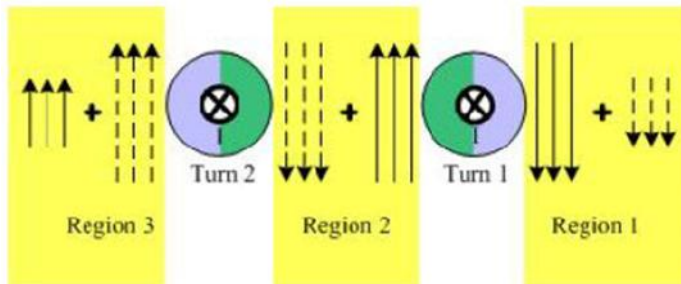
$$\varepsilon_1 = -M \frac{di_2}{dt} \quad (2.17)$$

Dimana besarnya M (*mutural inductance*) adalah :

$$M = \frac{N_2 \Phi_{B2}}{i_1} = \frac{N_1 \Phi_{B1}}{i_2} \quad (2.18)$$



Gambar 2.13. Induktansi bersama



Gambar 2.14. Proses induksi antar kumparan

2.3. Prinsip Pengiriman Energi Dengan Induksi Resonansi Magnet

2.3.1. Resonansi secara Fisika

Resonansi merupakan kejadian yang banyak terjadi pada sistem fisika. Resonansi dapat terjadi karena pengaruh frekuensi alami, namun untuk mendapatkan sebuah proses resonansi yang memiliki efisiensi energi yang baik maka sebaiknya ditambahkan

sebuah sistem osilasi. Sebagai contoh sebuah sistem osilasi sederhana adalah ayunan yang didalamnya terlibat energi kinetik dan energi potensial. Ayunan akan bergerak bolak balik pada keadaan tertentu sesuai dengan panjang ayunannya, tinggi dan tidaknya ayunan tersebut tergantung dari koordinat lengan dan gerakan kaki anak yang bermain ayunan terhadap gerak ayunan. Sehingga ayunan tersebut dapat dikatakan beresilasi pada frekuensi resonansi dan gerakan sederhana dari anak yang menggunakan ayunan tersebut merupakan sebuah efisiensi energi yang ditransmisi kedalam sistem.

Resonansi juga dapat di katakan sebagai sebuah fenomena dimana sebuah sistem yang bergetar dengan amplitudo maksimum akibat adanya *implus* gaya yang berubah-ubah yang bekerja pada impuls tersebut. Kondisi seperti ini dapat terjadi bila frekuensi gaya yang bekerja tersebut berhimpit atau sama dengan frekuensi getar yang tidak diredamkan dari sistem tersebut. Dengan kata lain resonansi adalah peristiwa bergetarnya suatu benda akibat getaran benda lain. Jika kita melakukan sebuah percobaan tentang resonansi maka hal yang paling mudah diperhatikan adalah resonansi pada garpu tala. Bila sebuah garpu tala di getarkan didekat satu kolom udara yang salah satu ujungnya tertutup sedangkan ujung lainnya terbuka maka resonansi akan terjadi.



Gambar 2.15. Resonansi dengan garpu tala

Bila $\lambda = V/f$, maka : $l = (2m+1) / 4f$

Dimana : l = panjang kolom udara

m = bilangan resonansi (0,1,2,3.....)

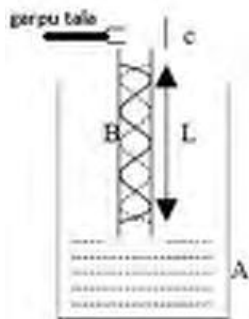
f = frekuensi garpu tala

λ = panjang gelombang

V = kecepatan suara di udara

Konsep resonansi yang terjadi antara garpu tala dengan kolom udara dapat dijadikan dasar untuk menentukan nilai kecepatan suara di udara secara cepat dan mudah dibandingkan dengan cara yang lainnya.

Pada gambar 2.16 diperlihatkan sebuah alat sederhana yang dapat digunakan untuk mengukur laju bunyi di udara dengan metode resonansi. Sebuah garpu tala yang bergetar dengan frekuensi (f) dipegang di dekat ujung yang terbuka dari sebuah tabung. Tabung itu sebagian diisi oleh air, lalu panjang kolom udara dapat diubah-ubah dengan mengubah tinggi permukaan air. Didapatkan bahwa intensitas bunyi adalah maksimum bila tinggi permukaan air lambat laun di rendahkan dari puncak tabung sejarak A . Setelah itu, intensitas mencapai lagi pada jarak d , $2d$, $3d$ dan seterusnya.



Gambar 2.16 Percobaan resonansi dengan tabung bejana

Keterangan :

A : tabung bejana berisi air

B : Pipa baja kecil dengan kolom udara yang dapat berubah-ubah (d)

C : Jarak tabung dengan garpu tala

Intensitas bunyi mencapai maksimum bila kolom udara bersonansi dengan garpu tala tersebut. Kolom udara beraksi seperti sebuah tabung yang tertutup di salah satu ujung. Pada gelombang tegak lurus yang terdiri dari titik simpul di permukaan air dan sebuah titik perut di dekat ujung terbuka. Karena frekuensi dari sumber adalah tetap dan laju bunyi didalam kolom udara mempunyai sebuah nilai yang pasti, maka resonansi terjadi pada sebuah panjang gelombang spesifik

$$\lambda = V / f \quad (2.19)$$

Jarak d diantara kedudukan kedudukan resonansi yang berturutan adalah jarak diantara titik titik simpul yang berdekatan. (lihat gambar 1)

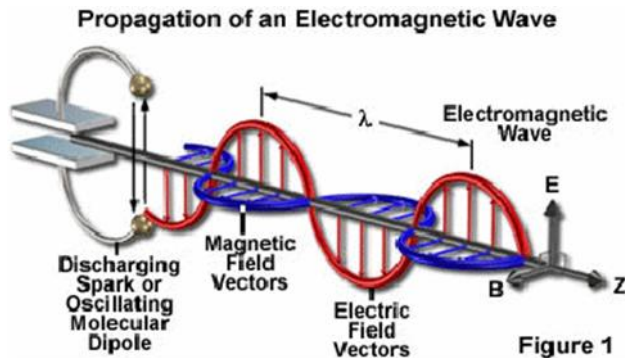
$$d = \lambda / 2 \text{ atau } \lambda = 2d \quad (2.20)$$

Dengan mengabungkan persamaan tersebut maka akan di dapatkan :

$$2d = V / f \text{ atau } V = 2df \quad (2.21)$$

2.3.2. Resonansi Elektromagnetik

Resonansi elektromagnetik erat hubungannya dengan fenomena medan elektromagnet yang juga erat hubungannya dengan proses terjadinya aliran listrik. Radiasi dari medan elektromagnet pada tingkat tertentu dapat menjadi berbahaya bagi kelangsungan hidup organisme yang berada didalam jangkauannya. Medan elektromagnet dapat digolongkan dalam medan listrik dan medan magnet. Dan karena medan magnet jauh lebih aman bila dibandingkan dengan medan listrik, maka medan magnet menjadi pilihan yang paling tepat untuk digunakan sebagai media pengiriman energi jika dibandingkan dengan medan listrik dalam pemanfaatannya untuk perpindahan energi secara resonansi elektromagnet



Gambar 2.17 Gelombang Elektromagnet

Dalam pembangkitan suatu medan elektromagnet, radiasi gelombang elektromagnet yang dihasilkan akan memuat sejumlah energi yang dipancarkan ke lingkungan. Energi ini akan terus terpancar, tidak bergantung pada ada atau tidaknya yang menangkap gelombang tersebut. Apabila terdapat suatu benda yang mampu menangkap radiasi elektromagnetnya, maka benda tersebut akan beresonansi dan akan menerima energi tersebut dan terjadilah perpindahan energi secara resonansi elektromagnetik.

