

Analisa Compact Wireless Power Transfer (CWPT) menggunakan Metode Magnetic Resonator Coupling

Bambang Sudibya¹, Wiyono², Siswo Wardoyo³, Teguh Firmansyah⁴

¹Sekolah Tinggi Teknologi Adisucipto. Yogyakarta. Indonesia.

²Akademi Teknologi Warga Surakarta. Indonesia.

^{3,4}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Cilegon, Indonesia.

¹Email: sudibyo_martono@yahoo.co.id

Abstrak –Magnetic Resonator Coupling banyak dipergunakan untuk berbagai aplikasi Wireless Power Transfer (WPT). Pada penelitian ini berhasil dirancang WPT dengan tegangan sebesar 5 V. Jika Tx dan Rx diposisikan saling berhadapan, tegangan maksimum 4,7 volt pada jarak 1 cm. Sementara itu, jika Tx dan Rx diposisikan berdampingan, tegangan yang dihasilkan dari 3.5V.

Kata kunci : WPT, Tx, Rx

Abstract – *Magnetically coupled coils have been widely used for a variety of applications requiring contactless or wireless power transfer (WPT). In this paper, the wireless power transfer (WPT) using Magnetic Resonator Coupling. In this study successfully designed WPT with a voltage to 5 volts. To be able to transmit power is wireless resonator coupling methods used. If the Tx and Rx is positioned to face each other, a maximum voltage of 4.7 volts at a distance of 1 cm. Meanwhile, if the Tx and Rx positioned side by side, the resulting voltage of 3.5V.*

Keywords : WPT, Tx, Rx

I. PENDAHULUAN

Listrik merupakan salah satu kebutuhan utama manusia. Semakin kompleksnya kebutuhan manusia terhadap berbagai jenis perangkat listrik, mulai dari *smart-phone* sampai dengan perangkat rumah tangga, mengakibatkan kebutuhan kabel listrik (*wire*) untuk penghubung catu daya meningkat. Menurut (Meyer : 2010), kabel listrik (*wire*) adalah sebuah media yang digunakan menyalurkan daya listrik ke berbagai tempat. Kabel listrik terdiri dari pembungkus kabel (*isolator*) berbahan karet dan penghantar listrik (*konduktor*) yang terbuat dari bahan tembaga.

Meningkatnya penggunaan kabel listrik (*wire*) dapat meningkatkan biaya pengeluaran. Selain itu, yang paling berbahaya, penggunaan kabel listrik (*wire*) sebagai penghubung catu daya secara berlebihan dapat mengakibatkan terjadinya hubungan arus-pendek (*short-circuit*) yang dapat menyebabkan kebakaran. Ketergantungan manusia terhadap penggunaan kabel listrik sebagai penghubung perangkat listrik terhadap catu daya, mendorong penelitian ini untuk mencari solusi agar dapat mentransmisikan power secara nirkabel (*wireless*), sehingga dapat lebih efisien dan efektif.

Di dunia penelitian, sebuah perangkat yang mampu memiliki kemampuan mentransmisikan daya listrik nirkabel dinamakan *wireless power transfer* (WPT). Secara istilah WPT didefinisikan sebagai suatu sistem pengiriman daya listrik, dimana daya listrik tersebut ditransmisikan dari suatu sumber listrik menuju ke beban listrik tanpa melalui suatu konduktor (biasanya berupa kabel) melainkan secara nirkabel (*wireless*). Fokus utama penelitian yaitu meniadakan keberadaan kabel sebagai konduktor, sehingga sistem yang baru ini dapat lebih praktis dan efisien dimana keberadaan kabel yang

terkadang menyulitkan dalam instalasi dan memiliki harga yang cukup mahal dapat diminimalisasi bahkan dihilangkan.

