

# **TUGAS AKHIR**

## **PERANCANGAN WIRELESS ELECTRIC TESLA COIL MENGUNAKAN METODE CAPASITIVE TRANSMISI**

*Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh :**

**MHD REZA FAHLEVI**  
**1407220121**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN WIRELESS ELECTRIC TESLA COIL  
MENGUNAKAN METODE CAPASITIVE TRANSMISI

*Diajukan Guna Melengkapi Tugas – tugas dan Sebagai Persyaratan Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T) Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Telah Diuji dan Disidangkan Pada Tanggal :  
(15 Oktober 2018)

Oleh :  
Mhd, Reza Fahlevi  
1407220121

Pembimbing I

(Dr. Muhammad Fitra Zambak M.Sc)

Pembimbing II

(Muhammad Syafril S.T, M.T)

Penguji I

(Faisal Ihsan Pasaribu S.T, M.T)

Penguji II

(Partonon Harahap S.T, M.T)

Diketahui dan Disahkan  
Ketua Jurusan Teknik Elektro



(Faisal Ihsan Pasaribu S.T, M.T)

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2018

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Mhd Reza Fahlevi  
NPM : 1407220121  
Tempat / Tgl Lahir : Tanjung Balai / 05 Juli 1996  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro



Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir (skripsi) saya ini yang berjudul :

### **“PERANCANGAN WIRELESS ELECTRIC TESLA COIL MENGUNAKAN METODE CAPASITIVE TRANSMISI”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena berhubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas Akademik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 September 2018



Saya yang menyatakan

**MHD REZA FAHLEVI**

**1407220121**

## KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadiran ALLAH SWT atas rahmat dan karunianya yang telah menjadikan kita sebagai manusia yang beriman dan insya ALLAH berguna bagi alam semesta. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad.SAW yan mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua yang telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat dalam meraih gelar kesarjanaan pada Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tugas akhir ini adalah **“Perancangan Wireless Electric Tesla Coil Menggunakan Metode Capacitive Transmisi”**.

Selesainya penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Kedua orang tua saya, yakni Ayahanda (Nasib) dan Ibunda (Suriatik) tercinta, yang dengan cinta kasih & sayang setulus jiwa mengasuh,

mendidik, dan membimbing dengan segenap ketulusan hati tanpa mengenal kata lelah sehingga penulis bisa seperti saat ini.

3. Bapak Dr. Agussani, MAP. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
4. Bapak Munawar Alfansury S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Dr. Ade Faisal M.Sc, P.hd selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Khairul Umurani S.T, M.T selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Bapak Partaonan Harahap, S.T, M.T. selaku Sekretaris Prodi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Bapak Dr. Muhammad Fitra Zambak M.sc, selaku Dosen Pembimbing I di kampus yang telah memberi ide-ide dan masukkan dalam menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini.
10. Bapak Muhammad Syafril, S.T, M.T. selaku Dosen Pembimbing II di kampus yang selalu sabar membimbing dan memberikan pengarahan penulis dalam penelitian serta penulisan laporan tugas akhir ini.
11. Segenap Bapak & Ibu dosen di Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
12. Yoga Kurniawan, Muhammad Ghazi AL Muffarid, Taufik Ilham Nst yang telah membantu saya dalam proses menyelesaikan tugas akhir dan

juga kepada teman seperjuangan Fakultas Teknik yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu serta Keluarga Besar Teknik Elektro 2014 yang selalu memberikan semangat dan suasana kekeluargaan yang luar biasa. Salam Kompak.

13. Serta semua pihak yang telah mendukung dan tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik & saran yang membangun dari segenap pihak.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini dapat menambah dan memperkaya lembar khazanah pengetahuan bagi para pembaca sekalian dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, 15 September 2018  
Penulis

**Mhd.Reza Fahlevi**  
1407220121

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GRAFIK .....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Kajian Pustaka Relevan.....	5
2.2 Landasan Teori.....	10
2.2.1 Teori Tesla .....	10
2.2.1 Tesla Coil .....	12
2.2.2 Induksi Elektromagnetik .....	14
2.2.3 Resonansi Elektromagnetik.....	16

2.2.4 Pengertian Push Pull .....	18
2.2.5 Reaktansi .....	20
2.3 Komponen – Komponen Sistem .....	22
2.3.1 Resistor.....	23
2.3.2 Kapasitor .....	24
2.3.3 Dioda.....	26
2.3.4 Mosfet .....	27
2.3.5 PCB .....	29
2.3.5 Kabel Listrik.....	30
2.3.6 Kawat Email Tembaga.....	34
2.3.7 Saklar .....	36
2.3.8 LED Indikator .....	38
2.3.9 Aluminium Foil.....	40
2.4 Software Diptrace.....	42
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>44</b>
3.1 Tempat dan Jadwal Penelitian.....	44
3.2Alat dan Bahan Penelitian .....	44
3.2.1 Alat Penelitian .....	44
3.2.2 Bahan Penelitian.....	45
3.3 Prosedur Penelitian.....	46
3.4. Flowchart Penelitian.....	49

3.5.2 Rangkaian Skematik Penerima.....	52
<b>BAB IV .....</b>	<b>53</b>
4.1 Perancangan Wireless Electric Tesla Coil .....	53
4.2 Analisa Keluaran Tesla Coil .....	55
<b>BAB V.....</b>	<b>66</b>
5.1 Kesimpulan .....	66
5.2. Saran.....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>68</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>70</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Menara Wardencllyffe ( <i>Tesla Tower</i> ) .....	10
Gambar 2.2 Percobaan Kumparan Tesla .....	13
Gambar 2.3 Percobaan Pertama Faraday .....	14
Gambar 2.4 Percobaan Kedua Faraday .....	15
Gambar 2.5 Ilustrasi Arah Magnet Yang Memasuki Kumparan .....	16
Gambar 2.6 Gelombang Elektomagnetik .....	17
Gambar 2.7 Rangkaian <i>Push Pull</i> .....	19
Gambar 2.8 Penguat <i>Push Pull</i> .....	20
Gambar 2.9 Resistor .....	23
Gambar 2.10 Kapasitor .....	26
Gambar 2.11 Dioda .....	27
Gambar 2.12 Mosfet .....	28
Gambar 2.13 PCB .....	30
Gambar 2.14 Kabel Listrik .....	31
Gambar 2.15 Kawat Email Tembaga .....	35
Gambar 2.16 Saklar .....	36
Gambar 2.17 Cara Kerja Saklar .....	37
Gambar 2.18 <i>LED Indikator</i> .....	40
Gambar 2.19 <i>Alumunium Foil</i> .....	41
Gambar 2.20 <i>Software Diptrace</i> .....	43
Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem .....	47
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	50

Gambar 3.1 Rangkaian Skematik <i>Driver</i> Osilator .....	47
Gambar 3.2 Rangkaian Skematik Penerima .....	52
Gambar 4.1 Perancangan <i>Transmitter</i> .....	54
Gambar 4.1 Perancangan <i>Receiver</i> .....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Warna dan Ukuran Resistor .....	24
Tabel 2.2 Ukuran Kawat Tembaga .....	35
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Tanpa Beban .....	57
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Dengan Beban LED 4 Buah di Paralel .....	60
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Dengan Beban LED 4 Buah Paralel 5 Seri .....	63

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Grafik Pengukuran Tegangan Dengan Jarak .....	64
Grafik 4.2 Grafik Pengukuran Arus Dengan Jarak .....	64
Grafik 4.3 Grafik Pengukuran Daya Dengan Jarak .....	65

## ABSTRAK

Semakin meningkatnya perkembangan teknologi menyebabkan semakin dibutuhkan proses transfer energi yang lebih efisien. Hal ini mendorong para pengembang teknologi membuat alat untuk mentransfer energi listrik tanpa menggunakan kabel. Saat ini kabel konduktor masih menjadi cara paling efektif dalam mentransfer energi listrik. Dalam penelitian ini penulis membuat alat yang mampu mentransfer energi listrik tanpa menggunakan kabel menggunakan metode *capasitive* transmisi *tesla coil* dengan cara memanfaatkan tegangan tinggi untuk menciptakan medan listrik disekitar elektroda penghantar yang diberi jarak dengan elektroda penerima sehingga seolah-olah kedua elektroda tersebut berfungsi sebagai kapasitor. Dengan menggunakan osilasi frekuensi yang sangat tinggi maka kedua elektroda tersebut seolah-olah terhubung. Konstruksi pada alat yang dikembangkan adalah dengan memanfaatkan lilitan tembaga. Lilitan tembaga ini dibuat menjadi sebuah *tesla coil* disisi *transmitter*, dan juga *receiver*. Tegangan masukan dari *transmitter* adalah 11.8 DC Volt dan arus 3.09 Ampere. Dari hasil uji coba alat, dengan menggunakan beban LED 4 buah diparalel 5 seri mampu menerima daya sebesar 0.07548 W pada jarak 5 cm dan pada jarak 35 cm daya yang diterima berkurang menjadi 0.0611 W. Serta efisiensi terbaik adalah sebesar 0.20877% pada uji coba beban menggunakan LED 4 buah di paralel 5 Seri pada jarak 5 cm sedangkan pada jarak 35 cm berkurang menjadi 0.1689%. Dari percobaan tersebut, disimpulkan bahwa bila jarak antara *transmitter* dan *receiver* semakin jauh, besar daya dan efisiensi transfer akan semakin berkurang.

**Kata Kunci** : *Tesla coil*, *capasitive* transmisi, *wireless electric*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Salah satu kebutuhan manusia yang sangat penting dan vital yang tidak dapat dilepaskan dalam kehidupan sehari-hari adalah kebutuhan akan energi listrik. Manusia hampir tidak dapat melakukan pekerjaan yang ada dengan baik ataupun memenuhi kebutuhannya tanpa adanya energi listrik. Energi listrik dalam penyaluran ke pusat-pusat beban menggunakan saluran mulai dari saluran bertegangan tinggi sampai dengan saluran bertegangan rendah. Dalam penyaluran energi listrik tersebut digunakanlah kabel tembaga sebagai media perantaranya.

Kabel tembaga tersebut digunakan sebagai media transfer energi listrik karena bahannya yang terdiri atas banyak elektron yang bisa bergerak bebas. Pada saat tembaga dihubungkan dengan sumber listrik aliran elektron dapat bergerak dengan bebas pada bahan tersebut[1]. Namun seiring dengan perkembangan teknologi, dikembangkanlah teknologi transfer energi yang dapat meningkatkan kepraktisan serta menghemat terhadap bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan kabel sebagai media penyalur energi tersebut.

Konsep penyaluran energi listrik yang masih dalam tahap riset yaitu transfer daya nirkabel. Transfer nirkabel adalah suatu konsep untuk menghatarkan atau mengirimkan energi tanpa menggunakan kabel. Salah satu ilmuwan Nicola Tesla pada abad ke-19 meneliti dan mempelajari tentang pemancar dan penerima pada daya listrik tanpa melalui kabel penghantar. Sistem induksi elektromagnetik dikembangkan dan dipelajari pada kumparan Tesla sampai akhirnya menara

bernama Wardenclyffe dibangun oleh Nicola Tesla. Tujuan menara tersebut sebagai pembangkit dan pemancar daya listrik serta pemancar informasi ke seluruh dunia. Karena berhentinya sumber dana maka akhirnya menara ini dihancurkan sebelum beroperasi.

Dengan terus berkembangnya penggunaan energi listrik maka alat untuk mentransfer energi listrik secara nirkabel semakin dikembangkan pula agar lebih baik dan efisien dalam mentransfer energi listrik[1]. Maka dari itu dikembangkanlah wireless electric tesla coil dengan menggunakan metode capacitive transmisi. Tesla Coil merupakan sejenis sirkuit transformator resonansi. Alat ini digunakan untuk menghasilkan tegangan tinggi (*high voltage*), arus pendek (*low current*), dan juga frekuensi tinggi dari arus listrik bolak-balik (*high-frequency alternating current electricity*). Tesla Coil dibuat terbuat dari logam yang berputar dan saluran alumunium fleksibel untuk mengontrol medan listrik tinggi yang dekat dengan bagian atas sekunder dan untuk mengarahkan pemicu keluar dan menjauhi gulungan/kipas primer dan sekunder. Metode capacitive transmisi ini bertujuan agar keluaran dari tesla coil dan penerimaannya menjadi lebih stabil dan lebih efisien.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, penulis mengidentifikasi beberapa hal yang berhubungan dengan masalah antara lain :

1. Bagaimana merancang *prototypewireless electric tesla coil* menggunakan metode *capasitive* transmisi?

2. bagaimana pengaruh jarak dan beban pada daya dan efisiensi kerja *wireless electric tesla coil* menggunakan metode *capasitive* transmisi pada.

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penulisan skripsi adalah sebagai berikut :

1. Penggunaan *Capasitive* transmisi sebagai metode *wireless electric tesla coil*.
2. Energi listrik yang dihasilkan dari alat yang dirancang untuk mengetahui konsep transfer energi listrik tanpa kabel.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Merancang *wireless electric tesla coil* menggunakan metode *capasitive* transmisi.
2. Menganalisa pengaruh jarak dan beban pada daya dan efisiensi kerja *wireless electric tesla coil* menggunakan metode *capasitive* transmisi.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Mengembangkan metode baru dari *wireless electric tesla coil* dengan menggunakan metode *capasitive* transmisi.
2. Memperdalam pemahaman tentang pentransferan energi listrik tanpa kabel.

3. Menginspirasi para generasi yang akan datang agar tertarik meneliti lebih lanjut tentang perkembangan teknologi listrik nirkabel.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka Relevan**

*Wireless Power Transfer (WPT)* merupakan suatu metode untuk menyalurkan daya listrik tanpa menggunakan kabel (nirkabel). Pada makalah ini dilaporkan eksperimen *WPT* sederhana dengan menggunakan kopling induksi magnetik. Pada sisi pemancar, listrik DC diubah menjadi AC dengan menggunakan *Hartley oscillator* yang memberi daya pada beban kumparan primer yang dibuat dari lilitan kawat. Frekuensi osilasi yang dihasilkan adalah 615 kHz. Flux magnetik yang berosilasi dikopel lewat inti udara ke kumparan sekunder pada sisi perangkat penerima yang ditaruh berdekatan. Gaya gerak listrik yang diterima oleh kumparan sekunder disearahkan dan diberikan ke beban berupa resistor dan lampu *LED*. Dilakukan eksperimen dengan mengubah-ubah jarak dan orientasi relatif antara *coil* pengirim dan penerima. Hasilnya menunjukkan bahwa transfer daya menurun jika jarak kopling dijauhkan. Untuk kopling secara vertikal maupun lateral efisiensi akan menurun mengikuti persamaan model yang berbanding terbalik dengan kuadrat jarak ternormalisasi, sementara untuk kopling bersudut (*tilted*), efisiensi menurun[2].

Transmisi kabel yang digunakan saat ini telah mengalami perkembangan yang sangat pesat. Akan tetapi perkembangan tersebut menyebabkan sistem transmisi kabel memiliki banyak kendala dan permasalahan di masa mendatang. Transmisi nirkabel yang menggunakan gelombang elektromagnetik untuk melakukan transfer energi mampu menjawab permasalahan - permasalahan

sistem transmisi kabel tersebut. Salah satu jenis transmisi energi nirkabel sederhana adalah kumparan tesla yang mampu menghasilkan energi yang berlipat ganda. Berdasarkan kemampuannya untuk mengatasi permasalahan transmisi kabel tersebut sehingga dibutuhkan suatu penelitian dan pemahaman terhadap operasi kerja kumparan tesla melalui perubahan parameter - parameter khususnya penyetulan frekuensi, perubahan kapasitansi primer dan lebar celah udara demi memahami sistem transmisi masa depan[3].

Sistem transfer daya listrik nirkabel diartikan sebagai cara mengirimkan energi listrik dari satu titik ke titik yang lain melalui ruang vakum tanpa menggunakan kabel. Metode yang dapat digunakan dalam sistem ini yaitu resonansi magnetik, dimana frekuensi di sisi pengirim harus sama dengan frekuensi di sisi penerima. Penelitian ini menggunakan frekuensi rendah sebesar 1 kHz, 3 kHz dan 5 kHz dengan sumber dari rangkaian oscillator dan function generator. Pengukuran dengan rangkaian oscillator, nilai efisiensi daya listrik untuk jarak transfer 4 cm pada frekuensi 1 kHz sebesar 2,79 %, frekuensi 3 kHz sebesar 18,05 % dan frekuensi 5 kHz sebesar 6,41 % dengan jarak transfer maksimum untuk tiap-tiap frekuensi yaitu 1 kHz sejauh 10 cm, 3 kHz sejauh 20 cm dan 5 kHz sejauh 10 cm. Pengukuran dengan function generator, nilai efisiensi daya listrik maksimum pada frekuensi 1 kHz = 14,65 % di rata-rata frekuensi 1 kHz, frekuensi 3 kHz = 13,62 % di rata-rata frekuensi 3 kHz dan frekuensi 5 kHz = 28,61 % di rata-rata frekuensi 5,5 kHz. Nilai rata-rata medan magnet maksimum yang terukur pada level frekuensi 1 kHz = 33,91  $\mu\text{T}$ , level frekuensi 3 kHz 12,97  $\mu\text{T}$  dan level frekuensi 5 kHz = 5,21  $\mu\text{T}$ . Nilai rata-rata

nilai medan magnet yang terukur berada dibawah 0,2 mT sehingga aman bagi tubuh manusia menurut PER.13/MEN/X/2011[4].

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat penting dalam kehidupan manusia saat ini, di mana sampai saat ini pengiriman energi listrik komersial tegangan rendah 220 volt masih mempergunakan kabel listrik. Salah satu cara pengiriman atau transfer energi listrik yang terus dikembangkan sampai saat ini adalah transfer energi listrik *wireless*. Transfer energi listrik *wireless* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan menggunakan kabel yaitu dapat meningkatkan kenyamanan dalam penggunaan peralatan listrik dan dapat mengurangi jumlah sampah elektronik. Metode yang digunakan untuk transfer energi *wireless* pada tugas akhir ini menggunakan teknik resonansi induktif medan elektromagnetik. Pengguna membuat dua buah kumparan tembaga berbentuk selenoid yang digunakan untuk menghasilkan induktansi bersama. Rangkaian transfer energi listrik wireless terdiri dari dua yaitu rangkaian pengirim dan rangkaian penerima. Rangkaian pengirim terdiri dari rangkaian LC osilasi dan rangkaian penerima merupakan penggabungan beberapa komponen elektronika. Realisasi alat bekerja dengan baik dengan pengaturan komponen yang sesuai. Namun pengaruh jarak dan sudut kemiringan antar kumparan sangat mempengaruhi nilai energi listrik yang mampu ditransfer. 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[5].

