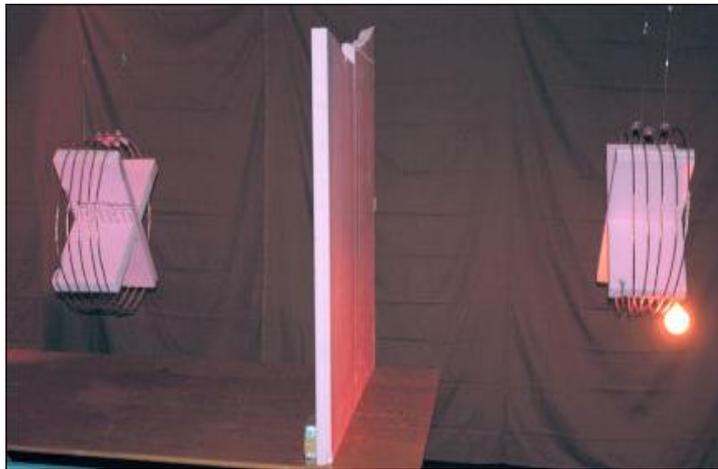


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Transfer Energi Listrik Tanpa Kabel

Transfer energi listrik tanpa kabel adalah proses transmisi energi listrik dari satu tempat ke tempat lain melalui media udara tanpa menggunakan kabel. Transfer energi listrik tanpa kabel memanfaatkan dua rangkaian kumparan dimana salah satu rangkaian kumparan berperan sebagai pengirim (*transmitter*) dan kumparan lain sebagai penerima (*receiver*).

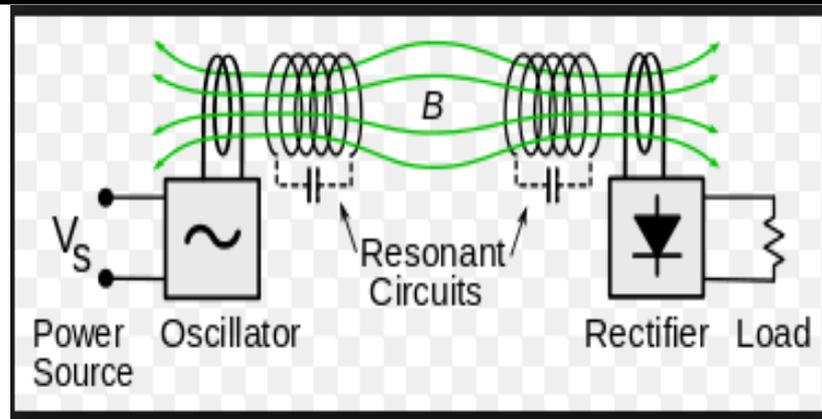


Gambar 2.1 Percobaan Transfer Energi Tanpa Kabel

(sumber : <http://www.gazettenucleaire.org/~resosol/Autres/electricitesansfil2007.html> diakses pada 25 Juli 2016, pukul 23.58 WIB)

Dengan transfer energi listrik tanpa kabel, energi listrik bisa ditransmisi dengan memanfaatkan metode induktif *coupling* untuk jarak yang pendek, resonansi induksi untuk jarak yang menengah, dan gelombang elektromagnetik untuk jarak jauh.

(sumber : Rahman, Syed, dkk. 2014. *Design And Construction of Wireless Power Transfer System Using Magnetic Resonant Coupling*. American Journal of Electromagnetics and Applications, 2 (2): 11 - 15)



Gambar 2.2 Skema sederhana transfer energi tanpa kabel dengan prinsip resonansi induktif (sumber: <http://www.gazettenucleaire.org/~resosol/Autres/electricitesansfil2007.html> diakses pada 25 Juli 2016, pukul 23.58 WIB)

Transfer energi listrik tanpa kabel menggunakan metode resonansi induktif 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.

(sumber : Kesler, Dr. Moris.2013. *Highly Resonant Power Transfer: Safe, Efficient, and Over Distance*. Witricity Cooperation)

2.1.1 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 :

$$\epsilon = \frac{dW}{dq} \dots\dots\dots (2.1)$$

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.