Keunggulan yang akan diperoleh dari penggunaan WPT diantaranya menjadikan sebuah perangkat listrik lebih sederhana, mudah dipergunakan (tidak memerlukan pertukaran baterai), ramah lingkungan, sangat aman, dan lebih murah. Metode transmissi power secara nirkabel (*wireless*), terdiri dari 2 jenis yaitu menggunakan gelombang radio dan menggunakan prinsip *coupling* magnetik :

a. Gelombang radio (*Mirowave*)

Seperti dikemukakan (Meyer : 2010), gelombang radio dikenal efektif dalam mentransmisikan informasi (berupa suara/data) tetapi akan sangat buruk jika digunakan untuk mentransmisikan daya listrik secara nirkabel (*wireless*). Hal ini karena radiasi yang dihasilkan oleh gelombang radio menyebar ke segala arah sehingga akan banyak daya yang terbuang percuma ke udara daripada daya yang sampai ke penerima.

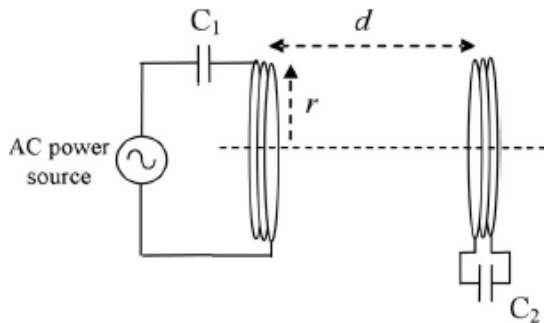
b. Prinsip *coupling* magnetik

Menurut (Meyer : 2010), prinsip *coupling* magnetik dilakukan dengan merubah daya listrik menjadi gelombang magnet. Melalui gelombang magnet inilah power dari catu daya ke perangkat penerima dikirimkan secara nirkabel (*wireless*). Setelah sampai pada sisi penerima, gelombang magnet tersebut kemudian dirubah kembali menjadi daya listrik. Penggunaan prinsip ini memungkinkan terjadinya transfer daya listrik secara nirkabel (*wireless*) meskipun terdapat penghalang antara pemancar dan penerima, sehingga mudah diterapkan dimanapun dan sangat efektif serta efisien.

II. KAJIAN LITERATUR

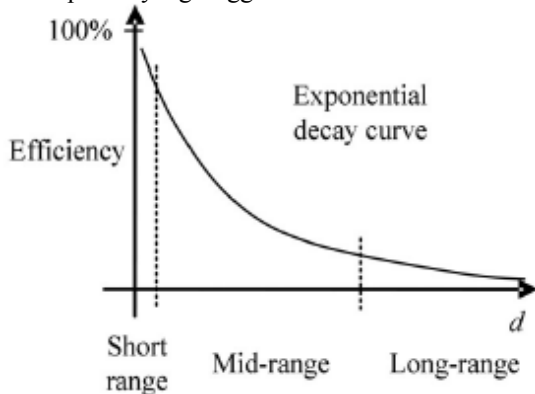
Magnetic resonators merupakan salah satu metode *Wireless Power Transfer* (WPT) atau transfer daya

nirkabel. Sebuah resonator magnetis dapat diperoleh dengan menggabungkan sebuah kumparan dan sebuah kapasitor. Menurut (Ki Young Kim : 2009), resonator ini pertama kali dipergunakan oleh Nikola Tesla untuk transfer daya nirkabel. Percobaan Nikola Tesla tersebut mempergunakan dua buah resonator magnetis yang digabungkan dan dijadikan sebagai unit pengirim (*transmitter*) dan unit penerima (*receiver*) seperti terlihat pada Gambar 1. Melalui percobaan ini, Nikola Tesla menunjukkan bahwa transfer daya nirkabel yang optimum terjadi saat resonator berada pada frekuensi resonansinya.



Gambar 1. Percobaan Nikola Tesla untuk transfer daya nirkabel (Ki Young Kim : 2009)

Sementara itu, (Chi Kwan : 2012) telah berhasil menunjukkan kurva karakteristik efisiensi transfer daya nirkabel terhadap jarak, terlihat pada Gambar 2.2. Semakin jauh jarak antara unit pengirim (*transmitter*) dan unit penerima (*receiver*), maka nilai efisiensi akan berkurang secara eksponensial, atau dengan kata lain terjadi loss power yang tinggi.



Gambar 2. Kurva karakteristik efisiensi transfer daya nirkabel (Chi Kwan : 2012)

Penelitian (Seung-Hwan Lee : 2011) berhasil membuat model matematik nilai efisiensi transfer daya nirkabel (*wireless*), seperti terlihat pada pers. (2.1) dibawah ini.