Dalam *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) jenis *Quadcopter*, sumber catu daya berupa baterai yang hanya mampu bekerja 10-15 menit di udara merupakan

permasalahan tersendiri bagi performa *Quadcopter*. Sedangkan performansi dari i pada ketinggian yang susah dijangkau, diharapkan peran operator yang selama ini harus mengkoneksikan secara manual kabel *charging* ke baterai bisa digantikan oleh sistem secara otomatis ketika baterai akan habis. Untuk itu dalam paper ini membahas suatu perancangan sistem transfer daya nirkabel untuk *Quadcopter* mengisi ulang baterai tanpa bantuan operator dan tidak harus dilakukan pendaratan di atas tanah. Proses isi ulang (*charging*) baterai bisa dilakukan di atas gedung maupun di landasan yang telah terpasang transfer daya nirkabel. Tujuannya adalah meningkatkan performansi kerja *Quadcopter* di udara sesuai dengan kegunaanya. Dari perancangan sistem transfer daya nirkabel untuk *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) jenis *Quadcopter* mengisi ulang (*charging*) baterai, diperoleh hasil efisiensi transfer daya terbaik sebesar 62,24% dengan jarak efektif 10 cm. Frekuensi sistem transfer daya nirkabel diperoleh dari rangkaian *Colpitts Oscillator* sebesar 333,1 KHz dengan menerapkan prinsip induksi elektromagnetik[6].

*Tesla coil* adalah transformer melingkar udara yang memberikan arus dan tegangan output frekuensi tinggi. Banyak perubahan dilakukan pada desain asli untuk meningkatkan efisiensi dan penggunaan perangkat. Makalah ini membahas satu perubahan seperti itu, yang menggantikan pasokan AC dengan pasokan DC dan mempelajari output perangkat. Dengan perubahan pasokan komponen sirkuit juga berubah. Suatu suplai DC diberikan kepada sebuah kumparan tesla miniatur *solid state* dengan suatu *slayer ex`citer*. Serangkaian simulasi dan tes praktis dijalankan untuk mempelajari tentang sifat dari output yang diterima. Berbagai aplikasi dan penggunaan juga disarankan secara teoritis dan yang sedang dalam

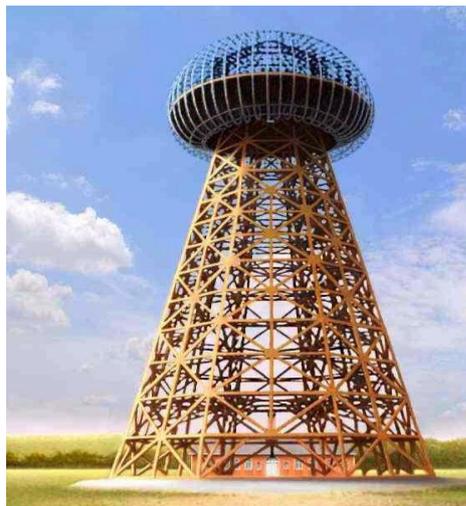
pengembangan. Makalah ini membuka ruang lingkup yang luas untuk studi masa depan di bidang transmisi daya nirkabel dan elektronik tegangan tinggi. [2].

Prinsip-prinsip yang mewakili dasar-dasar kerja generator tegangan tinggi dan frekuensi tinggi dengan sirkuit beresilansi akan dibahas. Hingga 1891, Tesla membuat dan menggunakan generator mekanis dengan sejumlah besar kutub yang diekstrusi untuk frekuensi hingga sekitar 20 kHz. Generator listrik pertama berdasarkan prinsip baru dari rangkaian osilator lemah yang ia gunakan untuk transmisi sinyal nirkabel, untuk studi tentang pembuangan di tabung hampa udara, transmisi energi nirkabel, untuk produksi sinar katoda, yaitu x- sinar dan eksperimen lainnya. Bertujuan untuk mentransfer sinyal dan energi ke setiap titik permukaan Bumi, pada akhir abad ke-19, ia telah menemukan dan kemudian mematenkan generator frekuensi tinggi jenis baru yang disebut pemancar pembesar. Dia menggunakannya untuk memeriksa propagasi gelombang elektromagnetik di atas permukaan Bumi dalam percobaan di Colorado Springs pada periode 1899-1900. Tesla mengamati pembentukan gelombang elektromagnetik berdiri di permukaan bumi dengan mengukur medan listrik yang dipancarkan dari badai petir yang jauh. Dia mendapat ide untuk menghasilkan radiasi serupa untuk menghasilkan gelombang berdiri. Di satu sisi, transmisi sinyal, yaitu komunikasi pada jarak yang jauh akan mungkin dan di sisi lain, dengan lebih kuat dan dengan setidaknya tiga pemancar pembesar transmisi nirkabel energi tanpa konduktor di setiap titik permukaan Bumi juga bisa dicapai . Penemuan gelombang berdiri di permukaan Bumi dan penemuan pemancar pembesar ia mengklaim penemuan terbesarnya. Kurang dari dua tahun kemudian, pada akhir tahun 1901, ia merancang dan mulai membangun pemancar pemancar

yang jauh lebih kuat di Long Island dekat New York City (menara Wardencllyffe) yang ingin menjadi pusat telekomunikasi dunia. Selama pembangunan menara, ia menguraikan rencana untuk pemancar yang lebih kuat berdasarkan prinsip-prinsip baru. Karena kurangnya dana Tesla dipaksa untuk menjual atau mengembalikan perangkat dan peralatan, ia berkumpul di fasilitas menara Wardencllyffe, yang dimaksudkan untuk digunakan untuk mengoperasikan menara. Dia meninggalkan menara pada tahun 1907 dan sejak itu ia terutama terlibat dalam penemuan yang tidak terkait langsung dengan teknik elektro. Pemancar pembesar yang belum selesai di Long Island dihancurkan pada bulan Juni 1917 oleh pemerintah Amerika[7].

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Teori Tesla



**Gambar 2.1**Menara Wardencllyffe (*Tesla Tower*)

Menara Wardencllyffe (*Tesla Tower*) dapat dilihat pada Gambar 2.1

dirancang dan dibangun terutama untuk transmisi nirkabel daya listrik. Nikola Tesla mulai merencanakan fasilitas Wardenclyffe Tower ca. 1898, dan pada tahun 1901, pembangunan dimulai di tanah dekat Long Island Sound. Arsitek Stanford White mendesain gedung utama fasilitas Wardenclyffe. Ini adalah langkah pertama menuju sistem nirkabel praktis. Efek transmisi energi nirkabel melibatkan penciptaan medan listrik antara dua logam, pelat masing-masing terhubung ke salah satu terminal dari sebuah kumparan induksi ini gulungan sekunder. Sekali lagi, sebuah dalam hal inipelepasan gas tabung) digunakan sebagai alat untuk mendeteksi keberadaan energi yang ditransmisikan. "Hasil yang paling mencolok yang diperoleh" melibatkan pencahayaan dua bagian tabung yang dievakuasi dalam medan elektrostatik bergantian saat dipegang di tangan eksperimen. Saat bekerja Tesla melanjutkan untuk mengembangkan dua teori yang terkait dengan pengamatan ini, yaitu:

1. Dengan menggunakan dua sumber tipe-satu yang ditempatkan pada titik yang jauh di permukaan Bumi, adalah mungkin untuk menginduksi aliran arus listrik di antara mereka.
2. Dengan memasukkan sebagian bumi sebagai bagian dari osilator tipe-dua kuat gangguan dapat mengalir pada bumi dan terdeteksi "pada jarak yang jauh, atau bahkan di seluruh permukaan bola dunia."

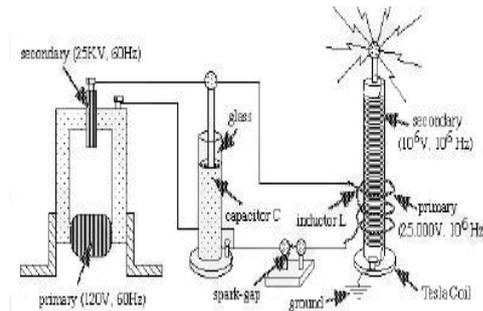
Tesla juga membuat asumsi bahwa bumi adalah tubuh yang bermuatan mengambang di angkasa. Tesla dengan jelas menyebutkan bahwa bumi adalah salah satu media yang bergerak yang terlibat dalam sistem darat dan udara teknologi. Media lain yang ditentukan adalah atmosfer di atas 5 mil (8.0 km) elevasi. Meskipun bukan konduktor ohmik, di wilayah troposfer ini dan ke atas,

kepadatan atau tekanan cukup dikurangi sehingga, menurut Tesla teori, sifat isolasi atmosfer dapat dengan mudah terganggu, memungkinkan arus listrik mengalir. Teorinya lebih lanjut menyatakan bahwa wilayah dikembangkan melalui proses ionisasi atmosfer, di mana bagian yang dipengaruhi dari padanya diubah menjadi plasma[2].

### 2.2.1 Tesla Coil

Tesla Coil (Kumparan Tesla) adalah sejenis sirkuit transformator resonansi yang diciptakan oleh Nikola Tesla sekitar tahun 1891. Alat ini digunakan untuk menghasilkan tegangan tinggi (*high voltage*), arus pendek (*low current*), dan juga frekuensi tinggi dari arus listrik bolak-balik (*high-frequency alternating current electricity*). Tesla Coil menghasilkan arus yang lebih tinggi daripada sumber pengeluaran listrik tegangan tinggi lain, yaitu mesin elektrostatis (*Electrostatic Machine*).

Tesla bereksperimen dengan sejumlah konfigurasi yang berbeda dan konfigurasi-konfigurasi itu terdiri dari dua, atau kadang-kadang tiga, berbagai macam sirkuit resonansi listrik. Tesla menggunakan kumparan (*coil*) tersebut untuk melakukan eksperimen yang inovatif dalam pencahayaan yang bersumber dari listrik, fosforesensi (*phosphorescence*), X-ray, fenomena listrik yang berfrekuensi tinggi dari arus bolak-balik, terapi elektrik (*electrotherapy*), dan transmisi energi listrik tanpa kabel. Sirkuit Tesla Coil digunakan secara komersial di pemancar radiotelegrafi nirkabel "*Sparkgap*" sampai tahun 1920, dan juga untuk peralatan *pseudomedical* seperti elektroterapi dan peramban sinar violet. Sampai saat ini, fungsi utama dari Tesla Coil adalah untuk hiburan dan juga pendidikan.



**Gambar 2.2 Pecobaan Kumparan Tesla**

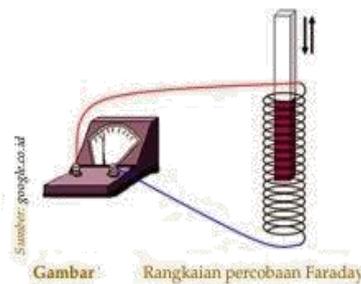
Desain awal transformator Tesla Coil melibatkan sumber daya listrik bertegangan menengah sampai bertegangan tinggi, satu atau lebih kapasitor bertegangan tinggi, dan celah elektroda untuk merangsang multi-lapisan primer dari induktor dengan semburan periodik dari aliran listrik berfrekuensi tinggi. Transformator sekunder dari multi-lapisan Tesla Coil dikejutkan oleh resonansi dari rangkaian induktif (induksi elektrodinamis), baik sirkuit primer dan sirkuit sekunder sama-sama dinyalakan sehingga kedua sirkuit beresonansi pada frekuensi yang sama (biasanya antara 25 KHz dan 2 MHz). Belakangan, Tesla Coil tidak lagi menggunakan multi-layer sirkuit, tapi hanya menggunakan satu sirkuit primer dan sekunder.

Pada tahun 1920, Tesla mulai mengembangkan desain Tesla Coil dengan menggunakan sebuah terminal yang terdiri atas bingkai logam dalam bentuk sebuah *toroid* (dalam ilmu matematika, *toroid* merupakan objek berbentuk donat), tertutup oleh piringan *hemisferik*. Terminal bagian atas memiliki kapasitansi yang relatif kecil, berfungsi sebagai tegangan tinggi yang praktis. Permukaan luar yang merupakan konduktor tinggi adalah tempat dimana muatan listrik terakumulasi. Permukaan ini memiliki jari-jari lengkung yang besar, atau terdiri dari unsur-unsur terpisah yang terlepas dari jari-jari lengkung itu sendiri,

disusun berdekatan satu sama lain sehingga menghasilkan permukaan ideal yang membungkus mereka dengan radius yang besar. Desain ini memungkinkan terminal untuk menghasilkan tegangan yang sangat tinggi tanpa menghasilkan korona atau percikan api.

### 2.2.2 Induksi Elektromagnetik

Pada awal tahun 1930, Michael Faraday melakukan berbagai percobaan yang berhubungan dengan pengaruh medan magnet yang berubah-ubah terhadap waktu terhadap suatu kumparan atau loop tertutup. Percobaan Faraday dapat digambarkan secara sederhana sebagai gambar di bawah ini.



**Gambar 2.3 Percobaan Pertama Faraday**

Hukum Faraday menyatakan bahwa besar ggl (gaya gerak listrik) induksi pada suatu kumparan bergantung pada jumlah lilitan dan kecepatan perubahan fluks magnetik. GGL induksi dinyatakan dengan rumus :

$$\varepsilon = -N \cdot \frac{d\Phi}{dt} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

$\varepsilon$  = Besar ggl (V)

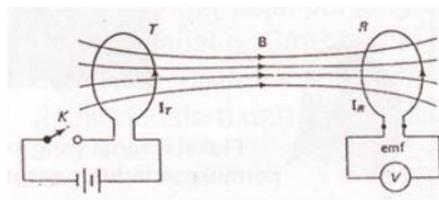
N = jumlah lilitan

B = Kerapatan medan magnet (tesla)

$l$  = panjang kawat (m)

$v$  = kecepatan gerak kawat (m/s)

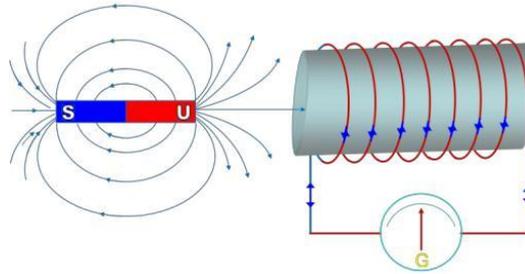
Pada Percobaan pertama Faraday, Kumparan Dipasang seri dengan galvanometer (pengukur Arus) karena tidak ada sumber tegangan (baterai), maka mula-mula tidak ada arus, dan bila suatu batang magnet dimasukkan ke dalam kumparan dan digerakkan maka akan terbaca arus pada galvanometer, hal yang sama juga terjadi apabila magnet batangnya diam dan kumparannya yang digerakkan. apabila batang magnet dimasukkan kedalam kumparan lalu tidak digerakkan atau dalam kondisi diam begitu juga dengan kumparan maka tidak akan ada arus yang timbul pada kumparan tersebut. Hal ini membuktikan bahwa arus dalam suatu kumparan atau Loop circuit dapat ditimbulkan dari medan magnet yang berubah terhadap waktu yang menginduksi kumparan tersebut, Arus yang mengalir disebut arus induksi.



**Gambar 2.4 Percobaan Kedua Faraday**

Menurut pada percobaan kedua seperti gambar 2.4 apabila saklar ditutup, arus mengalir melalui kumparan pertama sehingga timbul medan magnetik. Karena digunakan sumber DC maka perubahan medan magnet hanya terjadi sesaat dan akan menimbulkan arus sesaat pada kumparan kedua dan kembali ke nol. Hal yang sama juga terjadi bila saklar kembali dibuka dengan arah arus yang berlawanan. Dari peristiwa ini dapat disimpulkan bahwa arus induksi hanya terjadi bila terjadi perubahan medan magnetik. Bila medan magnetnya besar

berapapun besarnya tetapi medan magnetnya konstan tidak berubah-ubah terhadap waktu seperti arus DC, maka tidak akan menghasilkan arus induksi.



**Gambar 2.5** Ilustrasi Arah Magnet Yang Memasuki Kumparan

$$V_{\text{induksi}} = -N \frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\phi = B \cdot A \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana;

$V_{\text{induksi}}$  = Tegangan induksi (volt)

N = Jumlah lilitan

B = Medan magnetik (tesla)

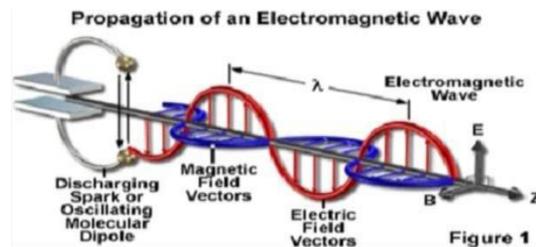
A = luas kumparan (meter persegi)

$\phi$  = Fluks magnetik (weber)

### 2.2.3 Resonansi Elektromagnetik

Resonansi elektromagnetik erat hubungannya dengan fenomena medan elektromagnet yang juga erat hubungannya dengan proses terjadinya aliran listrik. Radiasi dari medan elektromagnet pada tingkat tertentu dapat menjadi berbahaya bagi kelangsungan hidup organisme yang berada didalam jangkauannya. Medan elektromagnet dapat digolongkan dalam medan listrik dan medan magnet. Dan karena medan magnet jauh lebih aman bila dibandingkan

dengan medan listrik, maka medan magnet menjadi pilihan yang paling tepat untuk digunakan sebagai media pengiriman energi jika dibandingkan dengan medan listrik dalam pemanfaatannya untuk perpindahan energi secara resonansi elektromagnet.



**Gambar 2.6** Gelombang Elektromagnetik

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

Dari penjelasan diatas, maka dapat dirancang sebuah alat resonator yang memiliki frekuensi tertentu yang kemudian akan berperan menjadi penghasil medan elektromagnet sebagai sumber energi pada sistem. Lalu, sebuah alat yang berguna menangkap radiasi gelombang elektromagnetnya dimana alat tersebut juga memiliki frekuensi resonansi sendiri yang sama dengan sumber. Sehingga terjadi suatu hubungan resonansi secara elektromagnet. Energi yang diterima

kemudian digunakan sebagai penyuplai beban setelah dikonversikan dengan rangkaian tambahan.

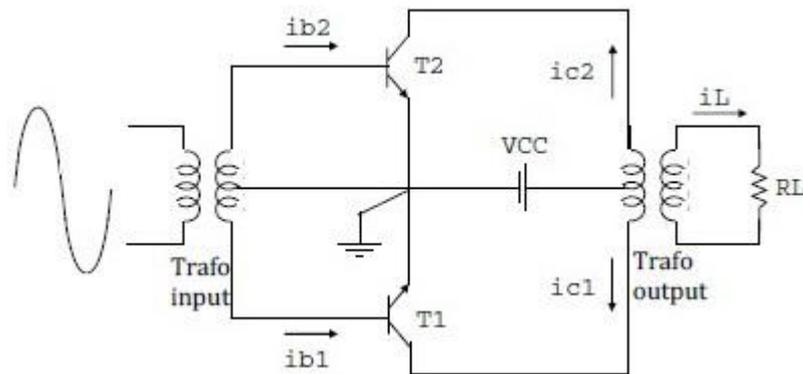
Secara umum, sistem resonansi elektromagnetik dengan resonansi frekuensi memiliki kesamaan, yaitu sama-sama memiliki nilai efektif dalam radius tertentu. Apabila di dalam radius efektif tersebut terdapat sumber medan elektromagnet atau penangkap gelombang elektromagnet lain yang memiliki frekuensi resonansi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

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

#### **2.2.4 Pengertian Push Pull**

Push Pull atau tarik-ulur adalah sebuah sirkuit elektronik yang dapat menggerakkan baik arus positif ataupun negatif kepada beban. Keluaran push-pull adalah standar untuk logika digital TTL dan CMOS serta beberapa jenis penguat, dan biasanya terbuat dari pasangan transistor komplementer, salah satu membenamkan arus dari beban ke catu negatif, sedangkan yang lainnya menyuplai arus dari catu positif ke beban. Karena biasanya skema sirkuit digambar vertikal dengan dua transistor yang ditumpuk, sirkuit ini sering juga dinamai keluaran tiang totem (totem pole). Tabung termionik tidak tersedia dalam

tipe komplementer (seperti transistor PNP dan NPN) sehingga penguat push-pull tabung dibuat dengan menggunakan dua tabung identik yang digerakkan dalam antifasa, tabung tersebut menggerakkan arus di antara dua lilitan primer transformator yang bersadapan tengah.



