



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah Pengiriman Daya Listrik Tanpa Kabel

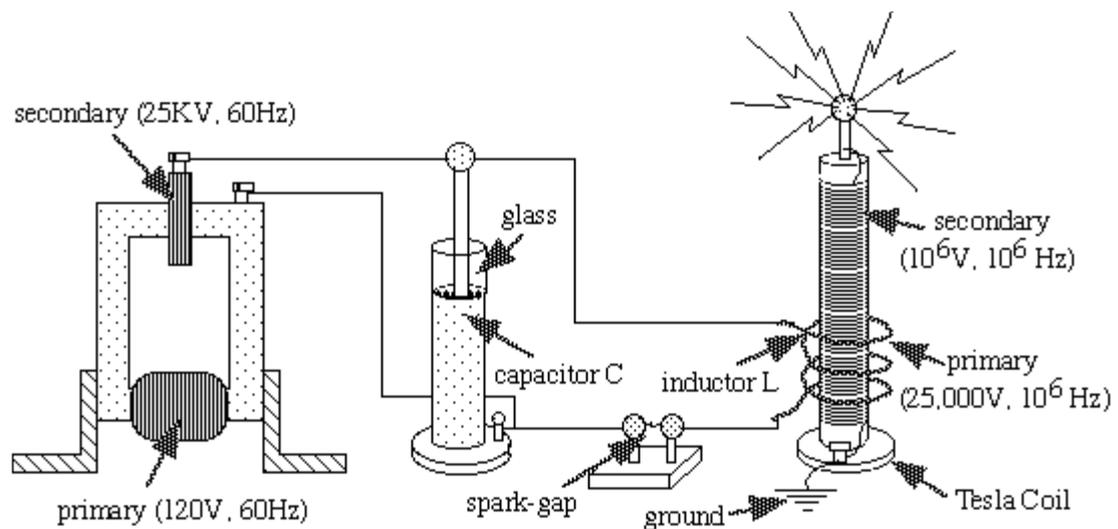
Pada abad 19 dan abad 20 sejumlah tenaga listrik yang besar merupakan f=[masih belum terbukti dan populer sejauh ini. =Pada tahun 1900, Nikola Tesla, penemu dan ilmuwan, mengusulkan penggunaan gelombang radio untuk mengirimkan daya untuk saluran listrik tegangan tinggi. Nikola Tesla lahir di Smiljan, 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 katalain 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.

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 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 metode pembentukan gelombang microwave untuk penghantar daya yang besar terbentuk. Karena pada penelitian menggunakan microwave ini efisiensi sangat dipengaruhi daya yang diterima pada antenna dan reflector. Oleh karena itu, harus menggunakan penghantar microwave dengan daya besar.



Gambar 2.1. Percobaan Kumparan Tesla (*Tesla Coil*)

(sumber : <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQ2-zcZ5EzwPtP1AA05Rn2QSTxtB-CuWnROiLEiReQPw4nex2I3>)

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. 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. (sumber : <http://insyaansori.blogspot.ae/2013/03/listrik-tanpa-kabel-wireless-electricity.html?m=1>)

2.2 Gaya Gerak Listrik (GGL)

Gaya gerak listrik adalah perubahan dari suatu bentuk energi ke bentuk energi listrik. Besar gaya gerak listrik dari suatu sumber secara kuantitatif dapat diartikan sebagai energi setiap satuan muatan listrik yang melalui sumber itu. Secara singkat, gaya gerak listrik adalah energi persatuan muatan. Gaya gerak listrik sebuah sumber ditulis dengan simbol. Jika muatan yang digerakkan itu adalah dQ dan usaha yang dibutuhkan dW , maka diperoleh hubungan :

$$\epsilon = dW / dQ \dots\dots\dots(2.1)$$

Satuan GGL (ϵ) dapat diperoleh dari hubungan persamaan diatas. Jika anda coba turunkan untuk mencarinya, anda akan peroleh bahwa satuan GGL adalah J/C atau Volt.

Pada saat penghantar dihubungkan dengan GGL, maka GGL ini ikut dialiri arus listrik (i) sehingga dalam sumber ini timbul tegangan ini disebut tegangan dalam sumber diberi simbol V_s , menurut hukum Ohm dapat dinyatakan bahwa ;

$$V = I.R \dots\dots\dots(2.2)$$

(Sumber :Sri Suratmi. 1995. Listrik Magnet. Bandung. Hal 99 – 100)

2.2.1 Medan listrik

Medan listrik adalah sebuah medan vektor yang mana merupakan distribusi vektor-vektor, dimana setiap titik dalam ruang disekitar suatu objek bermuatan,



seperti batang bermuatan, memiliki sebuah vektor (nilai dan arah). Satuan SI untuk medan listrik adalah newton per coulomb (N/C). Didalam medan listrik terdapat garis – garis medan listrik yang mana ini pertama kali ditemukan oleh Michael Faraday pada abad ke -19, membayangkan bahwa ruang disekitar sebuah benda bermuatan dipenuhi oleh garis-garis gaya. Hubungan antara garis-garis medan dan vektor medan listrik adalah sebagai berikut : (1) disembarang titik, arah garis medan yang lurus atau arah garis-singgung terhadap garis medan yang melengkung merupakan arah E dititik tersebut, dan (2) garis – garis medan dilukiskan sedemikianrupa sehingga jumlah garis persatuan luas, sebagaimana diukur/dihitung pada bidang tegak lurus terhadap garis-garis tersebut, adalah sebanding dengan magnitudo E. Sehingga, E akan bernilai besar bilamana garis-garis medan listrik terkumpul rapat dan bernilai kecil bilamana garis-garis itu renggang terpencah. “garis-garis medan listrik merentang menjauhi muatan positif (dimana garis-garis ini bermula), dan menuju muatan negatif (dimana garis-garis ini berakhir)”.(Sumber : david halliday Dkk. 2010. Fisika Dasar Edisi 7 Jilid. Jakarta. Hal :24-26: Penerbit Erlangga)

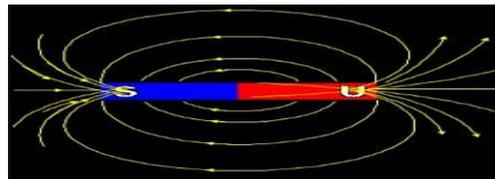
2.3 Gaya Gerak Magnet (GGM)

Gejala kemagnetan merupakan yang sudah umum dalam kehidupan sehari – hari. Bumi merupakan magnet raksasa dengan kutub utara magnet bumi berada didekat kutub selatan bumi, dan kutub selatan magnet bumi berada didekat kutub utara bumi. Magnet dapat dibentuk oleh dua kutub, yaitu kutub utara (U) dan kutub selatan (S). Anda dapat membayangkan posisi kutub utara dan selatan magnet bumi dapat berubah bila semualogam dari perut bumi dipindah kesalah satu kutub bumi, atau karena arah rotasi bumi berubah (misal dari timur ke barat atau dari utara ke selatan). Magnet itu disebut dipol (dwikutub) magnet. Tidak pernah dijumpai magnet yang berkutub tunggal (monopole). (Sumber : bambang murdaka eka jati Dkk. 2010. Fisika Dasar. Yogyakarta. Hal: 83-84)

Garis medan magnet memiliki aturan yang berlaku yaitu : (1) arah garis yang menyinggung garis medan magnet pada semua titik memberikan arah dari B pada titik tersebut, dan (2) jarak antargaris mewakili magnitudo B pada daerah



yang garis-garisnya lebih rapat memiliki medan magnet yang lebih kuat, dan sebaliknya daerah yang garis-garisnya lebih renggang memiliki medan magnet yang lebih lemah. Gambar 2.1 menunjukkan bagaimana medan magnet didekat magnet batang dapat dipresentasikan oleh garis-garis gaya magnet. Semua garis gayanya melalui magnet itu, dan semuanya membentuk loop tertutup, seperti gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Medan Magnet

(Sumber : David halliday Dkk. 2010. Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 2. Jakarta. : Penerbit Erlangga)

Pengaruh magnetik eksternal dari magnet batang adalah terkuat didekat kedua ujungnya, dimana garis-garis gayanya paling rapat. Itu sebabnya, medan magnet yang paling banyak disimpan disekitar kedua ujung magnet.