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{R_L}{\omega_0^2 M^2 (1 + \omega_0^2 C_2^2 R_L^2)} R_1 + \frac{R_L}{\omega_0^2 R_2^2} R_2} \tag{2.1}$$

Dari persamaan terlihat bahwa :

R = Resistansi (Ω), C = Kapasistansi (F),

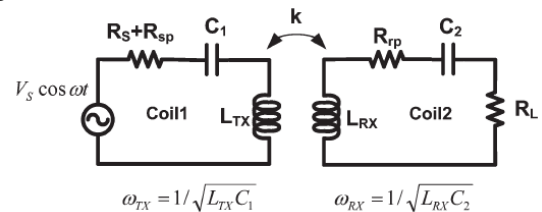
L = Induktansi (H), M = *Mutual coupling* antara

dua buah *magnetic resonator*.

Terlihat dari persamaan yang diusulkan (Seung-Hwan Lee : 2011) bahwa secara tidak langsung nilai efisiensi transfer daya nirkabel berhubungan dengan mutual

coupling (M) dari *magnetic resonator*. Untuk itu, pada penelitian ini diusulkan penggunaan *Multi-Magnetic Resonator*, berfungsi sebagai repeater yang dapat menurunkan *loss magnetik* sehingga meningkatkan efisiensi transmisi. Kemudian ditambahkan penguat yang berguna untuk memperluas jangkauan (*coverage*) area. Salah satu fokus penelitian WPT ini adalah peningkatan efisiensi dengan peningkatan jarak. Penelitian mengenai peningkatan efisiensi WPT ini dilakukan oleh (B. Choi, 2008). Selain itu, beberapa penelitian WPT mulai banyak diterapkan, khususnya pada perangkat dengan aplikasi *low-power*, diantaranya *portable mobile phone charging* (Y. Jang, 2008)-(Y. Hori, 2010) dan *mobile laptop charging* (Dukju Ahn, 2013). Sebagai *state of the art*, pada penelitian ini diusulkan perancangan WPT dengan antenna *loop* yang berbahan aluminium. Penggunaan antenna loop ini diharapkan meningkatkan efisiensi transmisi. Sebagai analisa, penelitian ini memaparkan perubahan nilai efisiensi terhadap jarak antara Tx dan Rx

Induksi resonansi magnetik menggunakan *magnetic coupling* merupakan fenomena yang terjadi pada kopling induksi yaitu peristiwa perpindahan energi listrik dari suatu tempat ke tempat lain yang memiliki frekuensi resonansi alami yang sama. Frekuensi resonansi alami dalam hal ini merupakan rangkaian resonator LC yang terdiri dari komponen kapasitif dan induktif. Gambar 3. merupakan sistem umum dari sistem transfer daya listrik tanpa kabel berdasarkan prinsip induksi resonansi magnetik.



Gambar 3. Rangkaian ganti induksi resonansi magnetik (Dukju Ahn, 2013).

Sebagai penghasil sinyal frekuensi resonansi, komponen kapasitif dan induktif saling mengisi energi secara bergantian sehingga menghasilkan sinyal osilasi berfrekuensi tertentu. Sementara itu, rangkaian LC juga berfungsi sebagai penangkap energi dari pemancar berupa sinyal frekuensi resonansi, rangkaian ini terdiri dari rangkaian kombinasi komponen induktif (L) dan kapasitif (C) antara *transmitter* dan *receiver* yang memiliki nilai frekuensi resonansi yang sama sehingga disebut rangkaian resonansi.

