

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Tabel 2.1 Kajian Pustaka

No	Judul	Metode	Hasil
1.	Panggabean, B. M., Halomoan, H., & Purwasih, N. (2014). Perancangan Sistem Transfer Energi Secara Wireless Dengan Menggunakan Teknik Resonansi Induktif Medan Elektromagnetik. <i>Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan</i> ,	Metode yang digunakan untuk transfer energi wireless pada tugas akhir ini menggunakan teknik resonansi induktif medan elektromagnetik	Semakin jauh jarak antar kumparan, maka semakin kecil energi yang mampu ditrasfer, demikian juga dengan sudut kemiringan kumparan. Semakin miring sudut kumparan penerima, maka semakin kecil energi listrik yang dihasilkan
2.	Perangkat, Analisis, Transmisi Untuk, and Wireless Energy Transfer. "Journal of Control and Network Systems" 3, no. 1 (2014): 112–119.	Metode yang digunakan kopling resonansi antara koil sirkuit LC. Kopling resonansi induktif mampu mentransmisikan energi oleh medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik.	Nilai transmisi frekuensi yang semakin besar, akan menghasilkan nilai efisiensi yang semakin besar. Ini terjadi ketika jarak antara koil pemancar ke koil penerima dan nilai tegangan ditransmisikan (V_{in}) secara merata.
3.	Rakhman, Edi, Arif Rahman, and Noor Cholis Basjaruddin. "Transfer Daya Nirkabel Dengan Kopling Induksi" 2, no. 2502 (2017).	Pada penelitian ini dikembangkan sistem transfer daya listrik secara nirkabel (wireless power transfer) dengan kopling induktif. Percobaan dilakukan dengan mengubah jumlah lilitan dan diameter kawat email yang bertujuan untuk mencari daya paling maksimum dan jarak paling jauh.	Pada rangkaian dengan kawat email yang berdiameter 0,5 mm, jumlah lilitan $26\times$ putaran, dan frekuensi yang digunakan 470KHz diperoleh efisiensi daya yang ditransfer pada jarak 1 cm sekitar 1,51%. Hasil dari percobaan tersebut dapat menyalakan lampu LED 1 Watt.

4.	Sudibya, B., Wiyono, W., Wardoyo, S., & Firmansyah, T. (2016). Analisa Compact Wireless Power Transfer (CWPT) menggunakan Metode Magnetic Resonator Coupling. <i>Setrum: Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer</i> , 5(2), 90-93.	Metode yang digunakan Magnetic Resonator Coupling	Pada penelitian ini berhasil dirancang WPT dengan tegangan sebesar 5 V. Jika Tx dan Rx diposisikan saling berhadapan, tegangan maksimum 4,7 volt pada jarak 1 cm. Sementara itu, jika Tx dan Rx diposisikan berdampingan, tegangan yang dihasilkan dari 3.5V.
5.	Bachri, A., & Abidin, Z. (2020). Simulasi Kopling Magnetik Transfer Energi Nirkabel (Wireless Power Transfer). <i>Jurnal Elektro</i> , 5(1), 321-325.	Salah satu metode untuk menyalurkan energi tanpa kabel adalah dengan kopling induksi magnetik	Simulasi kopling magnetik dengan Multisim 12.00 menunjukkan bahwa kumparan pemancar (transceiver) menginduksi kumparan penerima (receiver) dan terjadi transfer energi.

2.2 Transfer Daya Nirkabel

Konsep dasar transmisi daya ini telah dilakukan oleh ilmuwan Nikola Tesla dan teknologi transmisi listrik microwave. Kedua teknologi tersebut merupakan salah satu bentuk transmisi tenaga dengan menggunakan radiasi.

Radiative transfer yang menggunakan komunikasi nirkabel kurang efektif karena karakteristik omnidirectional, efisiensi rendah dan kehilangan radiasi, metode ini tidak terlalu cocok untuk transmisi daya. Selama jarak interaksi antara sumber dan perangkat yang berdekatan dapat mencapai transmisi daya yang efektif, diperlukan teknologi alternatif [1].

