

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

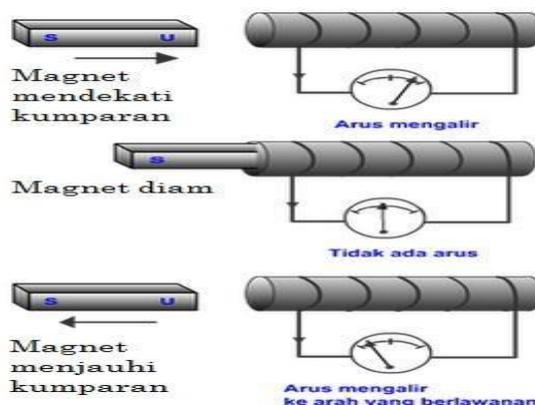
2.1 Transfer Energi Nirkabel

Transfer energi nirkabel atau wireless energy transfer merupakan salah satu alternatif penyaluran energi menggunakan media udara atau tanpa kabel. Wireless Power Transfer juga dikenal dengan WPT. Transmisi energi menggunakan media udara bisa untuk menyalurkan energi dimana letak sumber energi dan beban dalam jarak berjauhan.

Prinsip dasar bagaimana energi listrik dapat di transfer tanpa kabel adalah berhubungan dengan fenomena resonansi. Resonansi merupakan proses bergetarnya suatu benda dikarenakan ada benda lain yang bergetar, hal ini terjadi dikarenakan suatu benda bergetar pada frekuensi yang sama dengan frekuensi benda yang terpengaruhi.

2.1.1 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 percobaannya sebuah kawat disambungkan ke sebuah galvanometer. Berikut ini gambar 2.1 dari induksi elektromagnetik:



Gambar 2.1 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. Itu merupakan arus induksi dan tge yang bersangkutan yang diperlukan untuk menyebabkan arus ini dinamakan sebuah tge induksi.

Lalu magnet diganti dengan sebuah koil kedua yang disambungkan ke sebuah aki. Bila koil kedua itu stationer, maka tidak ada arus dalam koil pertama. Akan tetapi apabila kita menggerakkan koil kedua itu menuju atau menjauhi koil pertama atau jika kita menggerakkan koil pertama itu menuju atau menjauhi koil kedua, maka ada arus di koil pertama itu, tetapi sekali lagi hanya ketika satu koil bergerak relatif terhadap koil lainnya. Akhirnya, dengan menggunakan susunan kedua koil lalu memegang kedua koil stationer dan mengubah arus dalam koil kedua, baik dengan membuka atau menutup saklar itu maupun dengan mengubah hambatan koil 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 koil kedua, maka ada sebuah arus induksi dalam rangkaian pertama, tetapi hanya ketika arus dalam rangkaian kedua itu sedang berubah.

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 [4]. Induktansi dibentuk oleh dua penghantar yang terpisah oleh ruangan bebas, dan tersusun sedemikian hingga fluks magnetik dari yang satu terkait yang lain [5]. Oleh sebab itu terdapat tegangan induksi yang sebanding dengan kecepatan perubahan arus dalam kumparan:

$$V^*(t) = - L \, dI(t) / dt \dots\dots\dots(2.1)$$

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, berarti dalam elektronika yang mana kita menghitung tegangan $V(t)$ yang dipasang pada kaki komponen terdapat :

$$V(t) = - V^*(t) \dots\dots\dots(2.2)$$

Sehingga rumus yang dipakai dalam elektronika adalah :

$$I = C \frac{dv}{dt} \dots\dots\dots(2.3)$$

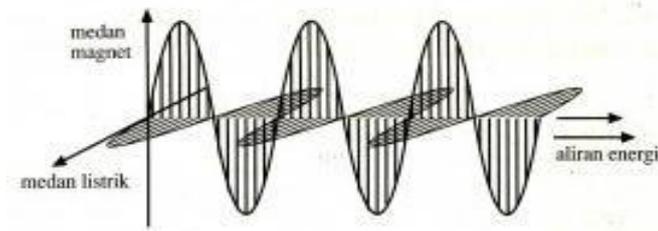
$$V(t) = - L \frac{di}{dt} \dots\dots\dots(2.4)$$

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 [4].

2.1.2 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 2.2 berikut ini

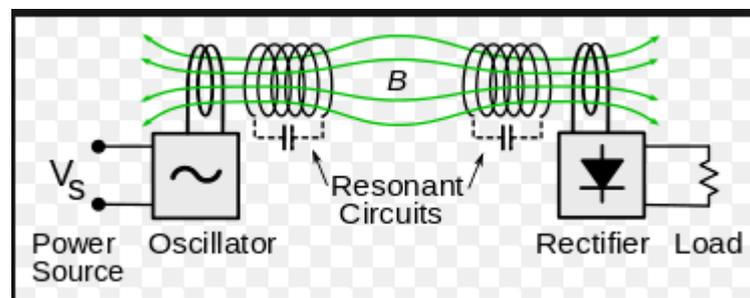


Gambar 2.2 Gelombang Elektromagnetik

(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 [6].

