

# RANCANG BANGUN PENGISI DAYA TANPA KABEL UNTUK SEMUA JENIS ALAT *PORTABLE*

**Haris Isyanto <sup>1</sup>, Heru Birawan <sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta  
Jl. Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta 10510  
[Haris.isyanto@ftumj.ac.id](mailto:Haris.isyanto@ftumj.ac.id), [heru.birawan@gmail.com](mailto:heru.birawan@gmail.com)

## ABSTRAK

*Rancang bangun pengisi daya tanpa kabel dimaksudkan untuk membuat port charger pada perangkat portable menjadi lebih awet. Karena dengan hanya 1 konektor charger yang masuk pada port charger perangkat. Dengan memanfaatkan prinsip induksi elektromagnetik, alat ini memanfaatkan pengiriman daya dari kumparan transmitter ke kumparan Receiver, yang kemudian disearahkan dan di stabilkan yang kemudian digunakan untuk pengisian daya pada perangkat portable (Handphone, MP3, Tablet, Power bank).*

**Kata kunci : induktansi bersama, kumparan tembaga, flat spiral, rangkaian pengirim, rangkaian penerima, Transmitter, Receiver, transfer energi wireless.**

## ABSTRACT

*The design of a cordless charger is meant to make the port charger on the portable device more durable. Because with only 1 charger connector coming in on the charger port of the device. By utilizing the principle of electromagnetic induction, it utilizes the transmission of power from the transmitter coil to the Receiver coil, which is then rectified and stabilized which is then used for charging on portable devices (Mobile, MP3, Tablet, Power bank).*

**Keywords: mutual inductance, copper coil, flat spiral, transmitter circuit, receiver circuit, Transmitter, Receiver, wireless energy transfer**

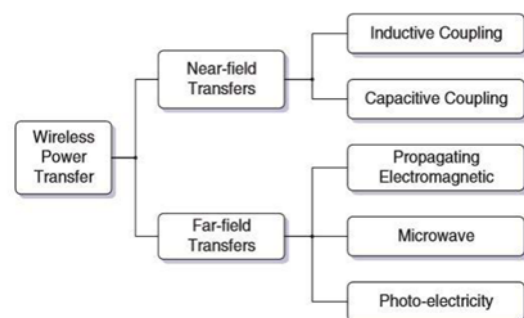
## 1 PENDAHULUAN

Perkembangan media teknologi di Indonesia saat ini semakin canggih dalam kehidupan masyarakat dan tidak dapat dihindarkan. Semakin lengkap fitur dan kecanggihannya yang ditawarkan, berbanding lurus dengan semakin dibutuhkannya kapasitas baterai yang semakin besar dan juga semakin cepat terkurasnya daya pada perangkat tersebut. Semakin sering melakukan pengisian maka akan semakin sering pula *port* pengisian di masuk keluarkan dengan alat pengisi daya. Sehingga *port* pengisian menjadi cepat rusak. Yang seharusnya perangkat masih bisa bertahan lebih lama harus segera diganti karena rusak, tidak bisa di isi daya kembali. Sehingga mengharuskan untuk mengganti perangkat *portable*.

## 2 KAJIAN PUSTAKA

Dalam suatu trafo, arus listrik mengalir ke kumparan primer dan menginduksi kumparan sekunder, kedua kumparan ini tidak bersentuhan, akan tetapi berada dalam jarak yang sangat dekat. Tingkat efisiensi dari suatu induksi elektromagnetik dapat ditingkatkan dengan menggunakan rangkaian

resonator. Teknologi dari pengiriman daya listrik tanpa kabel yang dimaksud di dalam penelitian ini merupakan teknologi yang tidak beradiasi dan mengacu pada konsep medan dekat (near-field).



Gambar 1. Klasifikasi teknologi pengiriman tanpa kabel

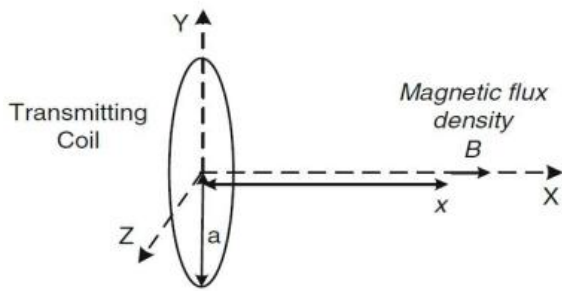
Transmitter biasanya terhubung ke sumber daya seperti kabel listrik utama. Transmitter mengubah sumber daya ini ke medan elektromagnetik. Receiver mengkonversi medan magnet dan mengubahnya kembali ke output yang

dibutuhkan agar siap digunakan oleh beban listrik. Bergantung pada prinsip kerja pengisian daya tanpa kabel dapat dikategorikan seperti ditunjukkan pada gambar 1 di atas, yaitu transfer jarak dekat dan transfer jarak jauh.