Dalam beberapa tahun terakhir, para peneliti telah mencoba mengirimkan energi secara nirkabel melalui berbagai mekanisme [2]. seperti:

a) Laser beam.

Sinar laser koheren yang dapat membawa energi yang sangat tinggi. Teknologi ini diciptakan oleh NASA pada tahun 2003.

b) Gelombang radio dan microwaves.

Dengan menggunakan teknologi microwave, daya yang sangat tinggi dapat ditransmisikan dalam jarak jauh.

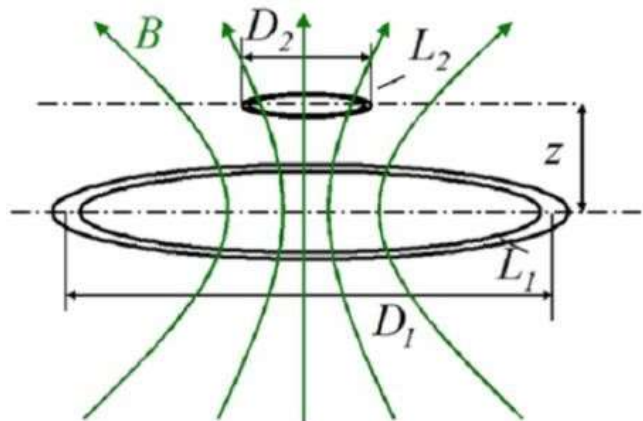
c) Inductive resonant coupling.

Teknologi ini bekerja dengan menggunakan efek kopling resonansi antara dua kumparan rangkaian LC.

d) “Strong” electromagnetic resonance.

Teknologi ini merupakan pengembangan dari kopling resonansi induktif. Teknologi ini mampu mengirimkan energi listrik hingga puluhan sentimeter.

Kopling resonansi induktif adalah sistem yang dapat mengirimkan daya nirkabel. Ini dicapai dengan menghubungkan catu daya ke sistem kopling induktif dan menggunakan medan magnet untuk mentransfer energi melalui udara. Sistem kopling menggunakan komponen koil pemancar (L1), yang mengirimkan energi ke komponen koil penerima. Ini dilakukan dengan melewati arus melalui kumparan L1 dan membangkitkan medan magnet B. Kumparan L2 menggunakan medan magnet B untuk menghasilkan sinyal energi. Gambar 2.1 menunjukkan prinsip kerja kopling resonansi induktif berdasarkan hasil penelitian Sasur[3].



Gambar 2.1 *Inductive Coupling System* Sumber : (Sasur, 2011)

2.3 Definisi Transfer Daya Nirkabel

Transmisi daya nirkabel adalah sistem yang dapat mentransfer energi listrik dari sumber listrik ke beban listrik tanpa menggunakan penghantar (seperti kabel) [4].

Transfer daya nirkabel mempunyai kegunaan dalam kehidupan sehari-hari, yaitu :

- a) Lebih mudah memberikan energi listrik ke perangkat elektronik yang membutuhkan daya.
- b) Saat alat berada dalam jangkauan sistem, alat tersebut akan secara otomatis mengisi daya perangkat elektronik yang dioperasikan dengan baterai.

2.4 Induksi Elektromagnetik

Prinsip induksi elektromagnetik dibuktikan oleh ilmuwan Michael Faraday yang sangat tertarik setelah melihat eksperimen H.C Oersted yang menjelaskan bahwa arus listrik dapat membangkitkan medan magnet [5].

Eksperimen Michael Faraday untuk membuktikan prinsip induksi elektromagnetik pada tahun 1831 sangat sederhana, menggunakan dua kabel

yang dililitkan di kedua sisi cincin besi, kemudian memberi energi pada kabel di satu sisi, dan kemudian menghubungkan kabel di sisi lain ke Galvanometer.

