

REKAYASAPERANGKAT WIRELESS ENERGI TRANSFER (WET) GUNA MENYALURKAN ENERGY LISTRIK

Eko Budi Wahyono¹, Nur Hasanah²

^{1,2}Dosen Teknik Elektro Universitas Darma Persada

Abstrak

Pada penelitian ini dibuat sebuah perangkat Wireless Energi Transfer (WET) dengan frekuensi perubahan arus listrik sebesar 1 MHz guna menyalurkan energy listrik arus bolak-balik, dari rangkaian kumparan primer ke rangkaian kumparan sekunder yang terpisah oleh celah udara.

Sistim WET ini dibuat dengan harapan dapat menyalurkan energy listrik sebesar 6 Watt atau lebih tergantung dari sumber energy pengirim serta metode yang dipergunakan. Hasil uji perangkat WET dapat menyalurkan energy listrik sebesar 6 watt, dengan efisiensi sebesar 12 % dengan mengatur frekuensi perubahan arus listrik pada rangkaian primer serta penerapan metode resonansi induktif system akan dapatmenyalurkan energy yang lebih besar.

Kata kunci : Frekuensi perubahan arus listrik(f), Rangkaian kumparan primer, Rangkaian kumparan sekunder.

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan pokok manusia modern, sehingga ketersediaan energy listrik mutlak dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari. Banyak aktivitas manusia memerlukan energy listrik, seperti berkendara bercukur menelpon beraktifitas di dapurpun memerlukan energy listrik. Saat ini pengiriman energy listrik tegangan rendah 220 volt masih menggunakan kabel. Terdapat alternative lain tentang pengiriman energy listrik tegangan rendah, yakni dengan metode Wireless Energi Transfer (WET). Pengiriman energy listrik secara wireless pertama kali dipatenkan di Amerika atas nama Nikola Tesla pada tahun 1893. Nikola Tesla melakukan penelitian transfer energy wireless dengan membangun Menara Wardenclyfe di Shoreham, Long Island, yang berfungsi sebagai sarana telekomunikasi nirkabel dan pengiriman daya listrik [Nikola Tesla, 1893]. Nikola Teslamampu mengirimkan energy listrik dari Menara Wardenclyfeuntuk menyalakan sebuah lampu pijar. Sejak waktu itu upaya mengembangkan WET terus dilakukan namun belum memberikan hasil yang berarti, hingga pada tahun 2007 para peneliti dari MIT mendemonstrasikan pengiriman energy listrik wireless yang diberi nama WiTricity. Pada penelitian tersebut energy listrik dengan daya 60 Watt berhasil ditransfer secara nirkabel pada jarak 2 meter dengan efisiensi mencapai 40 %. [A Karalis, 2007].

Penelitian terhadap transfer energy listrik wireless sangat penting karena transfer energy listrik secara wireless memiliki kelebihan dibanding transfer energy menggunakan kabel. Salah satu contohnya adalah Wireless Charging Pad(WCP). WCP adalah alat untuk mencharge HP dan Kamera, dimana HP atau Kamera cukup diletakkan saja diatas WCP yang berbentuk bantalan maka bateray langsung terisi. Pengisian ulang bateray secara

nirkabel ini akan mampu meningkatkan kenyamanan pemakaian peralatan elektronik berdaya rendah [D Grobmann, 2016].

1.1. Tujuan

Membuat prototype sistim WET dengan harapan dapat menyalurkan energy listrik sebesar 6 Watt atau lebih tergantung dari sumber energy pengirim.

1.2. Manfaat Penelitian

Dapat dikembangkan menjadi sebuah System Charger Wireless/Charging Pad yang berdaya lebih dari 6 Watt, guna pemanfaatan yang lebih luas untuk charger perangkat elektronik sedang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Transfer energy listrik pada umumnya menggunakan kabel, guna mensuplay energy listrik dari sumber energy jaringan listrik umum ke peralatan yang memerlukan energy listrik. Pada saat sekarang ini ada alternative lain dalam transfer energy listrik, yakni transfer energy tanpa menggunakan kabel atau wireless energy transfer(WET). Dalam WET diperlukan dua buah inductor (transmitter dan receiver) dalam menyalurkan energy dalam bentuk arus listrik sinusoid, dalam hal ini seperti kinerja transformator hanya saja ada perbedaan adanya kern atau inti besi pada transformator sedangkan pada WET tidak ada.[Kurs, A, 2007]