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



Keterangan : V = Tegangan listrik (volt)

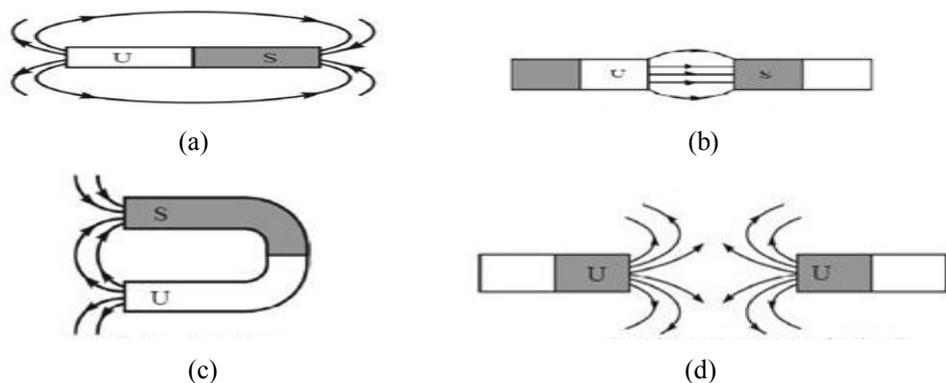
I = Arus Listrik (A)

R = Tahanan (Ohm)

(sumber: Karim, Saeful dan Sunardi. 2006. *Penentuan Elektromotansi Termal Beberapa Jenis Termokopel dengan Pasangan Logam yang bervariasi*. Jurnal Pengajaran MIPA, Vol. 8 No. 25: 17 - 19.)

2.1.2 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 2.3 (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/>, diakses pada Selasa, 28 Juni 2016, pukul 08:00)



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 10^8 garis gaya magnet. Satuan cgs untuk fluks magnet adalah Maxwell. Satu Maxwell sama dengan 10^{-8} Weber.

(sumber: Nugroho, Wahyudianto Bagus, dkk.. 2014. *Kajian Teknis Gejala Magnetisasi pada Linier Generator untuk Alternatif Pembangkit Listrik*. Jurnal TEKNIK POMITS, Vol. 3 No. 1: 96 - 98.)

Kuat medan magnet untuk kawat melingkar dapat dihitung dengan persamaan 2.3 sebagai berikut.

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2a} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

B : Kuat medan magnet (T)

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

i : Kuat arus listrik (A)

μ_0 : $4\pi \times 10^{-7}$

2.1.2.1 Medan Magnet

Interaksi antar kutub magnet terjadi karena adanya penghubung berupa medan, yang disebut medan magnet. Medan magnet bersatuan tesla (T) ; $1T = 1$ weber/m² = 10⁴ 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, berlambang 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 :

$$F_{mq} = qv \times B \dots\dots\dots(2.4)$$

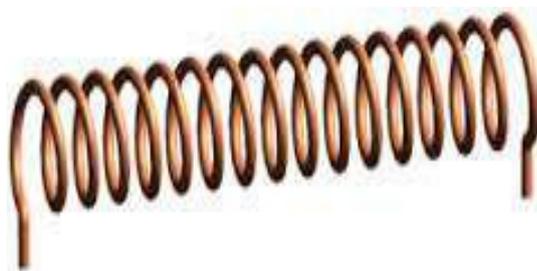


Medan magnet (B) dapat digambarkan sebagai garis medan magnet, dengan arah B disetiap titik searah dengan arah anak panah dititik itu. Besarnya medan magnet (yang tadi disebut kuat medan magnet) sebanding dengan rapat garis medan magnet persatuan luas. Garis medan magnet selalu membentuk loop atau lintasan 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)

2.1.2.2 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 2.4 berikut ini.



Gambar 2.4 Sebuah Kumparan Solenoid

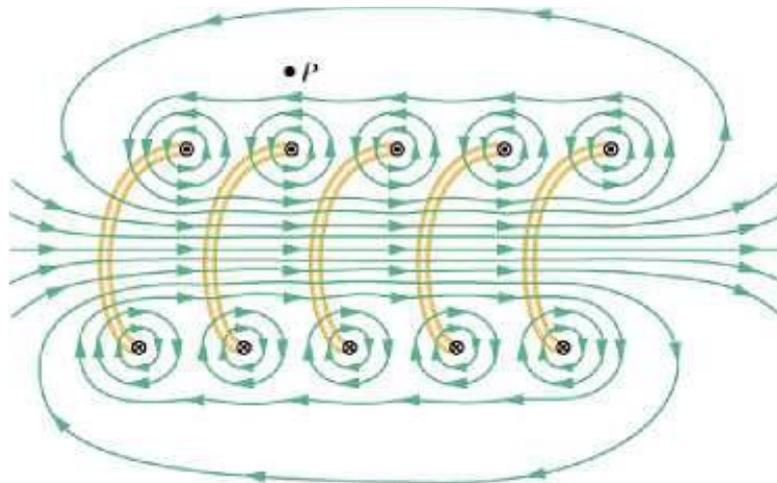
(Sumber : <http://id.wikipedia.org>)

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 2.4 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, mean 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 2.5 berikut ini.



