

Variasi Frekuensi Dan Jarak Antar Kumputaran Pada Sistem Wireless Power Transfer

¹ Annisa Rifqiana, ² Wijono

^{1,2} Teknik Elektro, Universitas Brawijaya, Malang
¹ annisarifqiana@gmail.com, ² wijono@ub.ac.id

Abstrak - Sistem *Wireless Power Transfer* (WPT) menggunakan gelombang medan magnet sebagai metode pengiriman daya. Medan magnet pada metode kopling induktif bekerja pada jarak dekat. Parameter sistem WPT perlu ditentukan untuk meningkatkan efisiensi sistem. Rangkaian LC kumparan pengirim dan penerima membutuhkan frekuensi resonansi yang sama untuk pengiriman daya maksimum. Selain itu, konfigurasi bentuk dan jarak antar kumparan juga perlu diperhitungkan untuk menghasilkan fluks yang maksimum. Pada penelitian ini dilakukan simulasi dan penghitungan efisiensi WPT kemudian dilakukan analisis pengaruh variasi frekuensi dan jarak antar kumparan terhadap efisiensi WPT. Hasil simulasi dan penghitungan menunjukkan jarak antar kumparan berbanding terbalik dengan efisiensi WPT. Semakin besar frekuensi maka nilai efisiensi semakin besar. Jarak dan frekuensi optimum untuk mencapai efisiensi maksimum pada simulasi adalah 0,001 m dan frekuensi 220 KHz dengan nilai efisiensi 24,888%. Sedangkan pada penghitungan jarak dan frekuensi paling optimum untuk mencapai efisiensi maksimum adalah 0,001 m dan frekuensi 220 KHz dengan efisiensi 18,8855%.

Kata Kunci: *Wireless Power Transfer* (WPT), kopling induktif, efisiensi

Abstract -- Wireless Power Transfer (WPT) system uses magnetic field waves as a power delivery method. Magnetic fields from inductive coupling method only exist at close range. WPT system parameters need to be determined to improve efficiency system. The LC circuit of the sending and receiving coils requires the same resonance frequency for maximum power transmission. In addition, configuration of the shape and distance between coils also needs to be taken into calculation to produce maximum flux. In this research carried out simulation and calculation efficiency then carried out to analyze the effect of variations in frequency and distance between coils on WPT efficiency. Simulation and calculation results show the distance between coils is inversely proportional to the efficiency of WPT. The greater frequency the value of efficiency is increase. The optimum distance and frequency to achieve maximum efficiency in the simulation is 0.001 m and the frequency is 220 KHz with an efficiency value of 24.888%. While the most optimum distance and frequency calculation to achieve maximum efficiency is 0.001 and the frequency is 220 KHz with an efficiency of 18.8855%.

Keywords- *Wireless Power Transfer* (WPT), inductive coupling, efficiency.

I. Pendahuluan

Pengiriman daya berfungsi untuk mengirimkan sinyal atau daya dari satu tempat ke tempat yang lain. Media pengiriman daya dapat dibagi menjadi pengiriman daya menggunakan kabel dan tanpa kabel. Kabel pada umumnya terdiri dari konduktor dan isolator. Penggunaan konduktor saat ini memiliki permasalahan dalam efisiensi pengiriman dan distribusi daya listrik. Resistansi konduktor pada saat pengiriman daya dapat mengurangi efisiensi hingga 26-30% dari energi yang dihasilkan [1].

Sistem *Wireless Power Transfer* (WPT) tidak menggunakan konduktor namun menggunakan gelombang medan magnet sebagai metode pengiriman daya. Pada WPT dibutuhkan kumparan pengirim dan penerima yang dipisahkan pada jarak tertentu. Kumparan pengirim akan menghasilkan fluks yang menginduksi kumparan penerima sehingga terjadi pengiriman daya. Sistem ini merupakan cara yang efisien dan cepat sebagai salah satu solusi permasalahan pengiriman daya.

Teknik pembangkitan medan magnet jarak dekat dengan menggunakan kopling induktif membutuhkan frekuensi tinggi tertentu. Teknik ini menggunakan medan magnet sebagai media pengiriman daya yang berada dekat dengan sumber daya untuk diterima oleh penerima. Pada pembangkitan medan jarak dekat permasalahan yang ada di sekitar kumparan pengirim dan penerima dapat dikurangi. Metode kopling induktif menggunakan rangkaian LC pada kumparan pengirim dan penerima. Rangkaian LC membutuhkan frekuensi resonansi yang sama untuk pengiriman daya maksimum.