Melalui percobaan ini, Faraday menyimpulkan bahwa medan magnet pada kabel hidup dapat mentransfer arus ke kabel lain yang berada dalam jangkauan medan magnet kabel.

2.5 Prinsip Kerja Induksi Elektromagnetik

Prinsip kerja dari induksi elektromagnetik adalah dengan menambahkan garis medan magnet maka akan menimbulkan induksi gaya gerak listrik pada ujung kabel, dan arus yang dihasilkan akibat garis medan magnet akan menimbulkan beda potensial. Arah arus induksi yang mengalir pada kawat dapat ditentukan dengan memperhatikan arah medan magnet yang dibangkitkan. Ini menciptakan perbedaan potensial di ujung kabel yang berliku. Ketika medan magnet keluar dari kumparan kawat, karena tidak ada medan magnet pada kumparan kawat, beda potensial akan berkurang hingga akhirnya menghilang.

2.6 Karakteristik Induksi Elektromagnetik

Besarnya induksi elektromagnetik dapat diamati dari deviasi jarum galvanometer. Galvanometer adalah sebuah alat yang bisa digunakan dalam mengetahui ada dan tidaknya adanya arus listrik yang mengalir. Jika sudut defleksi jarum besar, arus induksi juga besar. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi besarnya induksi elektromagnetik pada belitan adalah sebagai berikut:

- a. Jumlah lilitan

- b. Besarnya fluks magnetik
- c. Kekuatan medan magnetik

Jumlah induksi yang dihasilkan sebanding dengan ketiga faktor di atas. Semakin besar ketiga faktor tersebut, semakin besar pula hasil induksi elektromagnetik.

2.7 Fluks Magnetik

Fluks magnet adalah besar atau kecilnya medan magnet B yang melintasi suatu penampang melintang tertentu [6]. Fluks magnet yang ditimbulkan oleh medan magnet B pada permukaan luas A adalah:

$$\Phi = B A \cos \theta \quad (1)$$

Φ = fluks magnetik (Wb)

B = medan magnet (T)

A = luas penampang (m²)

θ = sudut di mana garis-garis medan melewati luas permukaan yang diberikan

Percobaan yang dilakukan oleh Faraday menunjukkan bahwa perubahan fluks magnet pada permukaan yang tertutup oleh lintasan tertutup menyebabkan gaya gerak listrik terinduksi (EMF). Besarnya gaya gerak listrik induksi yang terjadi adalah:

$$E = -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (2)$$

E = GGL Induksi (volt)

N = jumlah lilitan

$\Delta\Phi$ = perubahan fluks magnetik (Wb)

Δt = perubahan waktu (s)

2.8 Hukum Lenz

Hukum Lenz menyatakan bahwa arah arus induksi harus sedemikian rupa sehingga menghasilkan medan magnet induksi yang berlawanan dengan perubahan medan magnet.

Arah arus induksi pada kumparan sedemikian rupa sehingga kumparan memiliki arah medan magnet yang berlawanan dengan medan magnet yang masuk ke dalam kumparan. Medan induksi akan menghasilkan gaya gerak listrik yang diinduksi pada kumparan ke arah yang sesuai dengan aturan tangan kanan.

2.9 Induktansi Diri

Menurut hukum Bios-Savart, jika ada arus yang mengalir dalam sebuah konduktor, medan magnet akan dihasilkan di sekitar konduktor[7].