2.1.3 Transfer Energi Nirkabel Resonansi Elektromagnetik



Gambar 2.3 Skema sederhana transfer energi wireless dengan prinsip resonansi elektromagnetik

(sumber: <http://www.gazettenucleaire.org/~resosol/Autres/electricitesansfil2007.html>)

Transfer energi wireless menggunakan metode resonansi elektromagnetik merupakan transfer energi listrik tanpa kabel untuk jarak menengah. Metode ini bekerja berdasarkan prinsip induksi medan elektromagnetik, apabila sumber tegangan menyalurkan arus bolak-balik (AC) ke rangkaian kumparan pengirim maka kumparan pengirim akan menghasilkan medan magnetik di sekeliling kumparan. Medan magnet pada kumparan akan menciptakan garis-garis gaya medan magnetik. kumparan pengirim yang menghasilkan medan magnet kemudian menginduksi (induksi bersama) kumparan penerima dengan syarat kumparan penerima harus berada di area garis gaya medan magnetik kumparan penerima. Hasil induksi bersama menghasilkan medan magnet di kumparan pengirim.

Pada rangkaian pengirim terjadi perubahan nilai tegangan sehingga menimbulkan perubahan medan listrik yang mengalir di rangkaian pengirim. Perubahan medan listrik terhadap waktu akan menimbulkan perubahan garis medan magnet di sekitar kumparan pengirim. Perubahan nilai magnet pada kumparan pengirim menciptakan berubahnya medan yang diinduksi pada kumparan penerima. Perubahan tersebut menghasilkan berubahnya medan magnet di kumparan pengirim. Medan magnet pada kumparan penerima yang berubah-ubah terhadap waktu akan menghasilkan medan listrik dan menimbulkan tegangan induksi pada rangkaian kumparan penerima [7].

2.1.4 Gaya Gerak Listrik (GGL)

Gaya gerak listrik (GGL) adalah suatu kemampuan untuk membuat kedua ujung sebuah logam yang diletakkan dalam medan listrik memiliki beda potensial yang tetap harganya. Prosesnya adalah apabila sebatang logam diletakkan dalam medan listrik, maka elektron bebas akan mendapat gaya medan listrik. Akibatnya elektron bebas terkumpul pada salah satu ujung logam, maka ujung logam yang lain menjadi positif.

Selanjutnya dalam logam akan muncul medan listrik induksi. Makin banyak muatan induksi yang terkumpul pada ujung logam, maka makin besar pula kuat medan listrik induksinya. Akhirnya kuat medan listrik induksi akan sama

dengan kuat medan listrik dari luar. Pada keadaan ini potensial listrik pada kedua ujung logam akan sama besar, sehingga elektron bebas akan berhenti mengalir.

GGL juga didefinisikan sebagai kerja (dW) yang dilakukan untuk memindahkan pengangkut-pengangkut muatan (dq) dalam medan listrik. Jika GGL dilambangkan dengan ϵ , maka dapat dinyatakan dengan :

$$\epsilon = \frac{dW}{dq} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan : ϵ = Gaya gerak listrik (Joule/ coulumb)

Apabila gaya gerak listrik ini terjadi pada suatu kumparan maka terdapat beda potensial diantara ujung-ujung kumparan menyebabkan timbulnya arus listrik yang mengalir pada kumparan tersebut, dimana dalam hukum ohm dijelaskan bahwa tegangan berbanding lurus terhadap arus listrik dikalikan dengan tahanan, persamaannya adalah sebagai berikut [8].

$$V=I.R \dots\dots\dots(2.6)$$

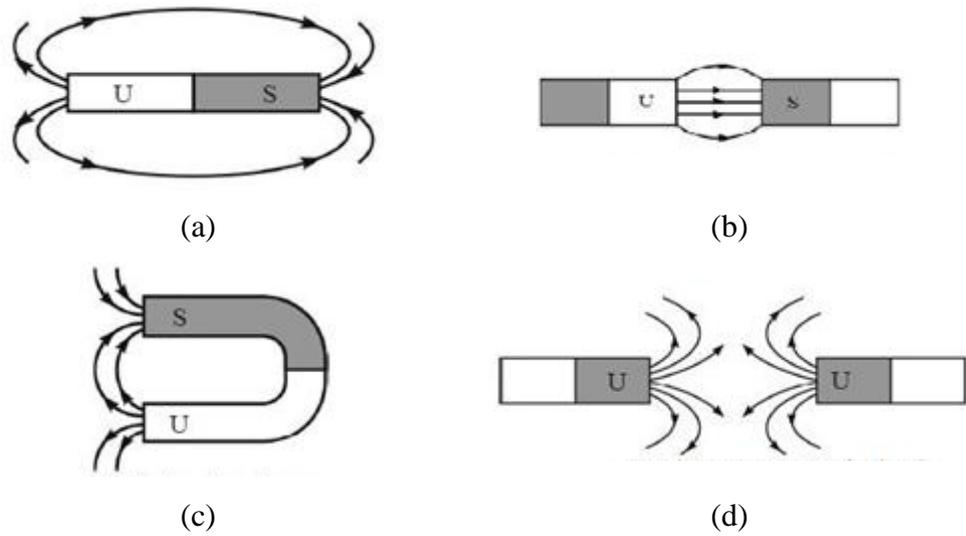
Keterangan : V = Tegangan listrik (volt)