Gambar 2.5 Sebuah Kumparan Solenoid yang Berbentuk Renggang

(Sumber : <http://www.rakeshkapoor.us>)



Solenoida merupakan kawat berbahan konduktor yang disusun sehingga membentuk kumparan (koil) dan dapat dialiri arus listrik. Kuat medan magnet didalam (sumbu) solenoida jauh lebih besar bila dibandingkan dengan solenoida. Solenoida disebut ideal apabila 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 bearsus listrik I_0 dan terdapat N buah lilitan pada solenoida sepanjang l , maka :

$$B = \mu_0 I_0 N / l \dots\dots\dots(2.5)$$

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

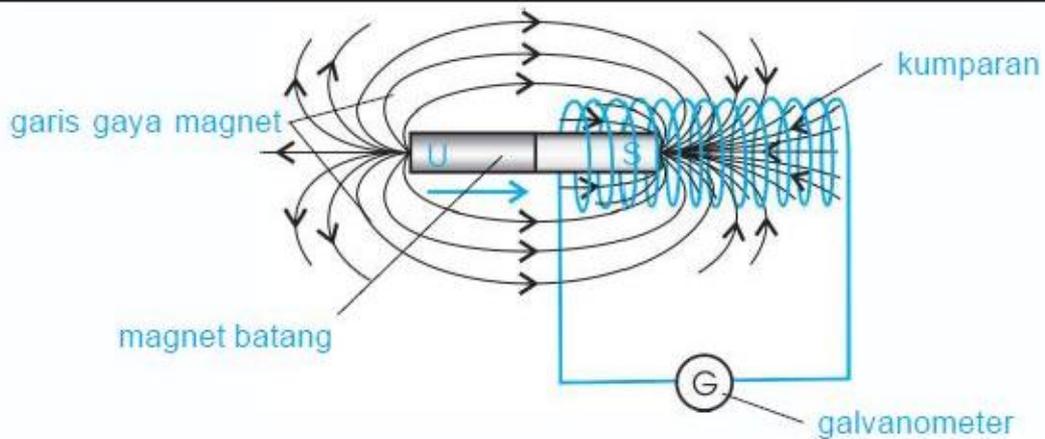
$$B = \mu_0 I_0 n \dots\dots\dots(2.6)$$

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)

2.1.3 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, seperti pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 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 2.7 (a) Percobaan Oersted 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 2.7 (a) saat kawat tidak dialiri arus jarum kompas pada posisi sejajar dengan kawat.



Gambar 2.7 (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 2.7 (b) saat arus listrik dialiri dari kutub selatan ke kutub utara, maka jarum magnet menyimpang ke kanan.



Gambar 2.7 (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 2.7 (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.

(sumber : Nugroho, Arie Prasetyo, dkk..2015. *Fisika : Peminatan Matematika dan Ilmu-Ilmu Alam*. CV Mediatama : Jakarta)

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.

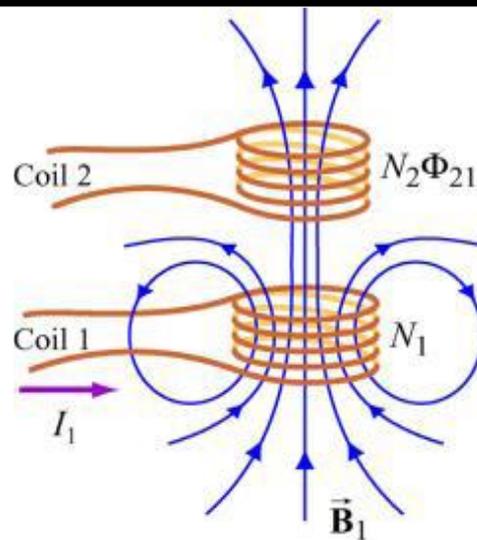
(sumber:<http://fisikastudycenter.com/rumus-fisika/269-rumus-kuat-medan-magnetik>, diakses pada Rabu, 13 Juli 2016, pukul 13.00 WIB)

2.1.4 Resonansi Induktif Medan Elektromagnetik

Resonansi induktif medan elektromagnetik digunakan untuk meningkatkan *bandwith* gelombang medan elektromagnetik dengan menggunakan frekuensi yang sama antara sinyal pengirim dan sinya penerima sehingga jarak pengirim energi listrik tanpa kabel menjadi lebih jauh dengan efisiensi daya yang lebih tinggi.(sumber : Soljac Marin, dkk. 2007. *Wireless Power Transfer via Strongly Magnetic Resonance*. SCIENCE Journal, Vol. 317, Cambridge, Massachusetts, USA)

Resonansi bersama adalah dua sistem dengan frekuensi resonansi yang sama akan menghasilkan resonansi magnetik yang kuat dan membentuk sebuah sistem resonansi magnetik. 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.

