

Prototype Set Praktikum Wireless Power Transfer (WPT) dengan teknik Magnetik Resonant Coupling

Prototype Wireless Power Transfer (WPT) with Magnetic Resonant Coupling technique for practicum

Heriansyah^{1*}, Fades br. Gultom¹, Refpo Rahman¹, Irkhos²

^{1*}DIII Laboratorium sains, Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

²Fisika, Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

Email: heriansyah@unib.ac.id

ABSTRAK

Pemanfaatan teknologi Wireless Power Transfer (WPT) memiliki potensi yang besar di dalam kehidupan. Ada 6 teknik WPT, salah satunya magnetic resonant coupling. Teknik ini memiliki prinsip interaksi inductive coupling dan resonance pada kumparan. Prinsip kerja teknik tersebut adalah adanya pengaruh induksi magnetik pada dua kumparan yang memiliki frekuensi resonansi yang sama sehingga dapat mentransmisikan energi dari kumparan satu ke lainnya secara efisien. Rangkaian yang digunakan dalam WPT adalah rangkaian RLC seri dengan koil berupa circular flat spiral. Nilai induktansi diri dari 3 koil yang digunakan masing-masing 20 μH , 130 μH , dan 230 μH . Efisiensi daya pada WPT meningkat dengan meningkatnya induktansi diri koil. Frekuensi resonansi untuk tiap koil masing-masing berada pada rentang 70-80 kHz untuk koil dengan induktansi 20 μH , 30 kHz untuk koil dengan induktansi 130 μH , dan sekitar 20 kHz untuk koil dengan dengan induktansi 230 μH

Kata Kunci: *Wireless Power Transfer, magnetic resonant coupling, Set Praktikum*

ABSTRACT

The use of Wireless Power Transfer (WPT) technology has great potential in life. There are 6 WPT techniques, one of them is magnetic resonant coupling. This technique has the principle of inductive coupling and resonance interaction on the coil. The working principle of this technique is the effect of magnetic induction on two coils that have the same resonant frequency so that they can transmit energy from one coil to another efficiently. The circuit used in the WPT is a series RLC with a circular flat spiral coil. The self-inductance values of the 3 coils used were 20 μH , 130 μH , and 230 μH , respectively. The power efficiency at WPT increases as the self-inductance of the coil increases. Resonance frequencies for each coil are in the range of 70-80 kHz for coils with an inductance of 20 μH , 30 kHz for coils with an inductance of 130 μH , and around 20 kHz for coils with an inductance of 230 μH , respectively.

Keyword: *Wireless Power Transfer, magnetic resonant coupling, Practicum set up*

PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi listrik tanpa kabel atau dikenal dengan teknologi Wireless Power Transfer (WPT), memiliki potensi yang besar di dalam kehidupan. WPT dengan keunggulan tanpa menggunakan kabel sangat potensial digunakan pada beberapa devais elektronik,

industri kesehatan, dan otomotif. Saat ini banyak perusahaan smartphone menggunakan teknologi WPT sebagai inovasi wireless charging. Pemanfaatan teknologi WPT bertujuan untuk penggunaan peralatan elektronik secara efisien termasuk mengurangi terjadinya dissipasi energi pada prses transmisi. Dalam

penggunaannya, WPT sangat bergantung dengan jangkauan untuk mentransfer energi.

Wireless Power Transfer (WPT) dibedakan dalam kategori teknik transfer, yaitu teknik jangkauan dekat yang terdiri dari *Electromagnetic Radiation, Inductive Coupling, Magnetic Resonant Coupling*. Sedangkan teknik jangkauan jauh terdiri dari *Microwave Power Transmission dan Laser Power Transmission* (Shidujaman, Samani, & Arif, 2014). Sejumlah aplikasi menggunakan teknik jangkauan dekat karena tingkat efisiensi transmisi lebih tinggi. Selain jarak jangkauan, efisiensi WPT juga dipengaruhi oleh desain koil (Samphat, Alphones, & Shimasaki, 2016) (Ali, Yasin, Husin, & Hambali, 2019). Prinsip kerja WPT adalah dengan adanya pengaruh medan magnetik yang dihasilkan oleh kumparan/ lilitan kawat tembaga yang dialiri oleh arus listrik bolak-balik. Medan magnetik akan melakukan transfer energi menuju kumparan yang lain sebagai penerima, hal ini disebabkan kedua kumparan yang memiliki frekuensi yang sama atau dikenal dengan "coupled resonance" (Saifudin, Saha, Islam, & Ahkand, 2014).