Dari penjelasan diatas, maka kita dapat merancang sebuah alat resonator yang memiliki frekuensi tertentu yang

kemudian akan berperan menjadi penghasil medan elektromagnet sebagai sumber energi pada sistem. Lalu, sebuah alat yang berguna menangkap radiasi gelombang elektromagnetnya dimana alat tersebut juga memiliki frekuensi resonansi sendiri yang sama dengan sumber. Sehingga terjadi suatu hubungan resonansi secara elektromagnet. Energi yang diterima kemudian digunakan sebagai penyuplai beban setelah dikonversikan dengan rangkaian tambahan.

Secara umum, sistem resonansi elektromagnetik dengan resonansi frekuensi memiliki kesamaan, yaitu sama-sama memiliki nilai efektif dalam radius tertentu. Apabila di dalam radius efektif tersebut terdapat sumber medan elektromagnet atau penangkap gelombang elektromagnet lain yang memiliki frekuensi resonansi yang sama dengan sistem sebelumnya, maka mereka akan dapat bergabung dengan sistem resonansi elektromagnet yang telah ada dan akan membentuk hubungan resonansi elektromagnet yang lebih besar.

Dengan kata lain sistem ini tidak hanya terbatas pada sebuah sumber energi dan sebuah penangkap energi saja. Namun sistem ini dapat terdiri atas beberapa sumber energi dan beberapa penangkap energi selama mereka terdapat didalam radius efektif dari sistem elektromagnet dan memiliki frekuensi resonansi yang sama.

2.3.3 Prinsip Resonansi

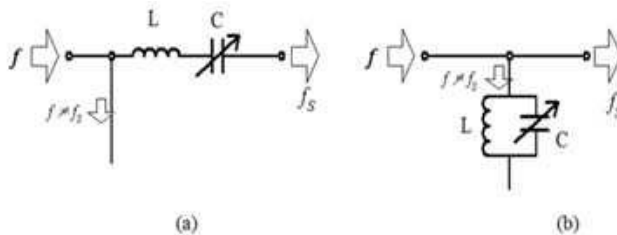
Nama lain rangkaian resonansi adalah rangkaian penala (Tunning Circuit), yaitu satu rangkaian yang berfungsi untuk menala sinyal dengan frekuensi tertentu dari satu band frekuensi.

Melakukan penalaan berarti rangkaian tersebut "beresonansi" dengan sinyal frekuensi tersebut. Dalam keadaan tertala (beresonansi), signal bersangkutan dipilih untuk ke tahap selanjutnya bisa diterima untuk dapat menghasilkan penghantaran tegangan atau di modulasikan sebagai media telekomunikasi. Rangkaian dapat digunakan misalnya :

Antara sistem antena dan penguat RF (Radio Frequency) satu sistem penerima. Antara tahap-tahap penguat RF (Radio

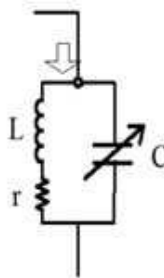
Frequency), IF (Intermediate Frequency) pada sistem penerima superheterodyne, dsb.

Rangkaian penala pada dasarnya disusun dari sebuah kapasitor dan sebuah induktor, yang dapat tersambung seri maupun paralel seperti ditunjukkan pada Gambar 2.15. Tetapi pada umumnya rangkaian penala yang digunakan berbentuk paralel. Dalam keadaan resonansi, impedansi ataupun admitansinya mempunyai bagian imajiner sama dengan nol.



Gambar 2.18. Rangkaian resonansi (a) seri ; (b) paralel

Karena selalu satu induktor mempunyai komponen resistif yang disebabkan oleh bahan logamnya (semisal tembaga) ,maka induktor tersebut mempunyai ranaikan ekivalen seperti ditunjukkan pada Gambar 2.16, serta akan mempunyai nilai admitansi sebagai berikut :



Gambar 2.19. Rangkaian resonansi paralel dengan komponen resistif

Dalam pembahasan disini akan diuraikan adalah rangkaian resonansi bentuk paralelnya. Tetapi akan terbukti nanti, bahwa besar frekuensi resonansinya akan sama dengan frekuensi resonansi bentuk serinya.

$$\begin{aligned}
 Y &= \frac{1}{r+j\omega L} + j\omega C \\
 &= \frac{r-j\omega L}{r^2 + \omega^2 L^2} + j\omega C \\
 &= \frac{r}{r^2 + \omega^2 L^2} + j\left(\omega C - \frac{\omega L}{r^2 + \omega^2 L^2}\right) \quad (2.22)
 \end{aligned}$$

Pada keadaan tertala(resonansi), admitansi persamaan (2.22) mempunyai bagian imajiner = 0, sehingga admitansi dalam keadaan resonansi menjadi :

$$\omega_{po} C = \frac{\omega_{po} L}{r^2 + \omega_{po}^2 L^2} \quad (2.23)$$

Dimana, ω_{po} = pada keadaan resonansi rangkaian tuning paralel tersebut adalah $2 f_{po}$

Dari persamaan (2.23), akan tertentu nilai frekuensi resonansi paralel sebagai :

$$\omega_{po} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{r^2}{L^2}} \quad (2.24)$$

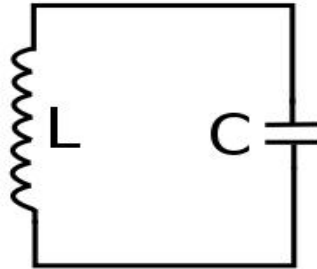
Terlihat pada persamaan (2.24), bahwa bila konduktor L mempunyai sifat resistif yang sangat keeil sehingga dapat diabaikan, $r \ll$, maka persamaan (2.24) menjadi :

$$\omega_{po} \approx \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad (2.25)$$

yaitu sama dengan ω_{so} , untuk rangkaian tuning seri pada keadaan resonansi seperti dinyatakan pada persamaan (2.22). Oleh

karena itu untuk selanjutnya, index p dihilangkan untuk penyederhanaan, karena telah terjadinya resonansi.