Andre Kurs dan kelompoknya pada tahun 2007 meneliti tentang "Sepasang Coil Magnetic Resonances yang kuat sebagai WET". Penelitian dilakukan dengan batasan-batasan $h=20$ cm, $a=3$ mm, $r=30$ cm, dan $n=5,25$. Nilai besaran h dengan ketidak pastian 10 % atau sebesar 2 cm. Yang bersangkutan menyatakan apabila transmitter bekerja pada frekuensi $10,56 \pm 0,3$ MHz atau ada penurunan sebesar 5 % transmitter bekerja pada frekuensi 9,90 MHz.[Kurs, A, 2007]

Penelitian WET oleh Marrin Soljadic dari MIT 2007 Menggabungkan teori resonansi dengan teori kopling induktif yang disebut Resonance Inductive Coupling (RIC). Fungsi resonansi adalah untuk meningkatkan efisiensi jarak garis gaya medan magnet dan memperbesar jarak pengiriman transfer energy ke sisi penerima (RX) dengan frekuensi yang sama. Marrin Soljadic mampu mengirimkan energy dengan jarak mencapai 2 m dengan efisiensi mencapai 40 % menggunakan frekuensi antara 1 MHz – 10 MHz.

Penelitian WET oleh Mandip Jung Sibakoti dan Joi Hambleton 2007 didasari dari karya MIT. Tujuannya adalah mentransfer energy dalam satuan watt ke rangkaian penerima RX dari gelombang AC yang beresilasi, kemudian dirubah menjadi DC sebagai keluaran. Mandip Jung Sibakoti mengirimkan energy dengan menggunakan frekuensi antara 1 MHz – 20 MHz.

Prinsip kerja WET :

Prinsip kerja WET hampir sama dengan prinsip kerja transformator. Proses terjadinya transfer energy adalah ketika sumber tegangan menyalurkan arus bolak-balik ke

rangkaian kumparan TX (pengirim), maka dirangkaian kumparan TX akan menghasilkan medan magnetic disekeliling kumparan. Medan magnet pada kumparan akan menciptakan garis-garis gaya medan magnetic. Kumparan TX yang menghasilkan medan magnetic, akan menginduksi (induksi bersama) kumparan RX(rangkaian penerima energy listrik). Dengan satu syarat kumparan RX harus berada di area garis gaya medan magnetic kumparan TX. Hasil induksi bersama menghasilkan medan magnetic di kumparan RX. Pada rangkaian TX terjadi perubahan nilai tegangan sehingga menimbulkan perubahan medan listrik yang mengalir di rangkaian TX. Perubahan medan listrik terhadap waktu akan menimbulkan perubahan fluks medan magnet di sekeliling kumparan TX. Perubahan medan magnet di kumparan TX menciptakan berubahnya medan yang diinduksi pada kumparan RX. Perubahan tersebut mengakibatkan berubahnya medan magnet di kumparan TX. Medan magnet pada kumparan RX yang berubah ubah terhadap waktu akan menghasilkan medan listrik dan menimbulkan tegangan induksi pada rangkaian kumparan RX.

Resonansi Induktif Medan Elektromagnetik

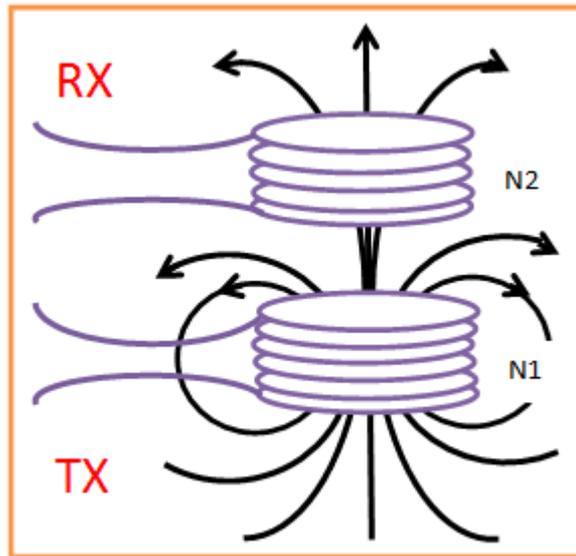
Penggunaan Resonansi Induktif Medan Elektromagnetik untuk meningkatkan band-width gelombang medan electromagnetic dengan menggunakan frekuensi yang sama antara sinyal pengirim dengan sinyal penerima, sehingga jarak pengiriman energy wireless menjadi lebih jauh dan dengan efisiensi daya lebih tinggi. Frekuensi yang dipergunakan menggunakan frekuensi tinggi menggunakan rangkaian osilator (variasi gabungan antara komponen kapasitor, inductor, dan transistor).