(sumber : Supriyanto, Toto dan Asri Wulandari. 2015. *Rancang Bangun Wireless Power Transfer (WPT) Menggunakan Metode Multi-Magnetik Resonator Coupling*. Jurnal POLITEKNOLOGI Vol. 14 No. 2 Mei 2015)

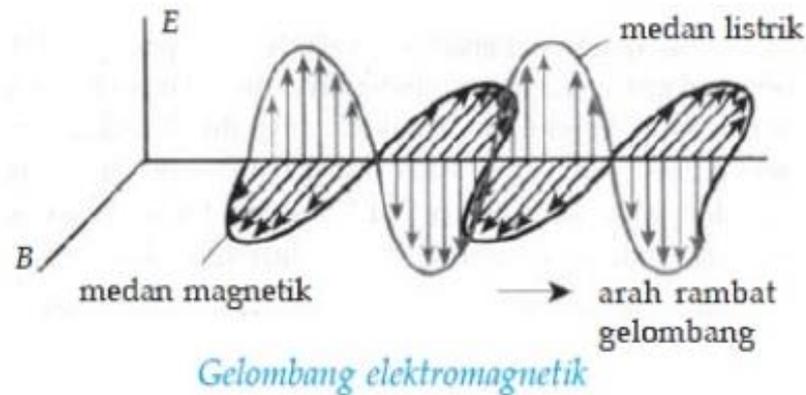


Gambar 2.8 Prinsip Resonansi Bersama

(sumber: Panggabean, Berri, dkk. 2014. *Perancangan Sistem Transfer Energi Secara Wireless dengan menggunakan Teknik Resonansi Induktif Medan Elektromagnetik*. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung.)

Gambar 2.8 menunjukkan prinsip kerja resonansi bersama. Apabila suatu kumparan dengan nilai frekuensi resonansi tertentu dialiri arus listrik sebesar I_1 , maka pada kumparan tersebut akan terbentuk medan magnet sebesar B_1 . Jika kumparan lain (kumparan kedua) yang memiliki frekuensi resonansi yang sama atau mirip dengan kumparan pertama, diletakkan dalam medan magnet ini maka kumparan kedua tersebut akan terinduksi dan arus juga akan mengalir pada kumparan tersebut.

Medan elektromagnetik itu sendiri merupakan bidang energi yang dapat memberikan energi untuk digunakan dalam proses terjadinya aliran listrik. Medan magnet aman dan lebih sesuai untuk digunakan sebagai media pengiriman energi dalam perpindahan energi resonansi secara magnetis. Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dapat merambat walaupun tidak ada medium dan terdiri dari medan listrik dan medan magnetik.



Gambar 2.9 Gelombang Elektromagnetik

(Sumber :<http://fisikazone.com/hipotesis-maxwell/hipotesis-maxwell/> diakses Selasa 28 Juni 2016, pukul 09:55 WIB)

Gelombang elektromagnetik mengandung energi. Energi dari gelombang elektromagnetik itu secara terus menerus dikonsumsi. Jika terdapat suatu medan magnetik non-radiasi dengan frekuensi resonansi tertentu, kumparan pengirim akan terus mengumpulkan energi, tegangan penerima akan naik, dan energi yang diterima dapat disalurkan ke beban setelah dikonversi dengan rangkaian tambahan (penyearah).

(sumber : H. Hayt, William, *Elektromagnetika*, Jakarta :Erlangga)

2.2 Rangkaian Pengirim (*Transmitter*)

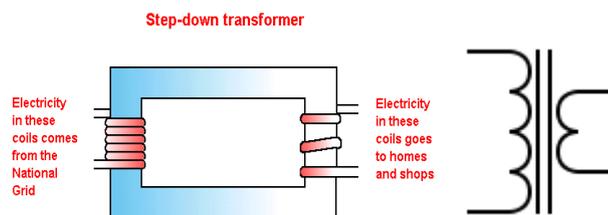
Rangkaian Pengirim adalah gabungan dari beberapa komponen yang berfungsi untuk mengirimkan energi listrik menuju rangkaian penerima, tanpa perantara kabel. Rangkaian pengirim pada sistem transfer energi listrik tanpa kabel dihubungkan dengan pasokan listrik 220 volt AC. Rangkaian pengirim terdiri atas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



2.2.1 Transformator *Step-Down*

Trafo step down adalah trafo yang menghasilkan tegangan arus AC lebih rendah. Transformator step-down memiliki lilitan sekunder lebih sedikit dari pada lilitan primer, sehingga berfungsi sebagai penurun tegangan listrik. Pada rangkaian elektronika, trafo step down sering dipakai pada catu daya, baik itu catu daya yang sudah teregulasi ataupun yang belum teregulasi. Kegunaan dari trafo step down pada dunia elektronika sudah tidak diragukan lagi karena dapat digunakan sebagai pengganti baterai.