Sedangkan bila rangkaian resonansi memiliki bentuk yang seperti dibawah ini maka :



Gambar 2.20. Rangkaian resonansi paralel tanpa komponen resistif

Untuk menganalisa frekuensi yang dapat dihasilkan dari suatu rangkaian Le , kita dapat menganalogikan bahwa nilai reaktansi induktif sama dengan reaktansi kapasitif, sehingga dapat kita buat dalam persamaan sebagai berikut :

$$X_L = X_C$$

$$2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}$$

$$2\pi f^2L = \frac{1}{2\pi C}$$

$$f^2 = \frac{1}{2\pi 2\pi LC}$$

$$f = \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{2\pi 2\pi LC}} \quad (2.26)$$

2.3.4 Faktor Q

Faktor Q atau disebut juga factor kualitas didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan pada induktor dan tegangan resistansi induktor, dengan persamaan

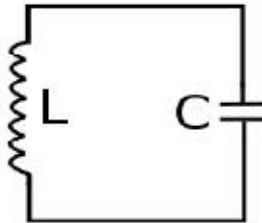
$$Q = \frac{\omega L}{R} \quad (2.27)$$

Dimana $\omega = 2\pi f$;

Fungsi dari factor kualitas adalah menentukan sifat selektifitas, rangkaian running, dimana selektifitas didefinisikan sebagai kemampuan memisahkan satu frekuensi dari frekuensi lain dalam kisaran satu *band* frekuensi.

2.4 Rangkaian LC

Rangkaian LC merupakan salah satu rangkaian penting untuk penghasil osilasi yang terdiri atas komponen induktor (L) dan kapasitor (C). Rangkaian LC digunakan untuk menghasilkan sumber arus bolak-balik dari sebuah sumber DC.



Gambar 2.21 Rangkaian LC

Kegunaan lainnya adalah untuk menentukan frekuensi dari sebuah osilator ketika menjadi resonant osilator, dimana nilainya ditentukan oleh induktansi pada trafo lilitan primer dan kapasitor. kita bisa memperoleh frekuensi yang beresonansi pada

rangkaian LC. Dimana L adalah induktansi dalam satuan *Henry* dan C adalah kapasitansi dalam satuan *Farad*

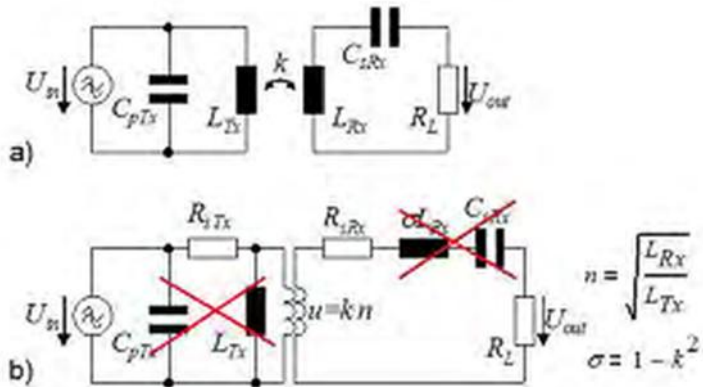
2.5 Prinsip *Couple Resonance*

Pada awal transmisi tenaga induktif rangkaian resonansi hanya digunakan untuk meningkatkan transmisi daya induktif. Setelah Nikola Tesla menggunakannya dalam eksperimen resonansi pertama tentang transmisi tenaga induktif yang telah dilakukan lebih dari seratus tahun yang lalu. Terutama untuk sistem dengan faktor kopling rendah penerima resonansi dapat digunakan untuk meningkatkan transmisi daya. Penggunaan untuk meningkatkan daya transmisi tidak hanya khusus pada transmisi tenaga resonansi, namun banyak digunakan pada metode transmisi listrik induktif dan dibatasi oleh kendala yang sama efisiensi dan emisi medan magnet.

Untuk memahami efek, dapat dibandingkan dengan resonansi mekanik yang ada. Pertimbangkan dengan menyesuaikan rangkaian tuned untuk kondisi tertentu sebagai resonator mekanik. Bahkan untuk tingkat suara jauh dan tingkat suara terendah dari generator dapat digunakan untuk menentukan pitch dari rangkaian tuned tersebut.

Resonator pada bagian penerima terdiri dari induktansi penerima(LRx) dan kapasitor. Gambaran secara umum diilustrasikan pada Gambar 2.19a. Gulungan pemancar (LTx) dan Gulungan penerima (LRx) dapat dianggap sebagai coupled transformator yang lemah. Untuk itu, diagram rangkaian ekuivalen yang terdiri dari rangkaian induktif dan kapasitif dapat diturunkan secara ekuivalen, seperti pada gambar 2.16b. Dalam diagram rangkaian ini, gulungan(coil) merupakan salah satu dari hambatan(resistansi) yaitu hambatan induktif. Dari diagram juga menunjukkan dengan jelas bahwa kapasitor resonansi membatasi induktansi yang liar pada bagian penerima dan induktansi magnetik pada bagian transmitter. Dengan menghilangkan nilai kapasitor tersebut maka rangkaian yang tersisa untuk transmisi daya adalah dibanding dengan nilai Dimana, impedansi adalah satu atau dua porsi besar lebih rendah daripada induktansi. Oleh

karena itu, jika menambahkan generator sumber tertentu kekuatan transmisi akan lebih dapat diterima.



Gambar 2.22 Diagram Rangkaian WPT dengan *couple resonance*

2.6 Komponen Penelitian

2.6.1 Kapasitor

Kapasitor adalah perangkat komponen elektronika yang berfungsi untuk menyimpan muatan listrik dan terdiri dari dua konduktor yang dipisahkan oleh bahan penyekat (dielektrik) pada tiap konduktor atau yang disebut keping. Kapasitor biasanya disebut dengan sebutan kondensator yang merupakan komponen listrik dibuat sedemikian rupa sehingga mampu menyimpan muatan listrik.

Prinsip kerja kapasitor pada umumnya hampir sama dengan resistor yang juga termasuk ke dalam komponen pasif. Komponen pasif adalah jenis komponen yang bekerja tanpa memerlukan arus panjar. Kapasitor sendiri terdiri dari dua lempeng logam (konduktor) yang dipisahkan oleh bahan penyekat

(isolator). Penyekat atau isolator banyak disebut sebagai bahan zat dielektrik.



Gambar 2.23. *Kapasitor*

Zat *dielektrik* yang digunakan untuk menyekat kedua komponen tersebut berguna untuk membedakan jenis-jenis kapasitor. Di dunia ini terdapat beberapa kapasitor yang menggunakan bahan *dielektrik*, antara lain kertas, mika, plastik cair dan masih banyak lagi bahan *dielektrik* lainnya. Dalam rangkaian elektronika, kapasitor sangat diperlukan terutama untuk mencegah loncatan bunga api listrik pada rangkaian yang mengandung kumparan. Selain itu, kapasitor juga dapat menyimpan muatan atau energi listrik dalam rangkaian, dapat memilih panjang gelombang pada radio penerima dan sebagai filter dalam catu daya (*Power Supply*).

Fungsi Kapasitor dalam komponen elektronika adalah sebagai penyimpan muatan listrik, selain fungsi tersebut kapasitor juga dapat digunakan sebagai penyaring frekuensi. Dalam muatan listrik terdapat kapasitas penyimpanan kemampuan kapasitor yang dinamakan Farad dengan simbol “*F*”. Simbol dari kapasitor sendiri adalah *C* (*kapasitor*).