I = Arus Listrik (A)

R = Tahanan (Ohm)

2.1.5 Garis Gaya Magnet (GGM)

Garis gaya magnet (GGM) adalah arah medan magnet yang berupa garis-garis yang menghubungkan kutub-kutub magnet. Setiap magnet memiliki kutub magnet yang saling berlawanan, yaitu kutub utara (U) dan kutub selatan (S), yang keduanya memiliki energi untuk menarik sekeping besi atau semacamnya. Sama halnya dengan muatan listrik, kutub yang senama saling tolak-menolak dan kutub yang berlawanan saling tarik-menarik. Daerah di antara kutub utara dan kutub selatan disebut medan magnet. Medan magnet memiliki energi untuk menarik sekeping logam atau semacamnya. Medan magnet tersusun dari garis-garis yang keluar dari kutub utara menuju kutub selatan, demikian arah medan magnet juga dari kutub utara ke kutub selatan. Semakin kuat kemagnetan, semakin banyak jumlah garis gaya magnetnya.



Gambar 2. 4 (a) Arah garis gaya magnet batang, (b) Arah garis gaya dua kutub magnet yang tidak sejenis, (c) Arah garis-garis gaya magnet U, (d) Arah garis gaya dua kutub magnet yang sejenis.

(Sumber: <http://fisikazone.com/gejala-kemagnetan-dan-cara-membuat-magnet/garis-gaya-magnet>)

Jumlah garis gaya magnet yang keluar dari kutub utara suatu magnet disebut fluks magnet (*magnetic flux*), yang dinyatakan dengan simbol π (phi). Satuan internasional untuk fluks magnet adalah *Weber* (Wb). Satu Weber sama dengan 10⁸ garis gaya magnet. Satuan cgs untuk fluks magnet adalah Maxwell. Satu Maxwell sama dengan 10⁻⁸ Weber [9]. Fluks Magnetik dapat dihitung dengan persamaan 2.7 sebagai berikut.

$$\Phi = B \times A \times \cos \theta \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan: B = Kuat Medan Magnet (T)

A = Luas Penampang

Kuat medan magnet untuk kawat melingkar dapat dihitung dengan persamaan 2.8 sebagai berikut [10].

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi a} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

B = Kuat medan magnet (T)

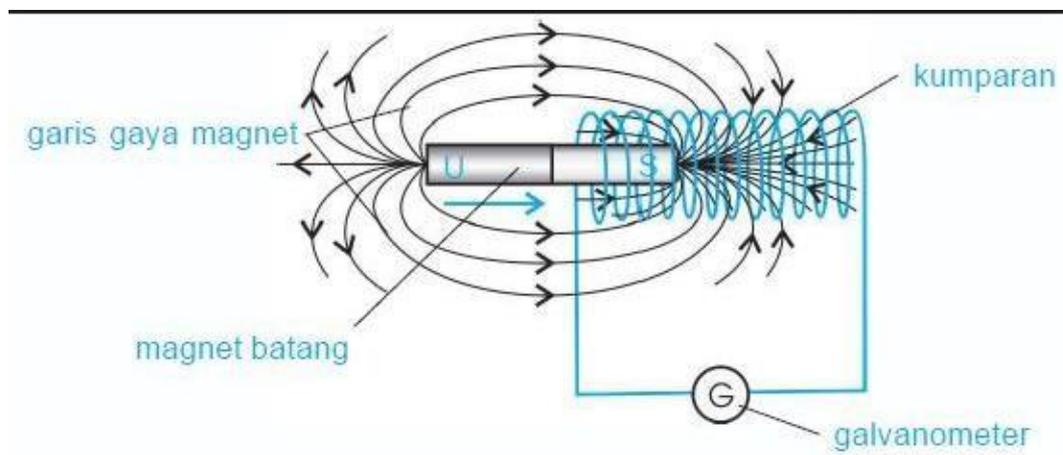
a = Jari-jari lingkaran yang terbentuk oleh kawat (m)

i = Kuat arus listrik (A)

μ_0 = $4\pi \times 10^{-7}$

2.1.6 Konversi GGL ke GGM dan GGM ke GGL

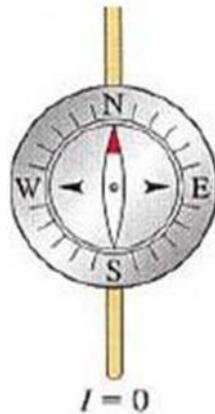
Kemagnetan dan kelistrikan merupakan dua gejala alam yang prosesnya dapat dibolak-balik. Tahun 1821, Michael Faraday (1791-1867) membuktikan bahwa perubahan medan magnet dapat menimbulkan arus listrik melalui percobaan sederhana yaitu menggerakkan magnet masuk dan keluar terhadap suatu kumparan, maka akan terbentuk garis-garis gaya magnet dan galvanometer akan mengukur arus listrik pada kawat tersebut [11], seperti pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Percobaan Faraday.

(sumber : <http://www.berpendidikan.com/2015/10/gaya-gerak-listrik-ggl-induksi-pada-kumparan-oleh-faraday.html> diakses Selasa, 28 Juni 2016 pukul 08:17 WIB)

Selanjutnya, untuk membuktikan bahwa GGL dapat menimbulkan GGM, Hans Christian Oersted (1777- 1851) melakukan percobaan sebagai berikut.