Garis gaya (tertutup) memasuki salah satu ujung magnet dan keluar dari ujung yang lain. Ujung magnet dimana garis gaya muncul disebut kutub utara magnet sedangkan ujung lain dimana garis gaya memasuki magnet disebut kutub selatan. “ kutub magnet yang berlawanan saling menarik, dan kutub magnet yang sama saling menolak”. (Sumber : David halliday Dkk. 2010. Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 2. Jakarta. hal :199 : Penerbit Erlangga).

2.3.1 Medan magnet

Interaksi antarkutub magnet terjadi karena adanya penghubung berupa medan, yang disebut medan magnet. Medan magnet bersatuan tesla (T) ; $1\text{T} = 1\text{ weber/m}^2 = 10^4\text{ gauss}$. Medan magnet (B) dapat ditentukan, baik besar maupun arahnya, dengan cara menempatkan muatan (q) didalam B pada berbagai arah kecepatan (v) dan diukur gaya magnet yang diderita oleh q, yaitu F_{mq} . Besarnya



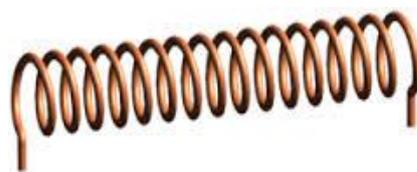
medan magnet disebut kuat medan magnet, ber lambang B . Jika v sejajar atau berlawanan arah terhadap B , maka $F_{mq} = 0$. Hal ini ditampilkan oleh lintasan q yang bergerak lurus pada kecepatan tetap atau disebut gerak lurus beraturan (GLB). Hubungan antara F_{mq} , q , dan B dinyatakan :

$$F_{mq} = qv \times B \dots \dots \dots (2.3)$$

Medan magnet (B) dapat digambarkan sebagai garis medan magnet, dengan arah B disetiap titik searah dengan arah anak panah dititik itu. Besarnya medan magnet (yang tadi disebut kuat medan magnet) sebanding dengan rapat garis medan magnet persatuan luas. Garis medan magnet selalu membentuk loop atau lintasan tertutup. Medan magnet merupakan besaran vektor, sehingga disebuah titik yang disebabkan oleh sejumlah muatan listrik yang bergerak merupakan hasil penjumlahan secara vektor. (Sumber : bambang murdaka eka jati Dkk. 2010. Fisika Dasar. Yogyakarta. Hal: 87)

2.3.2 Medan magnet dari sebuah solenoid

Medan magnet berbentuk Solenoid ialah medan magnet yang dihasilkan oleh arus dalam kumparan kawat berbentuk heliks yang panjang, tergulung rapat, seperti gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.3 Sebuah Kumparan Solenoid

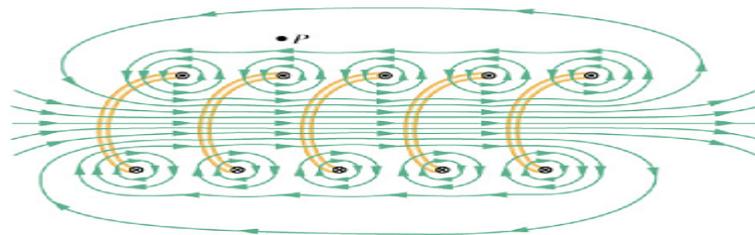
.(Sumber : David halliday Dkk. 2010. Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 2. Jakarta. : Penerbit Erlangga)

Medan magnet solenoid adalah penjumlahan vektor dari medan yang dihasilkan oleh masing-masing individu putaran kawat (lilitan) yang membentuk solenoid. Untuk titik yang sangat dekat dengan putaran kawat, kawat secara magnetis berperilaku hampir seperti kawat lurus panjang, dan garis-garis medan B



disana hampir berbentuk lingkaran konsentris. pada gambar 2 dapat dilihat bahwa medan magnet cenderung untuk menghilangkan diantara putaran kawat yang berdekatan. Gambar ini menunjukkan bahwa, pada titik-titik didalam solenoid yang letaknya cukup dari kawat, B dapat diaproksimasikan sejajar dengan sumbu pusat solenoid. Untuk kasus terbatas kepada sebuah *solenoid ideal*, yang panjangnya tak terhingga dan terdiri dari putaran kawat persegi yang sangat rapat, medan magnet dalam kumparan adalah seragam dan sejajar dengan sumbu solenoid.

Pada Gambar 2.3 dapat dilihat bahwa medan magnet yang dibangkitkan oleh bagian atas putaran kawat solenoid putaran kawat bagian atas adalah mengarah ke kiri dan cenderung untuk menghilangkan medan yang dibentuk oleh putaran kawat bagian bawah putaran kawat bagian bawah yang diarahkan ke kanan. Dalam membatasi kasus kepada sebuah solenoid ideal, medan magnet diluar solenoid adalah nol. (Sumber : David halliday Dkk. 2010. Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 2. Jakarta. hal :239-240 : Penerbit Erlangga),Berikut ini gambar untuk solenoid yang berbentuk renggang,seperti gambar 2.4berikut ini.



Gambar 2.4 Sebuah Kumparan Solenoid yang Berbentuk Renggang

(Sumber : David halliday Dkk. 2010. Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 2. Jakarta.:
Penerbit Erlangga)

Solenoida merupakan kawat berbahan konduktor yang disusun sehingga membentuk kumparan dan dapat dialiri arus listrik. Kuat medan magnet didalam sumbu solenoidajauh lebih besar bila dibandingn dengan solenoida. Solenoida disebut idealapabila medan magnet didalam solenoida bersifat homogen dan diluarnya nol. Kuat medan magnet (B) didalam solenoida dapat dihitung



menggunakan hukum ampere. Jika setiap lilitan pada solenoida memiliki arus listrik I_0 dan terdapat N buah lilitan pada solenoida sepanjang l , maka :

$$B = \mu_0 I_0 N / l \dots\dots\dots(2.4)$$

Untuk $n = N / l$ merupakan lambang jumlah lilitan persatuan panjang (disebut juga rapat lilitan), selanjutnya persamaan diatas dapat ditulis menjadi:

$$B = \mu_0 I_0 n \dots\dots\dots(2.5)$$

Teknik solenoida ini biasa digunakan untuk pembuatan elektromagnet dan toroida. Kutub selatan elektromagnet (S) merupakan kutub yang dituju oleh garis-garis medan magnet yang berasal dari kutub utara (U). (Sumber : bambang murdaka eka jati Dkk. 2010. Fisika Dasar. Yogyakarta. Hal: 93-94)

2.4 Induktansi

Induktor dapat digunakan untuk menghasilkan medan magnet yang diinginkan. Apabila mengalirkan arus i dalam gulungan (lilitan) dari solenoida yang diambil sebagai induktor, arus menghasilkan fluks magnet ϕB yang melalui wilayah tengah induktor. Induktansi dari induktor kemudian adalah

$$L = N\phi B / i \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana N adalah jumlah lilitan. Gulungan induktor dikatakan dihubungkan oleh fluks bersama, dan produk $N \phi B$ disebut hubungan fluks magnet. Induktansi L dengan demikian merupakan ukuran dari hubungan fluks yang dihasilkan oleh induktor perunit arus, seperti gambar 2.5 berikut ini.