Saat ini, telah banyak kajian mengenai WPT terutama pemanfaatan sistem resonansi berpasangan/ coupled resonance. Pada pemanfaatan WPT menggunakan sistem coupled resonance, jangkauan antara koil transmitter dan receiver akan mempengaruhi signifikansi transfer energi (Akbar, Bukhari, Sheikh, Murtazza, & Shah, 2019) (Supriyanto & Wulandari, 2015). Namun, efisiensi transfer energi dapat ditingkatkan menggunakan teknik magnetic resonant coupling. Pemahaman terhadap proses transfer energi menggunakan teknik magnetic resonant coupling menjadi penting terutama bagi pelajar agar memahami prinsip kerjanya, sehingga dapat merangsang pelajar untuk termotivasi mengembangkan inovasi yang menggunakan teknologi WPT. Dalam meningkatkan pemahaman pelajar maka

sangat perlu dilakukan eksperimen lab mengenai WPT. Pada eksperimen WPT tersebut akan memberikan pemahaman pelajar untuk mengetahui pengaruh frekuensi resonansi dalam WPT (Bergmann, Durr, & Rockstuhl, 2019).

Pada penelitian sebelumnya, eksperimen WPT dengan teknik *magnetic resonant coupling* menggunakan topografi berbentuk *thin circular coil* (Bergmann, Durr, & Rockstuhl, 2019). Pada penelitian ini dirancang prototype set praktikum wireless Power Transfer (WPT) dengan teknik *Magnetic Resonant Coupling* dan penggunaan topografi *circular flat spiral*. Prototype set praktikum ini dirancang untuk membuat siswa belajar mengenai prinsip listrik tanpa kabel terutama teknik *resonance coupling* menggunakan topografi *circular flat spiral*.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini secara umum adalah perancangan prototype WPT dengan teknik *magnetic resonant coupling*. Sistem WPT yang dirancang terdiri dari rangkaian *transmitter* (pemancar) dan *receiver* (penerima). Langkah kerja dilakukan berdasarkan diagram alir pada gambar 1. Pada tahap pertama, dibuatlah koil berbentuk spiral dengan diameter kawat 0,7 mm dan jarak antar lilitan ± 0 mm serta parameter lainnya yang ditunjukkan pada tabel 1, Sedangkan rangkaian yang digunakan adalah rangkaian RLC seri dengan nilai resistor 3,3 Ω dan kapasitor 0,22 μF (Bergmann, Durr, & Rockstuhl, 2019). Eksperimen dilakukan melalui uji coba menggunakan frekuensi generator pada rentang frekuensi rendah yakni 10 – 120 kHz. Pengambilan data berupa tegangan dan arus pada tiap rangkaian transmitter dan receiver dilakukan menggunakan multimeter tiap penambahan frekuensi 10 kHz. Skema rangkaian ditunjukkan pada gambar 2. Setelah data tegangan dan arus diperoleh dilakukan analisis dengan membuat grafik untuk melihat

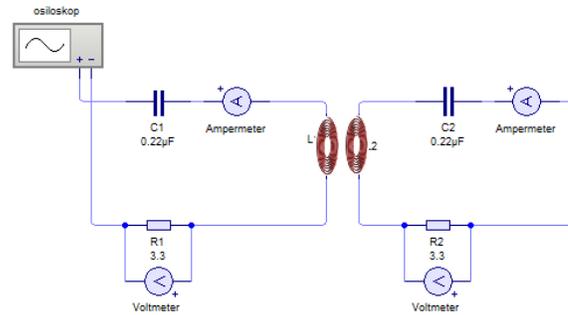
pengaruh frekuensi terhadap WPT. kemudian dilakukan pencarian daya untuk menunjukkan tingkat efisiensi dari tiap koil dan pengaruh frekuensi terhadap efisiensi WPT.