Gambar 2.6 (a) Percobaan Oestred Untuk Membuktikan GGL dapat Menimbulkan GGM

(Sumber: <http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/20308233-S42660-Potensi%20medan.pdf> diakses Selasa, 28 Juni 2016 pukul 08:45 WIB)

Pada gambar 2.6 (a) saat kawat tidak dialiri arus jarum kompas pada posisi sejajar dengan kawat.



Gambar 2.6 (b) Percobaan Oestred Untuk Membuktikan GGL dapat Menimbulkan GGM

(Sumber: <http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/20308233-S42660-Potensi%20medan.pdf> diakses Selasa, 28 Juni 2016 pukul 08:45 WIB)

Pada Gambar 2.6 (b) saat arus listrik dialiri dari kutub selatan ke kutub utara, maka jarum magnet menyimpang ke kanan.



Gambar 2.6 (c) Percobaan Oestred Untuk Membuktikan GGL dapat Menimbulkan GGM

(Sumber: <http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/20308233-S42660-Potensi%20medan.pdf> diakses Selasa, 28 Juni 2016 pukul 08:45 WIB)

Pada Gambar 2.6 (c) saat arus listrik dialiri dari kutub utara ke kutub selatan, maka jarum magnet menyimpang ke kiri.

Penyimpangan kutub magnet tersebut menunjukkan adanya medan magnet di sekitar kawat beraliran arus listrik [12].

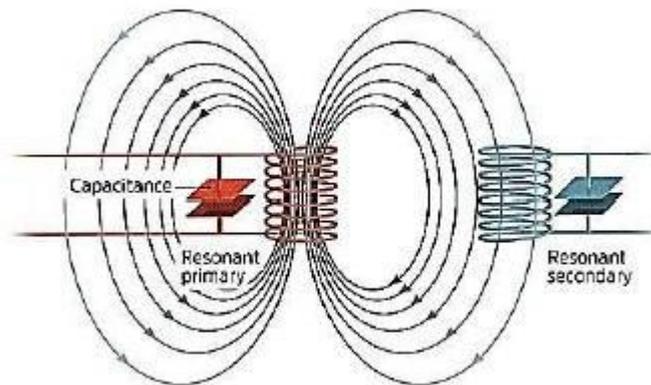
Melalui kedua percobaan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa dapat dilakukan konversi dari induksi GGL menjadi GGM maupun sebaliknya. Prinsip ini digunakan pada sistem transfer energi listrik tanpa kabel, dimana terjadi perubahan dari GGL menjadi GGM pada rangkaian pengirim kemudian terjadi perubahan dari GGM ke GGL pada rangkaian penerima.

2.1.7 Prinsip Kerja Transfer Energi Nirkabel

Pembangkit Energi Listrik ini bekerja menggunakan prinsip resonansi elektromagnetik yaitu terdapat dua buah kumparan yang terhubung secara magnetis dengan menggunakan rangkaian resonansi yang di atur untuk beresonansi pada frekuensi yang sama, hal ini disebut kopling induktif resonansi, yaitu terdapat dua rangkaian LC di perangkat yang berbeda yakni sebuah kumparan pemancar di satu perangkat untuk mentransmisikan tenaga listrik dan

kumparan penerima menerima dan mengalirkan ke perangkat lain (Beban Listrik) [13].

Induktansi menginduksi arus pada rangkaian kopling induktif. Seperti yang terlihat pada gambar 2.7 kumparan mengalami induktansi bersama. Kapasitor dihubungkan sejajar dengan kumparan pemancar, maka energi akan bergerak bolak-balik antara elektromagnetik di bidang sekitar kumparan dan medan listrik di sekitar Kapasitor, yang kemudian di induksikan ke kumparan penerima, sehingga kumparan penerima mendapatkan gaya gerak magnet disekitar kumparan dan kemudian diubah menjadi gaya gerak listrik (GGL) [14].



Gambar 2. 7 Resonansi Kopling Induktif

(sumber : Prof. Vishal V. Pande et al Int. Journal of Engineering Research and Applications
www.ijera.com ISSN : 2248-9622, Vol. 4, Issue 4(Version 9), April 2014, pp.46-50)

2.2 Rangkaian Pengirim (*Transmitter*)

Rangkaian pengirim adalah gabungan dari beberapa komponen yang berfungsi untuk mengirimkan energi listrik menuju rangkaian penerima, tanpa perantara kabel. Rangkaian pengirim pada sistem transfer energi listrik tanpa kabel dihubungkan dengan pasokan listrik 220 volt AC. Rangkaian pengirim terdiri atas beberapa rangkaian yaitu transformator *step-down*, rangkaian penyearah (*rectifier*), rangkaian penguat AC, dan kumparan pengirim (*transmitter coil*).

2.2.1 Transformator *Step-Down*



Gambar 2.8 Transformator *Step-Down*

(Sumber : <http://www.berpendidikan.com/2015/10/macam-macam-dan-ciri-ciri-transformator-trafo-step-up-step-down.html>)

Transformator *step-down* disebut juga trafo penurun tegangan berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik agar menghasilkan tegangan yang dibutuhkan oleh proyek elektronika. Ciri-ciri trafo *step-down* adalah sebagai berikut [15].