Pada umumnya, kapasitor banyak dibuat dari dua buah lempengan logam yang saling sejajar antara satu dengan lainnya. Dan diantara kedua lempengan tadi terdapat bahan isolator yang biasa kita sebut dengan *dielektrik*. Yang di maksud *Dielektrik* adalah bahan yang dapat mempengaruhi nilai dari kapasitansi kapasitor. Bahan dielektrik yang banyak digunakan adalah kermaik, kertas, udara, metal film, gelas, vakum dan masih terdapat lagi bahan lainnya.

Jenis-Jenis Kapasitor dalam rangkaian elektronika terbagi menjadi 2 macam, yaitu kapasitor *polar* dan kapasitor *non polar*. Yang di maksud kapasitor polar adalah jenis kapasitor yang memiliki dua kutub dan mempunyai polaritas *positif/negatif*. Kapasitor ini terbuat dari bahan elektrolit yang mempunyai nilai kapasitansi yang besar di bandingkan dengan kapasitor yang menggunakan bahan dielektrik.

Sedangkan yang di maksud kapasitor non polar adalah jenis kapasitor tidak memiliki polaritas positif dan negatif pada kedua kutubnya. Kapasitor ini juga dapat kita gunakan secara berbalik. Kapasitor ini biasanya memiliki nilai kapasitansi yang kecil karena terbuat dari bahan keramik dan mika. Meskipun kedua jenis kapasitor ini banyak digunakan untuk menyimpan muatan listrik, tapi masih banyak perbedaan dari kedua jenis tersebut, di antaranya adalah bahan yang digunakan dan juga fungsi kegunaannya dalam sehari-hari.



Gambar 2.24 Jenis-jenis Kapasitor

Jenis kapasitor juga dapat kita bedakan menjadi beberapa bagian, yaitu jenis kapasitor keramik, kapasitor *elektrolit* (elco), kapasitor tantalum, kapasitor multilayer, kapasitor polyester film, *electric double*, *super kapasitor*, *trimer* dan *kapasitor tuning*.

Sifat dasar kapasitor adalah menyimpan muatan listrik dan tidak dapat dilalui arus DC (*Direct Current*) tetapi dapat dilalui arus AC (*Alternating Current*) dan juga dapat berfungsi sebagai impedansi (Resistansi yang nilainya tergantung dari frekuensi). Berdasarkan nilai kapasitansinya, kapasitor di bagi menjadi 2 bagian, yaitu kapasitor tetap dan kapasitor variable.

Untuk *jenis-jenis kapasitor multilayer* adalah kapasitor yang terbuat dari bahan material. Kapasitor ini hampir sama dengan kapasitor keramik, perbedaannya hanya terdapat pada jumlah lapisan yang menyusun dielektriknya. Bahan *dielektrik* disusun dengan banyak lapisan dengan ketebalan 10 sampai 20 μm dan pelat elektrodanya dibuat dari logam yang murni. Selain itu, bentuk dari jenis kapasitor ini juga kecil dan memiliki karakteristik suhu yang bagus di bandingkan dengan kapasitor lainnya.

Rumus Kapasitor terdiri dari beberapa rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya muatan listrik baik yang dihasilkan oleh kapasitor maupun muatan listrik yang masuk. Berikut ini adalah beberapa rumus tentang kapasitor dengan rangkaian paralel, rangkaian seri dan rangkaian kapasitor seri dan paralel yang satuan hitungnya adalah farad (F). Berikut ini adalah rumusan-rumusan yang disimpan dalam keping-keping kapasitor yang bermuatan listrik sebagai berikut :

$$Q = C \cdot V \quad (2.28)$$

Keterangan :

Q = Muatan yang satuannya *Coulumb*

C = Kapasitas yang satuannya *Farad*

V = Tegangan yang satuannya *Volt*

(1 Coulumb = $6,3 \cdot 10^{18}$ elektron)

Kapasitor bisa berfungsi sebagai baterai karena tegangan tetap berada di dalam kapasitor meskipun sudah tidak dihubungkan,

lamanya tegangan yang tertinggal bergantung pada kapasitas kapasitor itu sendiri. Contoh rumus dalam rangkaian kapasitor :

1) Rumus untuk Kapasitor dengan Rangkaian *Paralel*

$$C_{Total} = C1 + C2 + C3 \quad (2.29)$$

Pada Rumus Kapasitor diatas dapat disimpulkan bahwa, pada rangkaian Kapasitor paralel tidak terjadi sama sekali pembagian untuk tegangan atau muatan listrik, semua tegangan akan memiliki jumlah yang sama pada setiap titik yang ada di rangkaian kapasitor paralel tersebut alasannya karena pada titik yang sama kapasitor paralel tersebut dihubungkan, sehingga tidak memiliki perubahan yang berarti.

2) Rumus untuk Kapasitor dengan Rangkaian Seri

$$1/C_{Total} = 1/C1 + 1/C2 + 1/C3 \quad (2.30)$$

Pada rumus untuk kapasitor dengan rangkaian seri diatas dapat disimpulkan bahwa, pada setiap pengukuran kapasitor seri ini terjadi pembagian tegangan dari sumber tegangan kepada setiap titik, yang pada akhirnya jika digabungkan dengan cara di jumlahkan tegangan-tegangannya dari setiap titik maka akan terlihat sama seperti jumlah tegangan dari sumber tegangan.

3) Rangkaian Rumus Kapasitor Seri dan Paralel

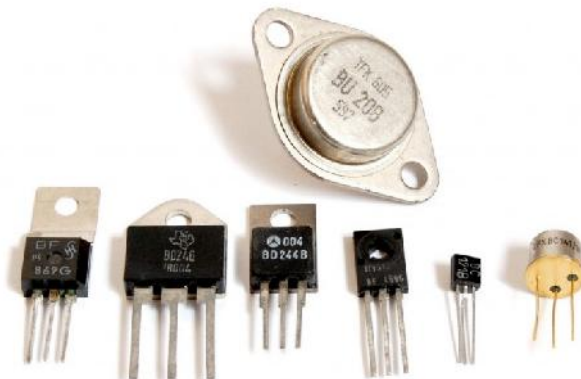
$$\begin{aligned} C_{Total} &= (C1 + C2) // C3 \\ 1/CA &= 1/C1 + 1/C2 \text{ (seri)} \end{aligned} \quad (2.31)$$

Pada Rumus Kapasitor dengan rangkaian seri dan paralel diatas dapat disimpulkan bahwa, rangkaian jenis ini dapat dihitung dengan cara mengkombinasikan dari beberapa persamaan yang terlihat dari kedua rumus kapasitor tersebut, yaitu seri dan paralel. Sehingga kita dapat mengetahui jumlah keseluruhan dari gabungan antara 2 jenis kapasitor ini.

2.6.2 *Transistor*

Transistor adalah komponen elektronika *semikonduktor* yang memiliki 3 kaki elektroda, yaitu *Basis* (Dasar), *Kolektor* (Pengumpul) dan *Emitor* (Pemancar). Komponen ini berfungsi sebagai penguat, pemutus dan penyambung (*switching*), stabilitasi tegangan, modulasi sinyal dan masih banyak lagi fungsi lainnya. Selain itu, *transistor* juga dapat digunakan sebagai kran listrik sehingga dapat mengalirkan listrik dengan sangat akurat dan sumber listriknya.