**Gambar 2.7 Rangkaian Push Pull**

#### 2.2.4.1 Prinsip Kerja Push Pull

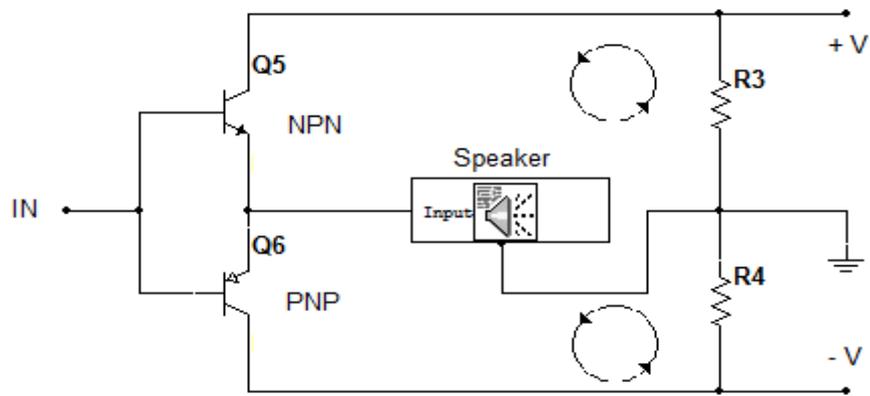
Prinsip kerjanya penguatannya sama seperti cara kerja dari masing-masing transistor yaitu sebagai pembelah fasa. Hanya titik kerja kedua digeser ke dekat titik OFF dari masing-masing transistor sehingga NPN hanya bekerja saat sinyal input di atas +0.6v sedang PNP bekerja kebalikannya, yakni saat sinyal input di bawah -0.6 V.

Kelebihannya dari konfigurasi padapush pull adalah sebagaai berikut:

1. Efisiensinya yang jauh lebih tinggi ketimbang kita menggunakan 1 transistor.
2. Swing dari output, sinyal yg dikuatkan juga jauh lebih lebar ketimbang kita menggunakan satu transistor atau lebih dari transistor lain yang digunakan.

Kekurangannya:

1. Daerah mati (dead zone) antara  $-0.6\text{v}$  dan  $+0.6\text{v}$ , artinya tidak satupun transistor (NPN & PNP) akan "hidup" dengan sinyal input antara  $-0.6\text{ V}$  sampai  $+0.6$  , akan tetapi akibat dari ini bisa diminimalkan dengan penambahan diode.
2. Kualitas sinyal output. Secara aktual, tidak ada transistor NPN dan PNP yg benar2 sepadan (complementary), jadi angka penguatan di area positif (oleh NPN) dan negatif (oleh PNP) akan sedikit berbeda, hal ini akan berpengaruh pada kualitas sinyal atau gelombang pada output yang akan dihasilkan.



**Gambar 2.8 Penguat Push Pull**

### 2.2.5 Reaktansi

Reaktansi adalah perlawanan komponen sirkuit/rangkaian atas perubahan arus listrik atau tegangan listrik karena adanya kapasitansi atau induktansi. Medan listrik yang terbentuk dalam komponen tersebut akan menghambat perubahan potensial listrik dan medan magnetik yang terbentuk menghambat perubahan arus listrik. Simbol yang dipergunakan untuk menyatakan reaktansi sama dengan yang dipergunakan pada hambatan listrik, namun memiliki beberapa perbedaan.

Nilai kapasitansi dan induktansi mempengaruhi sifat dari komponen tersebut, namun efek reaktansi tidak terlihat ketika komponen tersebut dialiri arus searah,

efek reaktansi hanya akan terlihat jika ada perubahan arus atau tegangan. Jadi, nilai reaktansi berubah-ubah sebanding dengan perubahan arus, dan jika frekuensi perubahan arusnya teratur, seperti dalam arus bolak-balik, maka nilai reaktansi menjadi konstan. Jika rangkaian listrik dianalisis menggunakan Kalkulus vektor nilai tahanan adalah bagian riil dari nilai impedansi, sedang nilai reaktansi merupakan imajineranya. Keduanya sama-sama memiliki satuan internasional Ohm.

#### **2.2.5.1 Reaktansi Kapasitif**

Beban Kapasitif (kapasitor) adalah beban yang berasal dari dua bahan penghantar (konduktor) yang terpisah, dengan polaritas yang berbeda pada penghantarnya. Beban kapasitif ini berfungsi menyimpan muatan listrik. Beban kapasitif diantaranya terdapat pada: saluran penghantar, mesin sinkron berpenguatan lebih, kapasitor, dan lain sebagainya. Kapasitor memiliki simbol (C) dengan satuan Farad.

Beban yang bersifat induktif atau kapasitif dapat menggeser titik persilangan nol antara tegangan dan arus. Bila bebannya merupakan beban induktif persilangan nol gelombang arus muncul beberapa saat *setelah* persilangan nol gelombang tegangan muncul. Hal ini biasa dikatakan sebagai arus tertinggal[8].

Beban Kapasitif mengkonsumsi/menyerap Daya Aktif, dan mengeluarkan Daya Reaktif, sehingga alat ini dapat digunakan untuk memperbaiki faktor dalam batasan tertentu. Beban Kapasitif menyebabkan terhambatnya laju Tegangan, sehingga terjadi pergeseran posisi gelombang Arus menjadi mendahului (*Leading*) dari Gelombang Tegangan

Reaktansi kapasitif  $X_C$  berbanding terbalik dengan frekuensi (f) dan kapasitansi (C) .

$$X_C = \frac{-1}{\omega C} = \frac{-1}{2\pi f C} \dots\dots\dots (2.4)$$

Pada frekuensi rendah kapasitor tidak mengalirkan arus listrik. Jika kapasitor diberi tegangan arus searah salah satu konduktornya (yang terhubung dengan potensial positif) akan berangsur-angsur bermuatan positif sedang konduktor yang lain (pada titik potensial negatif) akan berangsur-angsur bermuatan negatif. Ketika muatan positif dan negatif ini telah seimbang (yaitu magnitudo muatannya sama) maka arus listrik akan berhenti mengalir.

Namun jika kapasitor dialiri tegangan AC, muatan yang terkumpul di antara konduktornya tidak akan pernah mencapai keseimbangan (belum sampai terisi penuh muatannya harus dilepaskan kembali) sehingga arus akan tetap mengalir. Semakin tinggi frekuensinya makin sedikit muatan yang terisi dalam kapasitor sehingga makin kecil pula hambatan terhadap arus yang mengalir.

### **2.3 Komponen – Komponen Sistem**

Adapun komponen pada sistem yang digunakan pada perancaan transfer energi tanpa kabel menggunakan metode full bridge akandi uraikan lebih mendetail.

### 2.3.1 Resistor

Pada pesawat elektronika, arus listrik yang mengalir di dalamnya akan diatur oleh onderdiel yang nama kelompoknya dinamakan resistor, resistor yang disingkat dengan huruf baca R disebut juga tahanan, pelawan, hambatan. tata kerjanya. Resistor adalah komponen dasar elektronika yang digunakan untuk membatasi jumlah arus yang mengalir dalam satu rangkaian [9].

Resistor merupakan salah satu komponen elektronika yang bersifat pasif dimana komponen ini tidak membutuhkan arus listrik untuk berkerja. Resistor memiliki sifat menghambat arus listrik dan resistor sendiri memiliki nilai besaran hambatan yaitu ohm dan dituliskan dengan simbol  $\Omega$ .

Sesuai dengan nama dan kegunaanya untuk membatasi atau menghambat arus listrik yang melewatinya dalam suatu rangkaian maka resistor mempunyai sifat resistif (menghambat) yang umumnya terbuat dari bahan karbon. Hal ini bisa terjadi karena resistor yang memiliki dua kutub akan memproduksi tegangan listrik di antara kedua kutubnya. Dengan mengatur besarnya arus yang mengalir, kita dapat mengatur alat elektronik untuk melakukan berbagai hal.



**Gambar 2.9 Resistor**

Untuk mengetahui berapa besar nilai resistan (hambatan) sebuah resistor tetap, maka kita dapat melihat dan membaca kode warna yang berupa cincin-

cincin warna pada bodi resistor. Karena tidak semua nilai resistor dicantumkan dengan lambang bilangan berupa angka-angka, melainkan dengan cincin kode warna. Banyaknya cincin kode warna setiap resistor berjumlah 4 cincin atau ada juga 5 cincin bahkan lebih. Adapun kode warna seperti dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 2.1 Warna dan Ukuran Resistor**

KODE WARNA	PITA KE-1	PITA KE-2	PITA KE-3	PITA KE-4
HITAM	0	0	$10^0$	-
COKLAT	1	1	$10^1$	-
MERAH	2	2	$10^2$	-
ORANGE	3	3	$10^3$	-
KUNING	4	4	$10^4$	-
HIJAU	5	5	$10^5$	-
BIRU	6	6	$10^6$	-
UNGU	7	7	$10^7$	-
ABU-ABU	8	8	$10^8$	-
PUTIH	9	9	$10^9$	-
EMAS	-	-	$10^{-1}$	5 %
PERAK	-	-	$10^{-2}$	10 %
Tak Berwarna	-	-	-	20 %

### 2.3.2 Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan listrik. Struktur sebuah kapasitor terbuat dari dua buah plat logam dengan sebuah lapisan isolator (penyekat) diantara kedua pelat tersebut. Lapisan isolator yang di gunakan dapat berupa sebuah lempengan plastik tipis, namun dalam beberapa jenis kapasitor lapisan ini adalah udara berupa sebuah lempengan plastik tipis, namun dalam beberapa jenis kapasitor lapisan ini adalah udara [9].

Kapasitor atau kondensator ini termasuk salah satu jenis komponen pasif. Komponen yang satu ini ditemukan pertama kali oleh seorang ilmuwan bernama

Michael Faraday yang lahir pada tahun 1791, dan wafat pada 1867. Karena itu satuan yang digunakan untuk kapasitor adalah Farad (F) yang diambil dari nama ilmuwan tersebut.

Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas, elektrolit dan lain-lain. Jika kedua ujung plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif.

Kapasitor digunakan secara luas dalam rangkaian telepon dan radio. Perusahaan – perusahaan catu daya menggunakannya dalam jumlah yang terus bertambah pada sistem distribusi untuk mengoreksi beberapa pengaruh dari beban indikator. Kapasitor memang peranan penting dalam operasi berbagai macam peralatan elektrik, seperti misalnya sistem penyalan pada mobil, motor fase-tunggal dari reaksi kendali.

Sekedar informasi saja bahwa 1 Farad sama dengan  $9 \times 10^{11} \text{ cm}^2$ . Seperti yang telah kami katakan tadi bahwa kapasitor punya nama lain kondensator. Kata “kondensator” sendiri pertama kali disebut oleh seorang ilmuwan berkebangsaan Italia bernama Alessandro Volta pada tahun 1782.

Saat kapasitor sudah terisi penuh dengan arus listrik, maka kapasitor tersebut akan mengeluarkan muatannya, dan kembali mengisinya lagi seperti awal. Proses tersebut berlangsung terus-menerus dan begitu seterusnya.



**Gambar 2.10 Kapasitor**

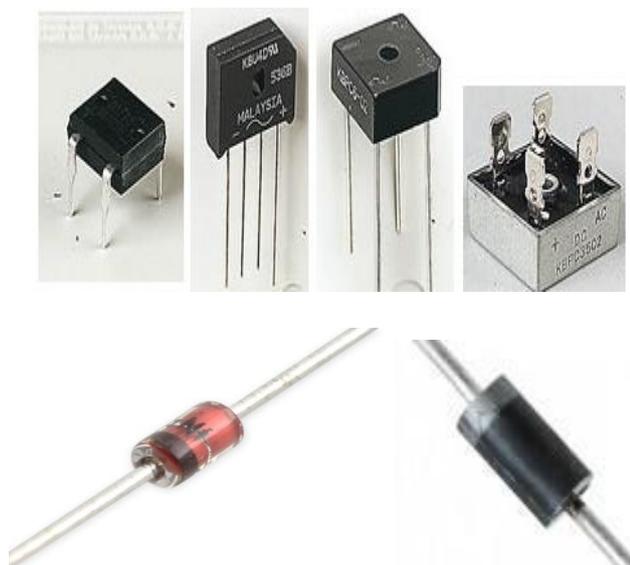
### 2.3.3 Dioda

Dioda merupakan piranti non-linier karena grafik arus terhadap tegangan bukan berupa garis lurus. Alasannya adalah karena adanya beda potensial penghalang (potensial barrier). Saat tegangan dioda lebih kecil dari tegangan penghambat tersebut maka arus dioda akan kecil. Ketika tegangan dioda melebihi potensial penghalang, arus dioda akan naik secara cepat [9].

Kata dioda berasal dari pendekatan kata yaitu dua elektroda yang mana (di berarti dua) mempunyai dua buah elektroda yaitu anoda dan katoda. Dioda adalah piranti elektronik yang hanya dapat melewatkan arus/tegangan dalam satu arah saja, dimana dioda merupakan jenis vacuum tube yang memiliki dua buah elektroda (terminal). Karena itu, dioda dapat dimanfaatkan sebagai penyearah arus listrik, yaitu piranti elektronik yang mengubah arus atau tegangan bolak-balik (AC) menjadi arus atau tegangan searah (DC).

Dioda terbagi menjadi beberapa jenis, seperti Light Emitting Diode (Dioda Emisi Cahaya) yang biasa disingkat LED, Diode Varactor (Dioda Kapasitas),

Diode Rectifier (Dioda Penyearah), Diode Zener, dan yang terakhir adalah Diode Photo (Dioda Cahaya),. Setiap jenis dioda ini memiliki fungsi yang berbeda-beda yang sesuai dengan nama dioda itu sendiri.



**Gambar 2.11 Dioda**

### 2.3.4 Mosfet

MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) adalah suatu transistor dari bahan semikonduktor (silikon) dengan tingkat konsentrasi ketidakmurnian tertentu. Tingkat dari ketidakmurnian ini akan menentukan jenis transistor tersebut, yaitu transistor MOSFET tipe-N (NMOS) dan transistor MOSFET tipe-P (PMOS). Bahan silikon digunakan sebagai landasan (*substrat*) dari penguras (*drain*), sumber (*source*), dan gerbang (*gate*). Selanjutnya transistor dibuat sedemikian rupa agar antara substrat dan gerbangnya dibatasi oleh oksida silikon yang sangat tipis. Oksida ini diendapkan di atas sisi kiri dari kanal, sehingga transistor MOSFET akan mempunyai kelebihan dibanding dengan

transistor BJT (*Bipolar Junction Transistor*), yaitu menghasilkan disipasi daya yang rendah[10].

Tujuan dari MOSFET adalah mengontrol tegangan dan arus melalui antara Source dan Drain. Komponen ini hampir seluruhnya sebagai switch. Kerja MOSFET bergantung pada kapasitor MOS. Kapasitor MOS adalah bagian utama dari MOSFET. Permukaan semikonduktor pada lapisan oksida di bawah yang terletak di antara terminal sumber dan saluran pembuangan. Hal ini dapat dibalik dari tipe-p ke n-type dengan menerapkan tegangan gerbang positif atau negatif masing-masing. Ketika kita menerapkan tegangan gerbang positif, lubang yang ada di bawah lapisan oksida dengan gaya dan beban yang menjijikkan didorong ke bawah dengan substrat.

Daerah penipisan dihuni oleh muatan negatif terikat yang terkait dengan atom akseptor. Elektron mencapai saluran terbentuk tegangan positif juga menarik elektron dari sumber n dan mengalirkan daerah ke saluran. Sekarang, jika voltase diterapkan antara saluran pembuangan dan sumber, arus mengalir bebas antara sumber dan saluran pembuangan dan tegangan gerbang mengendalikan elektron di saluran. Alih-alih tegangan positif jika kita menerapkan tegangan negatif, saluran lubang akan terbentuk di bawah lapisan oksida.



**Gambar 2.12 Mosfet**

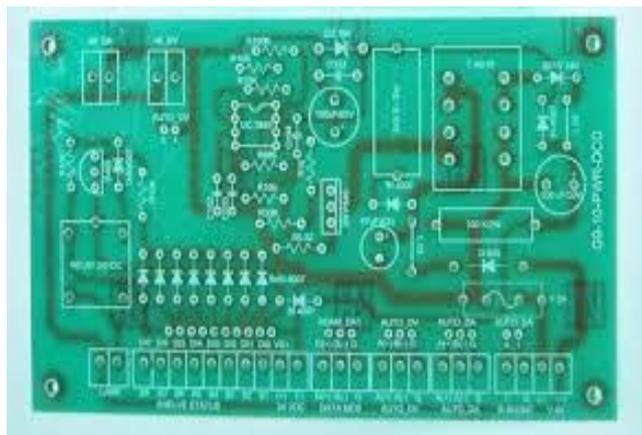
### 2.3.5 PCB

PCB merupakan singkatan dari *Printed Circuit Board*, yang jika dalam bahasa Indonesia banyak disebut dengan istilah *Papan Sirkuit Cetak* atau *Papan Rangkaian Cetak*. PCB adalah tempat komponen dimana komponen – komponen tersebut diletakkan seperti dioda, resistor dan komponen lainnya. PCB harus diproses menjadi jalur – jalur yang dapat menghubungkan komponen – komponen agar membentuk rangkaian yang diinginkan Menurut[9].

PCB ini secara fisik merupakan alat yang digunakan untuk menghubungkan komponen elektronik dalam komputer dengan lapisan jalur konduktornya. PCB sendiri sudah berkembang semenjak puluhan tahun yang lalu

Secara umum, PCB yang banyak digunakan baik di dalam perangkat komputer maupun peralatan elektronik lainnya memiliki fungsi-fungsi sebagai berikut :

1. Tempat menyusun komponen-komponen elektronik sehingga terpasang lebih rapi dan terorganisir.
2. Menghubungkan kaki komponen satu sama lain baik kaki komponen aktif maupun pasif.
3. Pengganti kabel untuk menyambung berbagai komponen, sehingga membutuhkan tempat yang lebih efisien.
4. Membuat tampilan suatu rangkaian elektronik menjadi lebih rapi dan tertata.