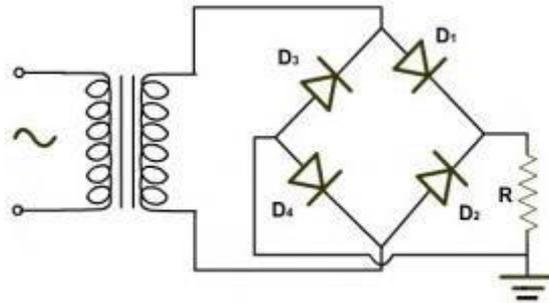
- Jumlah kumparan primer selalu lebih besar dari lilitan kumparan sekunder ($N_p > N_s$).
- Tegangan primer selalu lebih besar dari tegangan sekunder ($V_p > V_s$).
- Kuat arus primer selalu lebih kecil dari kuat arus sekunder ($I_p < I_s$).

2.2.2 Rangkaian Penyearah (*Rectifier*)

Rectifier atau disebut dengan penyearah gelombang adalah suatu bagian dari rangkaian catu daya yang berfungsi sebagai pengubah sinyal AC (*Alternating Current*) menjadi sinyal DC (*Direct Current*).

Terdapat berbagai macam penyearah yang telah dikenal luas, salah satunya adalah penyearah gelombang penuh (*Full Wave Rectifier*). Penyearah Gelombang Penuh dengan menggunakan 4 dioda adalah jenis *rectifier* yang paling sering digunakan dalam rangkaian catu daya karena memberikan kinerja yang

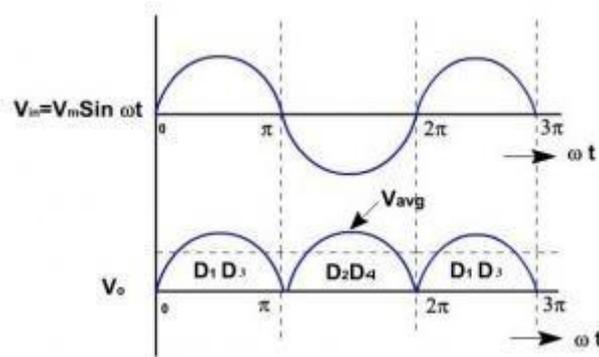
lebih baik dari jenis penyearah lainnya. Penyearah Gelombang Penuh 4 dioda ini juga sering disebut dengan *Bridge Rectifier* atau Penyearah Jembatan.



Gambar 2.9 Penyearah Gelombang Penuh

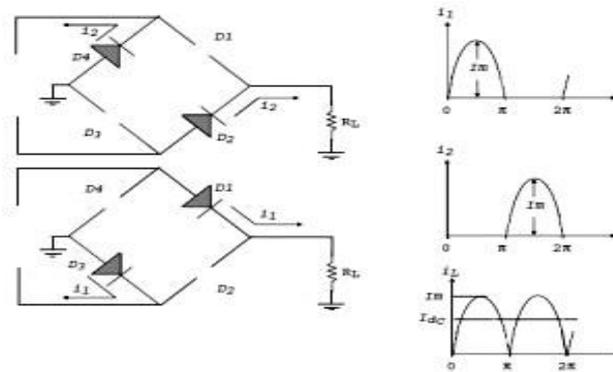
(Sumber :<http://teknikelektronika.com/pengertian-rectifier-penyearah-gelombang-jenis-rectifier/>)

Berdasarkan gambar 2.9, jika transformer mengeluarkan tegangan output sisi sinyal positif (+) maka tegangan output maka D1 dan D4 akan berada dalam kondisi *forward* bias sehingga melewati sinyal positif tersebut sedangkan D2 dan D3 akan menghambat sinyal sisi negatifnya. Kemudian pada saat output transformer berubah menjadi sisi sinyal negatif (-), maka D2 dan D3 akan berada dalam kondisi *forward* bias sehingga melewati sinyal sisi positif (+) tersebut sedangkan D1 dan D4 akan menghambat sinyal negatifnya. Berikut adalah gambar sinyal hasil penyearah gelombang penuh.



Gambar 2.10 Bentuk Sinyal Hasil Penyearah Gelombang Penuh

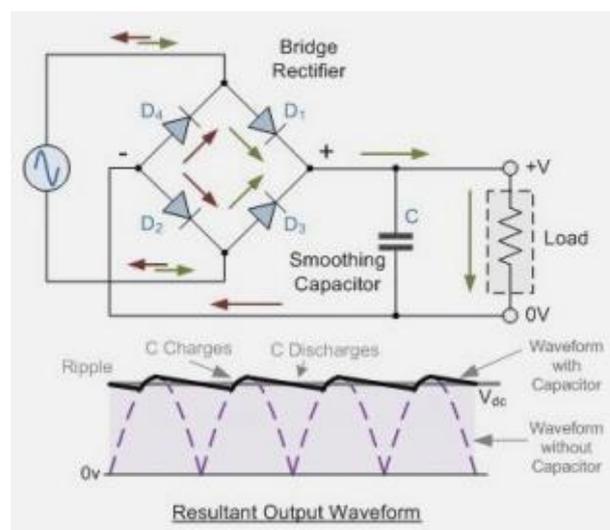
(sumber : <http://teknikelektronika.com/pengertian-rectifier-penyearah-gelombang-jenis-rectifier/>)