Frekuensi resonansi, dan konfigurasi kumparan, juga diperlukan untuk meningkatkan efisiensi sistem. Pada saat resonansi nilai impedansi akan kecil dan hanya memiliki nilai resistif sehingga arus yang dikirimkan pada kumparan akan maksimal. Selain itu konfigurasi kumparan juga perlu diperhitungkan untuk menghasilkan fluks yang maksimal. Peningkatan efisiensi WPT dipengaruhi oleh konfigurasi kumparan, yaitu jari-jari kumparan, material kumparan, dan nilai induktansi kumparan [2]

Kendala pada perancangan suatu WPT adalah menentukan nilai frekuensi dan jarak antar kumparan

pengirim dan kumparan penerima untuk mencapai efisiensi maksimum. Ketika kumparan pengirim dan penerima memiliki frekuensi resonansi yang sama pada nilai tertentu maka kedua kumparan akan terhubung. Selain itu, metode kopling induktif memiliki rentang pengaruh medan magnet yang pendek sehingga jarak antar kumparan akan berpengaruh terhadap besarnya efisiensi.

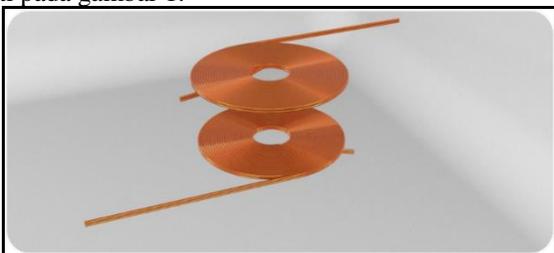
Untuk mengatasi masalah tersebut maka dilakukan penghitungan dan simulasi wireless power transfer dan dilakukan penelitian terhadap efisiensi sebagai fungsi frekuensi dan jarak antar kumparan. Frekuensi dan jarak akan diubah-ubah, kemudian diukur besarnya daya yang terkirim. Nilai daya tersebut kemudian dapat digunakan untuk mengitung nilai efisiensi pengiriman daya. Sehingga, pada penelitian ini diharapkan didapatkan nilai frekuensi dan jarak antar kumparan yang menghasilkan efisiensi pengiriman daya maksimum

II. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini adalah dengan melakukan simulasi WPT dengan menggunakan metode kopling induktif. Untuk memenuhi target tersebut dilakukan penentuan parameter-parameter peralatan seperti konfigurasi kumparan, frekuensi dan jarak antar kumparan. Simulasi dilakukan dengan variasi frekuensi, jarak antar kumparan dan beban. Kumparan akan disimulasikan pada software FEMM dilakukan penghitungan otomatis menggunakan perprograman Lua Console.

A. Perancangan Beban dan Kumparan

Pada tahap perancangan dilakukan perancangan bentuk dan ukuran kumparan sehingga dapat menghasilkan daya yang cukup pada beban. Beban yang digunakan adalah beban resistif berupa lampu LED. Untuk memastikan arus yang mengalir pada lampu LED tidak berlebih maka akan dipasang resistor sebagai pembatas arus. Kumparan primer dan sekunder terbuat dari kabel tembaga berbentuk *pancake coil* seperti pada gambar 1.

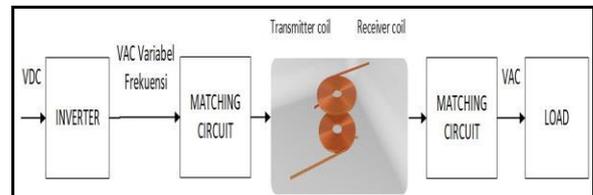


Gambar 1 Kumparan berbentuk *Pancake Coil*

Kumparan dibuat dengan 25 kali lilitan, dimana setiap lilitan terdiri dari 2 kabel yang tergabung menjadi 1. Dimana kabel bagian atas akan dihubungkan dengan kabel bagian bawah sehingga terhubung secara seri. Ukuran inti tembaga adalah 0,2 mm dengan isolasi 0,3 mm. Ukuran diameter kumparan sebesar 27 cm. Diameter kumparan bagian dalam berukuran 2 cm.