Perbedaan utama antara keduanya adalah rentang frekuensi dan jarak transfer. Bila frekuensi LC medan elektromagnetik yang berubah relatif rendah sekitar satu megahertz dan jarak transfer hanya beberapa sentimeter transfer daya jarak dekat. Frekuensi yang lebih tinggi dalam rentang gigahertz digunakan jarak yang jauh yang jatuh dalam transfer jarak Jauh. Karena rendahnya efisiensi pengisian dan masalah keselamatan transfer daya jarak jauh tidak digunakan pada perangkat portabel berdaya rendah.

**2.1 Fluks Densitas Magnetik pada Transmitter**

Pada kebanyakan sistem transfer daya tanpa kabel, kumparan transmisi biasanya suatu gulungan melingkar seperti yang diilustrasikan pada Gambar di bawah ini:



Gambar 2. Medan magnet dihasilkan oleh kumparan Transmitter

Untuk kumparan melingkar, kerapatan fluks magnetik yang dihasilkan B pada titik x pada Gambar diatas dapat terjadi diungkapkan oleh:

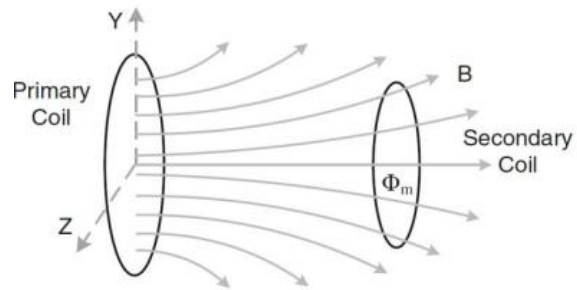
$$B_x = \frac{\mu_0 N I a^2}{2(a^2 + x^2)^{3/2}} e_x \quad (2.1)$$

Di sini N adalah jumlah lilitan, I adalah arus di masing-masing lilitan, a adalah jari-jari gulungan kumparan, x adalah jarak dari pusat kumparan ke titik x, e<sub>x</sub> adalah vektor antara titik a dan x. Dengan arus pemancar yang bervariasi, kerapatan fluks magnetik yang dihasilkan B<sub>x</sub> juga akan berubah seiring berjalannya waktu.

**2.2 Tegangan Induksi pada Receiver**

Kumparan penerima seperti ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah sebagian kecil fluks magnetik

yang ditransmisikan ditangkap oleh kumparan sekunder.



Gambar 3. Medan magnet yang diterima oleh kumparan Receiver

Fluks magnetik total yang ditangkap oleh kumparan sekunder dapat dinyatakan dengan persamaan:

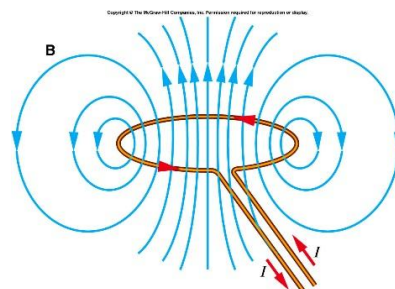
$$\Phi_m = \int_s B \cdot dS \quad (2.2)$$

Di sini B diambil sebagai kerapatan fluks magnetik yang dihasilkan oleh kumparan primer dan S adalah luas permukaan kumparan sekunder. Menurut hukum Faraday, induksi tegangan pada kumparan sekunder diberikan oleh persamaan:

$$V(t) = - \frac{d\Phi_m(t)}{dt} \quad (2.3)$$

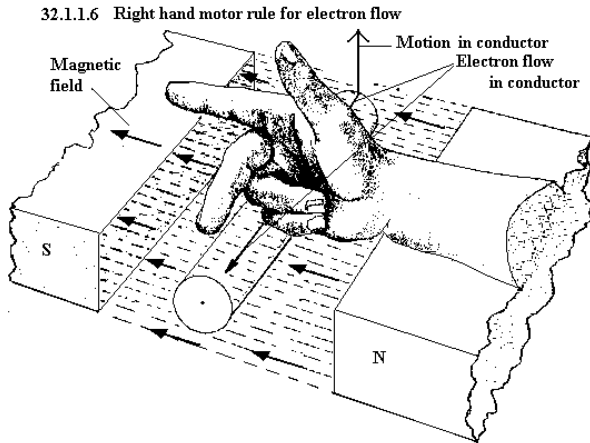
**2.3 Hukum Lenz**

Tanda negatif pada hukum Faraday berkaitan dengan arah GGL induksi yang ditimbulkan. Hukum Lenz menyatakan bahwa arus induksi yang timbul arahnya sedemikian rupa sehingga menimbulkan medan magnet induksi yang melawan arah perubahan medan magnet.



