



Teknik *Resonant Coupling* Untuk Penambahan Jarak Pada *Wireless Charging*

Noptin Harpawi¹, Cyntia Widiyarsi², Tara Hidayat³

¹Politeknik Caltex Riau, email: noptin@pcr.ac.id

²Politeknik Caltex Riau, email: cyntia@pcr.ac.id

³Politeknik Caltex Riau, email: tara13tet@mahasiswa.pcr.ac.id

Abstrak

Pengisian baterai secara wireless tentu akan memberikan kontribusi yang baik dalam rumah tangga maupun tempat kerja. Dalam proses untuk mengimplementasikan dari wireless charging mempunyai kendala yaitu jarak transmisi yang pendek. Dalam Penelitian ini peneliti mengusulkan dengan menambah ukuran diameter coil, menambah jumlah lilitan, pemilihan diameter kawat terbaik, dan menggunakan teknik kopling resonansi untuk meningkatkan jarak dan efisiensi. Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah diperoleh, dengan menggunakan teknik kopling resonansi dapat meningkatkan jarak transmisi sejauh 9 cm dengan LED sebagai indikator beban dan pada jarak 1cm dengan beban 2 KOhm didapatkan efisiensi sebesar 6%.

Kata kunci: *Wireless Charging, Kopling Resonansi, Efisiensi*

Abstract

Charging the battery wirelessly will certainly contribute both in the household and workplace. In this research, the researcher proposes by increasing the diameter of the coil, increasing the number of windings, selecting the best diameter of the wire, and using the resonance coupling technique to increase the distance and efficiency. Based on the result of research that has been obtained, using resonance coupling technique can increase the distance of transmission as far as 9 cm with LED as indicator of load and at distance 1 cm with load 2 KOhm got efficiency equal to 6%.

Keywords: *Wireless Charging, Resonance Coupling, Efficiency*

1. Pendahuluan

Pengisian baterai secara *wireless* tentu akan memberikan kontribusi yang baik dalam rumah tangga maupun tempat kerja. Pada salah satu sisi, pengisian baterai secara *wireless* akan mempermudah konsumen maupun produsen untuk melakukan proses *charging* atau penyaluran daya karena tidak ada sama sekali sambungan logam langsung yang dibutuhkan. Dalam proses untuk mengimplementasikan dari *wireless charging* mempunyai kendala yaitu jarak transmisi daya yang pendek, Banyak faktor yang mempengaruhi jarak transmisi daya dalam *wireless power transfer system* atau WPT diantaranya adalah pada rangkaian dan desain *coil* sebagai media untuk melakukan transmisi daya.

Beberapa penelitian yang membahas tentang cara untuk meningkatkan efisiensi pada sistem WPT atau *wireless power transfer* antaranya, Dewi [1] telah membahas pada penelitiannya dengan judul “*A Study on Wireless Power Transfer Using Tesla Coil Technique*”, sesuai dengan judulnya peneliti ini melakukan transmisi daya dengan teknik *tesla coil*. Fokus penelitian ini adalah menjelaskan tentang pengaruh jumlah lilitan dapat mempengaruhi tingkat efisiensi dan jarak transmisi daya, pada penelitiannya peneliti membuat dan membandingkan tiga buah *coil* pada sisi penerima dengan jumlah lilitan yang berbeda, hasil dari penelitiannya bahwa pada jumlah lilitan yang terbanyak dapat melakukan transmisi daya yang lebih jauh. Selanjutnya, Nataraj [2] telah membahas pada penelitiannya dengan judul “*Resonant Coils Analysis for Inductively Coupled Wireless Power Transfer Applications*” pada penelitian ini fokus tentang pengaruh ukuran *coil* dan resonansi berpengaruh terhadap efisiensi pada *system* WPT atau transfer energi nirkabel. Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan IC NE 555 dan H bridge sebagai *oscillator*, frekuensi resonansi rangkaian adalah 180 khz, dan tiga buah ukuran *coil* yang berbeda, hasil dari penelitian ini menjelaskan sekaligus membuktikan dampak dari keadaan resonansi dapat meningkatkan efisiensi yang sangat besar dan semakin besar ukuran *coil* maka semakin tinggi pula efisiensi yang didapatkan. Dari hasil penelitian merancang *coil* yang telah dilakukan sebelumnya, penulis mengusulkan untuk penambahan jarak pada *wireless charging* menggunakan teknik *resonant coupling* dan melakukan optimalisasi pada *coil*.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Induktansi