Gambar 1. Flowchart perancangan Prototype WPT

Tabel 1 Parameter koil circular flat spiral pada penelitian

Identifikasi koil	Lilitan (N)	Diameter luar (Do)	Induktansi diri (L)
Koil 1	30	5,5 cm	20 μH
Koil 2	54	9,7 cm	130 μH
Koil 3	70	12,2 cm	230 μH



Gambar 2. Skema rangkaian WPT dengan teknik magnetik resonant coupling

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini desain koil yang digunakan struktur koil *circular flat spiral* yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dari system WPT. Dalam perancangan koil circular flat spiral ini perlu diperhatikan mengenai jumlah lilitan pada koil, diameter dalam dan luar koil, jarak antar putaran serta diameter dari kawat yang digunakan untuk membentuk lilitan koil. hasil rancangan koil yang dibuat dapat dilihat pada gambar 3. Aproximasi nilai induktansi diri dari koil circular flat spiral memenuhi persamaan yang dimodifikasi melalui formula Wheeler (Liu, Xia, & Yuan, 2018) berikut:

$$L = \frac{N^2(D_o - N(w + p))^2}{16 D_o + 28 N (w + p)} \times \frac{39.37}{10^6} \dots (1)$$

dengan L adalah induktansi diri satuan Henry, N adalah Jumlah lilitan, Do adalah diemeter luar satuan meter, Di adalah diameter dalam satuan meter, w adalah diameter kawat satuan, dan p adalah jarak antar lilitan satuan meter.



Gambar 3 Hasil pembuatan koil 1, koil 2, dan koil 3

Rangkaian seri RLC digunakan pada rangkaian transmitter dan receiver. Rangkaian seri RLC transmitter dihubungkan dengan generator frekuensi. Kemudian, pada rangkaian seri RLC receiver juga menggunakan parameter resistor, kapasitor dan koil yang sama. Dalam pengukuran digunakan multimeter untuk mengukur arus dan tegangan yang dimiliki oleh rangkaian transmitter dan receiver. Gambar rangkaian dapat dilihat pada gambar 4:



Gambar 4. Rangkaian WPT dengan teknik magnetic resonant coupling

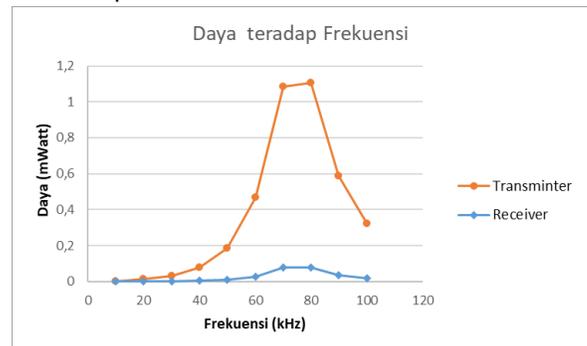
Eksperimen WPT menggunakan teknik magnetic resonant coupling bertujuan untuk menunjukkan transfer energi yang dipengaruhi oleh frekuensi. Dengan memahami pengaruh frekuensi terhadap transfer energi maka, mudah untuk membuat atau menghasilkan koil dengan parameter tertentu dengan harapan transfer energi yang paling efisien. Frekuensi yang mempengaruhi efisiensi tersebut adalah frekuensi resonansi.

Frekuensi resonansi terjadi pada suatu rangkaian bolak balik (AC) yang terdiri dari inductor dan kapasitor didalam rangkaian. Frekuensi resonansi terjadi apabila nilai dari kapasitansi dan induktansi sama, yakni $X_L = X_C$. Akibat dari frekuensi resonansi maka impedansi rangkaian akan menjadi sama dengan nilai resistansi ($Z=R$). Aproximasi besar frekuensi resonansi dapat diperoleh melalui persamaan berikut:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots \dots \dots (2)$$

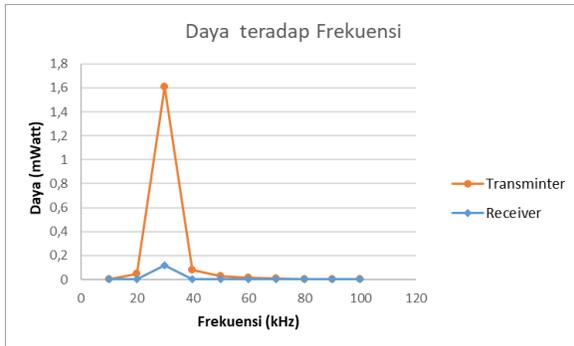
Sifat resonansi dari rangkaian WPT dapat dilihat melalui hasil pengukuran tegangan dan arus yang melewati rangkaian. Resonansi terjadi pada rangkaian RLC Ketika tegangan pada induktor/koil dan kapasitor menjadi nol. Hal tersebut terjadi karena reaktansi pada kapasitor dan koil saling meniadakan sehingga tegangan hanya ada pada resistansi.