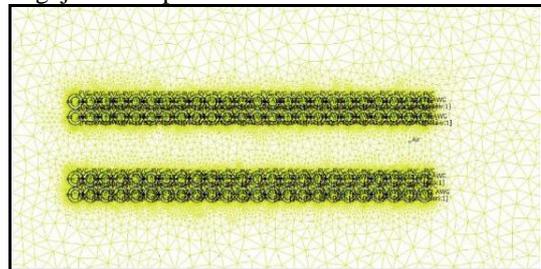
B. Perancangan Power Supply

Pada sistem ini *inverter* digunakan sebagai catu tegangan dengan variabel frekuensi. *Inverter* yang digunakan pada sistem ini berupa sinus murni 1 fasa. *Inverter* terdiri dari rangkaian full bridge, *gate drive* dan arduino. Sistem WPT menggunakan gandengan induktif yang disebut dengan kumparan primer dan sekunder. Kumparan primer dan sekunder akan dihubungkan kapasitor tambahan yang dipasang paralel atau yang disebut *matching circuit*. Blok diagram perancangan keseluruhan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Blok Diagram Keseluruhan

C. Pengujian Kumparan Pada FEMM



Gambar 3. Kumparan yang disimulasikan di FEMM

Kumparan akan disimulasikan pada software FEMM seperti yang ditunjukkan pada gambar 3. Simulasi dilakukan secara otomatis menggunakan bahasa ekstensi Lua. Pemrograman lua dapat dimasukkan langsung kedalam jendela Lua console. Bahasa pemrograman pada Lua bersifat *open source* sehingga dapat diatur sesuai dengan keinginan pengguna dan telah dirubah sesuai dengan perintah-perintah yang ada pada FEMM.

Pada hasil simulasi FEMM akan didapatkan nilai fluks linkage atau ggl induksi pada kumparan penerima. Kemudian hasil ini digunakan untuk menghitung nilai arus yang mengalir di kumparan penerima yang telah dihubungkan pada beban. Setelah mendapatkan arus yang mengalir pada beban sehingga pemrograman Lua akan mengembalikan nilai arus tersebut pada kumparan penerima. Nilai ggl induksi akan terus menerus dihitung hingga mencapai kestabilan atau memiliki error kurang dari 0.1 Volt dibanding ggl induksi pada iterasi sebelumnya.

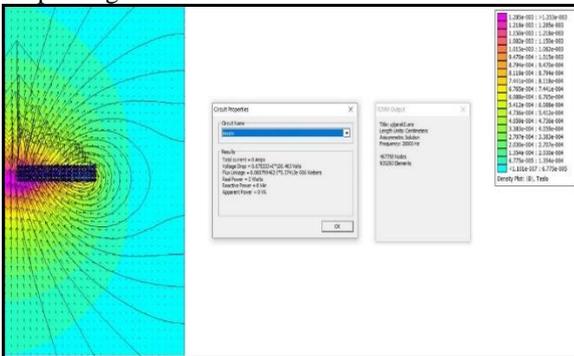
Setelah mendapatkan ggl induksi maka akan didapatkan juga daya keluaran pada WPT. Selain itu, Secara otomatis pemrograman Lua akan memanggil nilai tegangan input dan menghitung nilai daya input. Penghitungan efisiensi WPT

akan ditampilkan secara otomatis pada file hasil keluaran dan jendela pemrograman Lua Console.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

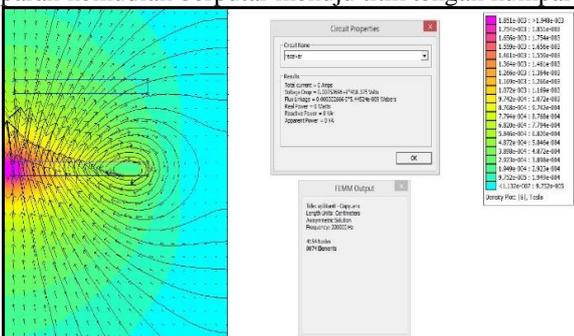
A. Hasil dan Pembahasan Simulasi FEMM

Simulasi dilakukan secara otomatis menggunakan bahasa pemrograman Lua. Pada bab ini hanya ditampilkan hasil dan pembahasan pada simulasi FEMM dan simulasi menggunakan jendela pemrograman Lua.