Induktansi Sendiri

Induktansi Sendiri adalah munculnya tegangan listrik pada suatu kumparan pada saat terjadinya perubahan arus. Apabila suatu kawat penghantar/kumparan berpotongan dengan medan magnet, maka akan terjadi tegangan pada kawat/kumparan tersebut.

Induktansi Bersama

Induktansi Bersama (Mutual Inductance) apabila terdapat dua buah kumparan (N1 dan N2) atau belitan inductor yang saling berdekatan, bisa terjadi induktansi bersama. Proses terjadinya induktansi bersama ketika kumparan N1 dialiri arus maka akan timbul fluks magnetic. Fluks Magnetik pada kumparan N1 akan merambat pada kumparan N2 dan akan menimbulkan induksi medan magnet pada kumparan N2. Fluks medan magnet pada kumparan N2 akan menghasilkan gaya gerak listrik induksi pada kumparan N2. Tegangan induksi bersama didefinisikan ketika arus (i) mengalir melalui kumparan, maka disekeliling kumparan akan timbul fluks magnetic (\emptyset). 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 (\emptyset) dibagi waktu.



Gambar 1 :Induktansi bersama M_{21} Pada kumparan N_2 yang diakibatkan kumparan N_1 .

Induktansi bersama (M) terdiri dari dua buah inductor yang saling berinduksi dengan persamaan :

$$M_{21} = N_1 \cdot N_2 \cdot P_{21}$$

$$M_{21} = M_{12}$$

Keterangan :

M_{21} = Nilai induktansi bersama dimana menunjukkan keterkaitan GGL yang terinduksi dalam kumparan 2 yang disebabkan oleh perubahan arus dalam kumparan 1.

N_1 = Jumlah lilitan dalam kumparan 1.

N_2 = Jumlah lilitan dalam kumparan 2.

P_{21} = Permeansi ruang dimana fluks magnetic berada.

Indikator keterkaitan antar kumparan dinyatakan sebagai koefisien kopling (bernilai antara 0 sampai 1), dinyatakan sebagai persamaan :

$$M = k \sqrt{L_1 \cdot L_2}$$

Keterangan :

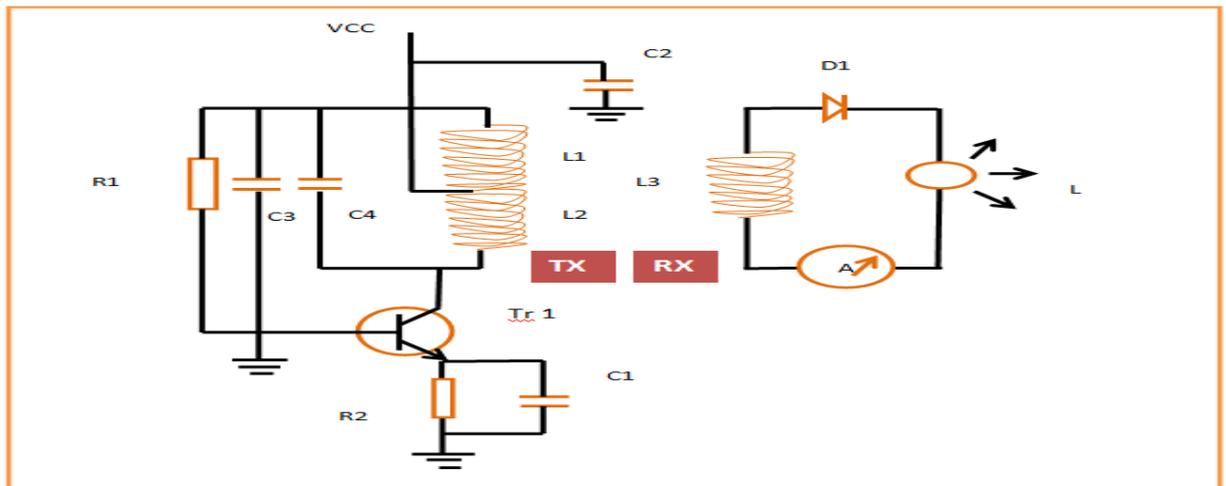
K = Koefisien kopling ($k=0-1$) L_1 = Nilai induktansi kumparan pertama