Pada koil 1 diperoleh frekuensi ada pada rentang 70-80 kHz. Jika menggunakan aproksimasi nilai frekuensi resonansi pada persamaan maka diperoleh 76 kHz Daya listrik diukur berdasarkan hasil data pengukuran tegangan dan arus. Gambar 5 menunjukkan grafik hubungan daya pada transmitter dan receiver pada koil 1.



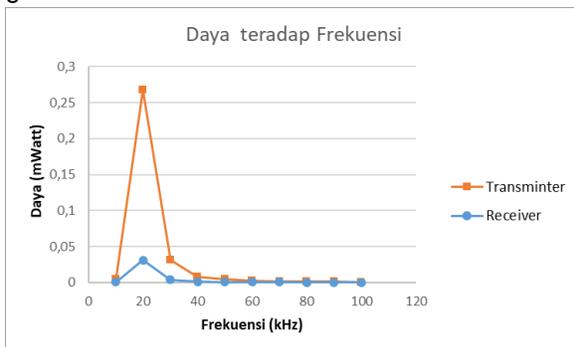
Gambar 5. Grafik hubungan daya pada transmitter dan receiver pada koil 1 terhadap frekuensi.

Pada koil 2 diperoleh frekuensi ada pada rentang 30 kHz. Jika menggunakan aproksimasi nilai frekuensi resonansi pada persamaan maka diperoleh 29,7 kHz. Grafik pengukuran daya pada transmitter dan receiver dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik hubungan daya pada transmitter dan receiver pada koil 2 terhadap frekuensi

Pada koil 3 diperoleh frekuensi ada pada rentang 20 kHz. Jika menggunakan aproksimasi nilai frekuensi resonansi pada persamaan maka diperoleh 22,4 kHz. Grafik pengukuran daya pada transmitter dan receiver dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Grafik hubungan daya pada transmitter dan receiver pada koil 3 terhadap frekuensi.

Dari ketiga koil diperoleh bahwa percobaan menggunakan set praktikum WPT telah berhasil untuk melihat terjadinya frekuensi resonansi pada rangkaian transmitter dan receiver. Namun data yang diperoleh cukup kecil karena tegangan yang diukur dalam satuan mili volt (mV) dan arus dengan satuan mikro ampere (μ A). Hal ini terjadi karena generator function yang digunakan tidak memiliki power amplifier. Frekuensi generator yang tidak memiliki power

amplifier, tidak memiliki cukup daya untuk menghidupkan lampu atau komponen output load. Oleh karena itu nilai daya yang diterima pada receiver tidak begitu besar dengan efisiensi kurang dari 12 %. Nilai efisiensi dari ketiga koil dapat dilihat dari tabel 2

Tabel 2 efesiensi pada tiap koil terhadap frekuensi

Frekuensi (kHz)	Koil 1	Koil 2	Koil 3
10000	5,70	6,62	10,70
20000	5,74	6,76	11,60
30000	5,84	7,39	10,88
40000	5,48	6,63	11,18
50000	5,70	6,78	9,87
60000	5,66	6,67	10,76
70000	7,20	6,73	10,86
80000	7,10	6,79	10,94
90000	5,82	6,84	11,20
100000	5,86	6,78	11,11

Dari data tabel yang diperoleh bahwa efisiensi ketiga koil akan sesuai dengan frekuensi resonansi, dimana efisiensi tertinggi terlihat pada frekuensi resonansi untuk tiap koil. Kemudian, efisiensi meningkat dengan meningkatnya induktansi diri koil. Koil 3 memiliki efisiensi dengan nilai paling tinggi dengan kisaran 9-11 %. Sedangkan koil 1 memiliki efisiensi paling rendah dengan kisaran 5-7 %. Dengan meningkatnya induktansi diri, maka akan meningkatkan *coupling* pada medan magnet di kedua koil. Efisiensi WPT pada tiap koil bergantung dengan nilai induktansi dari tiap koil. Induktansi pada *circular flat coil* akan meningkat dengan meningkatnya ukuran dari koil. Pada penelitian lain, ukuran koil dapat dikurangi dengan mengurangi jumlah lilitan dan ketebalan kawat namun dilakukan pada frekuensi tinggi (Kim, Kim, & Park, 2016).