Gambar 4. Hasil Simulasi pada Frekuensi 200 KHz dan jarak antar kumparan 0.001 m

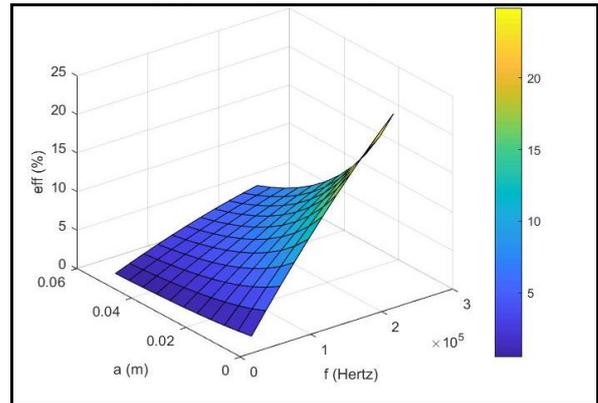
Pada gambar dapat diketahui bahwa besarnya medan magnet ditunjukkan melalui tingkat perubahan warna. Medan magnet tertinggi berada pada titik tengah kumparan primer dan akan terus melemah pada sisi luar kumparan. Semakin jauh jarak antar kumparan, maka besarnya medan magnet yang dirasakan kumparan penerima semakin kecil. Tanda panah pada gambar 4 menunjukkan besar dan arah fluks, fluks melingkar dari dalam kumparan pengirim menuju keatas kumparan kemudian berputar menuju titik tengah kumparan.



Gambar 5 Hasil Simulasi pada Frekuensi 220 KHz dan jarak antar kumparan 0.051 m

Pada pemrograman Lua secara langsung dilakukan simulasi dan penghitungan dengan variasi frekuensi dan jarak antar kumparan terhadap besarnya efisiensi WPT. Nilai frekuensi dirubah setiap 20 KHz dari frekuensi 20 KHz sampai 220 KHz. Jarak antar kumparan juga berubah setiap 0.005 m dari jarak 0,1 hingga 0.051 m.

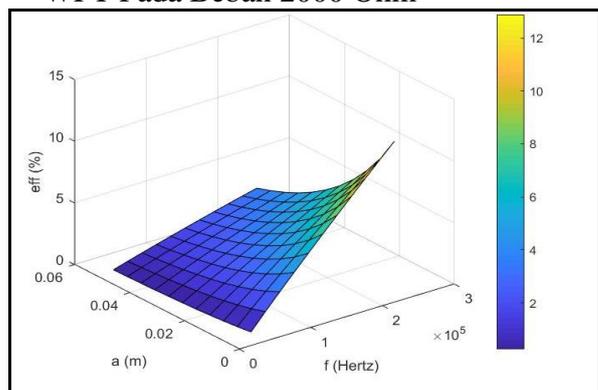
1. Hasil dan Pembahasan Simulasi Efisiensi WPT Pada Beban 1000 Ohm



Gambar 6. Grafik hubungan jarak dan frekuensi terhadap efisiensi WPT pada beban 1000 Ohm

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa pada beban 1000 Ohm, efisiensi WPT mencapai titik maksimum pada frekuensi 220 kHz dan jarak 0,001 m. Efisiensi maksimum yang dicapai sebesar 24,888%. Pada grafik juga ditunjukkan bahwa semakin besar frekuensi maka efisiensi semakin besar, sedangkan semakin besar jarak antar kumparan maka efisiensi semakin rendah.

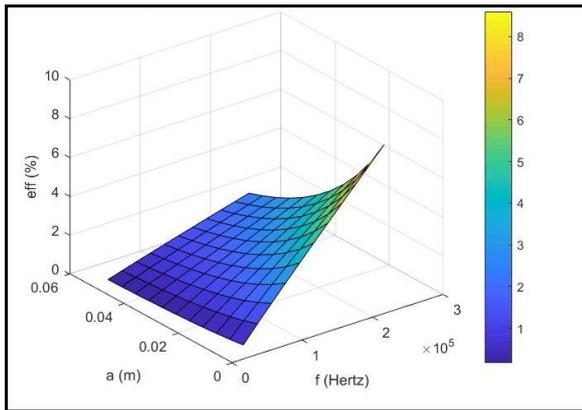
2. Hasil dan Pembahasan Simulasi Efisiensi WPT Pada Beban 2000 Ohm



Gambar 7. Grafik hubungan jarak dan frekuensi terhadap efisiensi WPT pada beban 2000 Ohm

Pada gambar 7 dapat diketahui bahwa pada beban 2000 Ohm, efisiensi WPT mencapai titik maksimum pada frekuensi 220 kHz dan jarak 1 mm. Efisiensi maksimum yang dicapai sebesar 12,886%. Pada grafik juga ditunjukkan bahwa semakin besar frekuensi maka efisiensi semakin besar, sedangkan semakin besar jarak maka efisiensi semakin rendah.