Gambar 2.11 Proses Penyearah Gelombang Penuh

(Sumber : <http://teknikelektronika.com/pengertian-rectifier-penyearah-gelombang-jenis-rectifier/>)

Arah arus i_1 dan i_2 yang melewati RL sebagaimana terlihat pada gambar 2.12 penyearah gelombang penuh dengan sistem jembatan adalah sama, yaitu dari ujung atas RL menuju *ground*. Dengan demikian arus yang mengalir ke beban (i_L) merupakan penjumlahan dari dua arus i_1 dan i_2 , dengan menempati paruh waktu masing-masing. Agar tegangan penyearahan gelombang AC lebih rata dan menjadi tegangan DC maka dipasang filter kapasitor pada bagian output rangkaian penyearah seperti terlihat pada gambar 2.12 sebagai berikut.



Gambar 2.12 Penyearah Dilengkapi Filter Kapasitor

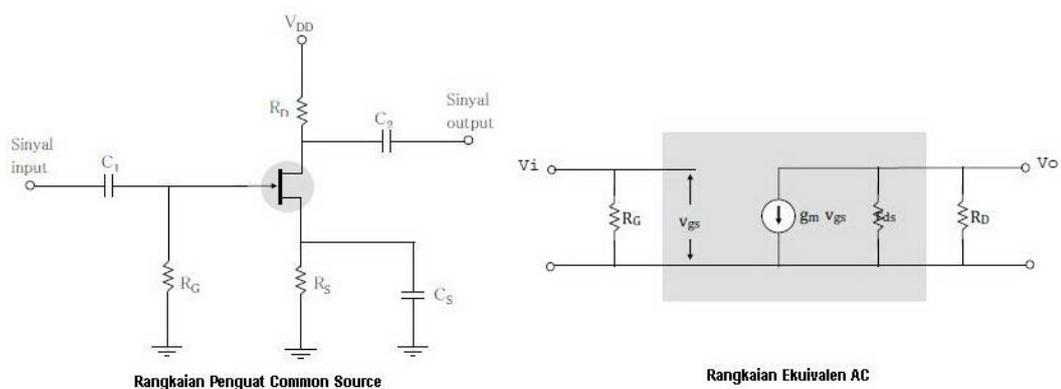
(Sumber : <http://teknikelektronika.com/pengertian-rectifier-penyearah-gelombang-jenis-rectifier/>)

Fungsi kapasitor pada rangkaian diatas untuk menekan ripple yang terjadi dari proses penyearahan gelombang AC. Setelah dipasang filter kapasitor maka output dari rangkaian penyearah gelombang penuh ini akan menjadi tegangan DC (*Direct Current*).

2.2.3 Rangkaian Penguat menggunakan MOSFET

Penguat sinyal menggunakan MOSFET memiliki keuntungan impedansi input yang sangat tinggi sehingga dapat digunakan untuk menguatkan sinyal yang sangat lemah (kecil). Untuk membuat penguat sinyal menggunakan MOSFET dapat dilakukan dengan pemberian tegangan bias pada MOSFET, pada dasarnya pemberian tegangan bias pada MOSFET adalah antara Gate dan Source harus mendapat tegangan bias mundur. Tegangan bias untuk MOSFET dapat diberikan dengan berbagai cara. Diantara yang paling banyak digunakan untuk rangkaian penguat MOSFET adalah self-bias.

Pemberian tegangan bias yang tepat akan menjamin MOSFET dapat bekerja pada daerah yang aktif. Penguat Sinyal MOSFET Mode Self Bias Common Source Seperti halnya pada penguat transistor bipolar, penguat MOSFET juga dapat dirangkai dalam beberapa konfigurasi. Konfigurasi penguat dengan source sebagai terminal bersama disebut dengan penguat Common Source (CS). Rangkaian penguat CS dapat dilihat pada gambar berikut. Untuk menganalisa parameter penguat seperti A_v , Z_i , dan Z_o , rangkaian penguat tersebut perlu diubah menjadi rangkaian ekuivalen ac.



Gambar 2. 13 Rangkaian penguat

Pembuatan rangkaian ekuivalen ac tersebut didasarkan atas asumsi bahwa pada kondisi ac semua kapasitor termasuk kapasitor kopling (C1 dan C2) dan by-pass (CS) dianggap hubung singkat. Dengan demikian RS seolah-olah tidak ada karena telah dihubung singkat oleh CS. Pada rangkaian ekuivalen ac terminal source langsung terhubung ke ground. Sumber tegangan VDD juga dianggap hubung singkat ke ground. Analisis pertama adalah menentukan penguatan tegangan (A_v). Dengan menerapkan hukum Kirchhoff pada ikal output dapat diperoleh A_v sebagai berikut :

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$A_v = \frac{(-g_m \cdot V_{gs})(r_{ds} \parallel RD)}{V_{gs}} = -g_m (r_{ds} \parallel RD) \dots\dots\dots(2.10)$$