**Gambar 2.13 PCB**

### 2.3.5 Kabel Listrik

Kabel listrik adalah kawat penghantar berisolasi sebagai media untuk menyalurkan energi listrik dari satu tempat ke tempat lain dan juga untuk membawa sinyal informasi dari satu tempat ke tempat lain. Sebuah kabel listrik terdiri dari isolator dan konduktor, kecuali untuk kabel grounding, kabel TT (Tegangan Tinggi), kabel SUTET (kabel Tegangan Ekstra Tinggi), biasanya ada yang tidak dibungkus dengan isolator[11].

Konduktor atau bahan penghantar listrik yang biasanya digunakan oleh kabel listrik adalah bahan Tembaga dan juga yang berbahan Aluminium meskipun ada juga yang menggunakan *Silver* (perak) dan emas sebagai bahan konduktornya namun bahan-bahan tersebut jarang digunakan karena harganya yang sangat mahal. Sedangkan Isolator atau bahan yang tidak/sulit menghantarkan arus listrik yang digunakan oleh Kabel Listrik adalah bahan *Thermoplastik* dan *Thermosetting* yaitu *polymer* (plastik dan rubber/karet) yang dibentuk dengan satu kali atau beberapa kali pemanasan dan pendinginan.



**Gambar 2.14 Kabel Listrik**

Kabel Listrik pada dasarnya merupakan sejumlah Wire (kawat) terisolator yang diikat bersama dan membentuk jalur transmisi multikonduktor. Dalam pemilihan kabel listrik, kita perlu memperhatikan beberapa faktor penting yaitu warna kabel listrik, label informasi dan aplikasinya. Informasi yang tercetak di kabel listrik merupakan informasi-informasi penting tentang kabel listrik yang bersangkutan sehingga kita dapat menyesuaikan kabel listrik tersebut dengan penggunaan kita. Informasi-informasi penting yang tercetak di kabel listrik tersebut diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Ukuran Kabel (*Cable Size*), yaitu ukuran pada setiap individu wire yang terikat bersama pada kabel yang bersangkutan. Berdasarkan ukuran *American Wire Gauge* (AWG), Ukuran yang tercetak tersebut diantaranya seperti 8, 10, 12, 14, 16 dan lain-lainnya yang masing-masing angka tersebut mewakili diameter wire pada kabelnya. Makin besar angka tersebut makin kecil ukuran wire kabelnya. Sedangkan di Indonesia, kita biasanya menggunakan satuan  $\text{mm}^2$  seperti  $1.5\text{mm}^2$ ,  $2.5\text{mm}^2$ ,  $4\text{mm}^2$ ,  $6\text{mm}^2$  dan seterusnya.

2. Tegangan nominal, yaitu tegangan operasional wire kabel yang bersangkutan seperti 450/750V yang artinya tegangan nominalnya adalah sekitar 450V hingga 750V.
3. Kode Bahan dan Jumlah Wire dalam Kabel, beberapa kode kabel yang sering kita jumpai diantaranya seperti NYA, NYAF, NGA, NYM, NYMHY, NYY, NYYHY dan lain-lainnya. Dari kode tersebut kita dapat mengetahui Bahan Konduktor dan Bahan Isolator yang digunakan serta jumlah wire konduktornya tunggal atau serabut (lebih dari satu).

Berdasarkan bentuknya, kabel listrik ini dapat dibagi menjadi beberapa jenis. Berikut ini adalah jenis-jenis kabel listrik yang sering digunakan untuk menghantarkan arus listrik ataupun kabel-kabel listrik yang berfungsi untuk transmisi data.

1. Kabel Berpasangan (*Paired Cable*), yaitu kabel yang terbuat dari dua konduktor yang diisolasi secara individual. Kabel Berpasangan atau *Paired Cable* ini sering digunakan untuk arus listrik DC dan arus listrik AC yang berfrekuensi rendah.
2. Kabel *Twin Lead*, yaitu kabel yang terdiri dari dua konduktor dengan bentuk yang mirip dengan pita. Kabel *Twin Lead* ini biasanya digunakan sebagai media transmisi yang menghubungkan Antena dengan *Receiver* (perangkat penerima sinyal) seperti Radio ataupun Televisi. Kabel *Twin Lead* ini sering disebut juga dengan kabel  $300\Omega$  karena impedansinya adalah  $300\Omega$ .

3. Kabel *Shielded Twin Lead*, kabel jenis ini mirip dengan kabel berpasangan atau *paired cable*, namun pada bagian dalam kabel dikelilingi oleh lapisan logam tipis yang terhubung ke *wire konduktor ground*. Lapisan logam tipis ini berfungsi untuk melindungi kabel dari medan magnet atau untuk menghindari gangguan lainnya yang berpotensi menyebabkan sinyal *Noise* pada kabel yang bersangkutan.
4. Kabel Multi Konduktor (*Multiple Conductor Cable*), yaitu kabel yang terdiri dari sejumlah konduktor dengan bungkusan Isolator secara individual yang warna-warni. Kabel jenis ini biasanya digunakan di perangkat listrik rumah tangga ataupun instalasi listrik rumah.
5. Kabel Koaksial (*Coaxial Cable*), yaitu kabel yang digunakan untuk menghantarkan sinyal frekuensi tinggi. Kabel Koaksial memiliki dua konduktor yang mana satu konduktor berada di rongga luar mengelilingi satu konduktor tunggal yang dipisahkan oleh bahan Isolator. Kabel jenis ini memiliki impedansi transmisi yang konstan serta tidak menghasilkan medan magnet sehingga cocok untuk mentransmisikan sinyal frekuensi tinggi.
6. Kabel Pita (*Ribbon*), kabel jenis ini sering disebut juga dengan Kabel Pelangi dan biasanya digunakan pada aplikasi atau rangkaian elektronik yang memerlukan banyak kawat konduktor sebagai penghubung. Kabel Pita atau Ribbon yang memiliki fleksibilitas tinggi ini umumnya digunakan pada rangkaian yang memerlukan tegangan rendah terutama pada rangkaian sistem digital.

7. Kabel Serat optik (*Fiber optic Cable*), yaitu kabel yang terbuat dari serat kaca atau plastik halus yang dapat mentransmisikan sinyal cahaya dari satu tempat ke tempat lainnya. Sumber cahayanya dapat berupa sinar Laser ataupun sinar LED. Diameter kabel serat optik sekitar 120 mikrometer.
8. Kabel pasangan berpilin (*Twisted pair cable*), *Twisted pair Cable* pada dasarnya merupakan sepasang kabel tembaga yang diputar bersama-sama berbentuk spiral dan dibungkus dengan lapisan plastik. *Twisted Pair Cable* ini pada dasarnya dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu Kabel UTP (*Unshielded Twisted Pair*) dan STP (*Shielded Twisted Pair*). Diameter *Twisted Pair* sekitar 0,4mm hingga 0,8mm.

### **2.3.6 Kawat Email Tembaga**

Tembaga adalah logam yang ditemukan sebagai unsur atau berasosiasi dengan tembaga dan perak. Tembaga ini terdapat dalam jumlah yang relatif besar dan ditemukan selama pemisahan dari bijihnya (coal) pada elektrolisis dan pemurnian tembaga[12]

Kawat tembaga yaitu kawat yang digunakan untuk pembangkit listrik, transmisi tenaga, distribusi tenaga, telekomunikasi, sirkuit elektronik, dan berbagai macam peralatan listrik lainnya. Setengah dari jumlah tembaga yang ditambang digunakan untuk membuat kabel listrik dan kabel konduktor.

Email atau enamel adalah bahan berwarna mirip kaca yang dilebur diatas benda-benda logam atau keramik melalui proses pembakaran untuk menghasilkan permukaan yang halus dan mengkilap.

Jadi, kawat email tembaga adalah kawat yang memiliki permukaan yang halus dan mengkilap yang berfungsi untuk pembangkit listrik, transmisi tenaga, distribusi tenaga, telekomunikasi, sirkuit elektronik serta berbagai macam peralatan listrik lainnya.



**Gambar 2.15 Kawat Email Tembaga**

Kawat email tembaga memiliki berbagai ukuran dan kemampuan yang mampu dilalui oleh arusnya. Untuk lebih jelasnya, coba perhatikan tabel keterangan ukuran dan kemampuan yang mampu dilalui oleh arus kawat tembaga adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.2 Ukuran Kawat Tembaga**

Diameter Kawat (mm)	Kemampuan dilalui Arus (A)
0,1	0,016 - 0,024
0,15	0,035 - 0,053
0,2	0,063 - 0,094
0,25	0,098 - 0,147
0,3	0,141 - 0,212
0,35	0,19 - 0,289
0,4	0,251 - 0,377
0,45	0,318 - 0,477
0,5	0,39 - 0,588
0,6	0,566 - 0,849
0,7	0,77 - 1,16
0,8	1,01 - 1,51
0,9	1,27 - 1,91
1	1,57 - 2,36
1,5	3,53 - 5,3
2	6,28 - 9,42
2,5	9,82 - 14,73
3	14,14 - 21,2
3,5	19,25 - 28,86
4	25,14 - 37,71

### 2.3.7 Saklar

Saklar listrik adalah suatu komponen atau perangkat yang digunakan untuk memutuskan atau menghubungkan aliran listrik. Saklar yang dalam bahasa Inggris disebut dengan Switch ini merupakan salah satu komponen atau alat listrik yang paling sering digunakan. Hampir semua peralatan Elektronika dan Listrik memerlukan Saklar untuk menghidupkan atau mematikan alat listrik yang digunakan.

Berikut ini beberapa contoh penggunaan saklar di peralatan-peralatan listrik maupun elektronik :

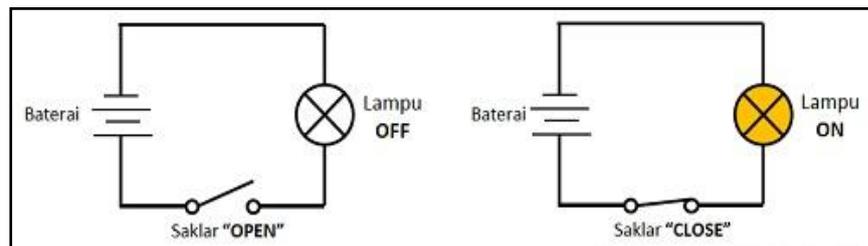
1. Tombol *ON/OFF* di TV, Tombol-tombol di Remote TV
2. Saklar dinding untuk menghidupkan dan mematikan lampu listrik
3. Tombol-tombol Keyboard pada Laptop atau Komputer
4. Tombol *ON/OFF* dan Tombol pilihan kecepatan di Kipas Angin
5. Tombol *ON/OFF* dan *Volume Up Down* di Ponsel
6. Tombol *ON/OFF* di Laptop atau Komputer
7. Dan masih banyak lagi.



**Gambar 2.16 Saklar**

Pada dasarnya, sebuah Saklar sederhana terdiri dari dua bilah konduktor (biasanya adalah logam) yang terhubung ke rangkaian *eksternal*. Saat kedua bilah konduktor tersebut terhubung maka akan terjadi hubungan arus listrik dalam rangkaian. Sebaliknya, saat kedua konduktor tersebut dipisahkan maka hubungan arus listrik akan ikut terputus.

Saklar yang paling sering ditemukan adalah Saklar yang dioperasikan oleh tangan manusia dengan satu atau lebih pasang kontak listrik. Setiap pasangan kontak umumnya terdiri dari 2 keadaan atau disebut dengan “*State*”. Kedua keadaan tersebut diantaranya adalah Keadaan “*Close*” atau “Tutup” dan keadaan “*Open*” atau “Buka”. *Close* artinya terjadi sambungan aliran listrik sedangkan *Open* adalah terjadinya pemutusan aliran listrik.



**Gambar 2.17 Cara Kerja Saklar**

Berdasarkan dua keadaan tersebut, Saklar pada umumnya menggunakan istilah *Normally Open (NO)* untuk Saklar yang berada pada keadaan terbuka (*Open*) pada kondisi awal. Ketika ditekan, Saklar yang *Normally Open (NO)* tersebut akan berubah menjadi keadaan Tertutup (*Close*) atau “*ON*”. Sedangkan *Normally Close (NC)* adalah saklar yang berada pada keadaan tertutup (*Close*) pada kondisi awal dan akan beralih ke keadaan Terbuka (*Open*) ketika ditekan.

Saklar Listrik dapat digolongkan berdasarkan jumlah kontak dan kondisi yang dimilikinya. Jumlah kontak dan kondisi yang dimiliki tersebut biasanya disebut dengan istilah “*Pole*” dan “*Throw*”.

Pole adalah banyaknya Kontak yang dimiliki oleh sebuah saklar sedangkan Throw adalah banyaknya kondisi yang dimiliki oleh sebuah Saklar.

### **2.3.8 LED Indikator**

LED atau singkatan dari Light Emitting Diode adalah salah satu komponen elektronik yang tidak asing lagi di kehidupan saat ini. LED banyak dipakai, seperti untuk penggunaan lampu penerangan, rambu-rambu lalu lintas, lampu indikator peralatan elektronik hingga ke industri. LED ini banyak digunakan karena konsumsi daya yang dibutuhkan tidak terlalu besar. LED merupakan keluarga Dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor[13].

Warna-warna Cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang dipergunakannya. LED juga dapat memancarkan sinar inframerah yang tidak tampak oleh mata seperti yang sering kita jumpai pada Remote Control TV ataupun Remote Control perangkat elektronik lainnya.

Bentuk LED mirip dengan sebuah bohlam (bola lampu) yang kecil dan dapat dipasangkan dengan mudah ke dalam berbagai perangkat elektronika. Berbeda dengan Lampu Pijar, LED tidak memerlukan pembakaran filamen sehingga tidak menimbulkan panas dalam menghasilkan cahaya. Oleh karena itu, saat ini LED (Light Emitting Diode) yang bentuknya kecil telah banyak digunakan sebagai lampu penerang dalam LCD TV yang mengganti lampu tube. banyak produsen

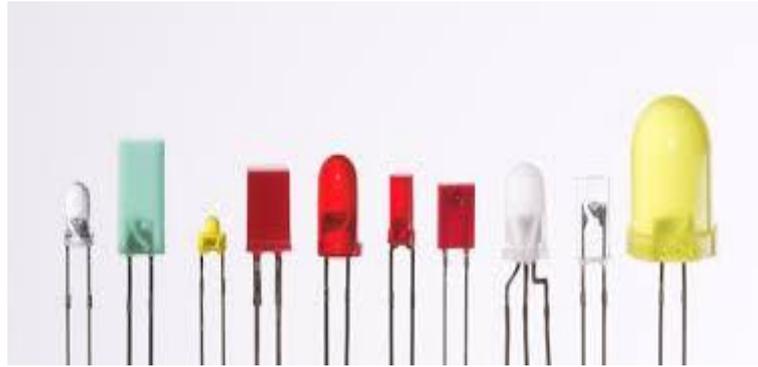
semikonduktor yang telah memproduksi LED (*Light Emitting Diode*) dengan berbagai bentuk dan fungsinya[14].

Sampai saat ini lampu LED banyak sekali difungsikan sebagai lampu *emergency*, indikator, Vu meter, lampu hias, lampu senter dan sebagainya. Namun hal yang perlu kita ketahui adalah tentang LED sebagai Indikator. Artinya digunakan sebagai penanda alat sudah aktif, ada pemberitahuan atau penanda panas dan sebagainya.

Banyak sekali peralatan listrik maupun elektronik dilengkapi lampu LED sebagai indikator, sehingga sebagai pengguna kita akan terlebih dahulu mengetahui bahwa peralatan yang kita gunakan aktif atau bekerja. Jika indikator tidak ada tentu kita kesulitan dalam menentukan kondisi atau keadaan peralatan yang digunakan. Sebagai contoh berikut ada beberapa fungsi LED Indikator yaitu sebagai berikut :

Berikut ini beberapa pengaplikasiannya LED dalam kehidupan sehari-hari.

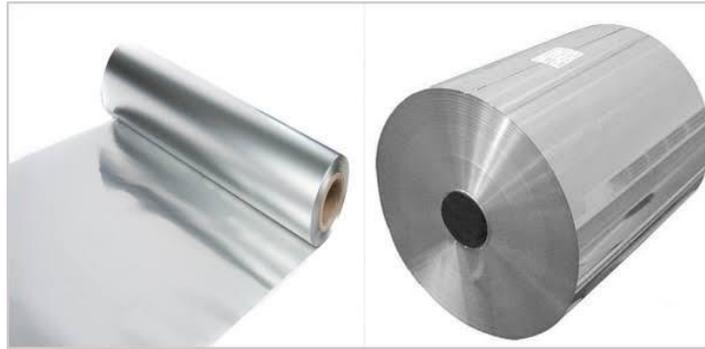
1. Lampu Penerangan Rumah
2. Lampu Penerangan Jalan
3. Papan Iklan (Advertising)
4. Backlight LCD (TV, Display Handphone, Monitor)
5. Lampu Dekorasi Interior maupun Exterior
6. Lampu Indikator
7. Pemancar Infra Merah pada Remote Control (TV, AC, AV Player)



**Gambar 2.18 LED Indikator**

### **2.3.9 Aluminium Foil**

Aluminium foil adalah salah satu hasil produksi yang berbahan dasar aluminium. Aluminium jenis foil rata-rata mengandung aluminium sebesar 92-99%. Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat – sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap, kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, dsb, secara satu persatu atau bersama -sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dsb. Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi dsb. Aluminium memiliki beberapa kekurangan yaitu kekuatan dan kekerasan yang rendah bila dibanding dengan logam lain seperti besi dan baja. Aluminium memiliki karakteristik sebagai logam ringan dengan densitas  $2,7 \text{ g/cm}^3$ . Selain sifat-sifat tersebut aluminium mempunyai sifat-sifat yang sangat baik dan bila dipadu dengan logam lain bisa mendapatkan sifat-sifat yang tidak bisa ditemui pada logam lain[15].



**Gambar 2.19 Alumunium Foil**

Aluminium memiliki beberapa sifat yang berbeda dengan logam kebanyakan, misalnya saja berbobot ringan, tahan korosi, serta tidak beracun sehingga aman meski digunakan untuk bahan pembuat peralatan memasak seperti penggorengan dan panci. Sifat aluminium ini juga sering digunakan sebagai kemasan makanan seperti aluminium foil.