L_2 = Nilai induktansi kumparan kedua.

Apabila kedua sisi kumparan adalah rangkaian LC dimana frekuensi dan tegangan menjadi penting. Nilai induktansi kedua kumparan menentukan bentuk kurva respon frekuensi. Kurva respon frekuensi terdiri dari loose-coupling, critical-coupling, dan over-coupling. Apabila kurva frekuensi rangkaian kumparan adalah loose-coupling, maka ukuran bandwidthnya akan sempit. Ketika nilai induktansi bersama ditingkatkan ukuran bandwidth pada respon curva frekuensi ikut naik. Namun saat itu nilai induktansi bersama telah melampaui titik kritis, respon bandwidth akan mulai menurun.

METODE PENELITIAN

Metode yang dipergunakan dalam membuat prototype WET ini adalah resonansi induktif elektromagnetik pada rangkaian pengirim dan rangkaian penerima. Rangkaian pengirim kita namakan rangkaian TX sedang rangkaian penerima energy kita namakan RX. Rangkaian TX terdiri dari (a) rangkaian osilasi dan (b) kumparan TX. Sedang rangkaian RX terdiri dari (a) kumparan RX dan (b) diode. Dapat dilihat dengan lebih jelas pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 2 : Rangkaian WET terdiri dari TX

Apabila kedua sisi kumparan adalah rangkaian LC dimana frekuensi dan tegangan akan terkait dengan resonansi antara rangkaian sekunder pada frekuensi osilasi rangkaian primer. Maka dari itu dikatakan menggunakan metode resonansi induktif. Namun pada penelitian ini masih belum memperhatikan metode tersebut, akan tetapi dicoba untuk memperbanyak lapisan rangkaian primer dari satu rangkaian sampai empat rangkaian primer.

4. PELAKSANAAN

Guna meningkatkan medan listrik dapat dibuat rangkaian primer terdiri dari beberapa lapis, sehingga arus listrik pada rangkaian sekunder dapat meningkat signifikan. Dengan cara ini usaha untuk mentransfer energy diatas 6 watt dapat dilakukan.

Menghitung medan magnet B pada rangkaian primer (TX) dengan input Tabel 1 (Cheng, D K, 1993) :

Tabel 1 : Masukan untuk menghitung medan magnet B (Tesla)

No	Parameter	Nilai
1	Jumlah lilitan inductor (n)	16 turn
2	Besar arus (I)	0.1 A
3	Jarak ukur (z)	0.02 m
4	Jari-jari inductor (b)	0.02 m
5	Permeabilitas (μ_0)	$4\pi \cdot 10^{-7}$

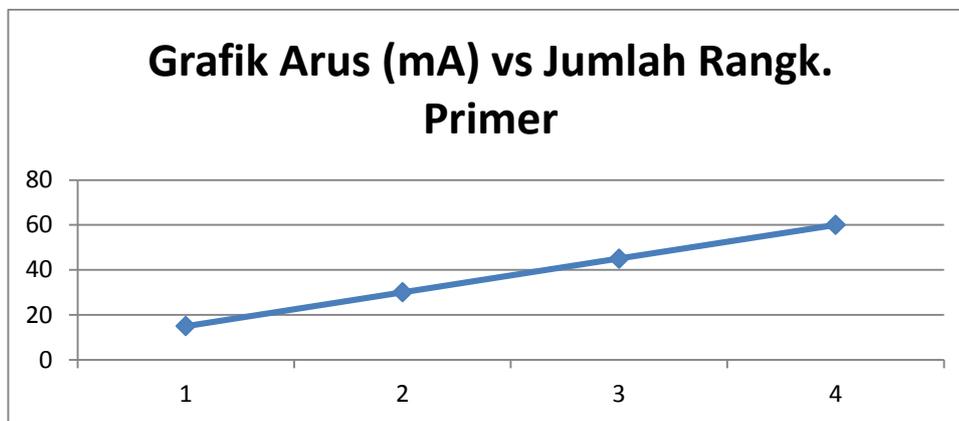
$$B = (n a_z \mu_0 I b^2) / 2(z^2 + b^2)^{3/2}$$