Transistor sebenarnya berasal dari kata “transfer” yang berarti pemindahan dan “resistor” yang berarti penghambat. Dari kedua kata tersebut dapat kita simpulkan, *pengertian transistor* adalah pemindahan atau peralihan bahan setengah penghantar menjadi suhu tertentu. *Transistor* pertama kali ditemukan pada tahun 1948 oleh *William Shockley, John Barden dan W.H. Brattain*. Tetapi, komponen ini mulai digunakan pada tahun 1958. Jenis *Transistor* terbagi menjadi 2, yaitu *transistor* tipe P-N-P dan *transistor* N-P-N.



Gambar 2.25. *Transistor*

Fungsi *Transistor* sangat berpengaruh besar di dalam kinerja rangkaian elektronika. Karena di dalam sirkuit elektronik, komponen *transistor* berfungsi sebagai jangkar rangkaian. *Transistor* adalah komponen semi konduktor yang memiliki 3 kaki *elektroda*, yaitu *Basis* (B), *Colector* (C) dan *Emitor* (E). Dengan adanya 3 kaki elektroda tersebut, tegangan atau arus yang mengalir pada satu kaki akan mengatur arus yang lebih besar untuk melalui 2 terminal lainnya. Fungsi *Transistor* Lainnya :

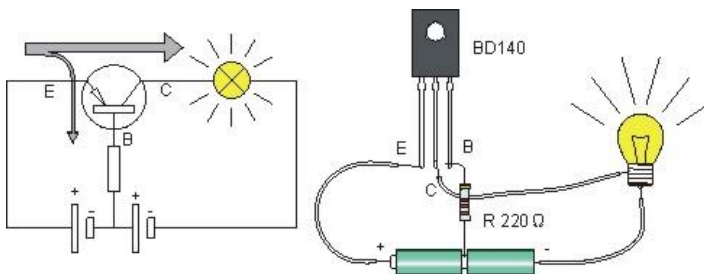
- 1) Sebagai penguat *amplifier*.
- 2) Sebagai pemutus dan penyambung (*switching*).
- 3) Sebagai pengatur stabilitas tegangan.
- 4) Sebagai peratas arus.
- 5) Dapat menahan sebagian arus yang mengalir.
- 6) Menguatkan arus dalam rangkaian.
- 7) Sebagai pembangkit frekuensi rendah ataupun tinggi.

Jika kita lihat dari susunan semi konduktor, *Transistor* dibedakan lagi menjadi 2 bagian, yaitu *Transistor* PNP dan *Transistor* NPN. Untuk dapat membedakan kedua jenis tersebut, dapat kita lihat dari bentuk arah panah yang terdapat pada kaki emitornya. Pada *transistor* PNP arah panah akan mengarah ke dalam, sedangkan pada *transistor* NPN arah panahnya akan mengarah ke luar. Saat ini *transistor* telah mengalami banyak perkembangan, karena sekarang ini *transistor* sudah dapat kita gunakan sebagai memory dan dapat memproses sebuah getaran listrik dalam dunia *prosesor* komputer.

Dengan berkembangnya fungsi *transistor*, bentuk dari *transistor* juga telah banyak mengalami perubahan. Salah satunya telah berhasil diciptakan *transistor* dengan ukuran super kecil yang hanya dalam ukuran nano mikron (*transistor* yang sudah dikemas di dalam *prosesor* komputer). Karena bentuk jelajah tegangan kerja dan frekuensi yang sangat besar dan lebar, tidak heran komponen ini banyak digunakan didalam rangkaian elektornika. Contohnya adalah *transistor* pada rangkaian analog yang digunakan sebagai *amplifier*, *switch*, stabilitas tegangan dan lain sebagainya. Tidak hanya di rangkaian analog, pada rangkaian digital juga terdapat *transistor* yang berfungsi sebagai saklar

karena memiliki kecepatan tinggi dan dapat memproses data dengan sangat akurat.

Cara Kerja *Transistor* cukup menarik untuk dibahas, karena macam dan fungsinya yang unik. Secara harfiah sendiri *transistor* merupakan gabungan dari dua kata yaitu *transfer* dan *resistor* yang dapat diartikan secara bebas sebagai pengalir arus atau pengatur aliran arus. *Triode* merupakan istilah yang memiliki arti tiga *elektroda*, dan didalam *resistor* sendiri memang memiliki tiga *elektroda* tersebut, yaitu basis atau dasar, *emitor* atau pemancar dan *kolektor* atau pengumpul. *Transistor* dapat mengalirkan arus listrik atau juga menguatkan tegangan dikarenakan memiliki ketiga *elektroda* tersebut. Fungsi lain dari *transistor* adalah sebagai saklar pemutus dan penyambung aliran listrik ketika pada dasar atau basis diberikan arus yang sangat besar. untuk cara kerja dari *transistor* sendiri tergantung dari *transistor* jenis apa yang digunakan.

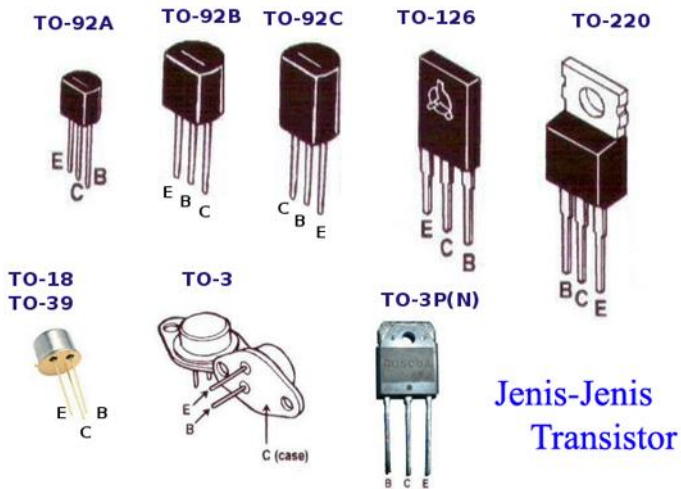


Gambar 2.26. Cara kerja *Transistor*

Jenis-Jenis *Transistor* ada beberapa macam dan bagi orang-orang yang berkecimpung dalam dunia elektronika mungkin tidak asing lagi ketika mendengar kata *transistor*. Tapi bagi orang-orang non-elektro mungkin akan terasa asing dengan istilah *transistor*. *Transistor* dalam pengertian yang sangat sederhana adalah seperti kran air. *Transistor* ini adalah sebuah alat *semikonduktor* yang bisa digunakan sebagai penguat, sebagai sirkuit penyambung maupun pemutus, menstabilkan tegangan dan lain sebagainya. Jenis *transistor* pada umumnya terbagi hanya

menjadi dua jenis saja yaitu jenis *transistor* bipolar atau dua kutub dan *transistor* efek medan atau juga dikenal sebagai *Field Effect Transistor (FET)*. Tiap-tiap dari jenis *transistor* ini dibagi lagi menjadi bagian yang lebih kecil sebagaimana yang akan dijelaskan pada paragraf berikutnya.