Induktansi timbul dikarenakan adanya medan magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik (dijelaskan oleh hukum Biot-Savart). Hukum Biot-Savart menyatakan bahwa gaya gerak listrik akan dihasilkan oleh arus listrik yang mengalir pada suatu penghantar yang berada di antara medan magnetik.

Induktansi bersama (*mutual inductance*) terdiri dari dua buah kumparan atau induktor yang saling berdekatan. Proses terjadinya induktansi bersama ketika kumparan 1 dialiri arus maka akan timbul fluks magnetik. Fluks magnetik pada kumparan 1 akan merambat ke kumparan 2 dan menimbulkan induksi medan magnet pada kumparan 2. Fluks medan magnet pada kumparan 2 akan menghasilkan gaya gerak listrik induksi pada rangkaian kumparan 2. Tegangan induksi bersama didefinisikan ketika arus (i) mengalir melalui kumparan, maka di sekeliling kumparan akan muncul fluks (φ). Berdasarkan hukum Faraday, pada kumparan yang mengalami perubahan medan magnet akan menghasilkan tegangan induksi sebesar V yang sebanding dengan perkalian jumlah lilitan N dengan perubahan fluks (φ) terhadap waktu sesuai dengan persamaan (1).

$$V = -N \frac{d\varphi}{dt} \quad (1)$$

Dan fluks didapatkan dari persamaan (2)

$$\varphi = \beta * A \quad (2)$$

dan nilai β didapatkan menggunakan persamaan (3)

$$\beta = \mu r * \mu o * H \quad (3)$$

Nilai H didapatkan melalui persamaan (4)

$$\frac{I * r_{Tx}}{2(r^2 + z^2)^{3/2}} \quad (4)$$

Nilai A didapatkan dari persamaan (5)

$$A = r^2 * \pi \quad (5)$$

Keterangan:

I = arus pemancar (A)

r = jari-jari *coil* (meter)

z = jarak antara pengirim dengan penerima (meter)

2.2 Resonansi Induktif

Resonansi ialah suatu kondisi hasil penjumlahan nilai induktansi dan nilai kapasitansi ketika dijumlahkan hasilnya menjadi nol pada frekuensi tertentu. penggunaan resonansi induktif bertujuan untuk meningkatkan gelombang medan elektromagnetik dengan menggunakan frekuensi yang sama antara sinyal pengirim dan sinyal penerima, sehingga jarak pengiriman energi listrik wireless menjadi lebih jauh dengan efisiensi daya yang lebih tinggi. Frekuensi yang digunakan menggunakan frekuensi tinggi menggunakan rangkaian osilator (variasi dan gabungan dari komponen kapasitor dan induktor). Untuk mencari frekuensi resonansi dapat menggunakan persamaan (6).