Gambar 2.5 Lambang kumparan dalam skema rangkaian

(Sumber : David halliday Dkk. 2010. Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 2. Jakarta.: Penerbit Erlangga)



Karena satuan SI dari flusk magnet adalah tesla-meter persegi, satuan SI induktansi adalah tesla-meter persegi per Ampere ($T.m^2/A$). Kita menyebutnya Henry (H), menurut nama fisikawan amerika Joseph Henry, salah seorang penemu hukum induksi yang hidup pada masa yang sama dengan faraday. Dengan demikian,

$$1 \text{ henry} = 1 \text{ H} = T.m^2/A$$

(Sumber : David halliday Dkk. 2010. Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 2. Jakarta. hal :271 : Penerbit Erlangga)

2.4.1 Induktansi sebuah solenoid

Induktansi yang berada pada kumparan yang berbentuk Solenoid dapat dihitung hubungan fluks yang dibangkitkan oleh arus yang diberikan dalam gulungan solenoid. Perhatikan panjang l didekat bagian tengah solenoid ini. Hubungan fluks untuk bagian solenoid tersebut adalah

$$N \phi_B = (nl) (BA) \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana n adalah jumlah lilitan persatuan panjang solenoid, A adalah luas penampang solenoid dan B adalah magnitudo medan magnet dalam solenoid. Magnitudo B diberikan oleh:

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

Dengan demikian, induktansi persatuan panjang dekat pusat solenoid panjang adalah

$$L / l = \mu_0 n^2 A \dots\dots\dots(2.9)$$

(Sumber : David halliday Dkk. 2010. Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 2. Jakarta. hal : 271-272 : Penerbit Erlangga)

2.4.2 Induktansi diri

Fluks magnetik yang melalui suatu rangkaian dapat dihubungkan dengan arus dalam rangkaian tersebut dan arus dirangkaian lain yang didekatnya. Suatu kumparan yang menyalurkan arus I . Arus ini menghasilkan medan magnetik yang dapat, pada dasarnya dihitung dari hukum biot-savart. Karena medan magnetik pada setiap titik disekitar kumparan sebanding dengan I , fluks magnetik yang melalui kumparan juga sebanding dengan I :



$$\phi_m = LI \dots\dots\dots(2.10)$$

dengan L merupakan koefisien yang disebut induktansi diri kumparan tersebut. Induktansi diri tegak lurus terhadap bentuk geometrik kumparannya. Satuan SI induktansi ialah Henry. Pada dasarnya, induktansi diri sembarang kumparan dapat dihitung dengan mengambil arus I, mencari fluks ϕ_m , dan menggunakan $L = \phi_m / I$. Pada prakteknya sebenarnya, perhitungan ini sangat sulit. Akan tetapi, terdapat satu kasus, bahwa pada solenoid yang digulung rapat, induktansi diri dapat dihitung secara langsung. Medan magnetik di dalam solenoid yang digulung rapat dengan panjang yang menyalurkan arus diberikan:

$$B = \mu_0 n I \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan n merupakan jumlah lilitan per panjang satuan. Jika solenoid memiliki luas penampang A, fluks yang melalui N lilitan sama dengan:

$$\phi_m = NBA \dots\dots\dots(2.12)$$

induktansi diri sebanding dengan kuadrat jumlah lilitan perpanjang satuan dan volume. $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$. Dengan demikian, seperti kapasitansi, induktansi diri hanya bergantung pada faktor-faktor geometrik. (Sumber :Paul A Tipler. 2001. Fisika Edisi 3 Jilid 2. Jakarta. hal :298 : Penerbit Erlangga)

2.4.3 Induktansi bersama

Induktansi bersama ialah arus yang berubah-ubah dalam sebuah koil menginduksi tegangan gerak elektrik dalam koil didekatnya, interaksi magnetik antara dua kawat yang mengangkut arus tetap yang mana arus didalam satu kawat menimbulkan suatu medan magnetik yang memberikan gaya pada arus dalam kawat kedua. Tetapi sebuah interaksi tambahan akan timbul di antara dua rangkaian itu bila ada arus yang berubah-ubah disalah satu rangkaian. Arus yang mengalir dalam koil 1 menghasilkan medan magnetik B dan karenanya menghasilkan fluks magnetik melalui koil 2. Jika arus dalam koil 1 berubah, fluks yang melalui koil 2 juga akan berubah; menurut hukum Faraday, perubahan fluks ini menginduksi tge dalam koil 2, dengan cara ini, suatu perubahan arus dalam satu rangkaian dapat menginduksi arus dalam rangkaian kedua.

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s} \dots\dots\dots(2.13)$$



Dengan :

V_p = tegangan primer (tegangan input = V_i) dengan satuan volt (V)

V_s = tegangan sekunder (tegangan output = V_o) dengan satuan volt (V)

N_p = jumlah lilitan primer

N_s = jumlah lilitan sekunder

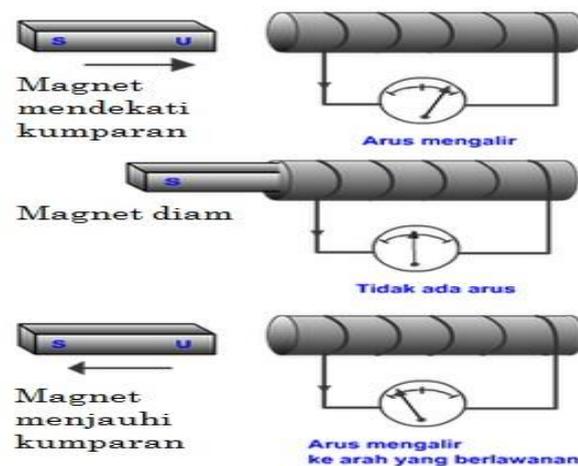
I_p = kuat arus primer (kuat arus input = I_i) dengan satuan ampere (A)

I_s = kuat arus sekunder (kuat arus output = I_o) dengan satuan ampere (A)

Induksi bersama merupakan sebuah gangguan dalam rangkaian listrik karena perubahan arus dalam satu rangkaian dapat menginduksi tegangan gerak listrik yang tidak diinginkan dalam rangkaian lainnya yang berada di dekatnya. Induksi bersama digunakan didalam sebuah transformator, yang digunakan dalam arus bolak-balik untuk menaikkan atau menurunkan tegangan.

2.5 Induksi Elektromagnetik

Selama tahun 1830-an, beberapa eksperimen perintis dengan tge yang diinduksi secara magnetik dilakukan di inggris oleh michael faraday dan di amerika oleh Joseph Henry (1797-1878) yang mana percobaan nya sebuah kawat disambungkan ke sebuah galvanometer, Berikut ini gambar 2.6 dari induksi elektromagnetik:



Gambar 2.6 Induksi Elektromagnetik

(Richard Blocher, 2004: 65).