Gambar 4. Arah GGL Induksi

Dari gambar diatas dapat terlihat bahwa jika medan magnet bertambah (ke atas), maka akan timbul medan magnet induksi yang berlawanan arah dengan medan magnet utama (ke bawah), medan induksi ini akan menghasilkan GGL induksi pada kumparan tersebut dengan arah yang disesuaikan dengan aturan tangan kanan seperti gambar 5 di bawah ini:

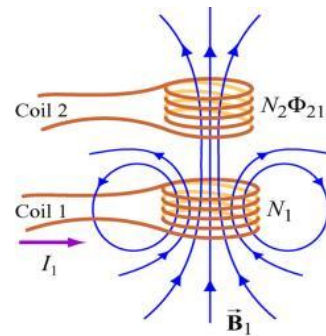


Gambar 5. Kaidah Tangan Kanan

**2.4 Induktansi Bersama (Mutual Inductance)**

Induktansi bersama (mutual inductance) terdiri dari dua buah kumparan (N1 dan N2) atau belitan induktor yang saling berdekatan. Proses terjadinya induktansi bersama ketika kumparan N1 dialiri arus maka akan timbul fluks magnetik. Fluks magnetik pada kumparan N1 akan merambat ke kumparan N2 dan menimbulkan induksi medan magnet pada kumparan N2. Fluks medan magnet pada kumparan N2 Akan menghasilkan gaya gerak listrik induksi pada rangkaian kumparan N2.

Tegangan induksi bersama didefinisikan ketika arus (I) mengalir melalui kumparan, maka di sekeliling kumparan akan timbul fluks magnetik (f). Berdasarkan hukum Faraday, pada kumparan yang mengalami perubahan medan magnet akan menghasilkan tegangan induksi sebesar V yang sebanding dengan perkalian jumlah belitan N dengan perubahan fluks (f) perwaktu.



Gambar 6. Induktansi Bersama M21 pada Kumparan N2 yang Diakibatkan Kumparan N1

Dimana besarnya M (Mutual Inductance) adalah:

$$M = \frac{N_2 \Phi_{B2}}{i_1} = \frac{N_1 \Phi_{B1}}{i_2} \quad (2.4)$$

**2.5 Rangkaian LC**

Nama lain rangkaian LC adalah rangkaian penala (*Tuning Circuit*), yaitu satu rangkaian yang berfungsi untuk menala sinyal dengan frekuensi tertentu dari satu band frekuensi.

Rangkaian penala pada dasarnya disusun dari sebuah kapasitor dan sebuah induktor, yang dapat tersambung seri maupun paralel seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6. Tetapi pada umumnya rangkaian penala yang digunakan berbentuk paralel. Dalam keadaan bekerja, impedansi ataupun admitansinya mempunyai bagian imajiner sama dengan nol.

Dalam pembahasan disini akan diuraikan adalah rangkaian LC bentuk paralelnya.

$$Y = \frac{1}{r + j\omega L} + j\omega C$$

$$Y = \frac{r - j\omega L}{r^2 + \omega^2 L^2} + j\omega C$$

$$Y = \frac{r - j\omega L}{r^2 + \omega^2 L^2} + j(\omega C - \frac{\omega L}{r^2 + \omega^2 L^2}) \quad (2.5)$$

Pada keadaan tertala (LC), admitansi persamaan (2.5) mempunyai bagian imajiner = 0, sehingga admitansinya menjadi:

$$\omega_{p0} C = \frac{\omega_{p0} L}{r^2 + \omega_{p0}^2 L^2} \quad (2.6)$$

Dimana,  $\omega_{p0} = \omega$  pada keadaan LC rangkaian tuning paralel tersebut adalah  $2\pi f_{p0}$ . Dari

persamaan (2.6), akan tertentu nilai frekuensi LC paralel sebagai:

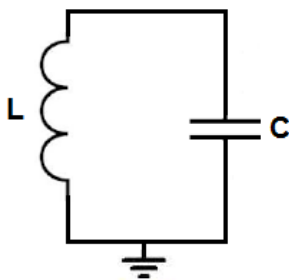
$$\omega_{po} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{r^2}{L^2}} \quad (2.7)$$

Terlihat pada persamaan (2.7), bahwa bila konduktor  $L$  mempunyai sifat resistif yang sangat kecil sehingga dapat diabaikan,  $r \ll$ , maka persamaan (2.7) menjadi:

$$\omega_{po} = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad (2.7)$$

yaitu sama dengan  $\omega_{po}, \omega$  untuk rangkaian tuning seri pada keadaan seperti dinyatakan pada persamaan (2.6). Oleh karena itu untuk selanjutnya, index  $p$  dihilangkan untuk penyederhanaan.