Kelemahan pada penelitian ini adalah instrumen *function generator* belum memiliki amplifier, sehingga daya luaran pada rangkaian transmitter dan receiver sangat kecil. Pada

penelitian sebelumnya, *function generator* yang digunakan memiliki amplifier sehingga efisiensi daya dapat ditemukan perbedaan signifikan untuk frekuensi resonansi (Bergmann, Durr, & Rockstuhl, 2019).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa set praktikum WPT dengan teknik magnetic resonant coupling dapat digunakan untuk percobaan. Meskipun data yang dihasilkan cukup kecil namun bisa menyimpulkan sifat resonansi pada WPT. Rangkaian yang digunakan adalah rangkaian RLC seri dengan parameter nilai resistor 3,3 Ω , kapasitor 220 nF, dan tiap koil dengan nilai yang berbeda. Penelitian ini menggunakan 3 koil circular flat spiral dengan nilai induktansi diri masing-masing 20 μH , 130 μH , dan 230 μH . Hasil observasi daya pada transmitter dan receiver diperoleh bahwa, koil 1 memiliki frekuensi resonansi pada rentang frekuensi 70-80 kHz, sedangkan koil 2 pada rentang 30 kHz, dan koil 3 ada pada rentang 20 kHz. Efisiensi daya pada WPT untuk tiap koil meningkat dengan meningkatnya induktansi diri. Besar efisiensi dari ketiga koil bernilai kurang dari 12 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada Universitas Bengkulu sebagai penyandang dana pada penelitian pembinaan dana PNBPN LPPM tahun 2020 dengan nomor kontrak 2034/UN30.15/PG/2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, G., Bukhari, S., Sheikh, H., Murtazza, S., & Shah, A. (2019). Implication of Wireless Power Transfer for Low Power Appliances. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, 8(9), 1830-1834.
- Ali, A., Yasin, M. N., Husin, M. S., & Hambali, N. A. (2019). Design and analysis of 2-coil wireless power transfer (WPT) using magnetic coupling technique. *International Journal of Power Electronic and Drive System (IJPED)*, 10(2), 611-616.
- Bergmann, A., Durr, E., & Rockstuhl, C. (2019). Wireless power transfer experiments for a high-school physics lab. *Phys. Educ*, 54, 1-6.
- Liu, X., Xia, C., & Yuan, X. (2018). Study of the Circular Flat Spiral Coil Structure Effect on Wireless Power Transfer System Performance. *Energies*, 11(2875), 1-21.
- Kim, D., Kim, J., & Park, Y. (2016). Optimization and Design of Small Circular Coils in a Magnetically Coupled Wireless Power Transfer System in the Megahertz Frequency. *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, 64(8), 2652-2663.
- Saifudin, M., Saha, T., Islam, M., & Ahkand, M. M. (2014). Wireless Power Transmission Compare and Contrast with the Form of Resonance Frequency, Mutual Inductancy, and Solar Energy. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 4(10), 66-96.
- Samphat, J., Alphones, A., & Shimasaki, H. (2016). Coil design Guidelines for High Efficiency of Wireless Power Transfer (WPT). *IEEE Region 10 Conference (TENCON)-Proceedings of the International Conference*.
- Shidujaman, M., Samani, H., & Arif, M. (2014). Wireless Power Transmission Trends. *International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV)*, (pp. 1-6). Dhaka.



JIFP

(Jurnal Ilmu Fisika dan Pembelajarannya)

<http://jurnal.radenfatah.ac.id/index.php/jifp/index>

Vol. 4, No. 2, Desember 2020, 52 - 58

ISSN (online):

2549-6158

ISSN (print):

2614-7467

Supriyanto, T., & Wulandari, A. (2015). Rancang Bangun Wireless Power Transfer Menggunakan Metode Multi-Magnetic Resonantor Coupling. *Politeknologi*, 14(2), 1-6.