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (6)$$

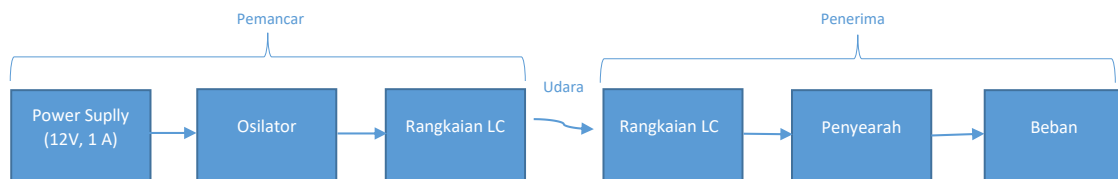
2.3 Astable Multivibrator

Astable Multivibrator (AM) merupakan jenis osilator relaksasi yang dapat menghasilkan sinyal kotak yang kontinu tanpa sumber trigger dari luar. *Oscillator* ini dapat menghasilkan dua keadaan output yakni dari keadaan 0 (*off*) ke keadaan 1 (*on*) secara berulang-ulang dalam frekuensi tertentu, yang dimana frekuensi ini ditentukan oleh pengosongan dan pengisian kapasitor. Keadaan tidak stabil ini disebut sebagai *free running*[3].

3. Perancangan

3.1 Blok Diagram

Proses kerja *wireless charging* dapat di lihat pada Gambar 1



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Pada *system wireless charging* terbagi dua bagian yaitu:

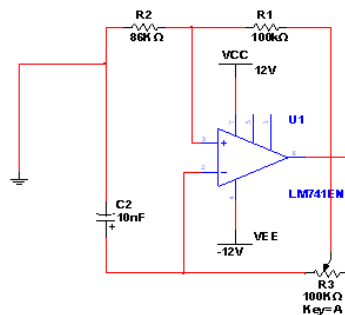
1. Rangkaian *Transmitter* (Pemancar), terdiri dari *power supply*, rangkaian osilator, dan rangkaian LC dirangkai paralel.
2. Rangkaian *Receiver* (Penerima), terdiri dari rangkaian LC parallel penyearah gelombang penuh, dan baterai. Rangkaian Resonansi Paralel sebagai penerima daya yang memiliki frekuensi resonansi yang sama dengan pemancar daya.

3.2 Rangkaian

Perancangan rangkaian dibagi menjadi beberapa bagian yang memiliki fungsi masing-masing sebagai berikut.

1. Rangkaian *oscillator*

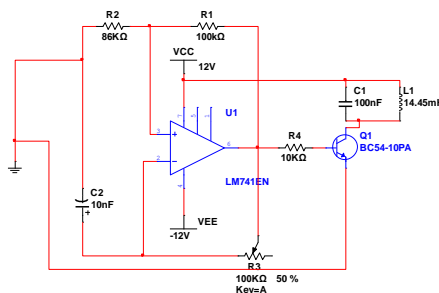
Rangkaian *oscillator* berfungsi sebagai rangkaian pembangkit frekuensi yang ditunjukkan pada Gambar 2. Jenis osillator yang digunakan oleh peneliti adalah *Multivibrator Astable* dan frekuensi yang dibangkitkan adalah 1KHz sampai 10 KHz dengan bentuk gelombang persegi, osilator ini bertujuan untuk sebagai menghidup dan mematikan transistor sebagai *driver coil* pemancar.



Gambar 2. Rangkaian osilator Astable Multivibrator

2. Rangkaian *Transmitter*

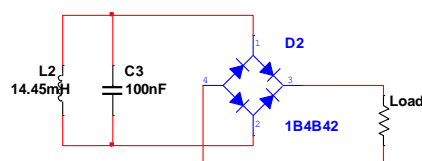
Rangkaian *Transmitter* terdiri dari rangkaian *oscillator* dan LC parallel ini digunakan untuk membangkitkan medan magnet yang dapat menginduksi induktor didekatnya atau rangkaian LC *receiver* sehingga terjadi pengiriman daya secara *wireless* antara pemancar dengan penerima. Rangkaian *transmitter* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Transmitter

3. Rangkaian *Receiver*

Pada rangkaian *receiver* atau penerima terdiri dari tiga bagian yaitu: rangkaian LC yang sama seperti rangkaian LC pada transmitter, rangkaian penyearah gelombang penuh, dan baterai HP. Secara umum rangkaian penerima dapat dilihat pada Gambar 4.