Sedangkan bila rangkaian LC memiliki bentuk yang seperti dibawah ini maka:



Gambar 7. Rangkaian LC paralel tanpa komponen resistif

Untuk menganalisa frekuensi yang dapat dihasilkan dari suatu rangkaian LC, kita dapat menganalogikan bahwa nilai reaktansi induktif sama dengan reaktansi kapasitif, sehingga dapat kita buat dalam persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} XL &= XC \\ 2\pi fL &= \frac{1}{2\pi fC} \\ 2\pi f^2L &= \frac{1}{2\pi C} \\ f^2 &= \frac{1}{2\pi 2\pi LC} \\ f &= \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{2\pi 2\pi LC}} \end{aligned}$$

dapat disederhanakan menjadi:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.8)$$

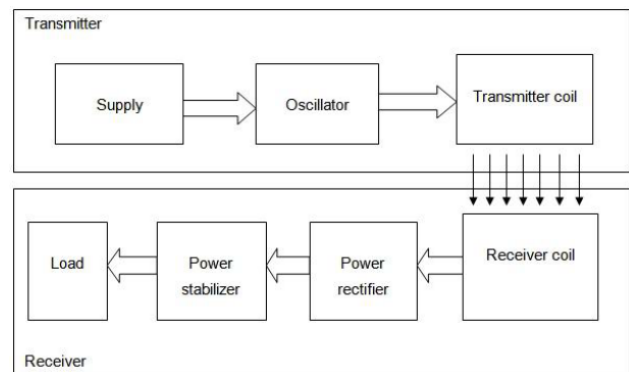
### 3 PERANCANGAN ALAT

Wireless power transmission merupakan sebuah sistem yang mengaplikasikan metoda tanpa kabel untuk menghantarkan tegangan. Secara umum fungsi utama dari sebuah sistem wireless power transmission ini terdiri dari:

1. Rangkaian pengirim (*transmitter*)
2. Rangkaian penerima (*receiver*)

Rangkaian pengirim merupakan rangkaian yang terdiri dari rangkaian power supply, Oscilator dan *Transmitter* kumparan. Dengan gabungan dari tiga rangkaian tersebut maka daya dari sumber dapat dikirimkan hingga bisa diterima dibagian penerima. Rangkaian LC pada penerima (*receiver*) dapat juga didekatkan / dihubungkan dengan rangkaian filter.

Gambaran secara singkat dari sistem ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

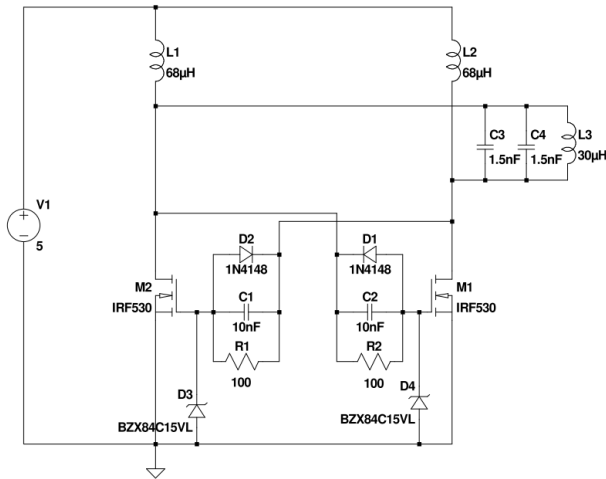


Gambar 8. Bagan sistem transfer daya tanpa kabel

#### 3.1 Perancangan *Transmitter*

Rangkaian pemancar diharapkan memiliki input 5 VDC dan mengubahnya menjadi sinyal frekuensi tinggi dengan menggunakan osilator yang akan mampu menggerakkan kumparan *Transmitter*.

Osilator Royer paling banyak dipakai karena kesederhanaannya, jumlah komponen sedikit, bentuk gelombang persegi panjang yang bisa berubah menjadi gelombang sinus dengan mudah. Gambar 3.2 di bawah menunjukkan osilator Royer yang dimodifikasi yang memanfaatkan MOSFET N-Channel untuk kecepatan peralihan cepat dan *gain* yang tinggi.