Menurut hukum Bios-Savart, jika ada arus yang mengalir dalam sebuah konduktor, medan magnet akan dihasilkan di sekitar konduktor.

a) Medan magnet pada kawat panjang

$$B = \left(\frac{\mu_0}{2\pi a} \right) I \quad (3)$$

b) Medan magnet pada kawat melingkar

$$B = \left(\frac{\mu_0 r}{2a^2} \right) I \sin \theta \quad (4)$$

c) Medan magnet pada solenoida

$$B = \left(\frac{\mu_0 N}{S}\right) I \quad (5)$$

B = medan magnet (T)

I = kuat arus listrik (A)

r = jari-jari lingkaran (m)

μ_r = permeabilitas ruang hampa

N = Jumlah lilitan

Dari persamaan (3) sampai (5) terlihat bahwa B berbanding lurus dengan I, dan karena dari persamaan (1) diketahui bahwa B berbanding lurus dengan ϕ , maka fluks magnet juga berbanding lurus dengan I. , Konstanta pembanding adalah sebagai berikut:

$$\phi = L I \quad (6)$$

ϕ = fluks magnetik (Wb)

L = Induktansi diri

I = Kuat arus listrik (A)

Diantaranya, L adalah konstanta proporsionalitas antara ϕ dan I, yang disebut induktansi diri sistem. Untuk mencari nilai L pada kumparan dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{\ell} \quad (7)$$

L = induktansi diri solenoida atau toroida (H)

μ_0 = permeabilitas udara ($4 \pi \times 10^{-7}$ Wb/Am)

N = jumlah lilitan

l = panjang solenoida atau toroida (m)

A = luas penampang (m^2)

Dapat dilihat dari persamaan (7) bahwa L berbanding lurus dengan N .

Karena dalam hukum Faraday, perubahan fluks listrik akan menyebabkan GGL, lalu masuk.

Dapatkan (6) dan (7) pada persamaan (2):

$$E = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (8)$$

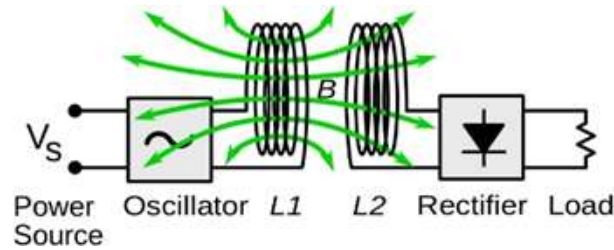
E = GGL induksi diri (Volt)

L = Induktansi diri (Henry)

$\frac{\Delta I}{\Delta t}$ = Besarnya perubahan arus tiap satuan waktu (A/s)

2.10 Induktansi Bersama

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1, ketika dua lilitan berdekatan satu sama lain, induktansi sambungan akan dihasilkan. Arus i_1 pada belitan 1 menghasilkan medan magnet, dan fluks magnet dari medan magnet mempengaruhi belitan 2. Jika i_1 berubah, medan magnet pada belitan 1 juga akan berubah. Ini akan menghasilkan gaya gerak listrik yang diinduksi pada belitan 2. Ketika gaya gerak listrik yang diinduksi dibangkitkan pada lilitan 2, arus akan mengalir pada lilitan 2 dan menghasilkan medan magnet yang akan mempengaruhi lilitan 1 [8].



Gambar 2.2 Diagram Blok Transfer Daya Nirkabel Kopling Induktif

Menurut Faraday, besarnya induktansi bersama adalah

$$M = \frac{N_2 \phi_{B2}}{i_1} = \frac{N_1 \phi_{B1}}{i_2} \quad (9)$$

Dalam kopling induktif (induksi elektromagnetik atau transfer daya induksi IPT), daya ditransfer antara belitan kawat melalui medan magnet. Kumbaran pemancar dan penerima bersama-sama membentuk transformator.

Menurut hukum Ampere, arus bolak-balik (AC) dari kumbaran pemancar (L1) menghasilkan medan magnet beresilasi (B). Medan magnet melewati kumbaran penerima (L2), dan tegangan EMF arus bolak-balik diinduksi di medan magnet sesuai dengan hukum induksi Faraday, sehingga menghasilkan arus bolak-balik di rangkaian penerima. Arus bolak-balik yang diinduksi dapat langsung menggerakkan beban, atau dapat diubah menjadi arus searah (DC) menggunakan rangkaian penyearah dari bagian rangkaian penerima, kemudian digunakan oleh beban dengan menggunakan tegangan DC[9]. Beberapa sistem (seperti pengisian sikat gigi elektrik) bekerja pada frekuensi 50/60 Hz, sehingga arus utama AC mengalir langsung ke koil pengirim[10].

