

WIRELESS POWER TRANSFER SYSTEM MENGUNAKAN MAGNETIC RESONANT COUPLING

Roedy Kristiyono^{1*}, Bambang Supriyanto²

^{1,2} Program Studi Teknik Elektronika, Akademi Teknologi Warga Surakarta
Jl. Raya Solo Baki Km.2, Kwarasan Grogol Solo Baru, Sukoharjo

*Email: roedykristiyono1970@gmail.com

ABSTRAK

Saat ini listrik adalah kebutuhan utama manusia, tetapi kemudian muncul masalah untuk memenuhi energi listrik dengan sejumlah kabel yang digunakan untuk mentransfer energi listrik dari sumber ke beban. Kelemahan lainnya adalah pemasangan kabel yang tidak rapi dan kehilangan daya listrik pada transmisinya. Transfer energi listrik secara nirkabel memiliki beberapa kelebihan yang dapat meminimalkan beberapa masalah dalam penggunaan kabel.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah mengirimkan energi listrik tanpa kabel dengan cara medan elektromagnetik resonansi induktif.

Ada dua buah gulungan tembaga yang digunakan untuk menghasilkan resonansi induktif bersama. Transfer daya nirkabel terdiri dari dua sirkuit utama. Satu sebagai sirkuit pemancar dan yang lainnya sebagai sirkuit penerima. Sirkuit pemancar terdiri dari transformator stepdown, penyearah, amplifier dan koil pemancar. Sirkuit penerima terdiri dari koil penerima dan penyearah serta beban dc. Realisasi penelitian menyatakan bahwa tegangan dalam bentuk Vdc dan arus yang dikirim berada dalam kisaran mA dengan frekuensi yang beragam dengan menghasilkan jarak daya yang terkirim berbeda beda antara 0 cm – 30 cm.

Kata kunci : *WPT, Resonance, Wireless, Electromagnetik*

ABSTRACT

At present electricity is a major human need, but then a problem arises to fulfill electrical energy with a number of wires used to transfer electrical energy from source to load. Another disadvantage is the installation of an untidy cable and loss of electrical power in the transmission. Wireless electrical energy transfer has several advantages that can minimize some of the problems in using cables.

The method used in this study is to transmit electrical energy wirelessly by means of inductive resonant electromagnetic fields.

There are two copper coils that are used to produce a joint inductive resonance. Wireless power transfer consists of two main circuits. One as a transmitter circuit and the other as a receiver circuit. The transmitter circuit consists of a stepdown transformer, rectifier, amplifier and transmitter coil. The receiver circuit consists of a receiver coil and a rectifier and a dc load. The realization of the study states that the voltage in the form of Vdc and the current sent are in the range of mA with varying frequencies to produce the distance of the power sent to differ between 0 cm - 30 cm.

Keyword : *WPT, Resonance, Wireless, Electromagnetik*

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia saat ini, dimana banyak aktifitas manusia tidak terlepas dari penggunaan energi listrik. Akan tetapi muncul permasalahan yang sering terjadi dalam usaha pemenuhan energi tersebut seperti banyaknya kabel tembaga yang digunakan apabila ingin mengirimkan energi listrik dari sumbernya. Selain itu, terdapat kekurangan lainnya dalam pemakaian kabel tembaga sebagai penghantar energi listrik, yaitu rentan terhadap berbagai gangguan frekuensi listrik maupun radio, kapasitas lebar jalurnya (*bandwith*) terbatas, instalasi kurang rapi, terjadi rugi-rugi daya, hingga boros secara ekonomi [1].

Kemajuan teknologi saat ini lebih mengarah pada penggunaan teknologi tanpa kabel (*wireless*) untuk memenuhi kebutuhan manusia akan energi listrik, terutama untuk kebutuhan rumah tangga, seperti menyalakan lampu, kipas angin, dan peralatan elektronik lainnya. Percobaan transfer energi listrik tanpa kabel pertama kali dilakukan oleh Nikola Tesla pada tahun 1893. Lalu pada tahun 2007, *Massachussets Institute of Technology* (MIT) melakukan percobaan transfer energi listrik dengan teknik resonansi elektromagnetik, yaitu suatu fenomena dimana apabila suatu objek bergetar dengan frekuensi tertentu, dapat mempengaruhi objek lain dengan jarak tertentu yang memiliki frekuensi sama atau hampir sama. Dengan memanfaatkan rangkaian pengirim (*transmitter*) dan penerima (*receiver*) pada kopling induktif, energi listrik mungkin untuk ditransfer tanpa kabel (*wireless transfer energy*) [2][3].

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari prinsip kerja transfer energi listrik tanpa kabel (*wireless transfer energy*) berbasis teknik resonansi induktif medan elektromagnetik dengan beban listrik DC. Manfaat dari penelitian ini yaitu mengetahui prinsip kerja dari rangkaian pemancar (*transmitter*) dan rangkaian penerima (*receiver*) pada rancang bangun transfer energi listrik tanpa kabel (*wireless transfer energy*) berbasis teknik resonansi induktif medan elektromagnetik dengan beban listrik DC.