(Sumber : <http://skemaku.com/trafo-step-down-fungsi-dan-kegunaannya/>)



Gambar 2.10 Skema Trafo Step Down

(<http://skemaku.com/trafo-step-down-fungsi-dan-kegunaannya/>)

2.2.1.1 Fungsi Trafo Step Down

Fungsi dasar dari sebuah trafo step down tentu saja untuk menurunkan tegangan listrik untuk menghasilkan tegangan yang lebih kecil sesuai dengan kebutuhan proyek elektronika. Meskipun fungsi dasar dari trafo step down hanya satu, namun kegunaannya sangat bisa dipakai hampir semua perangkat elektronika seperti amplifier, radio, charger gadget, booster antena televisi, dan lain- lain.

(Sumber : <http://skemaku.com/trafo-step-down-fungsi-dan-kegunaannya/>)

Trafo step down memiliki jumlah kumparan sekunder yang lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah kumparan primernya. Sesuai dengan konstruksi dasar transformator, transformator step down terdiri dari lilitan kumparan kawat email dengan diameter tertentu yang dilapisi oleh kawat email agar tumpukan



lilitan tidak terhubung langsung satu sama lain yang dapat mengakibatkan terjadinya hubungan singkat, baik itu pada kumparan primernya maupun pada kumparan sekundernya.

Untuk ukuran trafo step down bervariasi tergantung arus output yang dapat dikeluarkan oleh trafo tersebut. Semakin besar arus yang dapat dikeluarkan oleh sebuah trafo step down, maka dimensi trafo akan semakin besar pula, karena selain diameter lilitan sekunder yang lebih besar yang berbanding lurus dengan kemampuan arus yang dikeluarkannya, ukuran inti besi juga otomatis akan semakin besar untuk dapat menampung gaya gerak listrik induksi elektromagnet dari kumparan primer ke kumparan sekunder.

Ketika sebuah trafo step down dialiri oleh tegangan listrik AC 220V (jaringan PLN) pada bagian primer, maka kumparan primer yang telah dikelilingi oleh inti besi akan timbul elektromagnet, gaya elektromagnet ini akan muncul seiring dengan perubahan garis gaya magnet yang ditimbulkan oleh arus AC. Karena garis gaya magnet ini timbul lah gaya gerak listrik pada kumparan sekunder trafo. Jumlah gaya gerak listrik yang akan timbul pada kumparan sekunder tergantung jumlah lilitan dan diameternya.

Pada perancangan rangkaian elektronika, sebuah trafo step-down harus didesain sesuai dengan kebutuhan beban, ketika arus dibutuhkan oleh beban lebih besar dari arus output yang dikeluarkan oleh trafo step-down, maka hal ini akan berbahaya dari komponen trafo step down itu tersendiri. Selain dapat menimbulkan panas yang berlebihan pada kumparan dan inti besinya, hal tersebut dapat menyebabkan kerusakan trafo.

Oleh karena itulah, kebanyakan sebuah adaptor AC ke Dc yang memiliki kualitas baik biasanya dilengkapi dengan rangkaian regulator tegangan dan proteksi arus terhadap beban lebih, selain outputnya bebas dari tegangan ripple, juga terlindungi dari arus beban yang lebih, karena ketika hal itu terjadi, secara otomatis rangkaian proteksi akan berkerja dan sumber catu terhadap beban akan putus.



(Sumber : http://www.dunia_pendidikan.net/2016/01/manfaat-dan-kegunaan-transformator-trafo-dalam-kehidupan-sehari-hari.html)

Ciri-ciri trafo *step-down* adalah sebagai berikut.

- 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 ($I_p < I_s$).

(sumber : Wijaya, Agung. 2008. *IPA TERPADU*. Grasindo : Jakarta)

Hubungan antara tegangan, jumlah lilitan dan arus yang mengalir dituliskan dalam persamaan berikut.

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} \dots\dots\dots (2.7)$$

(Sumber : Prasodjo, Budi, dkk..2007. *Fisika : Teori dan Aplikasi*. Yudhistira: Jakarta)



Gambar 2.11 Transformator *Step-Down*

(Sumber : <http://www.berpendidikan.com/2015/10/macam-macam-dan-ciri-ciri-transformator-trafo-step-up-step-down.html> dikases Rabu, 29 Juni 2016 pukul 21:00 WIB)

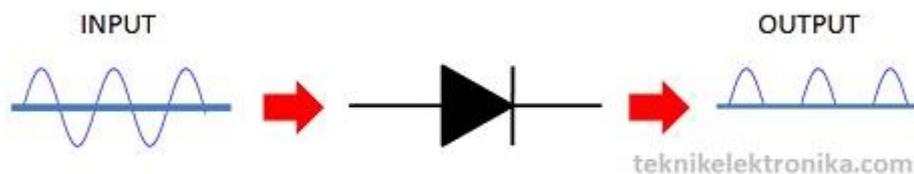


2.2.2 Rangkaian Penyearah (*Rectifier*)

Penyearah adalah rangkaian elektronika yang berfungsi menyearahkan gelombang arus listrik. Arus listrik yang semula berupa arus bolak-balik (AC) jika dilewatkan rangkaian Penyearah akan berubah menjadi arus searah (DC).