Kopling induktif adalah teknologi transmisi daya nirkabel tertua dan paling banyak digunakan, dan hampir satu-satunya teknologi yang digunakan

dalam produk komersial. Teknologi ini biasanya digunakan untuk pengisian daya nirkabel di lingkungan yang lembab (seperti sikat gigi elektrik dan pisau cukur) untuk mengurangi risiko sengatan listrik[11]. Area aplikasi lainnya adalah untuk mengisi daya perangkat prostetik biomedis yang ditanamkan (seperti alat pacu jantung dan pompa insulin) untuk mencegah kabel melewati kulit [12]. Teknologi kopling induktif juga digunakan untuk mengisi daya kendaraan listrik (seperti mobil, bus, dan kereta api) [13].



Gambar 2.3 *Prototype inductive electric car charging system*

2.11 Medan Magnet

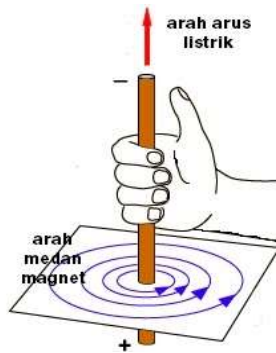
Medan magnet adalah ruang sekitar magnet sehingga magnet lain masih mengalami gaya. Ruang disekitar magnet dapat digambarkan sebagai garis khayal sebagai garis-garis medan magnetic yang arahnya keluar dari kutub utara magnet dan masuk ke kutub selatan magnet. [14]

Sifat Magnet: Kutub sejenis, kutub utara dengan kutub utara, atau kutub selatan dengan kutub selatan akan saling tolak-menolak. Dua kutub tidak sejenis, kutub utara dengan kutub selatan akan saling tarik-menarik.

Medan magnetik tidak hanya ditimbulkan oleh magnet permanen tetapi juga oleh arus listrik. Hal ini pertamakali ditemukan Oleh Hans Christian Oersted pada

tahun 1820; bahwa disekitar kawat yang dialiri arus listrik terdapat medan magnet.

a. Kawat Lurus Panjang Berarus



Gambar 2.4 Arah Medan Magnet

Untuk menentukan arah medan magnet (B) gunakan kaidah tangan kanan seperti pada gambar berikut.

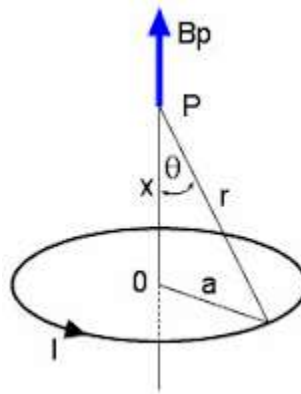
1. ibu jari menunjukkan arah arus (i)
2. Keempat jari lain menunjukkan arah medan magnet (B)

Untuk menentukan Nilai Induksi magnet disekitar kawat lurus panjang berarus listrik dapat digunakan persamaan berikut:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2\pi a} \quad (10)$$

b. Kawat Melingkar Berarus

Sebuah kawat melingkar kemudian dialiri arus listrik, maka pada sumbu kawat melingkar terdapat medan magnet yang arahnya seperti gambar.



Gambar 2.5 Arah Arus Pada Kawat

Arah medan magnet ditunjukkan oleh tanda panah (B_p).