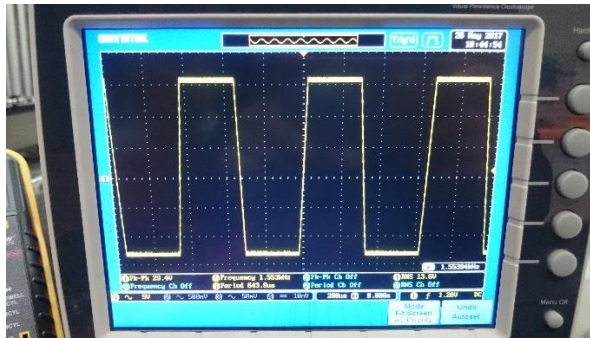


Gambar 4. Rangkaian Penerima

4. Pengujian dan Analisis

4.1 Pengujian Osilator

Pada pengujian ini peneliti akan menguji keluaran rangkaian osilator atau rangkaian *multivibrator astable*, pada rangkaian osilator *astable* peneliti menggunakan kombinasi kapasitor 10 nF dan resistor peneliti menggunakan variabel resistor 100 Kohm, penggunaan variabel resistor ini bertujuan supaya output frekuensi dapat diubah sesuai kebutuhan peneliti.



Gambar 5. Output Osilator

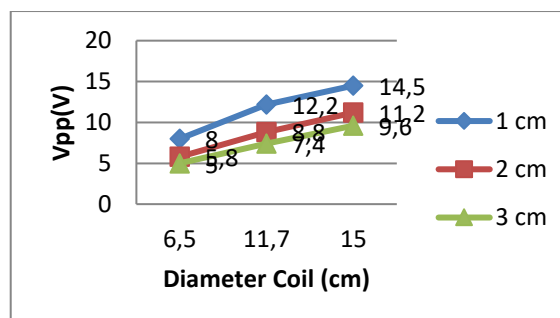
Berdasarkan hasil pengujian, rangkaian osilator mampu mengeluarkan output gelombang kotak dari rentang frekuensi 800 Hz sampai 11 KHz seperti yang terlihat pada Gambar 5.

4.2 Pengujian Pengaruh Diameter Coil

Pada pengujian ini peneliti akan menguji tiga jenis area atau diameter ukuran *coil* pada penerima dengan jumlah lilitan yang sama yaitu 200 kali lilitan serta diameter kawat 0.35 mm, untuk diameter *coil* dibedakan tiga ukuran yaitu: 65 mm, 117 mm, dan 150 mm dengan kondisi jarak antar *coil* penerima dengan pemancar adalah 1 cm, 2 cm, dan 3 cm dan tidak menggunakan kapasitor, ini bertujuan melihat secara murni pengaruh dari diameter *coil* tersebut, dan diukur tegangan pada *coil* penerima yang dihubungkan langsung dengan osiloskop sedangkan untuk *coil* pemancar digunakan diameter 65mm. Untuk tegangan input adalah 12V dan frekuensi 5KHz.

$$\varphi = \beta * A \quad (7)$$

Berdasarkan persamaan (7), salah satu cara untuk meningkatkan jarak transmisi dan efisiensi yaitu dengan meningkatkan fluks yang dapat dibangkitkan dengan cara memperbesar diameter *coil* atau jari-jari *coil* dikarenakan dengan memperbesar diameter *coil* dapat meningkatkan fluks yang terbangkit dan meningkatkan tegangan yang dibangkitkan pada *coil* penerima sehingga ini dapat meningkatkan efisiensi dan jarak transmisi[2].



Gambar 6. Kurva Pengaruh Diameter Coil

Berdasarkan Gambar 6 telah dilakukan percobaan untuk melihat pengaruh dari diameter *coil*, berdasarkan grafik diatas terlihat jelas bahwa pada diameter *coil* 15 cm dapat melakukan transfer tegangan 14,5 Vpp pada jarak 1 cm, ini membuktikan bahwa semakin besar ukuran Diameter *coil* maka smakin besar pula tegangan yang dapat ditransmsikan diksrensakan fluks yang dibangkitkan dan diterima lebih kuat sehingga terganngan yang ditransmisikan lebih besar.jadi besarnya diameter *coil* sangat berpengaruh untuk meningkatkan jarak transmisi dikarenakan tegangan yang dibangkitkan dan diterima akan lebih besar jika diameter *coil* diperbesar sehingga jarak transmisi antar *coil* bisa di perpanjang.