$$B = 0.2 \cdot 10^{-4} \text{ T}$$

Dengan cara melipatgandakan jumlah lapisan TX usaha untuk mentransfer energy diatas 6 watt dapat dilakukan Tabel 2.

Tabel 2 :Jumlah lapisan TX vs Arus RX

No	Lapisan TX (Lapis)	B-TX (T)	Arus RX (mA)
1	1	$0.2 \cdot 10^{-4}$	15
2	2	$0.4 \cdot 10^{-4}$	30
3	3	$0.6 \cdot 10^{-4}$	45
4	4	$0.8 \cdot 10^{-4}$	60



Gambar 3 : Grafik antara arus rangkaian sekunder terhadap jumlah rangkaian primer.

Menghitung efisiensi prototype WET yang dibuat, dengan hasil yang masih perlu ditingkatkan. Peningkatan efisiensi tentu memerlukan proses desain dari awal, dan ini memerlukan satu tahapan penelitian berikutnya.

Tabel 3 : Hasil hitungan efisiensi prototype WET

	Jml-Primer	I (mA)	V (Volt)	P (Watt)
Daya Sumber	1	300	5	1.65
Daya Diterima	1	15	1.2	0.018
Efisiensi (%)				1.1
Daya Sumber	4	1200	5	6
Daya Diterima	4	60	1.2	0.72
Efisiensi (%)	4			12

5. KESIMPULAN

Kami mendiskusikan penerapan praktis dari prototype system WET yang dapat dibuat beberapa lapis dengan tujuan meningkatkan medan magnet rangkaian TX

mengakibatkan peningkatan arus RX dan menyarankan untuk study lebih dalam tentang peningkatan transfer energy yang lebih besar, dengan demikian usaha untuk mentransfer energy bagi peralatan yang lebih besar dapat dilakukan. Daya output prototipe system WET yang dibuat sebesar 0.72 Watt serta Efisiensi dari Prototipe system WET yang dibuat (12 %), masih dapat ditingkatkan lagi dengan metode resonansi induktif.

DAFTAR PUSTAKA

1. Cheng, D K, **Fundamentals of Engineering Electromagnetics**, Addison-Wesley, Singapore, 1993
2. Apoorva, P, **Design of Wireless Power Transfer System using Inductive Coupling and Matlab Programming**, www.iritcc.org Vol 3- Issue 6, 3817-3825, 2015.
3. Kurs, A, **Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonance**, [www: sciencemag.org](http://www.sciencemag.org), 317, 83, 2007
4. Hamam, RE, **Efficient Weakly-Radiative Wireless Energy Transfer**, www.Elsevier.com **Science Direct Annals of Physic**, 324, 1783-1795, 2009
5. Sanghoon, C, **Wireless Energy Transfer System**, ETRI, 34-4, 527, 2012
6. Prasanth, V, K, **Wireless Power Transfer for E-Mobility**, Delft Thesis, scolargoogle.com, . 2013
7. Karalis, A, **Efficient wireless non-radiative mid-range energy transfer**, www.Science Direct.com **Annals of Physic**, 323, 2008, 34-48, 2007
8. Erdem, A, **Efficiency Analysis of Bi-directional DC/DC Converter for Wireless Energy Transfer Applications**, www.IEEE.com 978-1-4673-7151-3/15. 2015
9. Grobmann, D, **Inductive Charging – From Evaluation to Standardized E-Mobility**, **Hanser automotive Special Edition E-Mobility**, issue 9-10/2016. 2003
10. Tesla, N, 1893, US-Paten