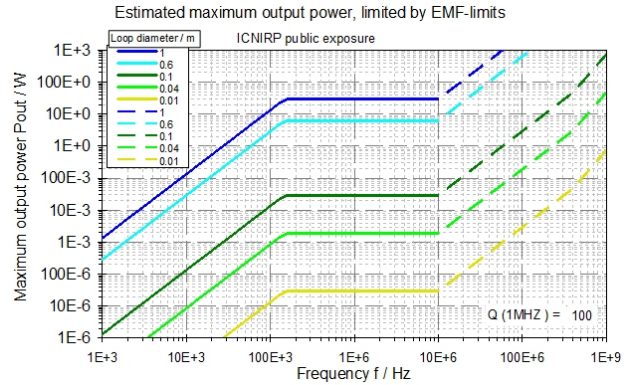


Gambar 9. Osilator Royer

Pengaturan kumparan menggantikan transformator, sementara kapasitor dipakai untuk mendapatkan tuning yang tepat untuk resonansi. Kumparan pemancar digerakkan oleh dua MOSFET daya dalam konfigurasi push-pull. Kapasitor beresonansi C3 dan C4 menyebabkan tegangan di kumparan naik terlebih dahulu dan kemudian turun dalam pola gelombang sinus standar. Dioda memberikan umpan balik positif sehingga menghasilkan osilasi. Sirkuit *snubber* RC digunakan sejajar dengan dioda untuk meningkatkan kinerja *switching* pada MOSFET. Untuk menekan lonjakan tegangan dan meredam *noise* yang disebabkan oleh induktansi rangkaian saat MOSFET terbuka. Osilator berjalan pada frekuensi yang ditentukan oleh induktansi kumparan pemancar L3, nilai kapasitor C3 dan C4. Ini dihitung dengan menggunakan persamaan frekuensi resonansi yang disebutkan sebelumnya dalam persamaan (2.32).

### 3.2 Pemilihan LC

Dengan mengacu pada panduan keselamatan untuk paparan frekuensi tinggi ke tubuh, dan daya maksimum *transfer*, kita bisa mendapatkan frekuensi yang sesuai untuk rangkaian dalam kisaran yang diberikan pada gambar 3.2 di bawah ini. Bagan standar dari *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)* sebuah komisi internasional yang mengkhususkan diri pada perlindungan non-ionizing dan paparan gelombang elektromagnetik pada makhluk hidup.

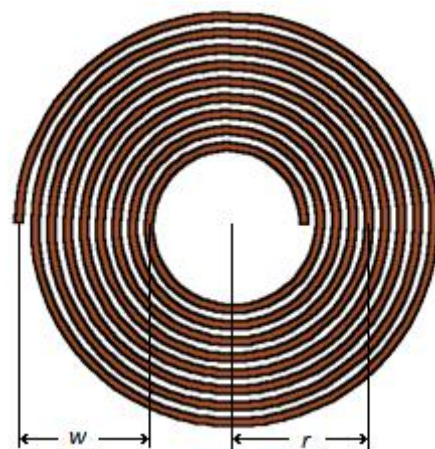


Gambar 10. Output daya maksimum pada berbagai frekuensi menurut ICNIRP

Berdasarkan rujukan gambar diatas, maka, untuk level aman bagi tubuh manusia adalah 150kHz – 10MHz. dan apabila dibandingkan dengan ukuran kumparan yang dipakai adalah 4-8 cm maka dapat dilihat dari gambar diatas bahwa frekuensi yang dapat dipakai adalah 150 kHz – 10MHz. namun, dengan pertimbangan semakin kecil frekuensi maka semakin aman. Maka pada penerapan dalam penelitian ini dipakai frekuensi 500kHz

### 3.3 Perancangan Kumparan Transmitter dan Receiver

Kumparan adalah media penyalur energi yang mentransmisikan daya akibat adanya fluks magnet. Arus yang mengalir pada Kumparan ini menyebabkan adanya medan magnet. Adanya frekuensi tinggi yang mengalir pada Kumparan menyebabkan adanya GGL listrik dan hal tersebut mengubah kekuatan fluks magnet menjadi arus listrik kembali. Rancangan Kumparan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 11. Rancangan Kumparan Flat spiral

Model kumparan yang digunakan pada perancangan penelitian ini adalah model kumparan *Flat spiral*. Kumparan *transmitter* dan *receiver* memiliki nilai induktansi yang sama. Kumparan *transmitter* nantinya akan dipasang di output osilator bersama kapasitor resonan secara paralel Parameter yang ada pada kumparan *transmitter* antara lain radius kumparan sebesar 1,5cm, lebar kumparan sebesar 1,5cm dan jumlah gulungan sebanyak 30 gulungan.