Transistor yang pertama adalah *transistor* bipolar atau dwi kutub. *Transistor* bipolar termasuk salah satu dari jenis-jenis *transistor* yang paling banyak digunakan dalam suatu rangkaian elektronika. Sedangkan pengertian dari *transistor* bipolar itu sendiri adalah *transistor* yang memiliki dua buah persambungan kutub. Sedangkan jenis *transistor* bipolar dibagi lagi menjadi tiga bagian lapisan material *semikonduktor* yang kemudian membedakan *transistor* bipolar kedalam dua jenis yaitu *transistor P-N-P (Positif-Negatif-Positif)* dan *transistor N-P-N (Negatif-Positif-Negatif)*.



Gambar 2.27 Jenis-jenis *Transistor*

Transistor kedua yang paling banyak digunakan dari berbagai jenis-jenis *transistor* yang ada adalah *transistor* efek medan (FET). *Transistor* jenis ini sama seperti *transistor* bipolar

yang memiliki tiga kaki. Tiga kaki terminal yang dimiliki oleh *transistor* efek medan adalah *Drain* (D), *Source* (S), dan *Gate* (G). *Transistor* efek medan ini atau dikenal pula dengan istilah *transistor* unipolar memiliki hanya satu buah kutub saja. Sedangkan cara kerja dari *transistor* efek medan ini adalah mengatur dan mengendalikan aliran elektron dari *Source* ke *Drain* melalui tegangan yang diberikan pada *Gate*. Hal inilah yang membedakan antara fungsi *transistor* efek medan dengan fungsi *transistor* bipolar pada penjelasan diatas.

Dapat di simpulkan bahwa antara *transistor* bipolar dengan *transistor* efek medan mempunyai perbedaan yang cukup signifikan dalam cara kerja dan fungsinya. *Transistor* bipolar yang sebagai regulator arus listrik mengatur besar kecilnya arus listrik yang melalui Emiter yang kemudian berlanjut kepada Basis untuk menentukan seberapa besar arus yang diberikan kepadanya. Sedangkan *transistor* efek medan mengendalikan elektron dari *Source* ke *Drain* melalui tegangan yang diberikan pada *Gate*.

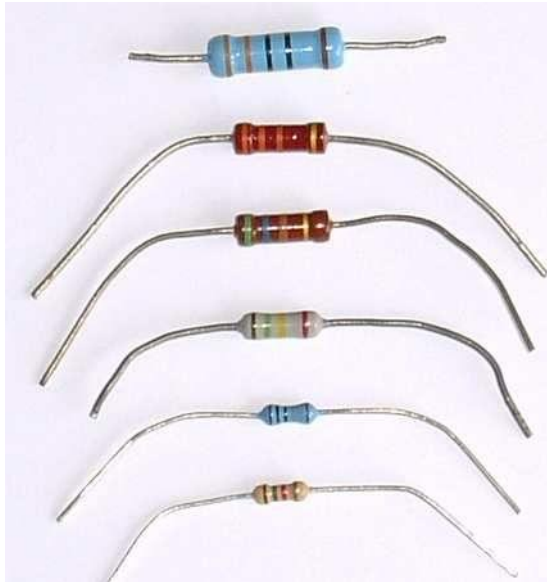
2.6.3 Resistor

Resistor adalah komponen elektronika yang memang didesain memiliki dua kutub yang nantinya dapat digunakan untuk menahan arus listrik apabila di aliri tegangan listrik di antara kedua kutub tersebut. Resistor biasanya banyak digunakan sebagai bagian dari sirkuit elektronik. Tak cuma itu, komponen yang satu ini juga yang paling sering digunakan di antara komponen lainnya. Resistor adalah komponen yang terbuat dari bahan isolator yang didalamnya mengandung nilai tertentu sesuai dengan nilai hambatan yang diinginkan. Berdasarkan hukum Ohm, nilai tegangan terhadap resistansi berbanding dengan arus yang mengalir :

$$\begin{aligned} V &= I R \\ I &= V/R \end{aligned} \tag{2.31}$$

Bentuk dari *resistor* sendiri saat ini ada bermacam-macam. Yang paling umum dan sering di temukan di pasaran adalah berbentuk bulat panjang dan terdapat beberapa lingkaran warna pada body resistor. Ada 4 lingkaran yang ada pada body

resistor. Lingkaran warna tersebut berfungsi untuk menunjukkan nilai hambatan dari *resistor*.



Gambar 2.28. *Resistor*

Karakteristik utama *resistor* adalah resistansinya dan daya listrik yang dapat dihantarkan. Sementara itu, karakteristik lainnya adalah koefisien suhu, derau listrik (*noise*) dan induktansi. Resistor juga dapat kita integrasikan kedalam sirkuit hibrida dan papan sirkuit, bahkan bisa juga menggunakan sirkuit terpadu. Ukuran dan letak kaki resistor tergantung pada desain sirkuit itu sendiri, daya resistor yang dihasilkan juga harus sesuai dengan kebutuhan agar rangkaian tidak terbakar.

Resistor sangat berpengaruh besar di dalam rangkaian elektronika, karena sebagai penahan arus sementara sebelum arus tersebut diproses dan disalurkan pada komponen elektronika lainnya. Selain sebagai penahan arus sementara, resistor juga dapat berfungsi sebagai pembagi arus, pembatas /pembagi arus, penurun tegangan dan pembagi tegangan. Resistor

juga merupakan komponen yang bersifat menghambat arus listrik yang berjenis pasif.

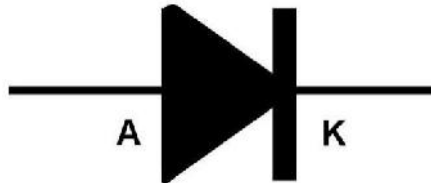
Jadi, wajar apabila semua rangkaian elektronika yang ada di dunia ini selalu menggunakan komponen resistor. Resistor juga merupakan komponen yang paling terkenal, selain karena harganya yang murah komponen ini juga paling banyak di jual di pasaran. Jadi anda tidak perlu bingung dan pusing untuk mencari komponen yang satu ini. Jenis-Jenis resistor saat ini sudah banyak dijual di pasaran, berikut ini kami jelaskan secara detail jenis-jenis *resistor* :

- 1) *Resistor* Biasa (Nilai Tetap) Fungsi *resistor* sebagai penghambat gerak arus listrik yang nilainya tidak dapat berubah-ubah (konstan). Bahan yang digunakan untuk pembuatan resistor ini adalah Nikel dan Karbon.
- 2) *Resistor Variable* (Nilai Berubah-Ubah) *Resistor* yang satu ini sangat berbeda sekali dengan resistor biasa, di mana nilai dari resistor variable dapat berubah dengan cara memutar atau menggeser komponen tersebut.

2.6.4 Dioda

Dioda adalah komponen aktif yang memiliki dua kutub dan bersifat *semikonduktor*. *Dioda* juga bisa dialiri arus listrik ke satu arah dan menghambat arus dari arah sebaliknya. *Dioda* sebenarnya tidak memiliki karakter yang sempurna, melainkan memiliki karakter yang berhubungan dengan arus dan tegangan kompleks yang tidak linier dan seringkali tergantung pada teknologi yang digunakan serta parameter penggunaannya.