3. Hasil dan Pembahasan Simulasi Efisiensi WPT Pada Beban 1000 Ohm



Gambar 8. Grafik hubungan jarak dan frekuensi terhadap efisiensi WPT pada beban 3000 Ohm

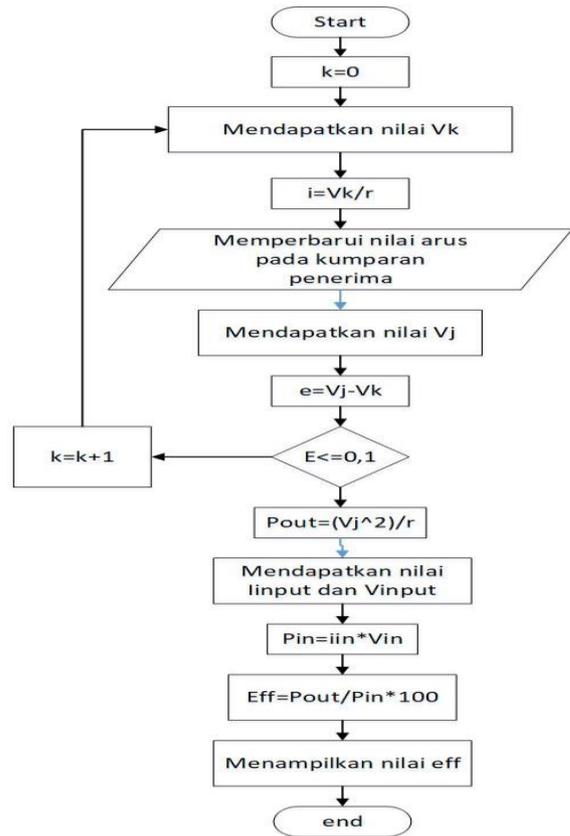
Pada gambar 8 dapat diketahui bahwa pada beban 3000 Ohm, efisiensi WPT mencapai titik maksimum pada frekuensi 220 kHz dan jarak 1 mm. Efisiensi maksimum yang dicapai sebesar 8,598%. Pada grafik juga ditunjukkan bahwa semakin besar frekuensi maka efisiensi semakin besar, sedangkan semakin besar jarak maka efisiensi semakin rendah.

Pada gambar 10-12 dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar beban pada kumparan penerima maka efisiensi sistem WPT semakin kecil. Hal ini terjadi karena apabila arus pada beban semakin kecil maka tegangan induksi balik akan semakin besar sehingga efisiensi semakin kecil.

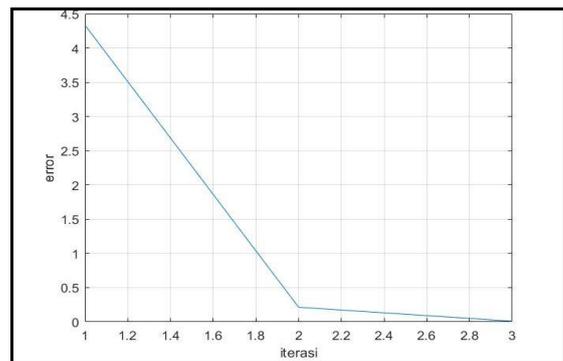
4. Hasil dan Pembahasan Iterasi Pada Lua Console

Pada pemrograman lua dilakukan penghitungan ggl induksi menggunakan metode iterasi. Penghitungan dilakukan berulang hingga nilai tegangan yang didapat kurang dari eror yang ditentukan.

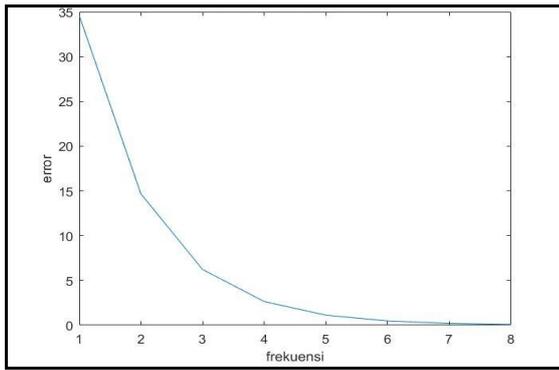
Pada gambar 8 dijelaskan diagram alir iterasi untuk mendapatkan ggl induksi hasil simulasi FEMM menggunakan jendela ekstensi Lua Console. Iterasi dilakukan berulang hingga error yang dimiliki bernilai kurang dari 0,1 sesuai yang telah ditentukan. Pada gambar 14-16 dijelaskan grafik error setiap iterasi pada jarak 0,001 m dan beban 1000 Ohm.