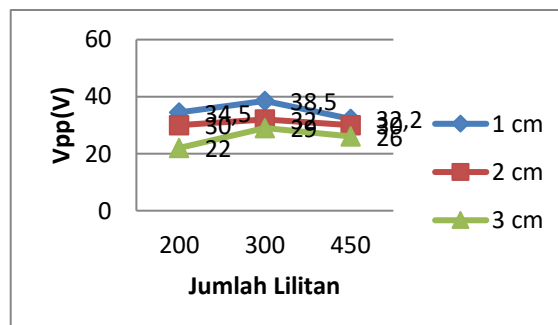
4.3 Pengujian Pengaruh Jumlah Lilitan Coil

Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi dan jarak selain memperbesar area atau diameter *coil* ialah dengan memperbanyak lilitan pada *coil* atau N . Jumlah lilitan atau N sangat mempengaruhi tegangan yang dibangkitkan.

$$V = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (8)$$

Berdasarkan persamaan 8, N mempunyai peranan penting dalam meningkatkan efisiensi dan jarak dikarenakan dengan menambah N maka tegangan yang dibangkitkan pun juga besar karena berdasarkan rumus diatas nilai N berfungsi sebagai faktor pengali, pada pengimplentasian dari pengauh nilai N ini berpengaruh pada kuat medan magnet dimana jika nilai N ditingkatkan maka kuat medan akan semakin kuat juga dan energi dari fluks pun bertambah kuat[1],jadi meningkatkan energi fluks untuk menginduksi *coil* penerima maka kita perlu meningkatkan nilai N sehingga tegangan yang dapat ditransmisikan semakin besar sehingga jarak transmisi dapat diperjauh, tetapi penambahan N ini memiliki tingkat kejenuhan atau saturasi dimana ketika nilai N semakin ditingkatkan teapi tidak dapat meningkatkan kuat medan magnet dan energi fluks[1], dan jika menggunakan lilitan terlalu banyak memiliki sisi negatif yaitu resistansi meningkat dan itu dapat menurunkan arus maupun tegangan dan *coil* juga membutuhkan banyak ruang sehingga menjadi tidak efisien.

Pada pengujian ini peneliti akan menguji tiga buah *coil* yang memiliki jumlah lilitan yang berbeda pada penerima dengan Diameter *coil* yang sama yaitu 150 mm serta diameter kawat 0,35 mm, untuk jumlah lilitan *coil* dibedakan tiga ukuran yaitu: 200 lilitan, 300 lilitan, dan 450 lilitan dengan kondisi jarak antar *coil* penerima dengan pemancar adalah 1cm, 2 cm, dan 3 cm dan tidak menggunakan kapasitor, ini bertujuan melihat secara murni pengaruh dari jumlah lilitan *coil* tersebut, dan diukur tegangan pada *coil* penerima yang dihubungkan langsung dengan osiloskop sedangkan untuk *coil* pemancar digunakan coil dengan 200 lilitan. Untuk tegangan input adalah 12V dan frekuensi 5KHz.



Gambar 7. Kurva pengaruh Jumlah lilitan pada Coil

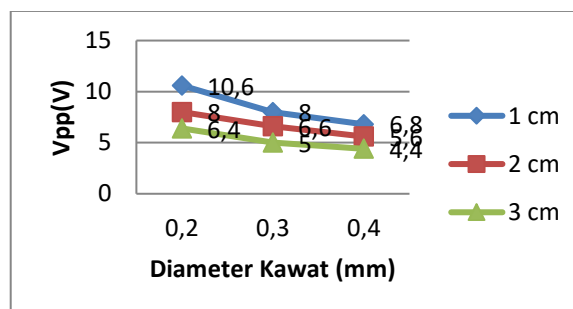
Gambar 7 membuktikan bahwa terlihat secara jelas pengaruh lilitan diantara ketiga jumlah lilitan tersebut, pada lilitan *coil* sebanyak 200 mengalami penurunan drastis ketika jaraknya dijauhkan ini membuktikan bahwa Φ atau fluks pada lilitan 200 lebih lemah dari lilitan