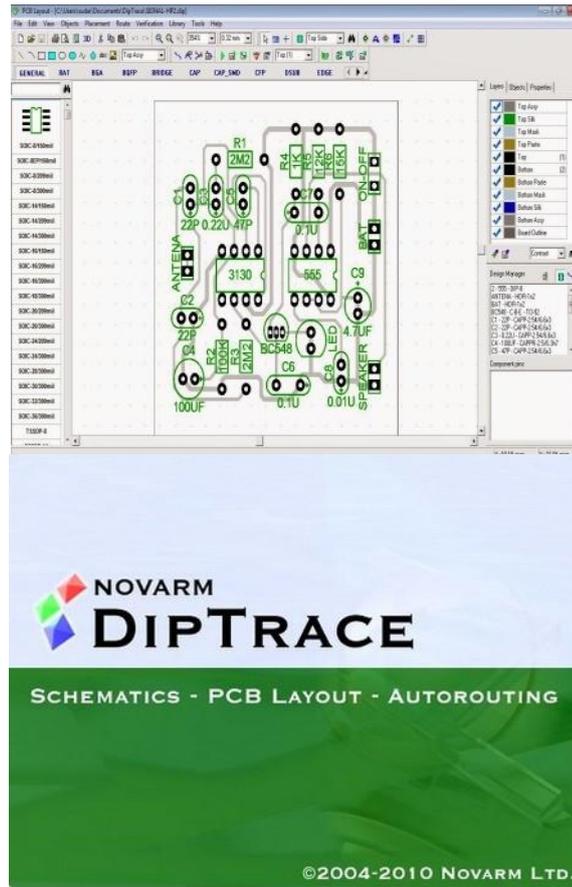
Sifat tahan korosi pada aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan oksida aluminium pada permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat pada permukaan dengan kuat dan rapat serta sangat stabil (tidak bereaksi dengan lingkungannya) sehingga melindungi bagian yang lebih dalam. Adanya lapisan oksida ini disatu pihak menyebabkan tahan korosi tetapi di lain pihak menyebabkan aluminium menjadi sukar dilas dan disolder (titik leburnya lebih dari  $2000^{\circ}\text{C}$ ).

Aluminium juga memiliki daya hantar yang lebih besar dari tembaga, karena itu aluminium digunakan sebagai kabel tiang listrik. Percampuran aluminium dengan logam lainnya bisa menghasilkan jenis logam baru yang lebih kuat, misalnya saja duralium yang merupakan campuran dari aluminium, tembaga, dan magnesium.

Aluminium ada yang berbentuk padat dan biasa digunakan untuk benda-benda keras, dan ada pula yang berbentuk butiran, seperti aluminium hidroksida dan aluminium klorida. Aluminium klorida bahkan bisa dijadikan campuran obat untuk menekan asam lambung bernama antasida. Sebab, aluminium klorida memiliki sifat menyerap asam. Berbagai bentuk aluminium dijual secara bebas baik dalam bentuk mentah maupun setelah dioalah menjadi benda-benda fungsional.

#### **2.4 Software Diptrace**

Diptrace merupakan salah satu perangkat lunak yang berfungsi untuk mendisign PCB layout dan skematik pada rangkaian elektronik, software diptrace merupakan salah satu bagian dari perkembangan multimedia yang sangat berfungsi untuk memudahkan para perancang elektronik dalam merealisasikan rancangannya.



**Gambar 2.20 Software Diptrace**

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Jadwal Penelitian**

Perencanaan dan pembuatan alat *wireless electric tesla coil* menggunakan metode *capasitive* transmisi dilakukan di Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan. Waktu Penelitian berlangsung selama kurang lebih 4 bulan, dimulai dari perencanaan alat, pembuatan alat, dan pengujian alat, pengambilan data, hingga pengolahan data.

#### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

Adapun alat dan bahan-bahan yang digunakan dalam perancangan sistem pembangkit listrik ini adalah sebagai berikut :

##### **3.2.1 Alat Penelitian**

1. Ammeter
2. Ohmmeter
3. Voltmeter
4. Frekuensi Meter
5. Henry Meter
6. Solder
7. Attacktor

8. Bor
9. Gergaji
10. Tang Kupas Kabel
11. Software Diptrace

### **3.2.2 Bahan Penelitian**

1. Pipa paralon
2. Alumunium Foil
3. Resistor
4. Kapasitor
5. Mosfet
6. Timah
7. Kabel listrik
8. Kaca akrilik
9. Kawat tembaga
10. Dioda
11. PCB
12. Saklar
13. LED
14. Push buton switch

### 3.3 Prosedur Penelitian

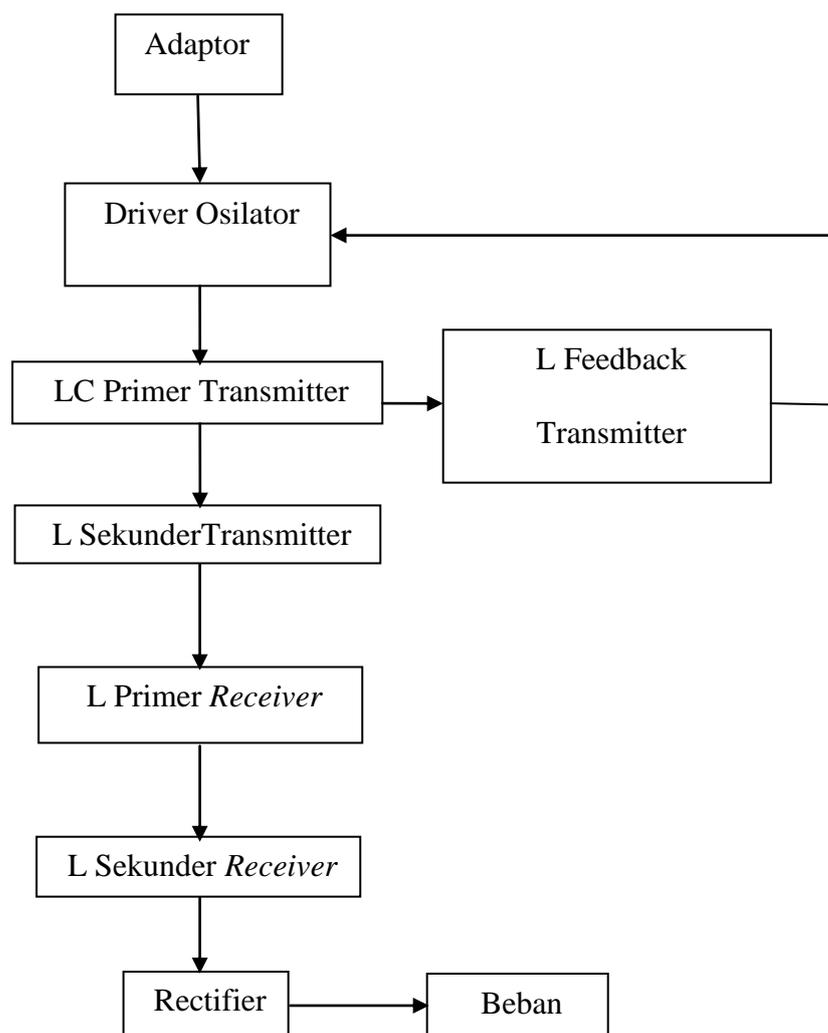
Langkah-langkah yang dilakukan pada perancangan model sistem secara keseluruhan adalah sebagai berikut:

#### 1. Studi Literatur

Tahapan ini merupakan tahap pengumpulan dan pencarian literatur dari berbagai sumber baik skripsi, buku, jurnal, dan makalah ilmiah yang berkaitan dengan Perencanaan *Wireless Electric Tesla Coil* menggunakan metode *Capasitive* Transmisi. Khususnya penulis mempelajari sistem kerja dari sebuah Perencanaan *Wireless Electric Tesla Coil* menggunakan metode *Capasitive* Transmisi beserta karakteristik dan bagian-bagiannya.

#### 2. Perencanaan Blok Diagram Sistem

Perancangan blok diagram sistem bertujuan untuk mempermudah realisasi Perencanaan *Wireless Electric Tesla Coil* menggunakan metode *Capasitive* Transmisi.



**Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem**

Pada gambar diatas merupakan blok diagram sistem yang masing-masing berfungsi membentuk suatu koordinasi supaya tercapai tujuan yang diinginkan, yaitu input, proses, dan output. Input adalah merupakan *setpoint* sistem, yaitu suatu nilai atau besaran yang dimasukkan agar diperoleh output yang diinginkan.

Pada awalnya adaptor mengubah tegangan 220 Vac PLN menjadi 12 Vdc yang kemudian dialirkan ke driver osilator, pada driver osilator kemudian

dialirkan menuju LC primer yang merupakan rangkaian resonansi. Rangkaian resonansi adalah rangkaian penala (*Tuning Circuit*), yaitu satu rangkaian yang berfungsi untuk menala sinyal dengan frekuensi tertentu dari satu band frekuensi, rangkaian tersebut “beresonansi” dengan sinyal/frekuensi tersebut. Dalam keadaan tertala (beresonansi), signal bersangkutan dipilih untuk ke tahap selanjutnya bisa diterima untuk dapat menghasilkan penghantaran tegangan, lalu dilanjutkan ke L feedback yang kemudian masuk kembali ke driver osilator dan diteruskan ke LC primer kembali. Hal ini bertujuan untuk membentuk gelombang osilasi dimana driver osilator pada prinsipnya hampir sama dengan rangkaian *inverter* untuk mengubah gelombang searah DC menjadi gelombang denyut AC. *Driver* osilolator menjadi bagian penting dalam sistem *wireless power*, dimana gelombang denyut yang dihasilkan rangkaian osilator pada dasarnya menghasilkan medan elektromagnetik yang berubah-ubah. Kemudian gelombang osilasi tersebut di ditransfer menuju L primer *receiver*. Lilitan L primer *receiver* energi listrik, semakin banyak lilitan maka semakin besar tegangan keluaran, hal ini sesuai dengan persamaan ideal transformator. Kemudian tegangan diteruskan ke L sekunder *receiver*. Setelah itu gelombang osilasi tersebut disearahkan kembali menggunakan *rectifier*. Setelah itu tegangan menuju ke beban. Kemudian pada beban.

### 3. Perancangan *Wireless Electric Tesla Coil* Menggunakan Metode *Capasitive* Transmisi

Perancangan dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

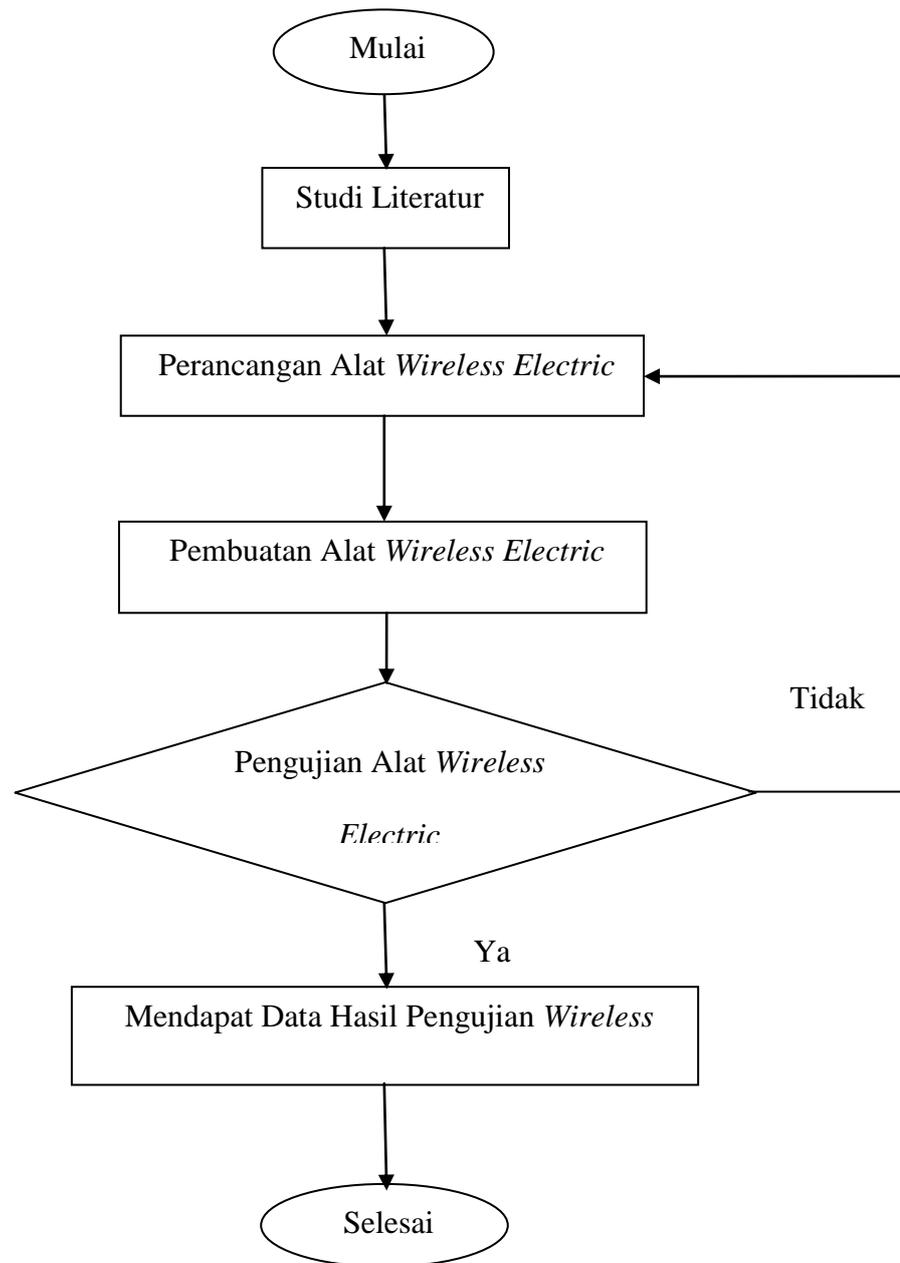
- a. Merancang pembuatan rangkaian dan menentukan komponen yang digunakan.
- b. Melakukan pengujian rangkaian dari setiap blok diagram di *project board*.
- c. Menggabungkan setiap rangkaian blok diagram dengan diuji dan melakukan ulang.

### 4. Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan alat yang dirancang dan dapat dilakukan dengan cara pengambilan data terhadap parameter referensi yang telah ditentukan.

### **3.4. Flowchart Penelitian**

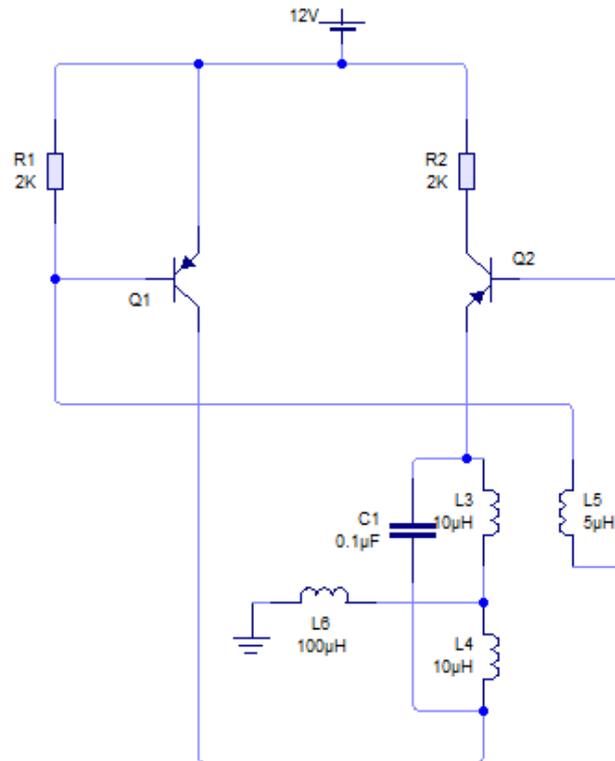
Adapun diagram alir (*flowchart diagram*) untuk mempermudah memahami perancangan alat ini dan juga mempermudah dalam pembuatan program adalah sebagai berikut :



**Gambar 3.2** *Flowchart* Penelitian

### 3.5 Rangkaian Skematik

#### 3.5.1 Rangkaian Skematik Pengirim

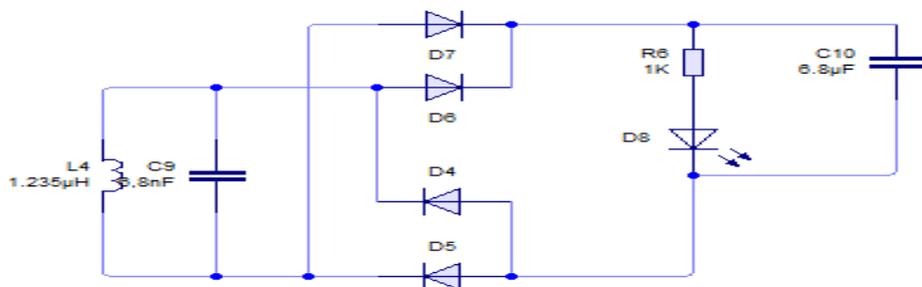


**Gambar 3.3 Rangkaian Skematik Pengirim**

Pada saat *start* tegangan mengalir ke *base* transistor melalui R1 dan R1. Maka arus yang besar akan mengalir ke L3 dan L4 sehingga menimbulkan tegangan induksi pada L5 sehingga kedua terminal keluaran beeda kurub yang menyebabkan keadaan Q1 dan Q2 akan selalu berkebalikan. Pada saat Q1 aktif dan Q2 tidak aktif maka arah aliran arus pada L4 menimbulkan arah fluks magnet kekanan. Pada saat ini L5 akan terinduksi dan menyebabkan pergantian kutub pada terminal L5 sehingga keadaan Q1 dan Q2 akan berubah. Pada tahap ini Q1 berada pada keadaan tidak aktif dan Q2 aktif sehingga arah aliran arus pada L3 menimbulkan arah fluks magnet ke kiri. Pada saat ini L5 akan terinduksi dan

menyebabkan pergantian kutub pada terminal L5 sehingga keadaan Q1 dan Q2 akan berubah. Demikian seterusnya keadaan terus berulang. L6 berfungsi sebagai pembatas arus frekuensi tertentu. besarnya C1 dan L3 menentukan frekuensi kerja osilator. Besarnya nilai L5 menentukan besar kecilnya arus yang mengalir pada Q1.

### 3.5.2 Rangkaian Skematik Penerima



**Gambar 3.4 Rangkaian Skematik Penerima**

Pada gambar 3.4 terdapat gambaran bentuk rangkaian penerima dimana sisi penerima kumparan terinduksi dan menghasilkan tegangan induksi. Tegangan yang diterima oleh kumparan penerima di searahkan menggunakan *diode* yang berjenis *Ultra Fast Rectifier*. Kemudian *indikator LED* akan menjadi tanda bahwa kumparan penerima menghasilkan tegangan minimum untuk menyalakan *LED* kemudian filter kapasitor digunakan untuk mengurangi riak gelombang DC.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Perancangan Wireless Electric Tesla Coil

Dalam merancang *wireless electric tesla coil* pertama yang harus dilakukan adalah dengan melakukan pemilihan komponen-komponen yang akan dipakai dalam pembuatan alat.

Langkah selanjutnya (kedua) adalah melakukan perancangan gambar yang sesuai dengan spesifikasi diinginkan seperti yang diinginkan.

Berikut adalah langkah-langkah perakitan *wireless electric tesla coil*:

1. Perancangan rangkaian driver osilator

Memilih jenis osilator yang akan digunakan. Membuat rangkaian driver osilator dan kemudian merangkai rangkaian driver osilator.