Besar induksi magnet disekitar kawat melingkar (lihat gambar):

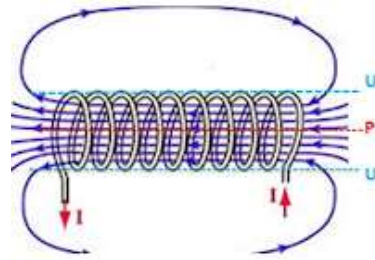
1. di pusat kawat melingkar (titik 0):

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2a} \quad (11)$$

2. sejauh x dari pusat kawat melingkar(titik P):

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2a} \sin^3 \theta \quad (12)$$

C. Solenoida



Gambar 2.6 Kumparan Solenoida

Solenoida adalah kumparan kawat berbentuk tabung panjang dengan lilitan yang sangat rapat. Sebuah kawat dibentuk seperti spiral yang selanjutnya disebut kumparan, apabila dialiri arus listrik maka akan berfungsi seperti magnet batang. Kumparan ini disebut dengan solenoida.

1. Besarnya medan magnet di sumbu pusat solenoida (lihat gambar - sepanjang sumbu P) dapat dihitung:

$$B_p = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{l} \Rightarrow n = \frac{N}{l} \quad (13)$$

$$B_p = \mu_0 \cdot i \cdot n$$

2. Besarnya medan magnet di ujung solenoida (lihat gambar - sepanjang sumbu U) dapat dihitung:

$$B_u = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2l} \Rightarrow n = \frac{N}{l} \quad (14)$$

$$B_u = \frac{1}{2} \mu_0 \cdot i \cdot n$$

$$B_u = \frac{1}{2} B_p$$

dengan:

B = medan magnet pada solenoida dalam tesla (T)

μ_0 = permeabilitas ruang hampa = $4\pi \cdot 10^{-7}$ Wb/amp.m.

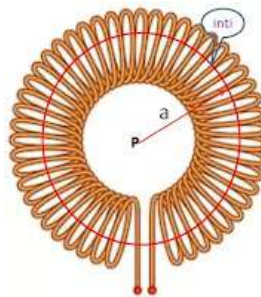
I = kuat arus listrik dalam ampere (A)

N = jumlah lilitan dalam solenoida

l = panjang solenoida dalam meter (m)

d. Toroida

Toroida seperti sebuah solenoida yang dibengkokkan menjadi bentuk sebuah donat seperti gambar



Gambar 2.7 Kumparan toroida

1. Medan magnet B di inti sebuah toroida diberikan oleh:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2\pi a} \quad (15)$$

2. Medan magnet B di dalam toroida (titik P) :Nol
3. Medan magnet B di luar toroida :nol

2.12 Frekuensi Resonansi RLC

Resonansi dalam rangkaian merupakan gejala yang muncul pada rangkaian AC yang mengandung komponen induktor dan kapasitor [15].

Resonansi dalam rangkaian seri disebut resonansi seri, dan resonansi dalam rangkaian paralel disebut resonansi paralel atau anti-resonansi. Resonansi seri Resonansi seri dapat terjadi apabila $X_L = X_C$ atau $V_L = V_C$ sehingga impedansi rangkaian sama dengan nilai resistansinya ($Z = R$) dan arus sefase dengan tegangan. Besar frekuensi dari resonansi seri adalah:

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad (16)$$

Resonansi paralel melibatkan perakitan induktor dan kapasitor secara paralel (disebut juga rangkaian tangki). Ketika zat di satu cabang sama dengan zat kapasitif di cabang lainnya, resonansi paralel terjadi. Frekuensi resonansi paralel adalah:

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{L}\right)^2} \quad (17)$$

2.13 IC NE555

IC timer 555 merupakan IC atau sirkuit terpadu (chip) yang digunakan dalam berbagai aplikasi pewaktuan, sumber pulsa gelombang, serta aplikasi osilator. IC ini dapat dimanfaatkan dalam rangkaian elektronika sebagai penunda waktu (Delay Timer), rangkaian flip-flop, dan osilator. Secara fisik IC 555 berbentuk DIP atau Dual inline Package dengan package 8 pin. IC ini pertama kali dirancang dan dibuat pada tahun 1970 oleh Hans R. Camenzind yang merupakan seorang ahli elektronika yang berkebangsaan Swiss. Tetapi seiring dengan berkembangnya ilmu elektronika, untuk saat ini dapat ditemui dipasaran beberapa versi IC 555. Contohnya yaitu IC 556 yang didalam dalam 1 package IC tersebut merupakan penggabungan 2 buah IC timer ini dengan package IC 14 pin. Contoh versi lainnya yaitu IC 558 yang dimana merupakan penggabungan 4 buah IC dipackage kedalam 1 ic dengan package IC 16 pin.



Gambar 2.8 IC NE555

Spesifikasi IC 555

1. Tegangan masukan / Catu daya : 4.5 ~ 15 V
2. Besaran arus untuk 5 vdc : 3 ~ 6 mA
3. Besaran arus untuk 15 vdc : 10 ~ 15 mA
4. Maksimum output Arus : 200 mA
5. Daya : 600 mW
6. Suhu kerja antara : 0 to 70 °C



Gambar 2.9 Skema IC NE555

Pin 1 : GROUND : Menghubungkan ke tegangan 0V.

Pin 2 : TRIGGER : Mendeteksi $\frac{1}{3}$ dari tegangan Sumber (Vcc) untuk membuat output menjadi berlogika HIGH. Pin 2 memiliki kontrol atas pin 6. Jika pin 2 berlogika LOW, dan pin 6 LOW, keluaran akan tetap berlogika HIGH. Jika pin 6 berlogika HIGH, dan pin 2 berlogika LOW, output akan berlogika LOW. Pada

saat pin 2 berlogika LOW, pin ini memiliki impedansi yang sangat tinggi (sekitar 10 Mega Ohm) dan akan memberi Trigger sekitar 1uA.

Pin 3 : OUTPUT : (Pins 3 dan 7 dinamakan "in Phase") Berlogika HIGH minimal sekitar 2 Volt dan berlogika LOW sekitar 0.5 Volt kurang dari 0 Volt. Dan akan mengeluarkan arus sapaai dengan 200 mA.

Pin 4 : RESET : Pada Internal IC terhubung HIGH melalui 100 K Ohm. Harus diambil di bawah 0.8 Volt untuk me-reset chip.

Pin 5 : CONTROL : Sebuah tegangan diterapkan pada pin ini akan bervariasi waktu jaringan RC (cukup jauh).

Pin 6 : THRESHOLD : Mendeteksi $\frac{2}{3}$ dari tegangan Sumber (Vcc) untuk membuat output berlogika LOW apabila pin 2 berlogika HIGH. Pin ini memiliki impedansi yang sangat tinggi (sekitar 10 Mega Ohm) dan akan memberi Trigger sekitar 1uA.

Pin 7 : DISCHARGE : Akan berlogika LOW ketika pin 6 mendeteksi $\frac{2}{3}$ tegangan Sumber (Vcc) tapi pin 2 harus berlogika HIGH. Jika pin 2 Berlogika HIGH, pin 6 berlogika HIGH atau LOW, maka pin 7 tetap berlogika LOW. Akan berlogika HIGH dan tetap berlogika HIGH pada saat pin 2 mendeteksi $\frac{1}{3}$ tegangan Sumber (Vcc)

(bahkan sebagai pulsa LOW) ketika pin 6 berlogika LOW. (Pins 7 dan 3 dinamakan "in Phase") Pin 7 adalah sama dengan pin 3 tapi pin 7 tidak berlogika HIGH. Tapi ia akan berlogika LOW dan akan kehilangan arus sekitar 200 mA. Anda dapat menghubungkan pin 7 ke pin 3 untuk mendapatkan kemampuan SINK sedikit lebih baik dari IC.

Pin 8 : SUPPLY

: Terhubung ke tegangan Sumber (Vcc) positif.

Berikut ini adalah gambar internal komponen pada IC 555 :