Awal mulanya dioda adalah sebuah piranti kristal Cat's Wahisker dan tabung hampa. Sedangkan pada saat ini, dioda sudah banyak dibuat dari bahan *semikonduktor*, contohnya : Silikon dan Germanium. Di karenakan pengembangannya yang dilakukan secara terpisah, dioda kristal (*semikonduktor*) lebih populer di bandingkan dengan dioda termionik. *Dioda* termionik pertama kali ditemukan oleh Frederick Guthrie pada tahun 1873, sedangkan dioda kristal ditemukan pada tahun 1874 oleh peneliti asal Jerman, Karl Ferdinand Braun.



Gambar 2.29. Simbol *dioda*

Dioda Termionik adalah piranti katub yang merupakan susunan elektroda di dalam sampul gelas. Bentuk pertama kali dari dioda termionik hampir sama dengan bola lampu pijar. Di dalam katub dioda termionik, arus listrik yang melalui filamen pemanas secara tidak langsung memanaskan katoda. Elektroda internal lainnya dilapisi dengan campuran barium dan strontium oksida yang merupakan oksida dari logam alkali tanah. Dari kegiatan tersebut menghasilkan pancaran termionik elektron ke ruang hampa. Walaupun demikian, elektron tidak dapat di pancarkan dengan mudah ke permukaan anoda yang tidak terpanasi ketika polaritas tegangan di balik.

Dioda Semikonduktor sebagian besar terdapat pada teknologi pertemuan P-N semikonduktor. Dioda P-N terdapat arus yang mengalir dari sisi Tipe-P (anoda) menuju sisi Tipe-N (katoda), akan tetapi tidak dapat mengalir ke arah sebaliknya. Dioda semikonduktor memiliki tipe lain yaitu dioda schottky yang di bentuk dari pertemuan antara logam dan semikonduktor sebagai ganti dari pertemuan P-N konvensional.

Fungsi Dioda sangat berpengaruh penting didalam rangkaian elektronika. Karena dioda adalah komponen semikonduktor yang terdiri dari penyambung P-N. *Dioda* merupakan gabungan dari dua kata *elektroda*, yaitu *anoda* dan *katoda*. Sifat lain dari *dioda* adalah menghantarkan arus pada tegangan maju dan menghambat arus pada aliran tegangan balik.

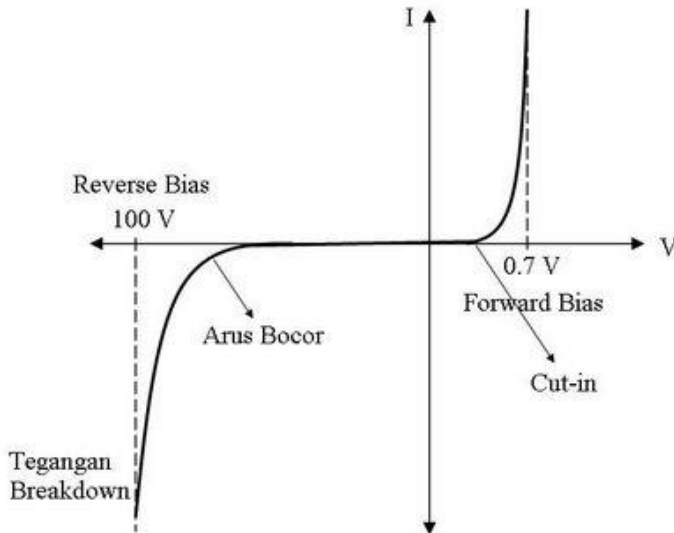
Selain itu, masih banyak lagi fungsi dioda lainnya, sebagai berikut :

- 1) Sebagai penyearah untuk komponen *dioda bridge*.
- 2) Sebagai penstabil tegangan pada komponen *dioda zener*.
- 3) Sebagai pengaman atau sekering.
- 4) Sebagai pemangkas atau pembuang level sinyal yang ada di atas atau bawah tegangan tertentu pada rangkaian clipper.
- 5) Sebagai penambah komponen DC didalam sinyal AC pada rangkaian *clamper*.
- 6) Sebagai pengganda tegangan.
- 7) Sebagai indikator untuk *rangkaian LED (Light Emitting Diode)*.
- 8) Dapat digunakan sebagai sensor panas pada aplikasi rangkaian power *amplifier*.
- 9) Sebagai sensor cahaya pada komponen dioda photo.
- 10) Sebagai rangkaian *VCO (Voltage Controlled Oscillator)* pada komponen *dioda varactor*.

Secara keseluruhan dioda dapat kita contohkan sebagai katup, dimana katup tersebut akan terbuka pada saat air mengalir dari belakang menuju ke depan. Sedangkan katup akan menutup apabila ada dorongan aliran air dari depan katub. Simbol dioda digambarkan dengan anak panah yang diujungnya terdapat garis yang melintang. Cara kerja dioda dapat kita lihat dari simbolnya. Karena pada pangkal anak panah disebut sebagai anoda (P) dan pada ujung anak panah dapat disebut sebagai katoda (N).

Karakteristik *Dioda* dapat diketahui dengan cara memasang dioda seri dengan sebuah catu daya dc dan sebuah resistor. Dengan menggunakan rangkaian tersebut maka akan dapat diketahui tegangan *dioda* dengan variasi sumber tegangan yang diberikan. Seperti yang telah kita ketahui bahwa dioda adalah komponen aktif dari dua *elektroda* (katoda dan anoda) yang sifatnya *semikonduktor*, jadi dengan sifatnya tersebut dioda tidak hanya memperbolehkan arus listrik mengalir ke satu arah, tetapi juga menghambat arus dari arah sebaliknya. Dioda dapat dibuat dari *Germanium* (Ge) dan *Silikon* atau *Silikon* (Si).

Komponen aktif ini mempunyai fungsi sebagai; pengaman, penyearah, voltage regulator, modulator, pengendali *frekuensi*, *indikator*, dan *switch*.

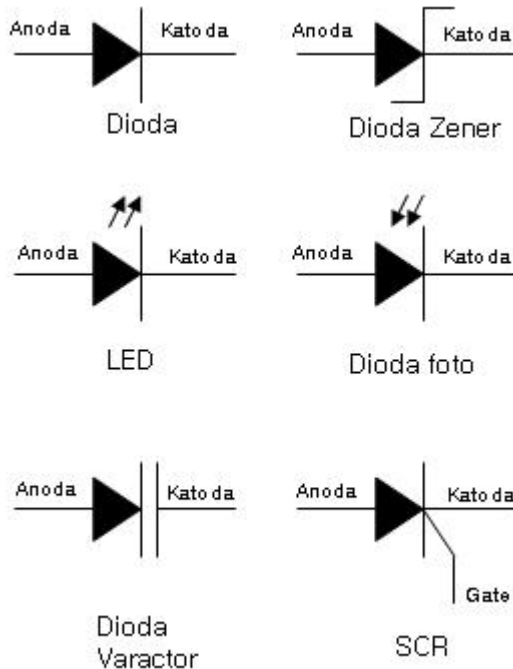


Gambar 2.30. Karakteristik *diode*

Berdasarkan fungsinya, *diode* terbagi atas; *Dioda* Kontak Titik, *Dioda* Hubungan, *LED*, *Dioda* Foto, *Dioda* kapasiansi Variabel, *Dioda* Bridge dan *Dioda* Zener. *Dioda* Kontak Titik atau *Point Contact Diode* biasanya digunakan untuk mengubah frekuensi dari tinggi ke rendah. Contohnya, OA70, OA90, dan 1N60. *Dioda* hubungan, adalah salah satu karakteristik *diode* yang mengalirkan tegangan yang besar namun hanya searah. Sedangkan *LED* atau Light Emitting Diode adalah jenis komponen yang dapat mengeluarkan cahaya bila diberikan forward bias. Berbeda dengan *LED*, *Dioda* foto atau bisa disebut dengan Foto *Dioda* akan menghasilkan arus listrik apabila terkena cahaya. Besarnya arus listrik tergantung dari seberapa besar cahaya yang masuk.