Nilai radius dan lebar kumparan harus dirubah ke inchi untuk mendapatkan hasil dalam bentuk microHenry. Rumus menghitung induktansi pada model Kumparan Flat spiral adalah:

$$L = \frac{r^2 \times N^2}{8r + 11w}$$

$$L = \frac{0,63^2 \times 30^2}{8 \times 0,63 + 11 \times 0,63}$$

$$L = 29,8 \mu H$$

Dimana:

$L$  = induktansi (uH)

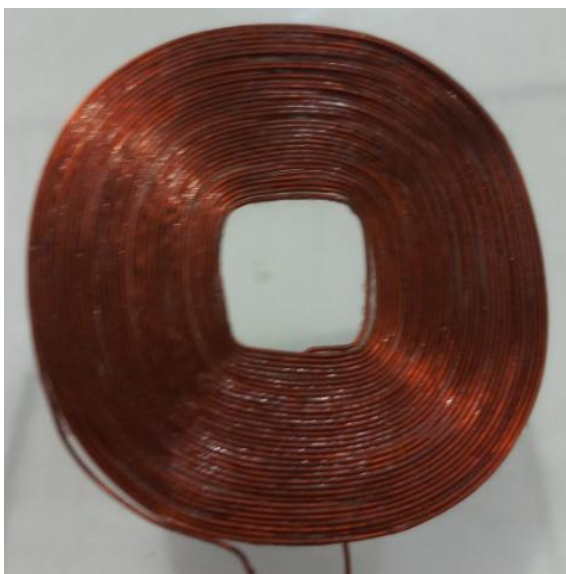
$r$  = radius kumparan (inchi)

$N$  = jumlah gulungan

$w$  = lebar gulungan (inchi)

Tabel 1. Karakteristik Kumparan

Parameter	Simbol	Ukuran
Radius	$r$	0,63 inchi
Lebar gulungan	$w$	0,63 inchi
Jumlah gulurungan	$N$	30



Gambar 12. Kumparan

Dari nilai  $L$  di atas dapat dicari berapa nilai  $C$  resonan menggunakan rumus apabila  $L$  dan  $f$  telah ditentukan. Untuk mempermudah mencari nilai  $C$  dalam bentuk nanoFarad,  $L$  dan  $f$  perlu dirubah ke dalam dalam miliHenry dan MegaHertz. Nilai  $L$  adalah sebesar  $29,8 \mu H$  dan  $f$  sebesar 500 kHz.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$2\pi f = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\sqrt{LC} = \frac{1}{2\pi f}$$

$$LC = \left(\frac{1}{2\pi f}\right)^2$$

$$29,8 \times C = \left(\frac{1}{2 \times 3,14 \times 0,500}\right)^2$$

$$29,8 \times C = \left(\frac{1}{2 \times 3,14 \times 0,500}\right)^2$$

$$29,8 \times C = (0,318)^2$$

$$29,8 \times C = 0,101$$

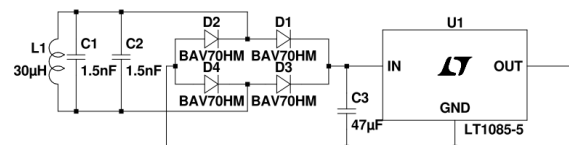
$$C = \frac{0,101}{298,8}$$

$$C = 3,4 \text{ nF}$$

Maka pada rangkaian, kumparan diserikan dengan 2 buah kapasitor bernilai 1,5 nF yang diparalel, di mana totalnya adalah 3 nF dan mendekati hasil perhitungan.

### 3.4 Perancangan Receiver

Perancangan *receiver* (penerima) gelombang elektromagnetik, rangkaian penerima terdiri dari rangkaian LC, penyearah, dan stabilisator yang kemudian dihubungkan ke beban. Untuk mendapatkan penerimaan gelombang yang hampir sempurna, maka rangkaian LC pada rangkaian penerima kurang lebih sama dengan yang ada pada rangkaian *transmitter*, ini berguna untuk mendapatkan frekuensi resonansi bersama bisa terpenuhi.