Apabila harga r_{ds} diabaikan (atau tidak diketahui) yang disebabkan karena $r_{ds} \gg RD$, maka :

$$A_v = -g_m \cdot RD \dots\dots\dots(2.11)$$

Tanda negatif pada kedua persamaan tersebut menunjukkan bahwa antara sinyal output dan input berbeda fasa 180° atau berlawanan fasa. Impedansi input (Z_i) dari rangkaian tersebut adalah:

$$Z_i = RG \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan: A_v = Penguat tegangan

V_o = Tegangan output

V_i = Tegangan input

V_{gs} = Tegangan gate source

r_{ds} = Impedansi output dari MOSFET

RD = Impedansi output

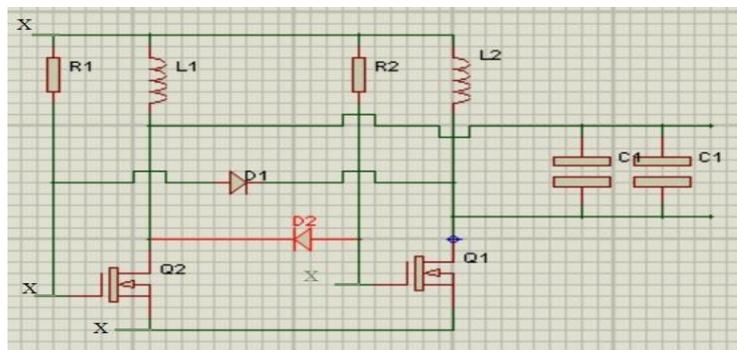
Z_i = Rangkaian Penguat

Sebenarnya impedansi rangkaian penguat tersebut (Z_i) adalah paralel antara RG dengan impedansi input FET. Akan tetapi karena impedansi input FET sangat tinggi ($\approx 10^9 \Omega$ harga tipikal untuk MOSFET dan 10^{12} hingga $10^{15} \Omega$ harga tipikal untuk MOSFET), maka praktis yang menentukan impedansi input rangkaian adalah RG . Impedansi output (Z_o) dari MOSFET adalah Z_o (FET) = r_{ds} . Sedangkan impedansi input dari rangkaian adalah paralel antara r_{ds} dengan

RD adalah $Z_o = r_{ds} \parallel RD$. Sedangkan impedansi input dari rangkaian adalah paralel antara r_{ds} dengan RD adalah $Z_o = RD$.

2.2.4 Oscillator

Oscillator adalah suatu rangkaian elektronika yang berfungsi sebagai pembangkit gelombang. Pada dasarnya sinyal arus searah atau DC dari pencatu daya (*power supply*) dikonversikan oleh Rangkaian *Oscillator* menjadi sinyal arus bolak-balik atau AC sehingga menghasilkan sinyal listrik yang periodik.



Gambar 2. 14 Rangkaian Osilator Menggunakan Transistor MOSFET Tipe IRFP150N

Frekuensi tegangan yang dibangkitkan oleh rangkaian Oscillator tergantung dari harga L dan C yang digunakan. Berdasarkan teori, rangkaian ini akan beresonansi pada frekuensi resonansi yang diberikan oleh

$$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

F_r = Frekuensi Resonansi (Hz)

L = Induktansi (Henry)

C = Kapasitansi (Farad)

2.2.5 Transmitter Coil

Transmitter Coil yaitu rangkaian pemancar yang terdiri dari pembangkit tegangan arus bolak balik dan rangkaian LC sebagai penghasil frekuensi resonansimagnetik yang akan mengirimkan daya listrik ke rangkaian penerima. *Transmitter Coil* ialah rangkaian yang digunakan

untuk mengirimkan tegangan didalam *transmitter coil* ini terdapat mosfet IRFP150N sebagai penguat pengiriman, selain itu rangkaian LC menghasilkan frekuensi resonansi magnetik.



Gambar 2.15 *Transmitter Coil*

Transmitter Coil merupakan kumparan pemancar yang terbuat dari kawat tembaga yang berfungsi sebagai komponen inti dalam proses pengiriman daya listrik tanpa kabel. Sebuah kumparan mempunyai inti dengan luas penampang inti (A), Jumlah lilitan kawat per satuan panjang (l). Jadi jika sebuah kumparan dengan N lilitan kawat dihubungkan dengan sejumlah fluks magnetik (Φ) maka kumparan akan mempunyai fluks magnetik total sebesar $N \cdot \Phi$. dan arus sebesar i yang mengalir melewatinya akan menghasilkan induksi fluks magnetik yang arahnya berlawanan dengan arah aliran arus listrik. Menurut hukum Faraday, semua perubahan fluks magnetik akan menghasilkan tegangan induksi yang besarnya :

$$V_L = \frac{N \cdot d\Phi}{dt} = \frac{\mu \cdot N^2 \cdot A}{l} \times \frac{di}{dt} \dots\dots\dots(2.14)$$

Di mana : N adalah banyaknya lilitan, A adalah luas penampang inti (m^2), Φ adalah fluks magnetik (Wb), μ adalah permeabilitas material inti, l adalah panjang induktor (m) dan (di/dt) adalah laju perubahan arus dalam satuan A/s .