Bila magnet didekatnya stationer, maka galvanometer memperlihatkan tidak adanya arus. Ini tidak mengherankan karena tidak ada sumber tge dalam rangkaian itu. Tetapi apabila kita menggerakkan magnet, baik menuju atau menjauhi kcoil itu, maka galvanometer tersebut akan memperlihatkan arus dalam rangkaian tersebut. Itumerupakan arus induksi dan tge yang bersangkutan yang diperlukan untuk menyebabkan arus ini dinamakan sebuah tge induksi.

Lalu magnet diganti dengan sebuah kcoil kedua yang disambungkan ke sebuah aki. Bila kcoil kedua itu stationer, maka tidak ada arus dalam kcoil pertama. Akan tetapi apabila kita menggerakkan kcoil kedua itu menuju atau menjauhi kcoil pertama atau jika kita menggerakkan kcoil pertama itu menuju atau menjauhi kcoil kedua, maka ada arus di kcoil pertama itu, tetapi sekali lagi hanya ketika satu kcoil bergerak relatif terhadap kcoil lainnya.

Akhirnya, dengan menggunakan susunan kedua kcoil lalu memegang kedua kcoil stationer dan mengubah arus dalam kcoil kedua, baik dengan membuka atau menutup saklar itu maupun dengan mengubah hambatan kcoil kedua dengan saklar yang ditutup. Kita mendapatkan bahwa sewaktu kita membuka atau menutup saklar itu, ada pulsa arus sementara dalam rangkaian pertama. Bila kita mengubah hambatan (jadi kita mengubah arus) pada kcoil kedua, maka ada sebuah arus induksi dalam rangkaian pertama, tetapi hanya ketika arus dalam rangkaian kedua itu sedang berubah.

Untuk menyelidiki lebih jauh elemen-elemen yang lain dalam pengamatan ini, kita menyambungkan sebuah kcoil kawat ke sebuah galvanometer, kemudian kita menempatkan kcoil itu diantara kutub-kutub sebuah elektromagnet yang medan magnenya dapat diubah. Inilah apa yang dapat diamati:

1. Bila tidak ada arus dalam elektromagnet, sehingga $B = 0$, galvanometer menunjukkan tidak ada arus.
2. Bila elektromagnet itu dihidupkan, maka ada arus sementara yang melalui galvanometer itu sewaktu B bertambah.
3. Bila B mencapai sebuah nilai tunak ddan nilai tetap, arus itu turun ke nol tak peduli berapapun besarnya B .



4. Dengan koil itu berada dalam bidang horizontal, kita menjepinya sehingga mengurangi luas penampang koil itu. Galvanometer mendeteksi arus hanya selama deformasi tersebut, bukan sebelum atau sesudahnya. Bila kita menambah luas penampang koil untuk mengembalikan koil ke bentuk semula, maka terdapat arus dalam arah berlawanan tetapi hanya ketika luas koil sedang berubah.
5. Jika kita merotasikan koil beberapa derajat terhadap sumbu horizontal, galvanometer mendeteksi arus selama rotasi tersebut, dalam arah yang sama seperti kita mengurangi luas koil itu. Bila kita merotasikan koil itu kembali, ada sebuah arus dalam arah yang berlawanan selama rotasi ini.
6. Jika kita menyentakkan koil itu keluar dari medan magnetik tersebut, ada arus selama gerak itu, dalam arah yang sama seperti ketika kita mengurangi luas koil itu.
7. Jika kita mengurangi banyaknya lilitan dalam koil dengan mengubah satu atau lebih lilitan, ada sebuah arus selama kita membuka lilitan itu, dalam arah yang sama seperti kita mengurangi luas koil tersebut. Jika kita melilitkan lebih banyak lilitan pada koil, ada sebuah arus dalam arah yang berlawanan selama kita melilitkan lilitan tersebut.
8. Bila magnet dimatikan, terdapat arus yang sementara dalam arah berlawanan pada arus ketika magnet dihidupkan.
9. Semakin cepat kita melaksanakan perubahan-perubahan ini, semakin besar pula arus.
10. Jika semua eksperimen ini diulangi dengan sebuah koil yang mempunyai bentuk sama tetapi material berbeda dan hambatan berbeda, maka arus disetiap kasus adalah berbanding balik dengan hambatan rangkaian total. Ini memperlihatkan bahwa tge induksi yang menyebabkan arus itu tidak bergantung pada material koil tetapi hanya bergantung pada bentuknya dan medan magnetiknya.

Kumparan adalah suatu lilitan kawat yang suatu isinya feromagnetik atau paramagnetik untuk memperkuat medan magnet B . Ketika kumparan dialiri arus,



maka akan ada medan magnet didalam kumparan. Ketika arus berubah, maka medan magnet dalam kumparan juga akan berubah. Ketika medan magnet dalam kumparan, maka akan ada induksi tegangan didalam kumparan yang sebanding dengan kecepatan perubahan medan magnet, dimana medan magnet sebanding dengan arus besar dalam kumparan. (Richard Blocher, 2004: 65). Induktansi dibentuk oleh dua penghantar yang terpisah oleh ruangan bebas, dan tersusun sedemikian hingga fluks magnetik dari yang satu terkait yang lain. (Joseph A. Edminister, 1979: 138). Oleh sebab itu terdapat tegangan induksi yang sebanding dengan kecepatan perubahan arus dalam kummparan:

$$V^*(t) = - L \, dI(t) / dt \dots \dots \dots (2.14)$$

Tanda minus menunjukkan bahwa tegangan berlawanan arah dengan perubahan arus yang menghasilkan tegangan induksi. Tetapi untuk mendapatkan perubahan arus $dI(t) / dt$ diperlukan tegangan yang berlawanan tegangan induksi ini, bearti dalam elektronika yang mana kita menghitung tegangan $V(t)$ yang dipasang pada kaki komponen terdapat : $V(t) = -V^*(t)$. Sehingga rumus yang dipakai dalam elektronika adalah :

$$V(t) = - L \, dI(t) / dt \dots \dots \dots (2.15)$$

Konstanta L menunjukkan besarnya tegangan induksi yang dihasilkan oleh suatu kumparan tertentu melalui medan magnet dari arus pada kumparan itu sendiri. L disebut induktivitas diri atau induktansi diri. Induktansi diri L tergantung dari jumlah lilitan, besar luasan dalam lilitan dan bahan kern yang ada di dalam kumparan. (Richard Blocher, 2004: 65).

2.6 Resonansi

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 sebuah contoh osilasi sederhana adalah ayunan yang didalamnya terdapat energi kinetik dan energi



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

Resonansi juga dapat dikatakan sebagai sebuah fenomena dimana sebuah sistem yang bergetar dengan amplitudo maksimum akibatnya adanya impuls gaya yang berubah-ubah yang bekerja pada impuls tersebut. Dengan kata lain resonansi adalah peristiwa bergetarnya suatu benda akibat getaran benda lain. Jika kita melakukan pada sebuah percobaan tentang resonansi maka hal yang paling mudah diperhatikan adalah resonansi pada garpu tala. bila sebuah garpu tala digetarkan didekat satu kolom udara yang salah satu ujungnya tertutup sedangkan ujung lainnya terbuka maka resonansi akan terjadi, seperti gambar 2.7 berikut ini.



Gambar 2.7 Resonansi Pada Garpu Tala

(Sumber : Michael Octora.2010.Analisa dan Rancang Bangun Rangkaian Penerima Pada Sistem Transfer Daya Listrik Tanpa Kabel.FT Universitas Indonesia.)