(Sumber : www.scribd.com)

Rangkaian Rectifier atau Penyearah Gelombang ini pada umumnya menggunakan Dioda sebagai Komponen Utamanya. Hal ini dikarenakan Dioda memiliki karakteristik yang hanya melewatkan arus listrik ke satu arah dan menghambat arus listrik dari arah sebaliknya. Jika sebuah Dioda dialiri arus Bolak-balik (AC), maka Dioda tersebut hanya akan melewatkan setengah gelombang, sedangkan setengah gelombangnya lagi diblokir. Untuk lebih jelas, silakan lihat gambar dibawah ini :



Gambar 2.12 Rangkaian Penyearah
(www.teknikelektronika.com)

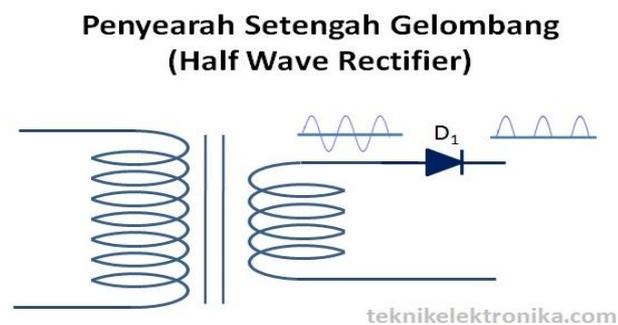
Pada dasarnya, Rectifier atau Penyearah Gelombang dibagi menjadi dua jenis yaitu Half Wave Rectifier (Penyearah Setengah Gelombang) dan Full Wave Rectifier (Penyearah Gelombang Penuh). (sumber : <http://teknikelektronika.com>)

2.2.2.1 Half Wave Rectifier (Penyearah Setengah Gelombang)

Half Wave Rectifier atau Penyearah Setengah Gelombang merupakan Penyearah yang paling sederhana karena hanya menggunakan 1 buah Dioda untuk



menghambat sisi sinyal negatif dari gelombang AC dari Power supply dan melewatkan sisi sinyal Positif-nya.



Gambar 2.13 Penyearah Setengah Gelombang
(<http://teknikelektronika.com>)

Pada prinsipnya, arus AC terdiri dari 2 sisi gelombang yakni sisi positif dan sisi negatif yang bolak-balik. Sisi Positif gelombang dari arus AC yang masuk ke Dioda akan menyebabkan Dioda menjadi bias maju (Forward Bias) sehingga melewatkannya, sedangkan sisi Negatif gelombang arus AC yang masuk akan menjadikan Dioda dalam posisi Reverse Bias (Bias Terbalik) sehingga menghambat sinyal negatif tersebut. (sumber : <http://teknikelektronika.com>)

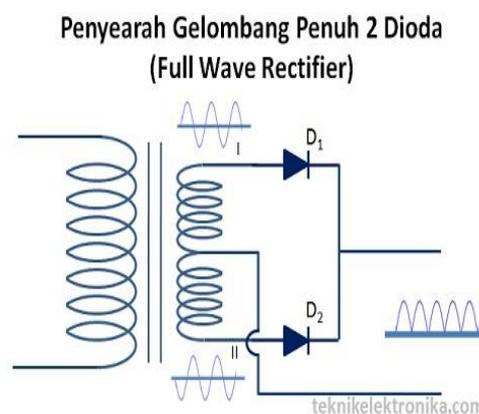
2.2.2.2 Full Wave Rectifier (Penyearah Gelombang Penuh)

Terdapat 2 cara untuk membentuk Full Wave Rectifier atau Penyearah Gelombang Penuh. Kedua cara tersebut tetap menggunakan Dioda sebagai Penyearahnya namun dengan jumlah Dioda yang berbeda yaitu dengan menggunakan 2 Dioda dan 4 Dioda. Penyearah Gelombang Penuh dengan 2 Dioda harus menggunakan Transformer CT sedangkan Penyearah 4 Dioda tidak perlu menggunakan Transformer CT, Penyearah 4 Dioda sering disebut juga dengan Full Wave Bridge Rectifier. (sumber : <http://teknikelektronika.com>)