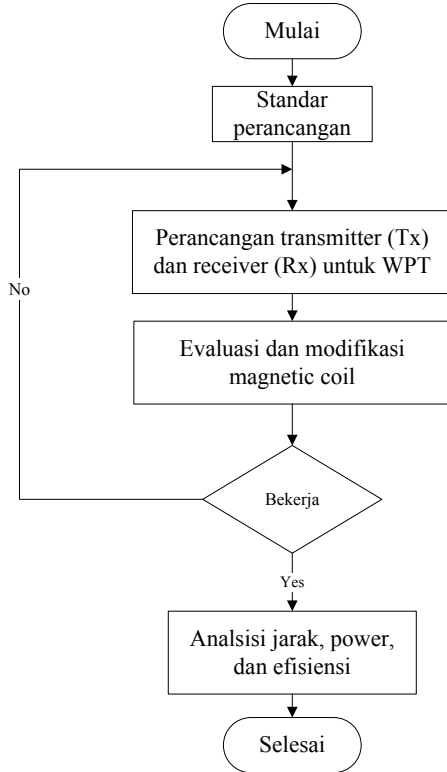
III. METODE PENELITIAN

Metodologi perancangan WPT menggunakan metode *magnetic coupling* dengan antenna loop berbahan aluminium ini terlihat pada Gambar 4 dibawah ini.

Berdasarkan teori resonansi gelombang, jika gelombang bergetar diterapkan didekat sistem LC penerima dengan frekuensi getaran yang sama frekuensi resonansi sistem LC penerima tersebut, maka sistem LC penerima tersebut akan ikut bergetar dan menghasilkan energi dalam bentuk gelombang listrik sinusoidal berfrekuensi sama dengan frekuensi resonansi sistem LC

itu dengan amplitude gelombang yang dihasilkan akan mencapai titik maksimum.

Pada saat transmitter dari alat transfer daya tanpa kabel menghasilkan getaran elektromagnetik berfrekuensi tertentu dan terpancar ke ruang sekitar melalui antena transmitter maka beberapa penerima terhubung ke beban yang memiliki frekuensi resonansi yang sama dengan frekuensi dari getaran gelombang magnetik yang dihasilkan oleh transmiter akan terinduksi pada jarak tertentu dan menghasilkan arus ke beban.



Gambar 4. Metode penelitian WPT

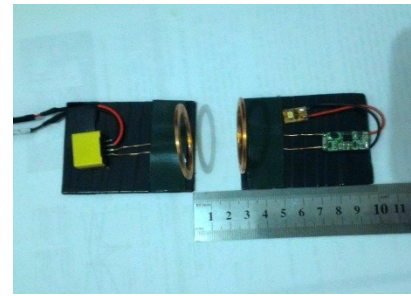
Nilai efisiensi antara *transmitter* dan *receiver* memenuhi persamaan (Dukju Ahn, 2013) :

$$\eta = \frac{R_L |I_2|^2}{(R_S + R_{SP}) |I_1|^2 + (R_L + R_{rP}) |I_2|^2} \quad (1)$$

Selain itu, (Dukju Ahn, 2013) menyebutkan bahwa nilai efisiensi ini akan maksimum saat terjadi frekuensi osilasi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Prinsip dasar induksi elektromagnetik adalah pada saat arus bolak balik melewati suatu kumparan, disekitar kumparan tersebut akan menghasilkan suatu medan magnet. Jika pada kondisi ini diletakkan suatu kumparan lain di dekat kumparan tersebut, maka medan magnet dari kumparan yang pertama akan timbul juga di sekitar kumparan yang kedua. Ini merupakan alasan kenapa pengiriman energi tanpa kabel dapat terjadi diantara kedua kumparan tersebut. Sama seperti yang telah diuraikan sebelumnya, resonansi bersama adalah suatu keadaan khusus dari pengiriman energi tanpa kabel. Letak dari kekhususannya adalah semua kumparan yang digunakan untuk beresonansi bersama beroperasi pada kondisi resonansi. Hasil perancangan terlihat pada Gambar 5.



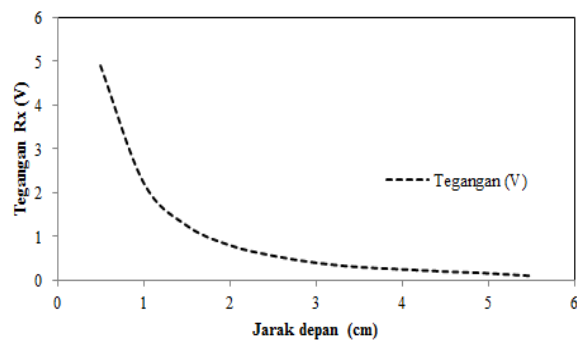
Gambar 5. WPT yang diposisikan berhadapan

Hasil pengukuran terlihat pada Tabel 1. Dibawah ini, semakin jauh maka nilai tegangan akan semakin berkurang bahkan mendekati nilai nol.