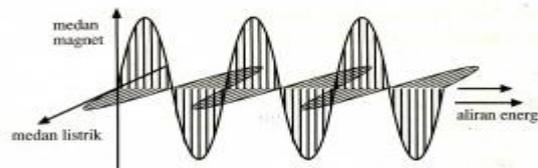
2.7 Resonansi Elektromagnetik

Resonansi elektromagnetik ada secara luas di dalam sistem elektromagnetik. Medan elektromagnetik itu sendiri merupakan bidang energi yang dapat memberikan energi untuk digunakan dalam proses terjadinya aliran listrik. Mengingat bahaya bagi masyarakat dan organisme lain di dalam medan listrik, medan magnet yang aman dan lebih sesuai untuk digunakan sebagai media



pengiriman energi dalam perpindahan energi resonansi secara magnetis.

Radiasi gelombang elektromagnetik itu sendiri mengandung energi. Tidak peduli apakah ada penerima atau tidak, energi dari gelombang elektromagnetik itu secara terus menerus dikonsumsi. Jika kita dapat membuat suatu medan magnetik non-radiasi dengan frekuensi resonansi tertentu, saat penghasil resonansi seperti rangkaian osilasi LC, dengan frekuensi resonansi yang sama di dalamnya, maka dapat dihasilkan suatu resonansi elektromagnetik, kumparan induktansi akan terus mengumpulkan energi tegangan akan naik dan energi yang di terima dapat disalurkan ke beban setelah dikonversi dengan rangkaian tambahan, seperti gambar 2.8 berikut ini.



Gambar 2.8 Gelombang Elektromagnetik

(Sumber : Michael Octora.2010.Analisa dan Rancang Bangun Rangkaian Penerima Pada Sistem Transfer Daya Listrik Tanpa Kabel.FT Universitas Indonesia.)

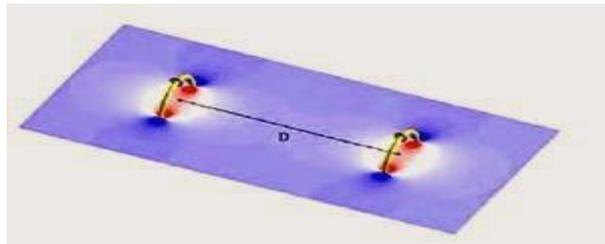
Secara umum, sistem elektromagnetik dengan frekuensi resonansi sama memiliki kelemahan dalam jarak tertentu. Dua sistem dengan frekuensi resonansi yang sama akan menghasilkan resonansi magnetik yang kuat dan membentuk sebuah sistem resonansi magnetik. Jika ada lebih dari dua penghasil resonansi dalam rentang yang masih efektif, mereka juga dapat bergabung dengan sistem resonansi magnetik ini. Satu resonator dapat dihubungkan dengan pasokan listrik terus-menerus untuk berperan sebagai sumber energi dan yang lainnya mengkonsumsi energi, sehingga sistem pengiriman energi ini dapat terwujud. Dengan kata lain, sistem ini dapat mengirimkan energi dari satu tempat ke tempat lain melalui medan magnet yang tidak terlihat (*wireless*), bukan dengan cara seperti biasa yang melalui kabel listrik yang dapat dilihat. (Sumber : Michael Octora.2010.Analisa dan Rancang Bangun Rangkaian Penerima Pada Sistem



Transfer Daya Listrik Tanpa Kabel.FT Universitas Indonesia.hal : 16 -17)

2.8 Prinsip Resonansi Bersama

Prinsip dasar induksi elektromagnetik adalah pada saat arus bolak balik melewati suatu kumparan, disekitar kumparan tersebut akan menghasilkan suatu medan magnet. Jika pada kondisi ini diletakkan suatu kumparan lain di dekat kumparan tersebut, maka medan magnet dari kumparan yang pertama akan timbul juga di sekitar kumparan yang kedua. Ini merupakan alasan kenapa pengiriman energi tanpa kabel dapat terjadi diantara kedua kumparan tersebut. Sama seperti yang telah diuraikan sebelumnya, resonansi bersama adalah suatu keadaan khusus dari pengiriman energi tanpa kabel. Letak dari kekhususannya adalah kumparan yang digunakan untuk beresonansi bersama beroperasi pada kondisi resonansi, seperti gambar 2.9 berikut ini.



Gambar 2.9 Resonansi Bersama

(Sumber : Michael Octora.2010.Analisa dan Rancang Bangun Rangkaian Penerima Pada Sistem Transfer Daya Listrik Tanpa Kabel.FT Universitas Indonesia.)

Resonansi terjadi ketika frekuensi resonansi sendiri dari kumparan-kumparan tersebut bernilai sama dengan frekuensi sumber arus bolak balik, saat rangkaian ekuivalen dari kumparan-kumparan tersebut di frekuensi tinggi memiliki impedansi paling kecil. Pada saat kondisi seperti inilah energi paling banyak dapat dikirimkan melalui jalur resonansi.

Gambar 2.8 menunjukkan terjadinya proses resonansi magnetik bersama, warna kuning menunjukkan kumparan yang memiliki frekuensi resonansi yang sama, warna biru dan merah menunjukkan medan magnet yang disebabkan pada



kumparan tersebut, yang keduanya adalah identik satu sama lain, inilah gambaran sederhana dari resonansi bersama. (Sumber : Michael Octora.2010.Journal Analisa dan Rancang Bangun Rangkaian Penerima Pada Sistem Transfer Daya Listrik Tanpa Kabel.FT Universitas Indonesia.hal : 18)

2.9 Radiasi Gelombang dan arah radiasi

Radiasi dapat diartikan sebagai energi yang dipancarkan dalam bentuk partikel atau gelombang. Pengertian tentang radiasi dan gelombang dapat dijelaskan pada kejadian berikut.

Apa yang Anda lakukan jika Anda melihat kolam air tenang yang pada permukaannya mengapung beberapa helai daun? Secara spontan mungkin Anda akan melempar kerikil ke kolam tersebut. Dapat Anda lihat bahwa pada lokasi jatuhnya kerikil akan muncul riak, yang kemudian akan menyebar dalam bentuk lingkaran. Riak-riak tersebut adalah gelombang dan memperlihatkan pergerakan energi yang diberikan oleh kerikil, dan energi tersebut menyebar dari lokasi jatuhnya kerikil ke segala arah. Ketika riak mencapai daun, daun tersebut akan terangkat naik ke puncak gelombang.

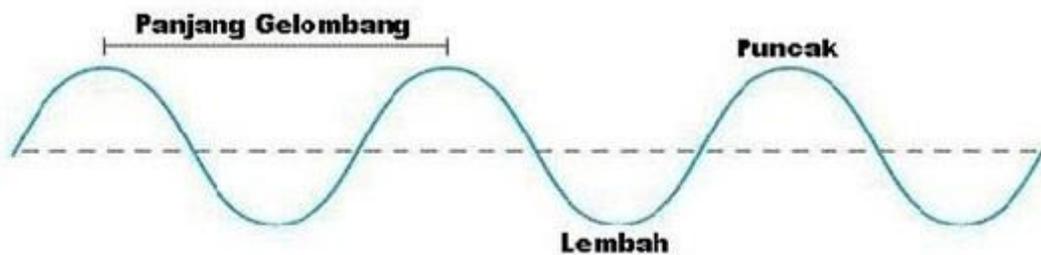


Gambar 2.10 Arah pergerakan gelombang



Berdasarkan kejadian tersebut dapat dilihat bahwa untuk mengangkat sesuatu diperlukan energi. Karena itu, terangkatnya daun memperlihatkan bahwa gelombang mempunyai energi, dan energi tersebut telah bergerak dari lokasi jatuhnya kerikil ke lokasi terangkatnya daun. Hal yang sama juga berlaku untuk berbagai jenis gelombang dan radiasi lain.