2.2.2.2.1 penyearah gelombang penuh 2 dioda

Seperti yang dikatakan diatas, Penyearah Gelombang Penuh 2 Dioda memerlukan Transformer khusus yang dinamakan dengan Transformer CT (Centre Tapped). Transformer CT memberikan Output (Keluaran) Tegangan yang berbeda fasa 180° melalui kedua Terminal Output Sekundernya. Perbedaan Fase 180° tersebut dapat dilihat seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.14 Gelombang Penuh 2 Dioda
(<http://teknikelektronika.com>)

Di saat Output Transformer CT pada Terminal Pertama memberikan sinyal Positif pada D1, maka Terminal kedua pada Transformer CT akan memberikan sinyal Negatif (-) yang berbeda fasa 180° dengan Terminal Pertama. D1 yang mendapatkan sinyal Positif (+) akan berada dalam kondisi Forward Bias (Bias Maju) dan melewati sisi sinyal Positif (+) tersebut sedangkan D2 yang mendapatkan sinyal Negatif (-) akan berada dalam kondisi Reverse Bias (Bias Terbalik) sehingga menghambat sisi sinyal Negatifnya.

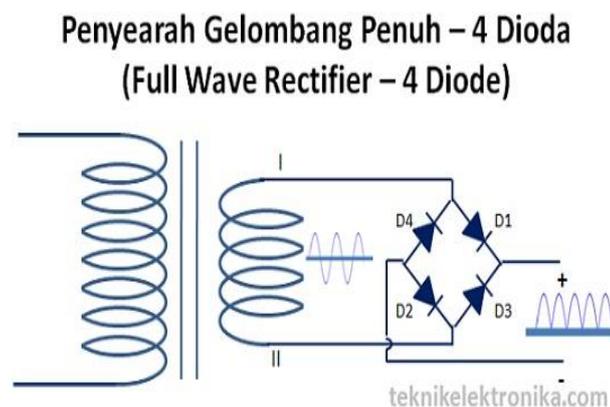
Sebaliknya, pada saat gelombang AC pada Terminal Pertama berubah menjadi sinyal Negatif maka D1 akan berada dalam kondisi Reverse Bias dan menghambatnya. Terminal Kedua yang berbeda fasa 180° akan berubah menjadi



sinyal Positif sehingga D2 berubah menjadi kondisi Forward Bias yang melewatkan sisi sinyal Positif tersebut. (sumber : <http://teknikelektronika.com>)

2.2.2.2.2 Penyearah Gelombang Penuh 4 Dioda (Bridge Rectifier)

Penyearah Gelombang Penuh dengan menggunakan 4 Dioda adalah jenis Rectifier yang paling sering digunakan dalam rangkaian Power Supply 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. (sumber : <http://teknikelektronika.com>)



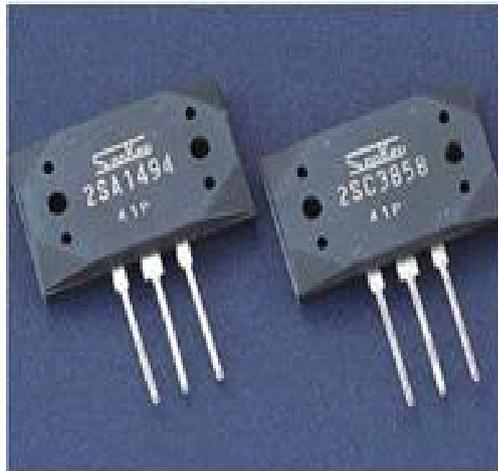
Gambar 2.15 Penyearah Gelombang Penuh 4 Dioda
(<http://teknikelektronika.com>)

Berdasarkan gambar diatas, jika Transformer mengeluarkan output sisi sinyal Positif (+) maka Output maka D1 dan D2 akan berada dalam kondisi Forward Bias sehingga melewatkan sinyal Positif tersebut sedangkan D3 dan D4 akan menghambat sinyal sisi Negatifnya. Kemudian pada saat Output Transformer berubah menjadi sisi sinyal Negatif (-) maka D3 dan D4 akan berada dalam kondisi Forward Bias sehingga melewatkan sinyal sisi Positif (+) tersebut sedangkan D1 dan D2 akan menghambat sinyal Negatifnya.



2.2.3 Rangkaian Penguat AC

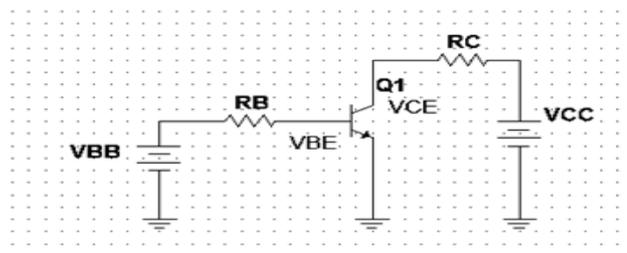
Prinsip kerja penguat AC dengan transistor adalah arus bias base-emiter yang kecil mengatur besar arus kolektor-emiter. Adapun transistor yang digunakan pada penguat terdapat pada gambar 16.