300 dan 450 sedangkan dari 300 lilitan ditingkatkan menjadi 450 terjadi penurunan tegangan, fenomena ini membuktikan terjadinya saturasi atau kejenuhan yang dialami oleh *coil* ketika lilitan diperbanyak menjadi 450 lilit. Maka pada jumlah 300 lilitan yang terbaik karena nilai tegangan yang diterima efisiensi yang paling tinggi.

4.4 Pengujian Pengaruh Diameter Kawat Pada Coil

Salah kedua cara sebelumnya untuk meningkatkan efisiensi dan jarak selain memperbesar area dan memperbanyak jumlah lilitan. Ada yang harus dipertimbangkan, yaitu diameter kawat pada *coil*. Salah satu cara untuk memaksimalkan arus dan tegangan ialah dengan cara memperbesar diameter *coil* tersebut dikarenakan semakin besar diameter pada *coil* maka nilai resistansi pada *coil* juga semakin kecil. Semakin besar arus maka itu akan meningkatkan medan magnet dan Φ yang dibangkitkan akan semakin kuat. Dibalik keuntungan ini dengan memperbesar diameter kawat dapat menurunkan nilai L dan membuat *coil* menjadi lebih panjang.

Pada pengujian ini peneliti akan menguji tiga buah *coil* yang memiliki diameter kawat yang berbeda pada penerima dengan jumlah lilitan *coil* yang sama yaitu 200 mm serta diameter *coil* 117 mm, untuk diameter kawat *coil* dibedakan tiga ukuran yaitu: 0,25mm, 0,35mm, dan 0,45mm dengan kondisi jarak antar *coil* penerima dengan pemancar adalah 1cm, 2 cm, dan 3 cm dan menggunakan kapasitor sebesar 100nF, ini bertujuan supaya tidak terjadi fluktuasi ketika dilakukan pengukuran tegangan pada *coil* tersebut, dan diukur tegangan pada *coil* penerima yang dihubungkan secara paralel antara *coil* dengan osiloskop sedangkan untuk *coil* pemancar digunakan coil dengan 200 lilitan dan diameter kawat 0,2mm. Untuk tegangan input adalah 12V dan frekuensi 5KHz. Setelah dilakukan percobaan maka didapatkan hasil dari pengaruh diameter kawat.



Gambar 8. Kurva pengaruh diameter kawat pada *coil*

Gambar 8 menunjukkan terjadinya pengaruh diameter kawat terhadap tegangan pada sisi penerima, ketika ukuran kawat diperbesar terjadinya penurunan tegangan, menurut peneliti ini diakibatkan karena ketika diameter kawat diperbesar maka nilai resistansi akan menjadi kecil sehingga tegangan yang terukur menjadi kecil.