Laju perubahan medan magnetik ($d\Phi/dt$) yang menginduksi tegangan besarnya proporsional dengan laju perubahan arus listrik (di/dt) . atau dapat ditulis:

$$\frac{N.d\phi}{dt} = \frac{\mu.N^2.A}{l} \times \frac{di}{dt} \dots\dots\dots(2.15)$$

Atau

$$\frac{N.d\phi}{dt} = L. \frac{di}{dt} \dots\dots\dots(2.16)$$

dimana L adalah induktansi induktor yang besarnya :

$$L = \mu.N^2.A/l \dots\dots\dots(2.17)$$

Maka tegangan induksi sebuah induktor dapat ditulis :

$$I = C. \frac{dv}{dt} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$V_L = L. \frac{di}{dt} \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan: V_L = Tegangan Induksi

I = Arus

N = Lilitan Kawat

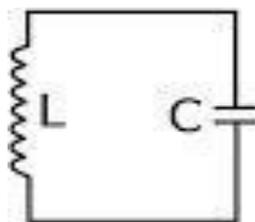
L = Induktansi induktor

$d\Phi/dt$ = Laju perubahan medan magnetik

di/dt = Laju perubahan arus dalam satuan A/s

2.2.6 Resonant Coil

Resonant Coil adalah suatu rangkaian resonansi yang terdiri dari induktor (L) dan kapasitor (C). *Resonant Coil* biasa digunakan untuk menghasilkan sumber arus bolak balik atau sebagai pembangkit sinyal, seperti gambar 2.15 berikut ini.

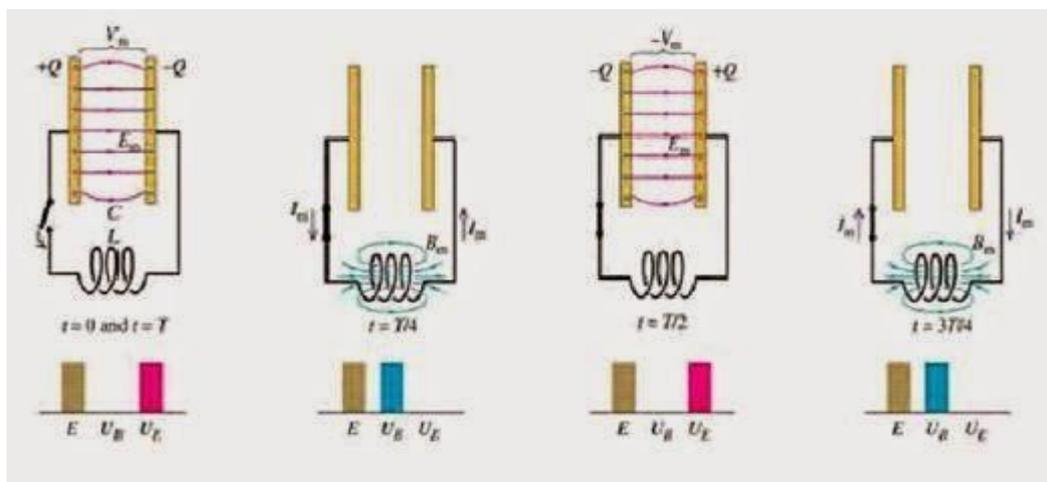


Gambar 2.16 Rangkain *Resonant Coil*



Gambar 2.17 *Resonant Coil*

Prinsip kerja dari *Resonant Coil* agar dapat menghasilkan sinyal bolak balik atau berisitasi 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 2.18 berikut ini.



Gambar 2.18 Prinsip Kerja Rangkaian LC

Pada gambar 2.16, 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.

2.3 Rangkaian Penerima (*Receiver*)

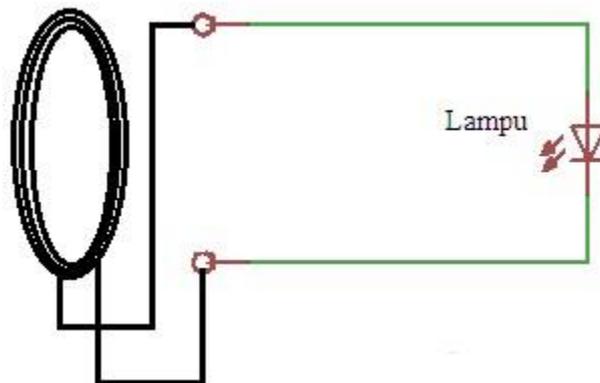
Rangkaian Penerima adalah gabungan beberapa komponen elektronika yang digabungkan menjadi satu rangkaian dan berfungsi untuk menerima energi listrik yang ditransfer oleh rangkaian pengirim. Komponen-komponen tersebut terdiri dari kumpulan penerima (*receiver coil*), rangkaian penyearah (*rectifier*), dan beban (*load*) listrik (*LED Bohlam*).

2.3.1 *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 2.20 menjelaskan tentang rangkaian *receiver coil*, seperti gambar 2.19 berikut ini.



Gambar 2.19 *Resonant Coil*



Gambar 2.20 Rangkaian *Receiver Coil*

2.3.3 Lampu LED (Beban)

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 (sekitar 1.5 volt DC). 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 lubangmikroskopis 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 2.21 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.