Gambar 9. Diagram alir iterasi penghitungan ggl induksi

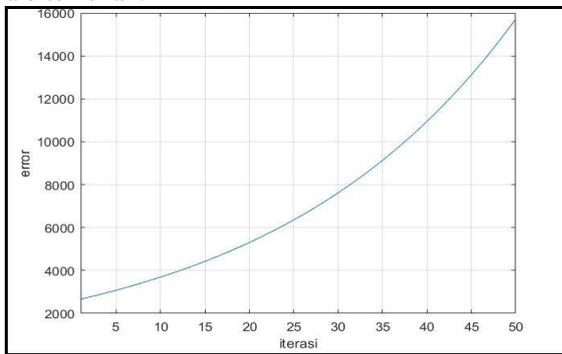


Gambar 10. Error setiap iterasi pada frekuensi 20 KHz



Gambar 11. Error setiap iterasi pada frekuensi 220 KHz

Pada gambar 10 dan 11 dapat diketahui bahwa semakin besar frekuensi maka nilai error yang pertama kali dicapai semakin besar sehingga iterasi semakin banyak. Iterasi dilakukan untuk mendapatkan nilai yang paling mendekati nilai sesungguhnya. Pada gambar tersebut dapat diketahui bahwa iterasi bersifat konvergen, yaitu nilai yang dicari akan memusat pada 1 titik sehingga solusi yang diinginkan dapat segera ditemukan.



Gambar 12 Error setiap iterasi pada frekuensi 540 KHz

Pada gambar 12 dapat diketahui bahwa error disetiap iterasi mengalami peningkatan secara terus-menerus. Error yang pertama kali dicapai sebesar 2667 dan terus meningkat pada iterasi selanjutnya. Iterasi pada gambar tersebut bersifat divergen, yaitu data berada dalam keadaan menyebar dan tidak akan bertemu pada satu titik. Pada iterasi yang bersifat divergen solusinya tidak akan ditemukan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari penghitungan, simulasi dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kumparan primer dan sekunder terbuat dari kabel tembaga berbentuk *pancake coil*. Kumparan dibuat dengan 25 kali lilitan. Satu tegangan berasal dari VAC dengan frekuensi yang dapat diubah-ubah.
2. Frekuensi berbanding lurus dengan besarnya efisiensi pengiriman daya WPT. Semakin besar frekuensi maka

efisiensi semakin besar. Kedua kumparan dapat terhubung dan mencapai efisiensi maksimum pada frekuensi tinggi.

3. Jarak antar kumparan berbanding terbalik dengan besarnya efisiensi pengiriman daya WPT. Medan magnet dan fluks terbesar berada di dekat titik tengah kumparan, sehingga semakin jauh jarak antar kumparan maka besarnya medan magnet dan fluks pada kumparan sekunder semakin kecil.
4. Pada simulasi dapat diketahui bahwa beban berbanding terbalik dengan efisiensi WPT. Semakin besar beban maka arus yang mengalir pada kumparan penerima semakin kecil sehingga daya output semakin kecil.

B. Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan maka saran yang dapat diberikan oleh penulis adalah

1. Dalam penghitungan efisiensi diperlukan analisis penghitungan tegangan pada kumparan penerima dengan menggunakan metode iterasi.
2. Menerapkan simulasi dan penghitungan dengan alat power supply variasi frekuensi untuk melakukan pengujian efisiensi WPT.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Samal, Satish K, Durga P Kar, Pradymna K Sahoo, Satyanayaran Bhuyan, and S N Das. 2017. "Analysis of the Effect of Design Parameters on the Power Transfer Efficiency of Resonant Inductive Coupling based Wireless EV Charging System." *International Conference on Innovations in Power and Advanced Computing Technologies*. India: Science and Engineering Research Board, DST, Government of India. 1.
- [2] Sourabh Pawade, Tushar Nimje, Dipti Diwase. 2012. "Goodbye Wires: Approach to Wireless Power Transmission." *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*.