2. Perancangan dan perakitan *transmitter*

Membuat kumparan sekunder. Memotong pipa paralon dengan diameter 7.62 cm dan tinggi 31 cm, kemudian melilitkan kawat tembaga berdiameter 0.02 cm ke pipa paralon sebanyak  $\pm 1500$  lilitan. Membuat kumparan primer dengan pipa tembaga berdiameter 0.8 cm dan panjang 300 cm yang dililitkan sebanyak 7 buah lilitan dengan jarak tiap lilitan 1,25 cm. Kemudian membuat sirip penyangga kumparan primer dengan diameter bawah 11 cm dan diameter atas 18 cm. Kemudian membuat tapak bawah dengan triplek berukuran diameter 27 cm. Lalu membuat kumparan *feedback* dengan pipa tembaga berdiameter 0.6 cm dengan panjang 200 cm

yang dililitkan sebanyak 7 buah lilitan dengan jarak tiap lilitan 1 cm. Selanjutnya membuat bola pemancar berdiameter 9 cm.



**Gambar 4.1 Perancangan Transmitter**

3. Perancangan *receiver*

Membuat rangkaian driver osilator dan kemudian merangkai rangkaian driver osilator.

4. Mendesain dan merangkai rangkaian *rectifier*

Membuat kumparan primer. Memotong pipa paralon berdiameter 5.08 cm dan tinggi 23 cm, kemudian melilitkan kawat tembaga berdiameter 0.02 cm ke pipa paralon sebanyak  $\pm 2700$  lilitan. Lalu membuat bola pemancar berdiameter 6.5 cm. Membuat kumparan sekunder dengan melilitkan kawat berdiameter 0.02 cm sebanyak 47 lilitan..



**Gambar 4.1 Perancangan Receiver**

#### 5. Wiring (Pengkabelan)

Tahap wiring dilaksanakan dengan memperhatikan gambar rancangan.

#### 4.2 Analisa Keluaran Tesla Coil

Dari hasil penelitian alat *wireles electric tesla coil* menggunakan metode *capasitive* transmisi didapatkan data yang telah di uji di Laboratorium Teknik Elektro UMSU antara lain yaitu :

##### A. Hasil Pengujian Tanpa Beban

##### 1. Jarak 35 cm

$$V_{in} = 11.8 \text{ V}$$

$$I_{in} = 3.09 \text{ A}$$

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in}$$

$$P_{in} = 11.8 \times 3.09 = 36.462 \text{ W}$$

$$V_{out} = 46.36 \text{ V}$$

##### 2. Jarak 25 cm

$$V_{in} = 11.8 \text{ V}$$

$$I_{in} = 3.09 \text{ A}$$

$$P_{in} = V_{in} I_{in}$$

$$P_{in} = 11.8 \times 3.09 = 36.462 \text{ W}$$

$$V_{out} = 47.88 \text{ V}$$

3. Jarak 15 cm

$$V_{in} = 11.8 \text{ V}$$

$$I_{in} = 3.09 \text{ A}$$

$$P_{in} = V_{in} I_{in}$$

$$P_{in} = 11.8 \times 3.09 = 36.462 \text{ W}$$

$$V_{out} = 49.26 \text{ V}$$

4. Jarak 5 cm

$$V_{in} = 11.8 \text{ V}$$

$$I_{in} = 3.09 \text{ A}$$

$$P_{in} = V_{in} I_{in}$$

$$P_{in} = 11.8 \times 3.09 = 36.462 \text{ W}$$

$$V_{out} = 50.64 \text{ V}$$

**Tabel 4.1** Hasil Pengujian Tanpa Beban

JARAK (cm)	Pemancar			Penerima
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)
35	11.8	3.09	36.462	46.36
25	11.8	3.09	36.462	47.88
15	11.8	3.09	36.462	49.26
5	11.8	3.09	36.462	50.64

B. Hasil Pengujian Dengan Menggunakan Beban LED 4 Buah di Paralel

1. Jarak 35 cm

$$V_{in} = 11.65 \text{ V}$$

$$I_{in} = 3.12 \text{ A}$$

$$P_{in} = V_{in} I_{in}$$

$$P_{in} = 11.65 \times 3.12 = 36.348 \text{ W}$$

$$V_{dc} = 1.4 \text{ V}$$

$$I_{out} = 0.0031 \text{ A}$$

- a. Menghitung daya keluaran setelah rectifier

$$P_{out} = V_{dc} I_{out}$$

$$P_{out} = 1.4 \times 0.0031 = 0.00434 \text{ W}$$

b. Menghitung efisiensi

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0.00434}{36.348} \times 100\% = 0.01194\%$$

2. Jarak 25 cm

$$V_{in} = 11.65$$

$$I_{in} = 3.12 \text{ A}$$

$$P_{in} = V_{in} I_{in}$$

$$P_{in} = 11.65 \times 3.12 = 36.348 \text{ W}$$

$$V_{dc} = 1.73 \text{ V}$$

$$I_{out} = 0.004 \text{ A}$$

a. Menghitung daya keluaran setelah rectifier

$$P_{out} = V_{dc} I_{out}$$

$$P_{out} = 1.73 \times 0.004 = 0.00692 \text{ W}$$

b. Menghitung efisiensi

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0.00692}{36.348} \times 100\% = 0.01903\%$$

3. Jarak 15 cm

$$V_{in} = 11.65 \text{ V}$$

$$I_{in} = 3.12 \text{ A}$$

$$P_{in} = V_{in} I_{in}$$

$$P_{in} = 11.65 \times 3.12 = 36.348 \text{ W}$$

$$V_{dc} = 1.86 \text{ V}$$

$$I_{out} = 0.0062 \text{ A}$$

a. Menghitung daya keluaran setelah rectifier

$$P_{out} = V_{dc} I_{out}$$

$$P_{out} = 1.86 \times 0.0062 = 0.01153 \text{ W}$$

b. Menghitung efisiensi

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0.01153}{36.348} \times 100\% = 0.03172\%$$

4. Jarak 5 cm

$$V_{in} = 11.65 \text{ V}$$

$$I_{in} = 3.12 \text{ A}$$

$$P_{in} = V_{in} I_{in}$$

$$P_{in} = 11.65 \times 3.12 = 36.348 \text{ W}$$

$$V_{dc} = 1.88 \text{ V}$$

$$I_{out} = 0.00112 \text{ A}$$

a. Menghitung daya keluaran setelah rectifier

$$P_{out} = V_{dc} I_{out}$$

$$P_{out} = 1.88 \times 0.00112 = 0.02105 \text{ W}$$

b. Menghitung efisiensi

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0.02105}{36.348} \times 100\% = 0.05792\%$$

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian Dengan Beban LED 4 Buah di Paralel

JARAK (cm)	Pemancar			Penerima			Efisiensi (%)
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	
35	11.65	3.12	36.348	1.4	0.0031	0.00434	0.01194
25	11.65	3.12	36.348	1.73	0.004	0.00692	0.01903
15	11.65	3.12	36.348	1.86	0.0062	0.011532	0.03172
5	11.65	3.12	36.348	1.88	0.0112	0.021056	0.05792

C. Hasil Pengujian Dengan Menggunakan Beban LED 4 Buah di Paralel 5 Seri

1. Jarak 35 cm

$$V_{in} = 11.7 \text{ V}$$

$$I_{in} = 3.09 \text{ A}$$

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in}$$

$$P_{in} = 11.7 \times 3.09 = 36.153 \text{ W}$$

$$V_{dc} = 9.4 \text{ V}$$

$$I_{out} = 0.0065 \text{ A}$$

a. Menghitung daya keluaran setelah rectifier

$$P_{out} = V_{dc} \times I_{out}$$

$$P_{out} = 9.4 \times 0.0065 = 0.0611 \text{ W}$$

b. Menghitung efisiensi

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0.0611}{36.153} \times 100\% = 0.1689\%$$

2. Jarak 25 cm

$$V_{in} = 11.7 \text{ V}$$

$$I_{in} = 3.09 \text{ A}$$

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in}$$

$$P_{in} = 11.7 \times 3.09 = 36.153 \text{ W}$$

$$V_{dc} = 9.58 \text{ V}$$

$$I_{out} = 0.0068 \text{ A}$$

a. Menghitung  $V_{rms}$  :

Mencari  $V_{rms}$  sebelum *rectifier*

$$V_{rms} = \frac{V_{dc}}{0.9}$$

$$V_{rms} = \frac{9.58}{0.9} = 10.64 \text{ V}$$

b. Menghitung daya keluaran setelah *rectifier*

$$P_{out} = V_{dc} \times I_{out}$$

$$P_{out} = 9.58 \times 0.0068 = 0.06514 \text{ W}$$

c. Menghitung efisiensi

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0.06514}{36.153} \times 100\% = 0.18018\%$$

3. Jarak 15 cm

$$V_{in} = 11.7 \text{ V}$$

$$I_{in} = 3.09 \text{ A}$$

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in}$$

$$P_{in} = 11.7 \times 3.09 = 36.153 \text{ W}$$

$$V_{dc} = 9.6 \text{ V}$$

$$I_{out} = 0.0073 \text{ A}$$

a. Menghitung daya keluaran setelah rectifier

$$P_{out} = V_{dc} \times I_{out}$$

$$P_{out} = 9.6 \times 0.0073 = 0.07008 \text{ W}$$

b. Menghitung efisiensi

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0.07008}{36.153} \times 100\% = 0.19384\%$$

4. Jarak 5 cm

$$V_{in} = 11.7 \text{ V}$$

$$I_{in} = 3.09 \text{ A}$$

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in}$$

$$P_{in} = 11.7 \times 3.09 = 36.153 \text{ W}$$

$$V_{dc} = 10.2 \text{ V}$$

$$I_{out} = 0.0074 \text{ A}$$

- a. Menghitung daya keluaran setelah rectifier

$$P_{out} = V_{dc} \times I_{out}$$

$$P_{out} = 10.2 \times 0.0074 = 0.07548 \text{ W}$$

- b. Menghitung efisiensi

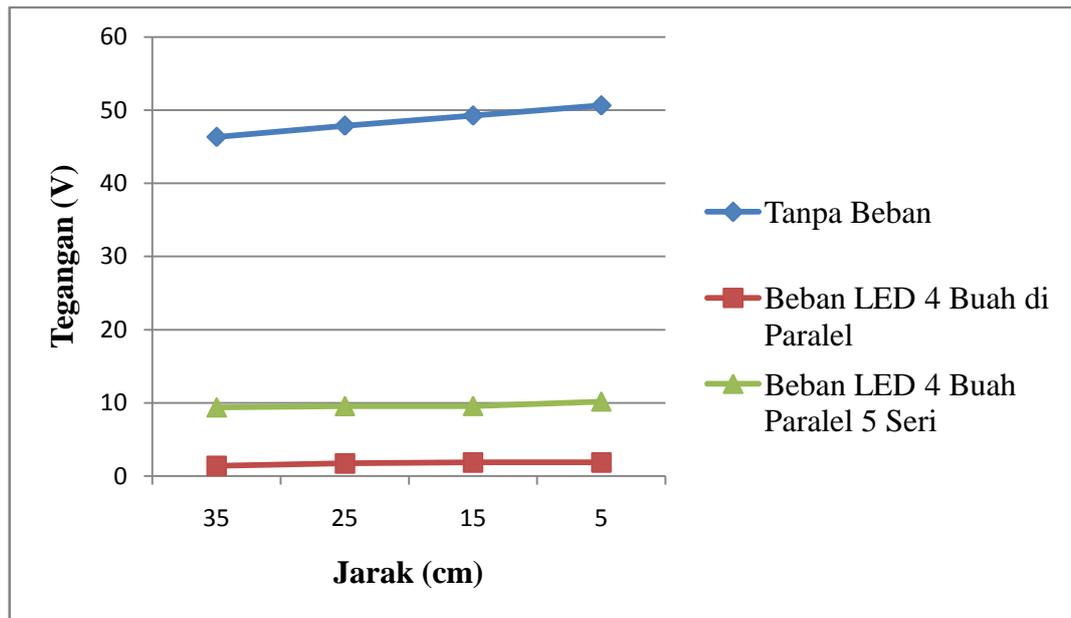
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0.07548}{36.153} \times 100\% = 0.20877\%$$

**Tabel 4.3** Hasil Pengujian Dengan Beban LED 4 Buah Paralel 5 Seri

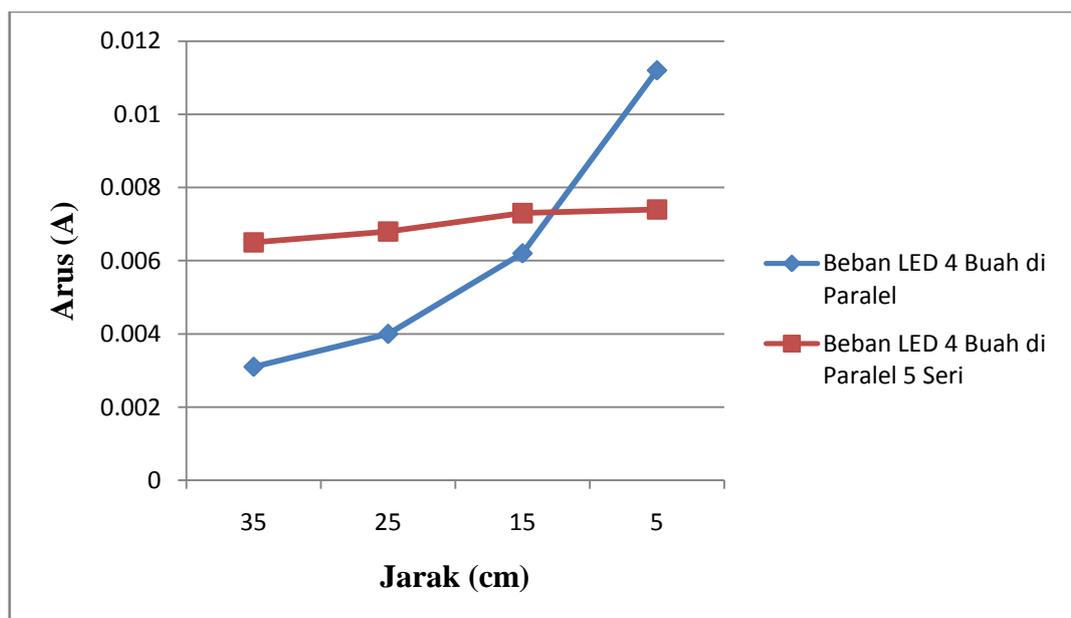
JARAK (cm)	Pemancar			Penerima			Efisiensi (%)
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	
35	11.7	3.09	36.153	9.4	0.0065	0.0611	0.16900
25	11.7	3.09	36.153	9.58	0.0068	0.065144	0.18018
15	11.7	3.09	36.153	9.6	0.0073	0.07008	0.19384
5	11.7	3.09	36.153	10.2	0.0074	0.07548	0.20877

Berdasarkan perhitungan diatas, maka kita bisa membuat grafik tegangan terhadap jarak, arus terhadap jarak, dan daya terhadap jarak adalah sebagai berikut:



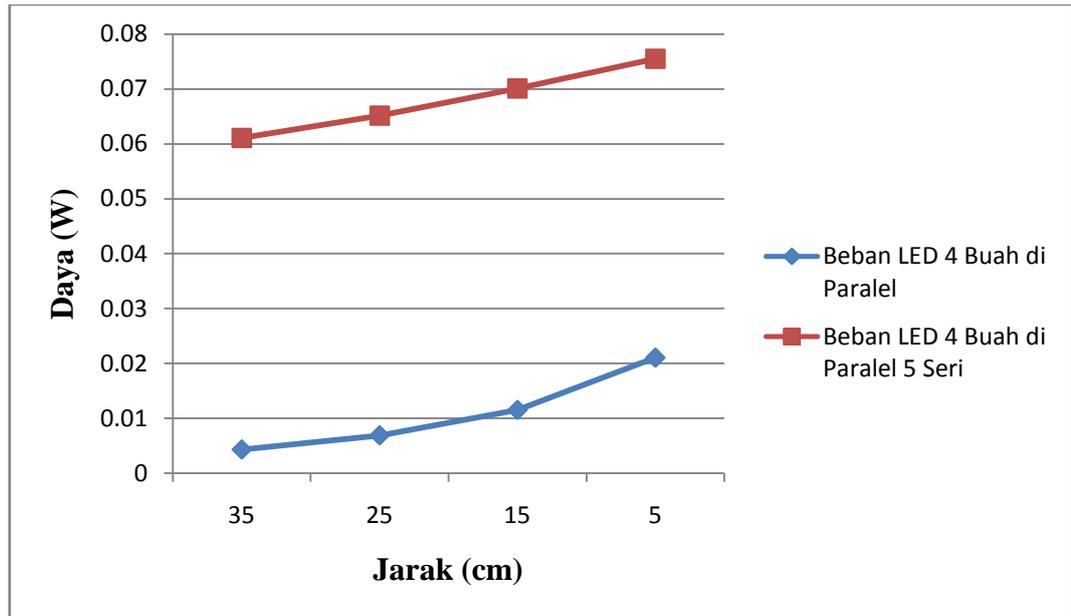
Grafik 4.1 Pengukuran Tegangan Dengan Jarak

Grafik 4.1 menunjukkan bahwa semakin dekat jarak *transmitter* dengan *receiver* maka semakin besar tegangan yang dihasilkan. Contohnya dengan menggunakan beban LED 4 buah diparalel 5 seri mampu menerima tegangan sebesar 10.2 V pada jarak 5 cm dan pada jarak 35 cm arus yang diterima berkurang menjadi 0.0065 A.



Grafik 4.2 Pengukuran Arus Dengan Jarak

Grafik 4.2 menunjukkan bahwa semakin dekat jarak *transmitter* dengan *receiver* maka semakin besar Arus yang dihasilkan Contohnya dengan menggunakan beban LED 4 buah diparalel 5 seri mampu menerima arus sebesar 0.0074 A pada jarak 5 cm dan pada jarak 35 cm tegangan yang diterima berkurang menjadi 9.4 V.



Grafik 4.3 Pengukuran Daya Dengan Jarak

Grafik 4.3 menunjukkan bahwa semakin dekat jarak *transmitter* dengan *receiver* maka semakin besar daya yang dihasilkan. Contohnya dengan menggunakan beban LED 4 buah diparalel 5 seri mampu menerima daya sebesar 0.07548 W pada jarak 5 cm dan pada jarak 35 cm daya yang diterima berkurang menjadi 0.0611 W.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian baik secara pengukuran maupun secara perhitungan dari *wireless electric tesla coil* menggunakan metode *capasitive* transmisi maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perancangan *prototype wireless electric tesla coil* didapatkan bahwa semakin besar kumparan *tesla* dan semakin banyak jumlah lilitan akan berpengaruh pada besarnya jarak penerimaan *receiver* dan semakin besar pula tegangan yang ditransfer sehingga semakin jauh transfer energi listrik dapat dilakukan. Kemudian penyebab tegangan naik maupun turun adalah nilai kapasitansi antara elektroda pemancar dan elektroda penerima yang menyebabkan osilasi pada sisi penerima berbeda, semakin sesuai osilasi antara kumparan pengirim dan kumparan primer penerima yaitu osilasi transistor terhadap kumparan feed back.
2. Berdasarkan hasil dari perancangan *wireles electric tesla coil* menggunakan metode *capasitive* transmisi maka didapatkan bahwa perbedaan beban dan jarak akan menghasilkan efisiensi yang bervariasi, dimana semakin dekat jarak pemancar dengan penerima maka akan semakin baik pula efisiensi yang dihasilkan, begitu pula sebaliknya. Contohnya dengan menggunakan beban LED 4 buah diparalel 5 seri mampu menerima daya sebesar 0.07548 W pada jarak 5 cm dan pada jarak 35 cm daya yang diterima berkurang menjadi 0.0611 W. Serta efisiensi

terbaik adalah sebesar 0.20877% pada uji coba beban menggunakan LED 4 buah di paralel 5 Seri pada jarak 5 cm sedangkan pada jarak 35 cm berkurang menjadi 0.1689%.