Gambar 13. Design sirkuit penerima (*Receiver*)

## 4 HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan data-data yang dihasilkan oleh alat saat bekerja. Parameter yang diukur antara lain adalah jarak, tegangan, arus, daya, dan efisiensi alat. Rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung data adalah rumus daya:

$$P = V \times I \quad (4.1)$$

Dimana:

$P$  = Daya (Watt)

$V$  = Tegangan (Volt)

$I$  = Arus (Ampere)

dan untuk rumus efisiensi:

$$n = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (4.2)$$

Dimana:

$n$  = Effisiensi (%)

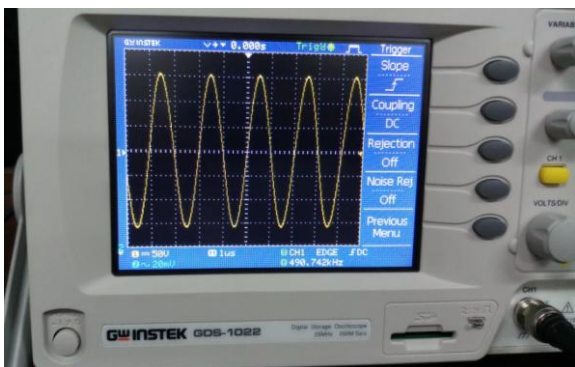
$P_{out}$  = Daya Keluar (Watt)

$P_{in}$  = Daya Masuk (Watt)

Pengujian ini dilakukan untuk menguji jarak jangkauan radiasi medan elektromagnetik *transmitter* yang bisa diterima oleh *receiver*, hal ini bertujuan selain untuk melihat jangkauan jarak antara *transmitter* dan *receiver*, juga bermaksud melihat daya yang ditangkap pada *receiver* atau Tingkat efisiensi. Dan Pengujian ini dilakukan dengan memasang *Receiver* pada peralatan *portable*.



Gambar 14. Pemasangan Receiver pada Handphone



Gambar 15 Tampilan sinyal di Osiloscope



Gambar 16. Pengukuran tegangan keluaran

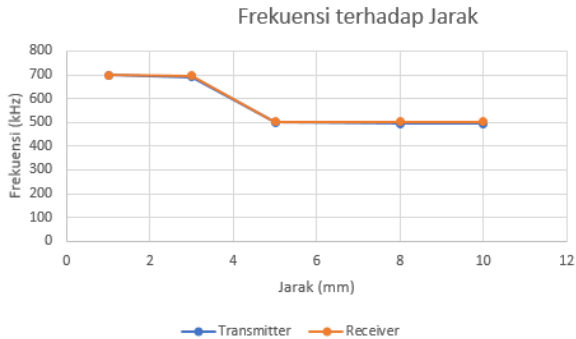


Gambar 17. Pengukuran Suhu

Tabel 2. Tabel pengujian Frekuensi terhadap Jarak

Jarak (mm)	<i>Transmitter</i>	<i>Receiver</i>
	Frekuensi (kHz)	Frekuensi (kHz)
1	699	700

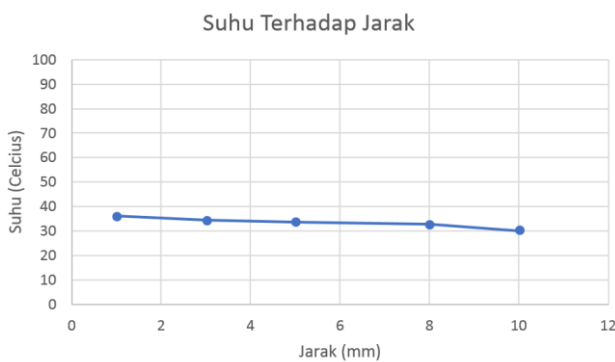
3	692	696
5	499	503
8	496	502
10	495	500



Gambar 18. Grafik chart Frekuensi terhadap jarak

Tabel 3. Tabel pengujian Suhu terhadap Jarak

Jarak (mm)	Lama waktu (menit)	Suhu (Celcius)
1	15	36,0
3	15	34,3
5	15	33,5
8	15	32,7
10	15	30.1