4.5 Optimalisasi Dengan Teknik *Resonant Coupling* dan Respon Frekuensi

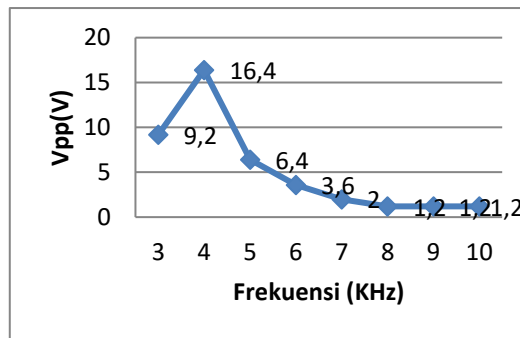
Setelah didapatkan karakteristik dari tiga pengujian yaitu pengujian pengaruh diameter *coil*, pengaruh jumlah lilitan, dan pengaruh diameter kawat, maka dibuatlah sepasang *coil* yang baru dengan ukuran diameter *coil* 150 mm, jumlah lilitan sebanyak 300, ukuran diameter kawat digunakan adalah 0,2 mm agar ukuran *coil* lebih kecil dan di paralelkan dengan kapasitor 100nF, jarak antara *coil* pemancar dengan penerima sepanjang 5 cm, dan input frekuensi mulai dari 3 KHz sampai dengan 10 KHz. Pada keadaan *resonant coupling* atau keadaan resonansi nilai X_C dan X_L dijumlahkan menjadi nol atau menjadi resonansi sehingga arus yang dapat di transfer menjadi maksimum seperti persamaan (9).

$$ITx = \frac{V_s}{R_s + R_{coil} + j\omega L_T + \frac{1}{j\omega C_T}} \quad (9)$$

Ketika keadaan resonansi maka.

$$ITx = \frac{V_s}{R_s + R_{coil}} \quad (10)$$

Berdasarkan persamaan (10) nilai arus pada rangkaian pengirim, V_s adalah tegangan sumber, R_s adalah resistansi sumber, R_{coil} merupakan resistansi *coil*. Berdasarkan keterangan sebelumnya dengan menggunakan teknik resonansi dapat meningkatkan efisiensi dan jarak dikarenakan pada kondisi tersebut impedansi pemancar lebih kecil sehingga arus yang dapat ditransmisikan lebih besar.

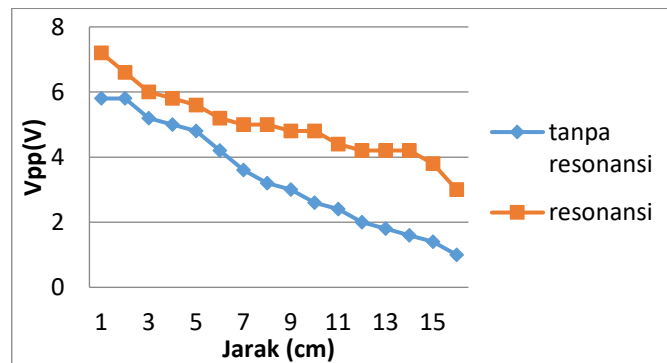


Gambar 9. Kurva pengaruh Frekuensi

Pada Gambar 9 terlihat bahwa tegangan tertinggi yaitu 16,4 V pada frekuensi 4 KHz mendekati frekuensi 4,2 KHz yaitu frekuensi resonansi, sesuai dengan penjelasan sebelumnya ketika dalam keadaan resonansi maka nilai X_C dan X_L saling menghilangkan dan terjadi transmisi daya dalam kondisi secara maksimum dan ketika frekuensi diatur menjauhi frekuensi resonansi maka terjadi penurunan tegangan yang signifikan.

4.6 Pengujian pengaruh Resonansi terhadap jarak

Setelah dapat disimpulkan sebelumnya bahwa pada frekuensi resonansi dapat melakukan transmisi daya secara maksimum. itu dibuktikan pada percobaan sebelumnya. Pada penelitian sekarang ini dilakukan pengujian tentang pengaruh resonansi terhadap jarak transmisi. Dengan spesifikasi *coil* sama seperti sebelumnya yaitu ukuran diameter *coil* 150 mm, jumlah lilitan sebanyak 300, ukuran diameter kawat digunakan adalah 0,2mm dengan jarak di variasikan, dan ditambah kan beban LED sebagai indikator untuk mengukur pengaruh jarak terhadap efek resonansi dengan tidak resonansi yang ditunjukkan pada Gambar 10.