Tabel 1. Nilai tegangan terhadap jarak

Jarak (cm)	Tegangan (V)
0.5	4.9
1	2.23
1.5	1.25
2	0.8
2.5	0.56
3	0.4
3.5	0.3
4	0.25
4.5	0.2
5	0.16
5.5	0.1

Pada gambar 6 memperlihatkan nilai tegangan terhadap jarak. Terihat bahwa grafik menunjukan perbandingan terbalik antara jarak dan tegangan.



Gambar 6. Nilai tegangan dan Jarak

Sementara itu pada Gambar 7 memperlihatkan, WPT yang diposisikan bersampingan.



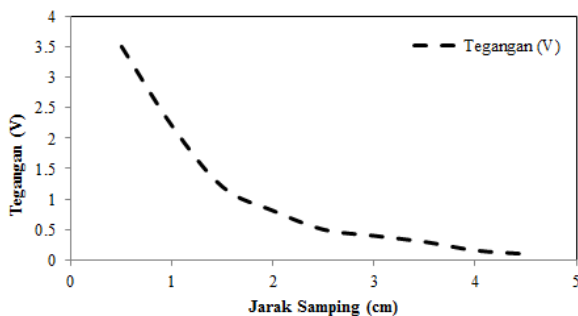
Gambar 6. WPT yang diposisikan bersampingan

Hasil pengukuran terlihat pada Tabel 1. Dibawah ini, semakin jauh maka nilai tegangan akan semakin berkurang bahkan mendekati nilai nol.

Tabel 1. Nilai tegangan terhadap jarak

Jarak (cm)	Tegangan (V)
0.5	3.5
1	2.2
1.5	1.2
2	0.81
2.5	0.5
3	0.4
3.5	0.3
4	0.16
4.5	0.1

Pada gambar 7 memperlihatkan nilai tegangan terhadap jarak. Terlihat bahwa grafik menunjukan perbandingan terbalik antara jarak dan tegangan.



Gambar 7. Nilai tegangan dan Jarak

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa, maka dapat diambil kesimpulan,

1. Rancang bangun rangkaian penerima dalam sistem pengiriman daya listrik tanpa kabel telah berhasil menunjukkan suatu perbaikan dalam hal jarak dan tegangan keluaran.
2. Rangkaian LC pada sisi penerima tidak harus sama dengan atau identik dengan sisi pemancar, akan tetapi harus memiliki nilai frekuensi resonansi yang sama.
3. Frekuensi resonansi pada rangkaian penerima harus didesain agar memiliki besar yang sedikit lebih tinggi dari sisi pemancar.
4. Pada penelitian ini berhasil dirancang WPT dengan tegangan mencapai 5 volt. Untuk dapat mentransmisikan power secara wireless dipergunakan metode resonator coupling. Jika Tx dan Rx diposisikan saling berhadapan, tegangan maksimal sebesar 4.7 volt pada jarak 1 cm. Sedangkan jika Tx dan Rx di posisikan bersampingan, tegangan yang dihasilkan sebesar 3.5v.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] X. Liu and S.Y. R. Hui, “Simulation study and experimental verification of a contactless battery charging platform with localized charging features,” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 22, no. 6, pp. 2202–2210, Nov. 2007.
- [2] Y. Hori, “Future vehicle society based on electric motor, capacitor and wireless power supply,” in *Proc. 2010 Int. Power Electron. Conf. (IPEC)*, Sapporo, Japan, Jun. 21–24, pp. 2930–2934.
- [3] K. Sugimori and H. Nishimura, “A novel contactless battery charger for electric vehicles,” in *Proc. 29th Annu. IEEE Power Electron. Spec. Conf.*, May. 1998, vol. 1, pp. 559–564.
- [4] Chi Kwan Lee, W. X. Zhong, and S. Y. R. Hui. “Effects of Magnetic Coupling of Nonadjacent Resonators on Wireless Power Domino-Resonator Systems”. *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 27, no. 4, pp. 1905-1916, April 2012.