## 5.2. Saran

1. Dengan memperbanyak jumlah lilitan kumparan dan juga memperbesar tesla coil diharapkan mampu memperbesar jarak penerimaan pada rangkaian rectifier.
2. Dengan meningkatkan rangkaian driver osilator diharapkan dapat meningkatkan daya tahan tegangan dan arus *input* sehingga dapat mentransfer energi listrik lebih besar lagi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Rakhman, A. Rahman, and N. C. Basjaruddin, "Transfer Daya Nirkabel dengan Kopling Induksi," vol. 2, no. 2502, 2017.
- [2] M. Yadav and B. Kumar, "Wireless Transmission of Electricity," *Int. J. Res.*, vol. 1, no. 9, pp. 865–872, 2014.
- [3] L. I. Abduh, P. Ir, and I. Garniwa, "Analisis Pengaruh Penyetelan Frekuensi , Kapasitansi Primer Dan Lebar Celah Udara Terhadap Operasi Kerja Kumparan Tesla 9 kV Analysis of Frequency Tuning , Primary Capacitance and Spark Gap Length Effects to 9 kV Tesla Coil Operation," no. 021.
- [4] F. Rendah, "Perancangan Dan Analisis Sistem Transfer Daya Listrik Design And Analysis Of Wireless Power Transfer By Multilayer Coils In Low Frequencies .," vol. 3, no. 2, pp. 161–172, 2016.
- [5] B. M. Panggabean, H. Halomoan, N. Purwasih, J. Sumantri, B. No, and B. Lampung, "Perancangan Sistem Transfer Energi Secara Wireless Dengan Menggunakan Teknik Resonansi Induktif Medan Elektromagnetik."
- [6] S. W. Pratomo, "Perancangan Sistem Transfer Daya Nirkabel Untuk Unmanned Aerial Vehicle ( Uav ) Micro Jenis Quadcopter," no. 3, 2016.
- [7] J. Cvetic, "Tesla's high voltage and high frequency generators with oscillatory circuits," *Serbian J. Electr. Eng.*, vol. 13, no. 3, pp. 301–333, 2016.
- [8] F. R. Sebayang and A. R. Hasibuan, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Beban Resistif , Induktif , Kapasitif Generator Sinkron 3 Fasa Menggunakan Metode Pottier," pp. 76–81.
- [9] F. S. Agung, M. Farhan, Rachmansyah, and E. P. Widiyanto, "Sistem Deteksi Asap Rokok Pada Ruangan Bebas Asap Rokok Dengan Keluaran Suara," *Na*, pp. 1–9, 2009.
- [10] Eka Maulana, "Teori Dasar MOSFET," *Http://Maulana.Lecture.Ub.Ac.Id/*, pp. 1–34, 2014.
- [11] P. Studi, P. Teknik, and E. Fptk, "Analisis Tegangan Tembus Kabel Instalasi Listrik Zikra Rufina , I Wayan Ratnata , Hasbullah," vol. 13, no. 1, pp. 89–98, 2014.
- [12] M. Napitupulu, "Analisis Logam Tembaga ( Cu ) Pada Buangan Limbah Tromol ( Tailing ) Pertambangan Poboya Analysis of Copper ( Cu ) Metal On

Drum Waste Disposal ( Tailings ) at Poboya Mining,” vol. 2, no. May, pp. 90–96, 2013.

- [13] M. Faridha and M. D. Y. Saputra, “Analisa Pemakaian Daya Lampu Led Pada Rumah Tipe 36 Moethia,” *Anal. Pemakaian Daya Lampu Led Pada Rumah Tipe 36 Moethia*, vol. 7, no. 3, pp. 193–198, 2016.
- [14] E. Agungpermana, T. Elektro, and U. Negeri, “Dwifungsi Led ( Light Emitting Diode ) Sebagai Transmisi Optik Informasi Audio Satu Arah Dan Penerangan Ruang,” pp. 21–28.
- [15] D. Teori, “Kekerasan dan struktur mikro komposit aluminium yang diperkuat serbuk besi yang mengalami perlakuan panas 1) 1).”

**LAMPIRAN**

Transmitter Tesla Coil



Receiver Tesla Coil



Driver Osilator



Baterai

# PERANCANGAN WIRELESS ELECTIC TESLA COIL MENGGUNAKAN METODE CAPASITIVE TRANSMISI

Muhammad Reza Fahlevi<sup>1</sup>, Muhammad Fitra Zambak<sup>2</sup> Muhammad Syafri<sup>3</sup>  
Mahasiswa Program Sarjana Fakultas Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Staf Pengajar dan Pembimbing Program Sarjana Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

## ABSTRAK

Semakin meningkatnya perkembangan teknologi menyebabkan semakin dibutuhkan proses transfer energi yang lebih efisien. Hal ini mendorong para pengembang teknologi membuat alat untuk mentransfer energi listrik tanpa menggunakan kabel. Saat ini kabel konduktor masih menjadi cara paling efektif dalam mentransfer energi listrik. Dalam penelitian ini penulis membuat alat yang mampu mentransfer energi listrik tanpa menggunakan kabel menggunakan metode *capasitive* transmisi *tesla coil* dengan cara memanfaatkan tegangan tinggi untuk menciptakan medan listrik disekitar elektroda penghantar yang diberi jarak dengan elektroda penerima sehingga seolah-olah kedua elektroda tersebut berfungsi sebagai kapasitor. Dengan menggunakan osilasi frekuensi yang sangat tinggi maka kedua elektroda tersebut seolah-olah terhubung. Konstruksi pada alat yang dikembangkan adalah dengan memanfaatkan lilitan tembaga. Lilitan tembaga ini dibuat menjadi sebuah *tesla coil* disisi *transmitter*, dan juga *receiver*. Tegangan masukan dari *transmitter* adalah 11.8 DC Volt dan arus 3.09 Ampere. Dari hasil uji coba alat, dengan menggunakan beban LED 4 buah diparalel 5 seri mampu menerima daya sebesar 0.07548 W pada jarak 5 cm dan pada jarak 35 cm daya yang diterima berkurang menjadi 0.0611 W. Serta efisiensi terbaik adalah sebesar 0.20877% pada uji coba beban menggunakan LED 4 buah di paralel 5 Seri pada jarak 5 cm sedangkan pada jarak 35 cm berkurang menjadi 0.1689%. Dari percobaan tersebut, disimpulkan bahwa bila jarak antara *transmitter* dan *receiver* semakin jauh, besar daya dan efisiensi transfer akan semakin berkurang.

**Kata Kunci** : *Tesla coil*, *capasitive* transmisi, *wireless electric*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Salah satu kebutuhan manusia yang sangat penting dan vital yang tidak dapat dilepaskan dalam kehidupan sehari-hari adalah kebutuhan akan energi listrik. Manusia hampir tidak dapat melakukan pekerjaan yang ada dengan baik ataupun memenuhi kebutuhannya tanpa adanya energi listrik. Energi listrik dalam penyaluran ke pusat-pusat beban menggunakan saluran mulai dari saluran bertegangan tinggi sampai dengan saluran bertegangan rendah. Dalam penyaluran energi listrik tersebut digunakanlah kabel tembaga sebagai media perantaranya.

Kabel tembaga tersebut digunakan sebagai media transfer energi listrik karena bahannya yang terdiri atas banyak elektron yang bisa bergerak bebas. Pada saat tembaga dihubungkan dengan sumber listrik aliran elektron dapat bergerak dengan bebas pada

bahan tersebut[1]. Namun seiring dengan perkembangan teknologi, dikembangkanlah teknologi transfer energi yang dapat meningkatkan kepraktisan serta menghemat terhadap bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan kabel sebagai media penyalur energi tersebut.

Konsep penyaluran energi listrik yang masih dalam tahap riset yaitu transfer daya nirkabel. Transfer nirkabel adalah suatu konsep untuk menghatarkan atau mengirimkan energi tanpa menggunakan kabel. Salah satu ilmuwan Nicola Tesla pada abad ke-19 meneliti dan mempelajari tentang pemancar dan penerima pada daya listrik tanpa melalui kabel penghantar. Sistem induksi elektromagnetik dikembangkan dan dipelajari pada kumparan Tesla sampai akhirnya menara bernama Wardenclyffe dibangun oleh Nicola Tesla. Tujuan menara tersebut sebagai pembangkit dan pemancar daya listrik serta pemancar informasi ke seluruh dunia. Karena

berhentinya sumber dana maka akhirnya menara ini dihancurkan sebelum beroperasi.

Dengan terus berkembangnya penggunaan energi listrik maka alat untuk mentransfer energi listrik secara nirkabel semakin dikembangkan pula agar lebih baik dan efisien dalam mentransfer energi listrik[1]. Maka dari itu dikembangkanlah *wireless electric tesla coil* dengan menggunakan metode *capasitive* transmisi. *Tesla Coil* merupakan sejenis sirkuit transformator resonansi. Alat ini digunakan untuk menghasilkan tegangan tinggi (*high voltage*), arus pendek (*low current*), dan juga frekuensi tinggi dari arus listrik bolak-balik (*high-frequency alternating current electricity*). *Tesla Coil* dibuat terbuat dari logam yang berputar dan saluran aluminium fleksibel untuk mengontrol medan listrik tinggi yang dekat dengan bagian atas sekunder dan untuk mengarahkan pemacu keluar dan menjauhi gulungan/kipas primer dan sekunder. Metode *capasitive* transmisi ini bertujuan agar keluaran dari *tesla coil* dan penerimaannya menjadi lebih stabil dan lebih efisien.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, penulis mengidentifikasi beberapa hal yang berhubungan dengan masalah antara lain :

3. Bagaimana merancang *prototypewireless electric tesla coil* menggunakan metode *capasitive* transmisi?
4. bagaimanapengaruh jarak dan beban pada daya dan efisiensi kerja *wireless electric tesla coil* menggunakan metode *capasitive* transmisi pada.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penulisan skripsi adalah sebagai berikut :

3. Penggunaan *Capasitive* transmisi sebagai metode *wireless electric tesla coil*.
4. Energi listrik yang dihasilkan dari alat yang dirancang untuk mengetahui konsep transfer energi listrik tanpa kabel.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

3. Merancang *wireless electric tesla coil* menggunakan metode *capasitive* transmisi.
4. Menganalisa pengaruh jarak dan beban pada daya dan efisiensi kerja *wireless electric tesla coil* menggunakan metode *capasitive* transmisi.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

4. Mengembangkan metode baru dari *wireless electric tesla coil* dengan menggunakan metode *capasitive* transmisi.
5. Memperdalam pemahaman tentang pentransferan ennergi listrik tanpa kabel.

Menginspirasi para generasi yang akan datang agar tertarik meneliti lebih lanjut tentang perkembangan teknologi listrik nirkabel

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

*Wireless Power Transfer (WPT)* merupakan suatu metode untuk menyalurkan daya listrik tanpa menggunakan kabel (nirkabel). Pada makalah ini dilaporkan eksperimen *WPT* sederhana dengan menggunakan kopling induksi magnetik. Pada sisi pemancar, listrik DC diubah menjadi AC dengan menggunakan *Hartley oscillator* yang memberi daya pada beban kumparan primer yang dibuat dari lilitan kawat. Frekuensi osilasi yang dihasilkan adalah 615 kHz. [2].

Transmisi kabel yang digunakan saat ini telah mengalami perkembangan yang sangat pesat. Akan tetapi perkembangan tersebut menyebabkan sistem transmisi kabel memiliki banyak kendala dan permasalahan di masa mendatang. Transmisi nirkabel yang menggunakan gelombang elektromagnetik untuk melakukan transfer energi mampu

menjawab permasalahan-permasalahan sistem transmisi kabel tersebut [3].

Sistem transfer daya listrik nirkabel diartikan sebagai cara mengirimkan energi listrik dari satu titik ke titik yang lain melalui ruang vakum tanpa menggunakan kabel. Metode yang dapat digunakan dalam sistem ini yaitu resonansi magnetik, dimana frekuensi di sisi pengirim harus sama dengan frekuensi di sisi penerima. [4].

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok yang sangat penting dalam kehidupan manusia saat ini, di mana sampai saat ini pengiriman energi listrik komersial tegangan rendah 220 volt masih mempergunakan kabel listrik. Salah satu cara pengiriman atau transfer energi listrik yang terus dikembangkan sampai saat ini adalah transfer energi listrik *wireless*. Transfer energi listrik *wireless* memiliki beberapa kelebihan dibandingkan menggunakan kabel yaitu dapat meningkatkan kenyamanan dalam penggunaan peralatan listrik dan dapat mengurangi jumlah sampah elektronik. [5].

### 2.2.1 Teori Tesla



**Gambar 2.21** Menara Wardenclyffe (*Tesla Tower*)

(Sumber : [https://en.wikipedia.org/wiki/Wardenclyffe\\_Tower](https://en.wikipedia.org/wiki/Wardenclyffe_Tower))

Menara Wardenclyffe (*Tesla Tower*) dapat dilihat pada Gambar 2.1 dirancang dan dibangun terutama untuk transmisi nirkabel daya listrik. Nikola Tesla mulai merencanakan fasilitas Wardenclyffe Tower ca. 1898, dan pada tahun 1901, pembangunan dimulai di tanah dekat Long Island Sound. Arsitek Stanford White mendesain gedung utama fasilitas Wardenclyffe. Ini adalah langkah pertama

menuju sistem nirkabel praktis. Efek transmisi energi nirkabel melibatkan penciptaan medan listrik antara dua logam, pelat masing-masing terhubung ke salah satu terminal dari sebuah kumparan induksi ini gulungan sekunder. Sekali lagi, sebuah dalam hal inipelepasan gas tabung) digunakan sebagai alat untuk mendeteksi keberadaan energi yang ditransmisikan. "Hasil yang paling mencolok yang diperoleh" melibatkan pencahayaan dua bagian tabung yang dievakuasi dalam medan elektrostatik bergantian saat dipegang di tangan eksperimen. Saat bekerja Tesla melanjutkan untuk mengembangkan dua teori yang terkait dengan pengamatan ini, yaitu:

3. Dengan menggunakan dua sumber tipe-satu yang ditempatkan pada titik yang jauh di permukaan Bumi, adalah mungkin untuk menginduksi aliran arus listrik di antara mereka.
4. Dengan memasukkan sebagian bumi sebagai bagian dari osilator tipe-dua kuat gangguan dapat mengalir pada bumi dan terdeteksi "pada jarak yang jauh, atau bahkan di seluruh permukaan bola dunia."

Tesla juga membuat asumsi bahwa bumi adalah tubuh yang bermuatan mengambang di angkasa. Tesla dengan jelas menyebutkan bahwa bumi adalah salah satu media yang bergerak yang terlibat dalam sistem darat dan udara teknologi. Media lain yang ditentukan adalah atmosfer di atas 5 mil (8.0 km) elevasi. Meskipun bukan konduktor ohmik, di wilayah troposfer ini dan ke atas, kepadatan atau tekanan cukup dikurangi sehingga, menurut Tesla teori, sifat isolasi atmosfer dapat dengan mudah terganggu, memungkinkan arus listrik mengalir. [2].

### 2.2.1 Tesla Coil

Tesla Coil (Kumparan Tesla) adalah sejenis sirkuit transformator resonansi yang diciptakan oleh Nikola Tesla sekitar tahun 1891. Alat ini digunakan untuk menghasilkan tegangan tinggi (*high voltage*), arus pendek (*low current*), dan juga frekuensi tinggi dari arus listrik bolak-balik (*high-frequency alternating current electricity*). Tesla Coil menghasilkan arus yang lebih tinggi daripada sumber pengeluaran listrik tegangan tinggi lain,

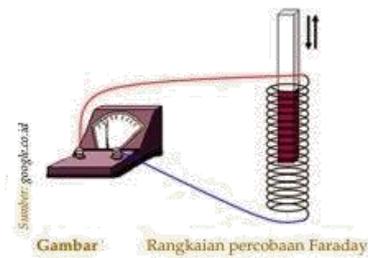
yaitu mesin elektrostatik (*Electrostatic Machine*).

Tesla bereksperimen dengan sejumlah konfigurasi yang berbeda dan konfigurasi-konfigurasi itu terdiri dari dua, atau kadang-kadang tiga, berbagai macam sirkuit resonansi listrik. Tesla menggunakan kumparan (*coil*) tersebut untuk melakukan eksperimen yang inovatif dalam pencahayaan yang bersumber dari listrik, fosforesensi (*phosphorescence*), X-ray, fenomena listrik yang berfrekuensi tinggi dari arus bolak-balik, terapi elektrik (*electrotherapy*), dan transmisi energi listrik tanpa kabel. Sirkuit Tesla Coil digunakan secara komersial di pemancar radiotelegrafi nirkabel "*Sparkgap*" sampai tahun 1920, dan juga untuk peralatan *pseudomedical* seperti elektroterapi dan peramban sinar violet. Sampai saat ini, fungsi utama dari Tesla Coil adalah untuk hiburan dan juga pendidikan.

Pada tahun 1920, Tesla mulai mengembangkan desain Tesla Coil dengan menggunakan sebuah terminal yang terdiri atas bingkai logam dalam bentuk sebuah *toroid* (dalam ilmu matematika, *toroid* merupakan objek berbentuk donat), tertutup oleh piringan *hemisperik*. Terminal bagian atas memiliki kapasitansi yang relatif kecil, berfungsi sebagai tegangan tinggi yang praktis. Permukaan luar yang merupakan konduktor tinggi adalah tempat dimana muatan listrik terakumulasi. Permukaan ini memiliki jari-jari lengkung yang besar, atau terdiri dari unsur-unsur terpisah yang terlepas dari jari-jari lengkungan itu sendiri, disusun berdekatan satu sama lain sehingga menghasilkan permukaan ideal yang membungkus mereka dengan radius yang besar.

### 2.2.2 Induksi Elektromagnetik

Pada awal tahun 1830, Michael Faraday melakukan berbagai percobaan yang berhubungan dengan pengaruh medan magnet yang berubah-ubah terhadap waktu terhadap suatu kumparan atau loop tertutup. Percobaan Faraday dapat digambarkan secara sederhana sebagai gambar dibawah ini.