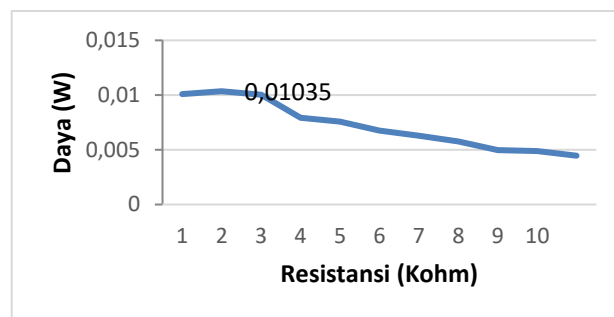


Gambar 10. Pengaruh Resonansi terhadap Jarak

Berdasarkan data yang didapatkan, pada kondisi tidak resonansi alat tidak dapat menghidupkan LED pada jarak 7 cm dengan tegangan yang terukur 3,6 V, sedangkan dengan menggunakan teknik kopling resonansi alat mampu menghidupkan LED sampai jarak 16 cm dengan tegangan terukur 3 V, ini karena dengan menggunakan teknik kopling resonansi arus yang dikirimkan lebih besar daya di terima semakin besar, berdasarkan hasil pengukuran sebelumnya tentang pengaruh frekuensi resonansi dengan frekuensi tidak resonansi terhadap jarak, didapatkan bahwa pada frekuensi resonansi dapat meningkatkan jarak transmisi sejauh 9 cm dari optimalisasi sebelumnya dengan LED sebagai beban.

4.7 Pengukuran Daya Penerima dan Efisiensi

Setelah rangkaian dilakukan optimalisasi maka peneliti melakukan pengukuran daya pada penerima dengan frekuensi resonansi yaitu 4,2 KHz dan pada jarak tetap yaitu 1 cm dan ditambah potensiometer dengan range 1 Kohm sampai 10 Kohm pada *load*, Pada pengukuran ini bertujuan untuk mencari daya maksimum yang dapat diterima oleh rangkaian penerima pada jarak 1 cm.



Gambar 11. Pengaruh resistansi load pada daya penerima

Berdasarkan data yang telah diperoleh pada Gambar 11 jarak 1cm daya tertinggi yang terukur pada *load* adalah 0,01035 watt dengan beban 2 KOhm dan daya yang dikirimkan dari pemancar atau *transmitter* adalah 0,1715 Watt, Jadi nilai efisiensi maksimum dengan beban resistor 2 KOhm adalah 6 %.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil penelitian peneliti menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari pengujian pengaruh diameter *coil*, pada diameter *coil* 150 mm dapat menghasilkan output tegangan maksimal 14,5 Vpp pada jarak 1 cm pada rangkaian penerima.
2. Dari pengujian pengaruh jumlah lilitan, pada jumlah lilitan sebanyak 300 kali lilit dapat menghasilkan output tegangan maksimal 38,5 Vpp pada jarak 1 cm pada rangkaian penerima.
3. Dengan menggunakan Teknik Kopling Resonansi dapat meningkatkan jarak Transmisi daya sejauh 9 cm dari sebelumnya dengan LED sebagai beban.
4. Berdasarkan Pengukuran daya pada penerima didapatkan efisiensi 6% dengan variabel resistor sebagai beban dengan nilai resistansi 2 Kohm.

Daftar Pustaka

- [1] P. Dewi, A. Aziz, A. Lukhfhy, A. Razak, M. Izhar, A. Bakar, and E. T. Section, "A Study on Wireless Power Transfer Using Tesla Coil Technique," pp. 34–40, 2016.
- [2] C. Nataraj, S. Khan, M. H. Habaebi, A. G. A. Muthalif, and A. Arshad, "Resonant coils analysis for inductively coupled wireless power transfer applications," *Conf. Rec. - IEEE Instrum. Meas. Technol. Conf.*, vol. 2016–July, 2016.
- [3] B. M. Panggabean, H. Halomoan, and N. Purwasih, "Perancangan Sistem Transfer Energi Secara Wireless Dengan Menggunakan Teknik Resonansi Induktif Medan Elektromagnetik."