Salah satu karakteristik dari semua radiasi adalah radiasi mempunyai panjang gelombang, yaitu jarak dari suatu puncak gelombang ke puncak gelombang berikutnya.



Gambar.2.11 karakteristik panjang gelombang



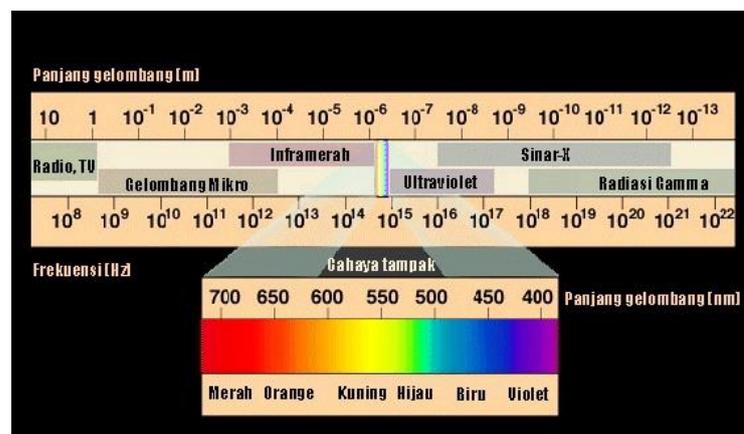
Gambar.2.12 Jenis-Jenis Radiasi



Radiasi terdiri dari beberapa jenis, dan setiap jenis radiasi tersebut memiliki panjang gelombang masing-masing. Ditinjau dari massanya, radiasi dapat dibagi menjadi 2, yaitu :

1. Radiasi elektromagnetik adalah radiasi yang tidak memiliki massa. Radiasi ini terdiri dari gelombang radio, gelombang mikro, inframerah, cahaya tampak, sinar-X, sinar gamma dan sinar kosmik.
2. Radiasi partikel adalah radiasi berupa partikel yang memiliki massa, misalnya partikel beta, alfa dan neutron.

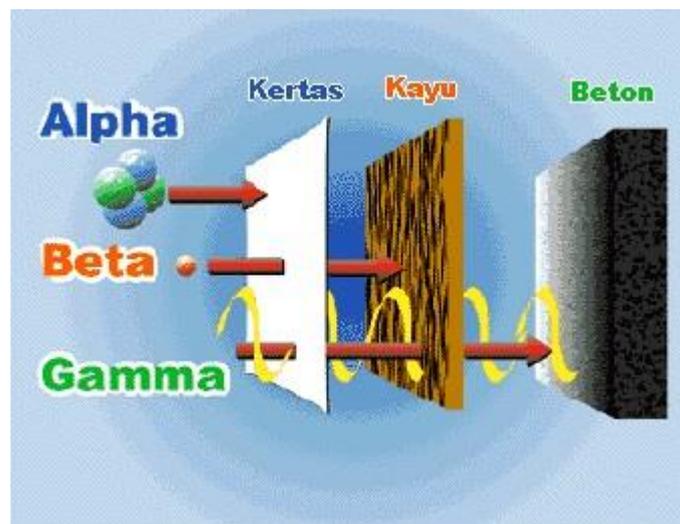
Jika ditinjau dari "muatan listrik"-nya, radiasi dapat dibagi menjadi radiasi pengion dan radiasi non-pengion. Radiasi pengion adalah radiasi yang apabila menumbuk atau menabrak sesuatu, akan muncul partikel bermuatan listrik yang disebut ion. Peristiwa terjadinya ion ini disebut ionisasi. Ion ini kemudian akan menimbulkan efek atau pengaruh pada bahan, termasuk benda hidup. Radiasi pengion disebut juga radiasi atom atau radiasi nuklir. Termasuk ke dalam radiasi pengion adalah sinar-X, sinar gamma, sinar kosmik, serta partikel beta, alfa dan neutron. Partikel beta, alfa dan neutron dapat menimbulkan ionisasi secara langsung. Meskipun tidak memiliki massa dan muatan listrik, sinar-X, sinar gamma dan sinar kosmik juga termasuk ke dalam radiasi pengion karena dapat menimbulkan ionisasi secara tidak langsung. Radiasi non-pengion adalah radiasi yang tidak dapat menimbulkan ionisasi. Termasuk ke dalam radiasi non-pengion adalah gelombang radio, gelombang mikro, inframerah, cahaya tampak dan ultraviolet.



Gambar 2.13 spektrum panjang gelombang



Tulisan ini hanya akan membicarakan radiasi pengion, khususnya sinar-X dan sinar gamma. Kedua jenis radiasi ini mempunyai potensi bahaya yang lebih besar dibandingkan dengan jenis radiasi lainnya. Pengaruh sinar kosmik hampir dapat diabaikan karena sebelum mencapai tubuh manusia, radiasi ini telah berinteraksi terlebih dahulu dengan atmosfer bumi. Radiasi beta hanya dapat menembus kertas tipis, dan tidak dapat menembus tubuh manusia, sehingga pengaruhnya dapat diabaikan. Demikian pula dengan radiasi alfa, yang hanya dapat menembus beberapa milimeter udara. Sedang radiasi neutron pada umumnya hanya terdapat di reaktor nuklir.



Gambar 2.14 daya tembus beberapa radiasi peng-ion

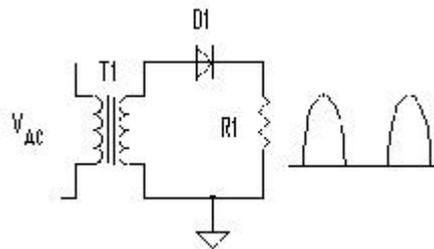
2.10 Penyearah / Rectifier

Fungsi penyearah atau *rectifier* di dalam rangkaian catu daya adalah untuk mengubah tegangan listrik AC yang berasal dari trafo step – down atau trafo adaptor menjadi tegangan listrik arus searah. Pada umumnya tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian *rectifier* masih belum rata dan masih terdapat ripple – ripple tegangan yang cukup besar. (Sumber : Salwin Anwar Dkk.2010.Pemakaian Remote Control TV Dengan Menggunakan Mikrokontroler AT89S51 Sebagai Alat Pemutus dan Penghubung Tegangan KWH Meter 1 Phasa).Politeknik Negeri Padang.Hal:68)



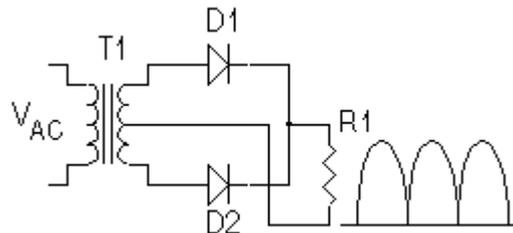
Kita mengenal 3 macam penyearah yaitu :

1. Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang (*Half wave rectifier*) dapat dilihat pada gambar 2.15 dibawah ini.