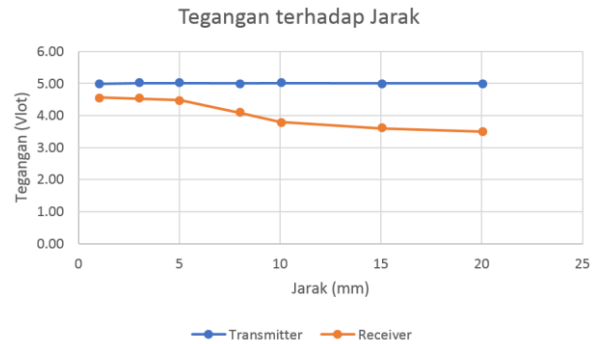


Gambar 19. Grafik chart Suhu terhadap jarak

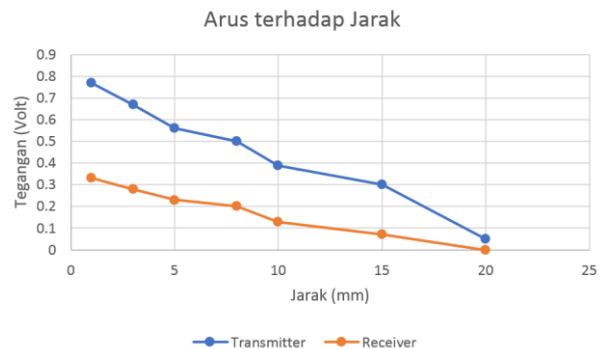
Tabel 4. Tabel pengujian dengan Beban

Jarak (mm)	Transmitter		Receiver	
	Tegangan (V)	Arus (A)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	5,00	0,97	4,56	0,33
3	5,02	0,67	4,53	0,28
5	5,02	0,56	4,48	0,23
8	5,01	0,50	4,09	0,20

10	5,02	0,39	3,80	0,13
15	5,01	0,30	3,6	0,07
20	5,01	0,05	3,5	0



Gambar 20. Grafik chart tegangan terhadap jarak



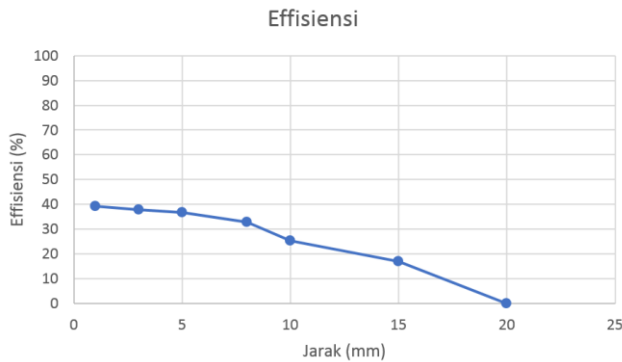
Gambar 21. Grafik chart arus terhadap jarak

Pada grafik bisa dilihat selisih Tegangan dan arus yang dikirim dari transmitter dan diterima oleh receiver dengan range jarak dimulai dari 1 mm hingga 20 mm.

Tabel 5. Tabel efisiensi terhadap jarak

Jarak (mm)	Daya Transmitter (W)	Daya Receiver (W)	Effisiensi (%)
1	3.85	1.50	39.09
3	3.36	1.27	37.71
5	2.81	1.03	36.65
8	2.51	0.82	32.65
10	1.96	0.46	23.24
15	1.50	0.25	16.77
20	0.25	0.00	0.00





Gambar 22. Grafik chart efisiensi terhadap jarak

## 5 KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada sistem *Wireless Power Transmission (WPT)*. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- Pengisian daya dapat dilakukan secara nirkabel dengan menggunakan prinsip induksi elektromagnetik.
- Berdasarkan gambar 4.9 bisa dilihat Semakin dekat jarak antara *transmitter* dengan *receiver*, tingkat efisiensi yang didapat akan semakin besar.
- Semakin dekat jarak *receiver* dengan *transmitter* maka akan semakin besar juga daya yang digunakan *transmitter*, hal ini ditandai dengan meningkatnya arus pada *transmitter*.
- Semakin dekat jarak *receiver* dengan *transmitter* semakin besar daya yang dihasilkan pada *receiver*, hal ini ditandai dengan meningkatnya arus dan tegangan pada *receiver*.
- Dengan *kondisi* berbeban *Receiver* tidak dapat menyalakan beban pada jarak 20mm dari *Transmitter*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Tesla, N. Experiments with alternate currents of high potential and high frequency: IEEE London; 1892
- Marin Soljačić Professor of Physics at MIT. Resonant Inductive Coupling.  
URL:[https://en.wikipedia.org/wiki/Resonant\\_inductive\\_coupling](https://en.wikipedia.org/wiki/Resonant_inductive_coupling) Accessed 20 January;2018
- K. Kim. Wireless Power Transfer, Principles and Engineering Explorations;2011
- Kurs, A., Karalis, A., Moffatt. Wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonances. Science; 2007.

Tianjia Sun and Xiang Xie and Zihua Wang. Wireless Power Transfer for Medical Microsystems;2013

Wireless Power Consortium. Magnetic Resonance and Magnetic Induction.

URL:<https://www.wirelesspowerconsortium.com/data/downloadables/1/2/4/6/magnetic-resonance-or-magnetic-induction.pdf>. Accessed 25 January 2018

Electromagnetism. Frederic P. Miller, Agnes F. Vandome, John McBrewster Al-pha script Publishing;2009

Analog Circuit Design: Michiel Steyaert, Arthur van Roermund, Andrea Baschirotto Low Voltage Low Power; Short Range Wireless Front-Ends; Power Management and DC-DC ;2011