Gambar 2.16 Transistor 2SA1494-2SC3858

(Sumber :<http://sanken.com/transistor-2SA1494-2SC3858-product/> diakses pada Rabu 29 Juni 2016 pukul 01:34 WIB)

Penguat *common* emitor digunakan sebagai penguat tegangan. Pada rangkaian ini, emitor ditanahkan, input adalah basis, dan output adalah kolektor.



Gambar 2.17 Rangkaian Penguat Transistor tipe *Common Emitor*

(Sumber :<http://sanken.com/transistor-2SA1494-2SC3858-product/> diakses pada Rabu 29 Juni 2016 pukul 01:34 WIB)



Sifat-sifat penguat common emitor yaitu sinyal output berbeda fasa 180 derajat, memungkinkan adanya osilasi akibat *feedback*, dan untuk mencegahnya sering dipasang *feedback* negatif. Penguat tipe common emitor sering dipakai sebagai penguat audio (frekuensi rendah) dengan stabilitas penguatan rendah karena tergantung stabilitas suhu dan bias transistor.

Pada rangkaian penguat emitor ditanahkan seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.17, tegangan V_{BB} akan menyebabkan panjar maju hubungan basis dan emitor pada transistor. Mengatur arus yang masuk pada basis dapat dilakukan dengan mengatur V_{BB} dan R_B . Penentuan besar kecilnya nilai arus yang masuk pada basis akan mempengaruhi arus yang dihasilkan pada kolektor. Arus pada basis dapat dihitung dengan persamaan 2.8 sebagai berikut.

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan nilai V_{BE} bergantung pada jenis transistor yang digunakan (untuk transistor 2SC3858, $V_{BE} = 6$ V). Arus pada kolektor ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.9 sebagai berikut.

$$I_C = \beta_{DC} \times I_B \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana β_{DC} merupakan penguatan pada transistor yang digunakan (untuk transistor 2SC3858, $\beta_{DC} = 50$).

(sumber : <http://elka.fi.itb.ac.id/wp-content/uploads/Modul-5-Transistor-Sebagai-Penguat.pdf> diakses pada 25 Juli 2016 pukul 23.41 WIB)

2.2.4 Kumbaran Pengirim (*Transmitter Coil*)

Kumbaran pengirim adalah tembaga yang berbentuk solenoid dengan panjang, luas, dan diameter yang telah ditentukan untuk menginduksi kumbaran penerima. Kumbaran pengirim ini berfungsi sebagai penghasil fluks magnetik disekitar rangkaian pengirim.



Gambar 2.18 Contoh Kumparan Pengirim

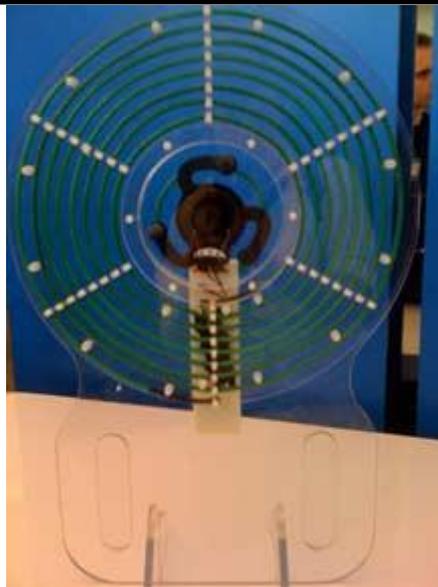
(sumber : <http://news.mit.edu/2007/wireless-0607>, diakses pada tanggal 27 April 2016 pukul 18.45 WIB)

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 kumparan penerima (*receiver coil*), dan beban AC LED (*Light Bulb* 3 watt, 7 watt, 9 watt)

2.3.1 Kumparan Penerima (*Receiver Coil*)

Kumparan penerima adalah tembaga yang berbentuk solenoid dengan panjang, luas, dan diameter yang telah ditentukan agar bisa diinduksi oleh kumparan pengirim. Kumparan penerima ini berfungsi sebagai penerima fluks magnetik yang dihasilkan disekitar rangkaian pengirim.



Gambar 2.19 Contoh Kumparan Penerima

(sumber : <http://news.mit.edu/2007/wireless-0607>, diakses pada tanggal 27 April 2016 pukul 18.45 WIB)

2.3.2 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 (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 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 2.20 berikut ini.



Gambar 2.20 Lampu LED
(Sumber : <http://www.mbabalance.com>)