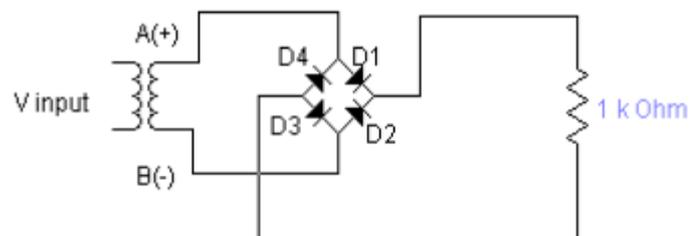
Gambar 2.15 Rangkaian Penyearah Setengah Gelombang

2. Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh dengan dua buah dioda, dapat dilihat pada gambar 2.16 dibawah ini.



Gambar 2.16 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh dengan dua buah dioda

3. Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh dengan empat buah dioda, dapat dilihat pada gambar 2.17 dibawah ini.



Gambar 2.17 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh dengan empat buah dioda

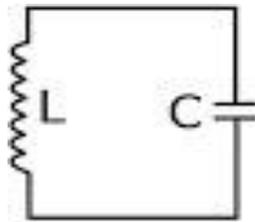


2.11 Transmitter Coil

Transmitter Coil yaitu rangkaian pemancar yang terdiri dari pembangkit tegangan arus bolak balik dan rangkaian LC sebagai penghasil frekuensi resonansi magnetik yang akan mengirimkan daya listrik ke rangkaian penerima. *Transmitter Coil* ialah rangkaian yang digunakan untuk mengirimkan tegangan didalam *transmitter coil* ini terdapat Transistor IRFZ44N sebagai efek medan dan RF Choke sebagai penguat pengiriman, selain itu rangkaian LC menghasilkan frekuensi resonansi magnetik.

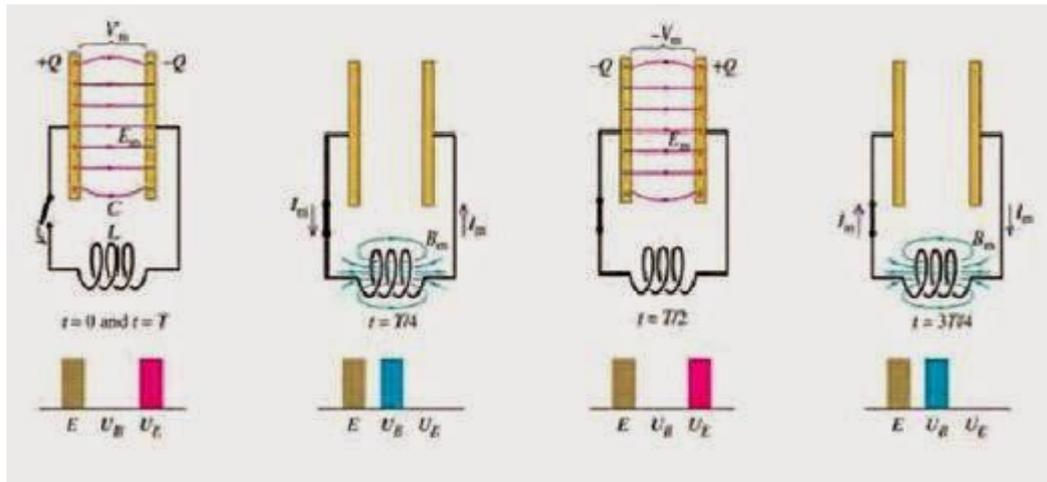
2.11.1 Rangkaian LC

Rangkaian LC adalah suatu rangkaian resonansi yang terdiri dari induktor (L) dan kapasitor (C). Rangkaian LC biasa digunakan untuk menghasilkan sumber arus bolak balik atau sebagai pembangkit sinyal, seperti gambar 2.13 berikut ini.



Gambar 2.18 Rangkain LC

Prinsip kerja dari rangkain LC agar dapat menghasilkan sinyal bolak balik atau berisolasi adalah dengan menggunakan kapasitor dan induktornya. Kapasitor menyimpan energi di dalam medan listrik antara kedua pelatnya, berdasarkan besarnya tegangan di antara kedua pelat tersebut sedangkan induktor menyimpan energi di dalam medan magnetnya sesuai dengan besarnya arus yang melalui induktor tersebut, seperti gambar 2.19 berikut ini.



Gambar 2.19 Prinsip Kerja Rangkaian LC

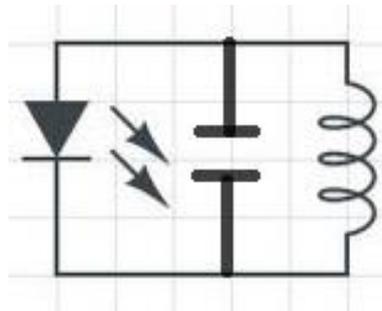
Pada gambar 2.19, posisi paling kiri menunjukkan awal, $t = 0$ atau $t = T$, dimana nilai kapasitor maksimum, dan tidak ada arus mengalir. Pada saat saklar mulai di tutup yaitu antara $t = 0$ sampai $t = T/4$, terjadi rangkaian tertutup, kapasitor mulai *discharge* dan arus mengalir berlawanan arah jarum jam menuju induktor dan terus meningkat. Pada kondisi $t = T/4$, kapasitor bernilai minimum, arus yang mengalir maksimum dan masih berlawanan arah jarum jam. Dari $t = T/4$ sampai $t = T/2$ arus terus mengalir mengisi kapasitor dengan sisi yang berlawanan, dan arus yang mengalir mulai berkurang. Pada saat $t = T/2$ tidak ada lagi arus yang mengalir di rangkaian dan kapasitor maksimum. Dari $t = T/2$ sampai $t = 3T/4$ kapasitor mulai *discharge* dan arus mengalir searah jarum jam dan terus meningkat. Pada saat $t = 3T/4$ kapasitor sudah kosong arus mengalir maksimum melewati induktor searah jarum jam. Dari $t = 3T/4$ sampai $t = T$, kapasitor mulai mengisi kembali arus berjalan menuju kapasitor dengan sisi yang sama dengan sisi awal searah jarum jam dan terus menurun sampai kapasitor penuh. Hal ini terus berulang ke awal, sehingga di dapatkan sinyal yang bolak balik.

2.12 Receiver Coil

Receiver Coil merupakan penangkap induksi resonansi magnetik dari rangkaian pemancar untuk menerima daya listrik yang akan disalurkan menuju



beban. Penerima gelombang elektromagnetik dengan proses resonansi magnetik, rangkaian penerima terdiri dari atas induktor (lilitan kawat email). Rangkaian *receiver coil* akan langsung dihubungkan dengan lampu LED, Gambar 2.12 menjelaskan tentang rangkaian *receiver coil*, seperti gambar 2.15 berikut ini.



Gambar 2.20 Rangkaian *Receiver Coil*

2.12.1 Lampu LED

Lampu LED atau kepanjangannya Light Emitting Diode adalah suatu lampu indikator dalam perangkat elektronika yang biasanya memiliki fungsi untuk menunjukkan status dari perangkat elektronika tersebut. Misalnya pada sebuah komputer, terdapat lampu LED power dan LED indikator untuk processor, atau dalam monitor terdapat juga lampu LED power dan power saving. Lampu LED terbuat dari plastik dan dioda semikonduktor yang dapat menyala apabila dialiri tegangan listrik rendah. Berbagai macam warna dan bentuk dari lampu LED, disesuaikan dengan kebutuhan dan fungsinya.