Gambar 2.22 Percobaan Pertama Faraday

(Sumber : <https://maribelajaripaterpadu.blogspot.com/2017/01/induksi-elektromagnetik.html>)

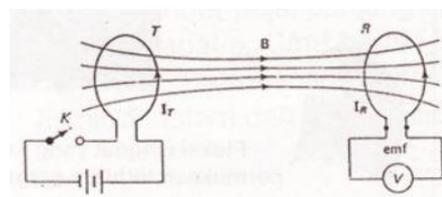
Hukum Faraday menyatakan bahwa besar ggl (gaya gerak listrik) induksi pada suatu kumparan bergantung pada jumlah lilitan dan kecepatan perubahan fluks magnetik. GGL induksi dinyatakan dengan rumus :

$$\epsilon = -N \cdot B \cdot i \cdot V \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

- $\epsilon$  = Besar ggl (V)
- N = jumlah lilitan
- B = Kerapatan medan magnet (tesla)
- i = panjang kawat (m)
- V = kecepatan gerak kawat (m/s)

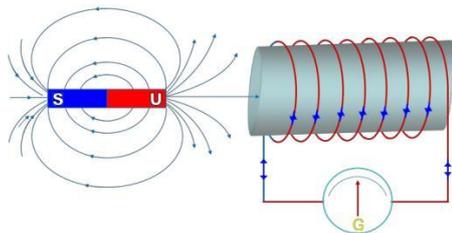
Pada Percobaan pertama Faraday, kumparan dipasang seri dengan galvanometer (pengukur arus) karena tidak ada sumber tegangan (baterai), maka mula-mula tidak ada arus, dan bila suatu batang magnet dimasukkan ke dalam kumparan dan digerakkan maka akan terbaca arus pada galvanometer, hal yang sama juga terjadi apabila magnet batangnya diam dan kumparannya yang digerakkan.



Gambar 2.23 Percobaan Kedua Faraday

Menurut pada percobaan kedua seperti gambar 2.4 apabila saklar ditutup, arus mengalir melalui kumparan pertama sehingga timbul medan magnetik. Karena

digunakan sumber DC maka perubahan medan magnet hanya terjadi sesaat dan akan menimbulkan arus sesaat pada kumparan kedua dan kembali ke nol. Hal yang sama juga terjadi bila saklar kembali dibuka dengan arah arus yang berlawanan. Dari peristiwa ini dapat disimpulkan bahwa arus induksi hanya terjadi bila terjadi perubahan medan magnetik. Bila medan magnetnya besar berapapun besarnya tetapi medan magnetnya konstan tidak berubah-ubah terhadap waktu seperti arus DC, maka tidak akan menghasilkan arus induksi.



**Gambar 2.24** Ilustrasi Arah Magnet Yang Memasuki Kumparan

(Sumber : <http://wekasyah88.blogspot.com/2014/02/induksi-elektromagnetik.html>)

$$V_{induksi} = -N \frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\phi = B \cdot A \dots\dots\dots (2.3)$$

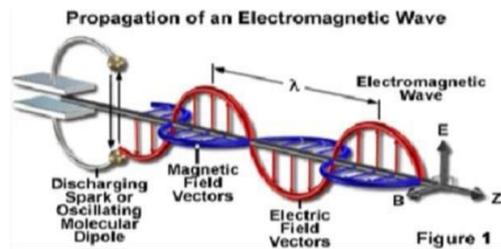
Dimana;

- $V_{induksi}$  = Tegangan induksi (volt)
- $N$  = Jumlah lilitan
- $B$  = Medan magnetik (tesla)
- $A$  = luas kumparan (meter persegi)
- $\phi$  = Fluks magnetik (weber)

**2.2.3 Resonansi Elektromagnetik**

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

pengiriman energi jika dibandingkan dengan medan listrik dalam pemanfaatannya untuk perpindahan energi secara resonansi elektromagnet.



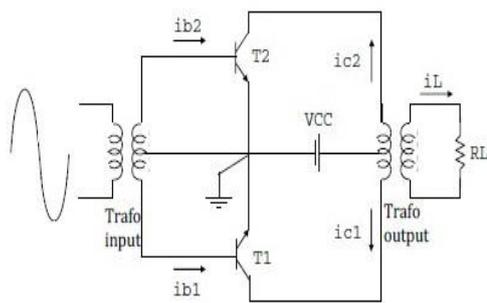
**Gambar 2.25** Gelombang Elektromagnetik

(Sumber : <http://narusasu-uzumaki.blogspot.com/>)

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

**2.2.4 Pengertian Push Pull**

Push Pull atau tarik-ulur adalah sebuah sirkuit elektronik yang dapat menggerakkan baik arus positif ataupun negatif kepada beban. Keluaran push-pull adalah standar untuk logika digital TTL dan CMOS serta beberapa jenis penguat, dan biasanya terbuat dari pasangan transistor komplementer, salah satu membenamkan arus dari beban ke catu negatif, sedangkan yang lainnya menyuplai arus dari catu positif ke beban. Karena biasanya skema sirkuit digambar vertikal dengan dua transistor yang ditumpuk, sirkuit ini sering juga dinamai keluaran tiang totem (totem pole). Tabung termionik tidak tersedia dalam tipe komplementer (seperti transistor PNP dan NPN) sehingga penguat push-pull tabung dibuat dengan menggunakan dua tabung identik yang digerakkan dalam antifasa, tabung tersebut menggerakkan arus di antara dua lilitan primer transformator yang bersadapan tengah.



**Gambar 2.26 Rangkaian Push Pull**

(Sumber : <http://elektronika-dasar.web.id/amplifier-push-pull-kelas-b>)

### 2.2.5 Reaktansi

Reaktansi adalah perlawanan komponen sirkuit/rangkaian atas perubahan arus listrik atau tegangan listrik karena adanya kapasitansi atau induktansi. Medan listrik yang terbentuk dalam komponen tersebut akan menghambat perubahan potensial listrik dan medan magnetik yang terbentuk menghambat perubahan arus listrik. Simbol yang dipergunakan untuk menyatakan reaktansi sama dengan yang dipergunakan pada hambatan listrik, namun memiliki beberapa perbedaan.

Nilai kapasitansi dan induktansi mempengaruhi sifat dari komponen tersebut, namun efek reaktansi tidak terlihat ketika komponen tersebut dialiri arus searah, efek reaktansi hanya akan terlihat jika ada perubahan arus atau tegangan. Jika rangkaian listrik dianalisis menggunakan Kalkulus vektor nilai tahanan adalah bagian riil dari nilai impedansi, sedang nilai reaktansi merupakan imajineranya. Keduanya sama-sama memiliki satuan internasional Ohm.

#### 2.2.5.2 Reaktansi Kapasitif

Beban Kapasitif (kapasitor) adalah beban yang berasal dari dua bahan penghantar (konduktor) yang terpisah, dengan polaritas yang berbeda pada penghantarnya. Beban kapasitif ini berfungsi menyimpan muatan listrik. Beban kapasitif diantaranya terdapat pada: saluran penghantar, mesin sinkron berpenguatan lebih, kapasitor, dan lain sebagainya. Kapasitor memiliki simbol (C) dengan satuan Farad [8].

Reaktansi kapasitif  $X_C$  berbanding terbalik dengan frekuensi (f) dan kapasitansi (C).

$$X_c = \frac{-1}{\omega C} = \frac{-1}{2\pi f C} \dots \dots \dots (2.4)$$

## III. METODE PENELITIAN

### 3.1 Prosedur Penelitian

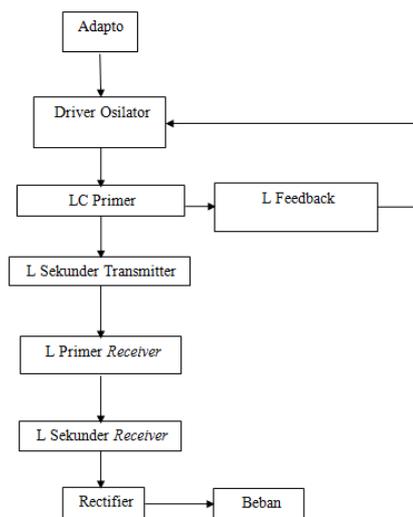
Langkah-langkah yang dilakukan pada perancangan model sistem secara keseluruhan adalah sebagai berikut:

#### 1. Studi Literatur

Tahapan ini merupakan tahap pengumpulan dan pencarian literatur dari berbagai sumber baik skripsi, buku, jurnal, dan makalah ilmiah yang berkaitan dengan Perencanaan *Wireless Electric Tesla Coil* menggunakan metode *Capasitive* Transmisi. Khususnya penulis mempelajari sistem kerja dari sebuah Perencanaan *Wireless Electric Tesla Coil* menggunakan metode *Capasitive* Transmisi beserta karakteristik dan bagian-bagiannya.

#### 2. Perencanaan Blok Diagram Sistem

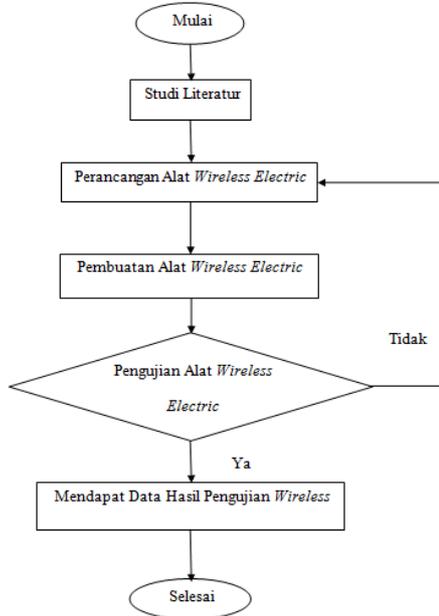
Perancangan blok diagram sistem bertujuan untuk mempermudah realisasi Perencanaan *Wireless Electric Tesla Coil* menggunakan metode *Capasitive* Transmisi.



**Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem**

### 3.2 Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir (*flowchart diagram*) untuk mempermudah memahami perancangan alat adalah sebagai berikut :



Gambar 3.4 Flowchart Penelitian

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa Keluaran Tesla Coil

Dari hasil penelitian alat *wireless electric tesla coil* menggunakan metode *capacitive transmisi* didapatkan data antara lain yaitu :

#### D. Hasil Pengujian Tanpa Beban

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Tanpa Beban

JARAK (cm)	Pemancar			Penerima
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)
35	11.8	3.09	36.462	46.36
25	11.8	3.09	36.462	47.88
15	11.8	3.09	36.462	49.26
5	11.8	3.09	36.462	50.64

#### E. Hasil Pengujian Dengan Menggunakan Beban LED 4 Buah di Paralel

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Dengan Beban LED 4 Buah di Paralel

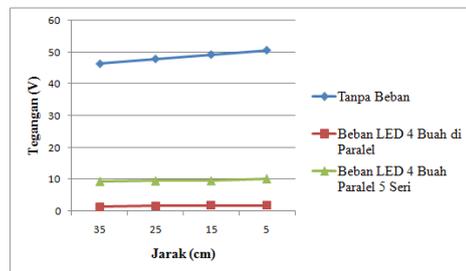
JARAK (cm)	Pemancar			Penerima			Efisiensi (%)
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	
35	11.65	3.12	36.348	1.4	0.0031	0.00434	0.01194
25	11.65	3.12	36.348	1.73	0.004	0.00692	0.01903
15	11.65	3.12	36.348	1.86	0.0062	0.011532	0.03172
5	11.65	3.12	36.348	1.88	0.0112	0.021056	0.05792

#### F. Hasil Pengujian Dengan Menggunakan Beban LED 4 Buah di Paralel 5 Seri

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Dengan Beban LED 4 Buah Paralel 5 Seri

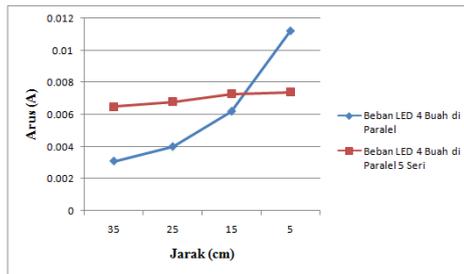
JARAK (cm)	Pemancar			Penerima
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)
35	11.8	3.09	36.462	46.36
25	11.8	3.09	36.462	47.88
15	11.8	3.09	36.462	49.26
5	11.8	3.09	36.462	50.64

Berdasarkan perhitungan diatas, maka kita bisa membuat grafik tegangan terhadap jarak, arus terhadap jarak, dan daya terhadap jarak adalah sebagai berikut:



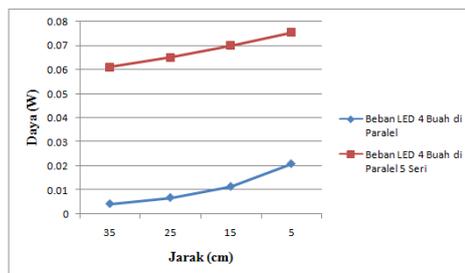
Grafik 4.1 Pengukuran Tegangan Dengan Jarak

Grafik 4.1 menunjukkan bahwa semakin dekat jarak *transmitter* dengan *receiver* maka semakin besar tegangan yang dihasilkan. Contohnya dengan menggunakan beban LED 4 buah diparalel 5 seri mampu menerima tegangan sebesar 10.2 V pada jarak 5 cm dan pada jarak 35 cm arus yang diterima berkurang menjadi 0.0065 A.



**Grafik 4.2 Pengukuran Arus Dengan Jarak**

Grafik 4.2 menunjukkan bahwa semakin dekat jarak *transmitter* dengan *receiver* maka semakin besar Arus yang dihasilkan. Contohnya dengan menggunakan beban LED 4 buah diparalel 5 seri mampu menerima arus sebesar 0.0074 A pada jarak 5 cm dan pada jarak 35 cm tegangan yang diterima berkurang menjadi 9.4 V.



**Grafik 4.3 Pengukuran Daya Dengan Jarak**

Grafik 4.3 menunjukkan bahwa semakin dekat jarak *transmitter* dengan *receiver* maka semakin besar daya yang dihasilkan. Contohnya dengan menggunakan beban LED 4 buah diparalel 5 seri mampu menerima daya sebesar 0.07548 W pada jarak 5 cm dan pada jarak 35 cm daya yang diterima berkurang menjadi 0.0611 W.

## V. KESIMPULAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian baik secara pengukuran maupun secara perhitungan dari *wireless electric tesla coil* menggunakan metode *capacitive* transmisi maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

3. Dari hasil perancangan *prototype wireless electric tesla coil* didapatkan bahwa semakin

besar kumparan *tesla* dan semakin banyak jumlah lilitan akan berpengaruh pada besarnya jarak penerimaan *receiver* dan semakin besar pula tegangan yang ditransfer sehingga semakin jauh transfer energi listrik dapat dilakukan. Kemudian penyebab tegangan naik maupun turun adalah nilai kapasitansi antara elektroda pemancar dan elektroda penerima yang menyebabkan osilasi pada sisi penerima berbeda, semakin sesuai osilasi antara kumparan pengirim dan kumparan primer penerima yaitu osilasi transistor terhadap kumparan feed back.

4. Berdasarkan hasil dari perancangan *wireless electric tesla coil* menggunakan metode *capacitive* transmisi maka didapatkan bahwa perbedaan beban dan jarak akan menghasilkan efisiensi yang bervariasi, dimana semakin dekat jarak pemancar dengan penerima maka akan semakin baik pula efisiensi yang dihasilkan, begitu pula sebaliknya. Contohnya dengan menggunakan beban LED 4 buah diparalel 5 seri mampu menerima daya sebesar 0.07548 W pada jarak 5 cm dan pada jarak 35 cm daya yang diterima berkurang menjadi 0.0611 W. Serta efisiensi terbaik adalah sebesar 0.20877% pada uji coba beban menggunakan LED 4 buah di paralel 5 Seri pada jarak 5 cm sedangkan pada jarak 35 cm berkurang menjadi 0.1689%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Rakhman, A. Rahman, and N. C. Basjaruddin, "Transfer Daya Nirkabel dengan Kopling Induksi," vol. 2, no. 2502, 2017.
- [2] M. Yadav and B. Kumar, "Wireless Transmission of Electricity," *Int. J. Res.*, vol. 1, no. 9, pp. 865–872, 2014.
- [3] L. I. Abduh, P. Ir, and I. Garniwa, "Analisis Pengaruh Penyetelan Frekuensi, Kapasitansi Primer Dan Lebar Celah Udara Terhadap Operasi Kerja Kumparan Tesla 9 kV Analysis of Frequency Tuning, Primary Capacitance and Spark Gap Length Effects to 9 kV Tesla Coil Operation," no. 021.

- [4] F. Rendah, "Perancangan Dan Analisis Sistem Transfer Daya Listrik Design And Analysis Of Wireless Power Transfer By Multilayer Coils In Low Frequencies .," vol. 3, no. 2, pp. 161–172, 2016.
- [5] B. M. Panggabean, H. Halomoan, N. Purwasih, J. Sumantri, B. No, and B. Lampung, "Perancangan Sistem Transfer Energi Secara Wireless Dengan Menggunakan Teknik Resonansi Induktif Medan Elektromagnetik."
- [6] S. W. Pratomo, "Perancangan Sistem Transfer Daya Nirkabel Untuk Unmanned Aerial Vehicle ( Uav ) Micro Jenis Quadcopter," no. 3, 2016.
- [7] J. Cvetic, "Tesla's high voltage and high frequency generators with oscillatory circuits," *Serbian J. Electr. Eng.*, vol. 13, no. 3, pp. 301–333, 2016.
- [8] F. R. Sebayang and A. R. Hasibuan, "Analisis Perbaikan Faktor Daya Beban Resistif , Induktif , Kapasitif Generator Sinkron 3 Fasa Menggunakan Metode Pottier," pp. 76–81.
- [9] F. S. Agung, M. Farhan, Rachmansyah, and E. P. Widiyanto, "Sistem Deteksi Asap Rokok Pada Ruangan Bebas Asap Rokok Dengan Keluaran Suara," *Na*, pp. 1–9, 2009.
- [10] Eka Maulana, "Teori Dasar MOSFET," [Http://Maulana.Lecture.Ub.Ac.Id/](http://Maulana.Lecture.Ub.Ac.Id/), pp. 1–34, 2014.
- [11] P. Studi, P. Teknik, and E. Fptk, "Analisis Tegangan Tembus Kabel Instalasi Listrik Zikra Rufina , I Wayan Ratnata , Hasbullah," vol. 13, no. 1, pp. 89–98, 2014.
- [12] M. Napitupulu, "Analisis Logam Tembaga ( Cu ) Pada Buangan Limbah Tromol ( Tailing ) Pertambangan Poboya Analysis of Copper ( Cu ) Metal On Drum Waste Disposal ( Tailings ) at Poboya Mining," vol. 2, no. May, pp. 90–96, 2013.
- [13] M. Faridha and M. D. Y. Saputra, "Analisa Pemakaian Daya Lampu Led Pada Rumah Tipe 36 Moethia," *Anal. Pemakaian Daya Lampu Led Pada Rumah Tipe 36 Moethia*, vol. 7, no. 3, pp. 193–198, 2016.
- [14] E. Agungpermana, T. Elektro, and U. Negeri, "Dwifungsi Led ( Light Emitting Diode ) Sebagai Transmisi Optik Informasi Audio Satu Arah Dan Penerangan Ruang," pp. 21–28.