Jenis-Jenis *Dioda* terdiri dari Light Emitting Diode (*Dioda* Emisi Cahaya) yang biasa disingkat *LED*, *Diode* Photo (*Dioda*

Cahaya), Diode Varactor (Dioda Kapasitas), Diode Rectifier (Dioda Penyearah) dan yang terakhir adalah Diode Zener yang biasa disebut juga sebagai Voltage Regulation Diode. Semua jenis dioda ini memiliki fungsi yang berbeda-beda yang sesuai dengan nama dioda itu sendiri. Dioda disempurnakan oleh William Henry Eccles pada tahun 1919 dan mulai memperkenalkan istilah diode yang artinya dua jalur tersebut, walaupun sebelumnya sudah ada dioda kristal (semikonduktor) yang dikembangkan oleh peneliti asal Jerman yaitu Karl Ferdinan Braun pada tahun 1874, dan dioda termionik pada tahun 1873 yang dikembangkan lagi prinsip kerjanya oleh Frederic Guthrie.



Gambar 2.31. Jenis-Jenis Dioda

Berikut ini adalah pengertian dari Jenis-Jenis Dioda :

- 1) **Light Emitting Diode (Dioda Emisi Cahaya)** Dioda yang sering disingkat LED ini merupakan salah satu piranti elektronik yang menggabungkan dua unsur yaitu optik dan elektronik yang disebut juga sebagai Optoelectronic. dengan masing-masing elektrodanya berupa anoda (+) dan katoda (-), dioda jenis ini dikategorikan berdasarkan arah bias dan diameter cahaya yang dihasilkan, dan warnanya.



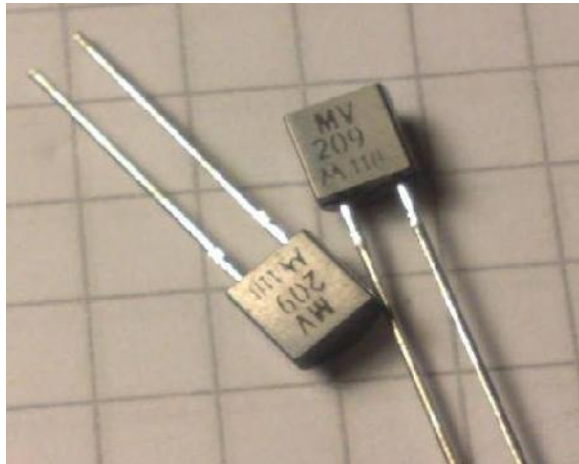
Gambar 2.32. *Dioda Light Emitting Diode*

- 2) **Diode Photo (Dioda Cahaya)** Dioda jenis ini merupakan dioda yang peka terhadap cahaya, yang bekerja pada daerah-daerah reverse tertentu sehingga arus cahaya tertentu saja yang dapat melewatinya, dioda ini biasa dibuat dengan menggunakan bahan dasar silikon dan germanium. Dioda cahaya saat ini banyak digunakan untuk alarm, pita data berlubang yang berguna sebagai sensor, dan alat pengukur cahaya (Lux Meter).



Gambar 2.34. *Diode Photo*

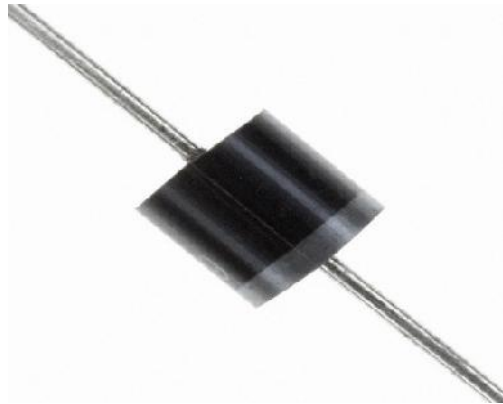
- 3) *Diode Varactor* (Dioda Kapasitas) Dioda jenis ini merupakan dioda yang unik, karena dioda ini memiliki kapasitas yang dapat berubah-ubah sesuai dengan besar kecilnya tegangan yang diberikan kepada dioda ini, contohnya jika tegangan yang diberikan besar, maka kapasitasnya akan menurun, berbanding terbalik jika diberikan tegangan yang rendah akan semakin besar kapasitasnya, pembiasan dioda ini secara reverse. Dioda jenis ini banyak digunakan sebagai pengaturan suara pada televisi, dan pesawat penerima radio.



Gambar 2.34. *Diode Varactor*

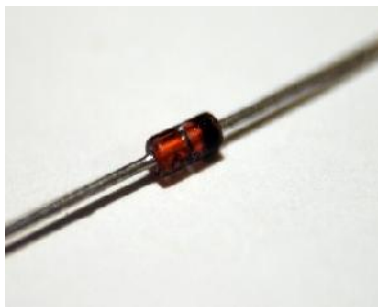
- 4) *Diode Rectifier* (Dioda Penyearah) Dioda jenis ini merupakan dioda penyearah arus atau tegangan yang diberikan, contohnya seperti arus berlawanan (AC) disearahkan sehingga menghasilkan arus searah (DC). Dioda jenis ini memiliki karakteristik yang berbeda-beda

sesuai dengan kapasitas tegangan yang dimiliki.



Gambar 2.32. *Diode Rectifier*

- 5) *Diode Zener* Dioda jenis ini merupakan dioda yang memiliki kegunaan sebagai penyalas tegangan baik yang diterima maupun yang dikeluarkan, sesuai dengan kapasitas dari dioda tersebut, contohnya jika dioda tersebut memiliki kapasitas 5,1 V, maka jika tegangan yang diterima lebih besar dari kapasitasnya, maka tegangan yang dihasilkan akan tetap 5,1 tetapi jika tegangan yang diterima lebih kecil dari kapasitasnya yaitu 5,1, dioda ini tetap mengeluarkan tegangan sesuai dengan inputnya.



Gambar 2.36. *Diode Zener*

Dapat disimpulkan bahwa Jenis-Jenis Dioda tersebut memiliki berbagai kegunaan tersendiri yang dapat memanipulasi berbagai tegangan yang masuk melalui dioda tersebut. Jenis-jenis Dioda diatas merupakan beberapa contoh jenis dioda yang saat ini sudah ada dan dikembangkan, masih banyak lagi contoh lain dari jenis dioda ini.