Fungsi Lampu LED (Light Emitting Diode) merupakan sejenis lampu yang akhir-akhir ini muncul dalam kehidupan kita. LED dulu umumnya digunakan pada gadget seperti ponsel atau PDA serta komputer. Sebagai pesaing lampu bohlam dan neon, saat ini aplikasinya mulai meluas dan bahkan bisa kita temukan pada korek api yang kita gunakan, lampu emergency dan sebagainya. Led sebagai model lampu masa depan dianggap dapat menekan pemanasan global karena efisiensinya. Lampu LED sekarang sudah digunakan untuk:

1. Penerangan untuk rumah
2. penerangan untuk jalan



3. lalu lintas
4. advertising
5. interior/eksterior gedung

Kualitas cahayanya memang berbeda dibandingkan dengan lampu TL atau lampu lainnya. Tingkat pencahayaan LED dalam ruangan memang tak lebih terang dibandingkan lampu neon, inilah mengapa LED dianggap belum layak dipakai secara luas. Untungnya para ilmuwan di University of Glasgow menemukan cara untuk membuat LED bersinar lebih terang. Solusinya adalah dengan membuat lubang mikroskopis pada permukaan LED sehingga lampu bisa menyala lebih terang tanpa menggunakan tambahan energi apapun. Pelubangan tersebut menerapkan sistem *nano-imprint lithography* yang sampai saat ini proyeknya masih dikembangkan bersama-sama dengan Institute of Photonics, seperti gambar 2.16 berikut ini.



Gambar 2.21 Lampu LED

Sementara ini beberapa jenis lampu LED sudah dipasarkan oleh Philips. Anda bisa menemui beberapa model lampu LED bergaya bohlam yang hadir dalam warna putih susu dan juga warna-warni. Daya yang diperlukan lampu jenis ini hanya sekitar 4-10 watt saja dibandingkan lampu neon sejenis yang mencapai 12-20 watt. Jika dihitung secara seksama memang bisa diakui bahwa lampu LED menggunakan daya yang lebih hemat daripada lampu TL.

Sumber cahaya dari waktu ke waktu semakin berkembang, mulai dari penemuan lampu pijar oleh Edison dan dalam waktu yang hampir bersamaan ditemukan juga lampu fluorescence (TL) dan merkuri. Saat ini ada beberapa jenis lampu yang digunakan manusia untuk berbagai keperluan, yaitu lampu pijar, TL, LED, Merkuri, Halogen, Sodium dan sebagainya. Namun masih ada kekurangan pada lampu generasi pertama sehingga lampu terus dikembangkan agar bisa



menghasilkan cahaya yang terang, memberikan warna yang bagus, hemat energi, portable (mudah dibawa) dan lain sebagainya. Yang paling menarik dari beberapa jenis lampu adalah LED. *Light Emitting Diode* (LED) merupakan jenis dioda semikonduktor yang dapat mengeluarkan energi cahaya ketika diberikan tegangan.

Semikonduktor merupakan material yang dapat menghantarkan arus listrik, meskipun tidak sebaik konduktor listrik. Semikonduktor umumnya dibuat dari konduktor lemah yang diberi 'pengotor' berupa material lain. Dalam LED digunakan konduktor dengan gabungan unsur logam aluminium-gallium-arsenit (AlGaAs). Konduktor AlGaAs murni tidak memiliki pasangan elektron bebas sehingga tidak dapat mengalirkan arus listrik. Oleh karena itu dilakukan proses *doping* dengan menambahkan elektron bebas untuk mengganggu keseimbangan konduktor tersebut, sehingga material yang ada menjadi semakin konduktif.

Proses Pembangkitan Cahaya pada LED Cahaya pada dasarnya terbentuk dari paket-paket partikel yang memiliki energi dan momentum, tetapi tidak memiliki massa. Partikel ini disebut foton. Foton dilepaskan sebagai hasil pergerakan elektron. Pada sebuah atom, elektron bergerak pada suatu orbit yang mengelilingi sebuah inti atom. Elektron pada orbital yang berbeda memiliki jumlah energi yang berbeda. Elektron yang berpindah dari orbital dengan tingkat energi lebih tinggi ke orbital dengan tingkat energi lebih rendah perlu melepas energi yang dimilikinya. Energi yang dilepaskan ini merupakan bentuk dari foton. Semakin besar energi yang dilepaskan, semakin besar energi yang terkandung dalam foton.

Pembangkitan cahaya pada lampu pijar adalah dengan mengalirkan arus pada filamen (kawat) yang letaknya ada ditengah-tengah bola lampu dan menyebabkan filamen tersebut panas, setelah panas pada suhu tertentu (tergantung pada jenis bahan filamen), filamen tersebut akan memancarkan cahaya. Namun karena pada lampu pijar yang memancarkan cahaya adalah filamen yang terbakar, tapi jika suhu pada filamen melewati batas kemampuan filamen untuk menahan



panas, akan mengakibatkan filamen lampu pijar sedikit demi sedikit meleleh dan selanjutnya putus sehingga lampu pijar tidak akan bisa memancarkan cahaya lagi. Umur dari lampu pijar kurang lebih sekitar 2000 jam. Sedangkan pada lampu *fluorescence* atau lampu TL, proses pembangkitan cahaya hanya memanfaatkan ionisasi gas dalam tabung lampu lalu diberikan beda potensial diantara kedua ujung tabung lampu TL sehingga mengakibatkan loncatan-loncatan elektron dari ujung yang satu ke ujung yang lain dan saat terjadi loncatan elektron bersamaan dengan dipancarkannya cahaya dari loncatan tersebut. Kekurangan dari lampu TL adalah jika gas yang ada dalam tabung habis, maka cahayanya tidak bisa dipancarkan lagi. Umur dari lampu TL relatif lebih lama daripada lampu pijar.

Ketika sebuah dioda sedang mengalirkan elektron, terjadi pelepasan energi yang umumnya berbentuk emisi panas dan cahaya. Material semikonduktor pada dioda sendiri menyerap cukup banyak energi cahaya, sehingga tidak seluruhnya dilepaskan. LED merupakan dioda yang dirancang untuk melepaskan sejumlah banyak foton, sehingga dapat mengeluarkan cahaya yang tampak oleh mata. Umumnya LED dibungkus oleh bohlam plastik yang dirancang sedemikian sehingga cahaya yang dikeluarkan terfokus pada suatu arah tertentu.

Setiap material hanya dapat mengemisikan foton dalam rentang frekuensi sangat sempit. LED yang menghasilkan warna berbeda terbuat dari material semikonduktor yang berbeda pula, serta membutuhkan tingkat energi berbeda untuk menghasilkan cahaya. Misalnya AlGaAs - merah dan inframerah, AlGaP - hijau, GaP - merah, kuning dan hijau.

Lampu pijar lebih murah tapi juga kurang efisien dibanding LED. Lampu TL lebih efisien daripada lampu pijar, tapi butuh tempat besar, mudah pecah dan membutuhkan *starter* atau rangkaian *ballast* yang terkadang terdengar suara dengungnya.

LED mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan lampu pijar konvensional. LED tidak memiliki filamen yang terbakar, sehingga usia pakai LED jauh lebih panjang daripada lampu pijar, LED tidak memerlukan gas untuk



menghasilkan cahaya. Selain itu bentuk dari LED yang sederhana, kecil dan kompak memudahkan penempatannya. Dalam hal efisiensi, LED juga memiliki keunggulan. Pada lampu pijar konvensional, proses produksi cahaya menghasilkan panas yang tinggi karena filamen lampu harus dipanaskan. LED hanya sedikit menghasilkan panas, sehingga porsi terbesar dari energi listrik yang ada digunakan untuk menghasilkan cahaya dan membuatnya jauh lebih efisien.