Transfer energi listrik tanpa kabel adalah proses transmisi energi listrik dari satu tempat ke tempat lain melalui media udara tanpa menggunakan kabel. Transfer energi listrik tanpa kabel memanfaatkan dua rangkaian kumparan dimana salah satu rangkaian kumparan berperan sebagai pengirim (*transmitter*) dan kumparan lain sebagai penerima (*receiver*).

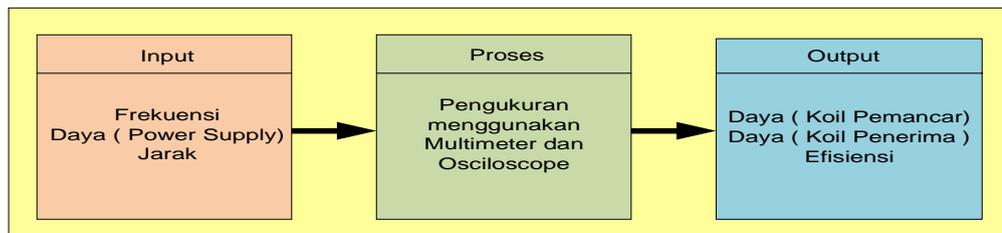
Dengan transfer energi listrik tanpa kabel, energi listrik bisa ditransmisi dengan memanfaatkan metode induktif *coupling* untuk jarak yang pendek, resonansi induksi untuk jarak yang menengah, dan gelombang elektromagnetik untuk jarak jauh.

Transfer energi listrik tanpa kabel menggunakan metode resonansi induktif merupakan transfer energi listrik tanpa kabel untuk jarak menengah. Metode ini bekerja berdasarkan prinsip induksi medan elektromagnetik, apabila sumber tegangan menyalurkan arus bolak-balik (AC) ke rangkaian kumparan pengirim maka kumparan pengirim akan menghasilkan medan magnetik di sekeliling kumparan. Medan magnet pada kumparan akan menciptakan garis-garis gaya medan magnetik. Kumparan pengirim yang menghasilkan medan magnet kemudian menginduksi (induksi bersama) kumparan penerima dengan syarat kumparan penerima harus berada di area garis gaya medan magnetik kumparan pengirim. Hasil induksi bersama menghasilkan medan magnet di kumparan penerima dan arus listrik juga mengalir di kumparan penerima [4].

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Model Penelitian

Penelitian yang dilakukan dapat dijelaskan dengan lebih baik melalui blok diagram seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Blok Diagram Penelitian

Gaya gerak listrik (GGL) adalah suatu kemampuan untuk membuat kedua ujung sebuah logam yang diletakkan dalam medan listrik memiliki beda potensial yang tetap harganya. Prosesnya adalah sebagai berikut, apabila sebatang logam diletakkan dalam medan listrik, maka elektron bebas akan mendapat gaya medan listrik. Akibatnya elektron bebas terkumpul pada salah satu ujung logam, maka ujung logam yang lain menjadi positif.

GGL juga didefinisikan sebagai kerja (dW) yang dilakukan untuk memindahkan pengangkut-pengangkut muatan (dq) dalam medan listrik. Jika GGL dilambangkan dengan ε [5], maka dapat dinyatakan:

$$\varepsilon = dW/dq \quad (1)$$

Keterangan:

ε adalah Gaya gerak listrik (Joule/ coulumb)

Apabila gaya gerak listrik ini terjadi pada suatu kumparan maka terdapat beda potensial diantara ujung-ujung kumparan menyebabkan timbulnya arus listrik yang mengalir pada kumparan tersebut, dimana dalam hukum ohm dijelaskan bahwa tegangan berbanding lurus terhadap arus listrik dikalikan dengan tahanan [6], persamaannya adalah sebagai berikut.

$$V=I.R \quad (2)$$

Keterangan :

V adalah Tegangan listrik (volt)

I adalah Arus Listrik (A)

R adalah Tahanan (Ω)

Garis gaya magnet (GGM) adalah arah medan magnet yang berupa garis-garis yang menghubungkan kutub-kutub magnet. Setiap magnet memiliki kutub magnet yang saling berlawanan, yaitu kutub utara (U) dan kutub selatan (S), yang keduanya memiliki energi untuk menarik sekeping besi atau semacamnya. Sama halnya dengan muatan listrik, kutub yang senama saling tolak-menolak dan kutub yang berlawanan saling tarik-menarik. Daerah di antara kutub utara dan kutub selatan disebut medan magnet. Medan magnet memiliki energi untuk menarik sekeping logam atau semacamnya [7].

Gaya yang timbul akibat interaksi kawat berarus listrik di dalam medan magne disebut Gaya Lorentz. Besarnya gaya ini ditentukan oleh 3 hal, yaitu besarnya arus yang mengalir pada kawat, panjang kawat, dan besarnya medan magnet yang berada di sekitar kawat. Secara matematis, gaya Lorent (F) [6] dirumuskan sebagai berikut.

$$F = B \cdot I \cdot \ell \quad (3)$$

Keterangan:

F adalah gaya Lorentz (N)

I adalah besar arus (Ampere);

B adalah besarnya medan magnet (Tesla);

ℓ adalah panjang kawat (meter)

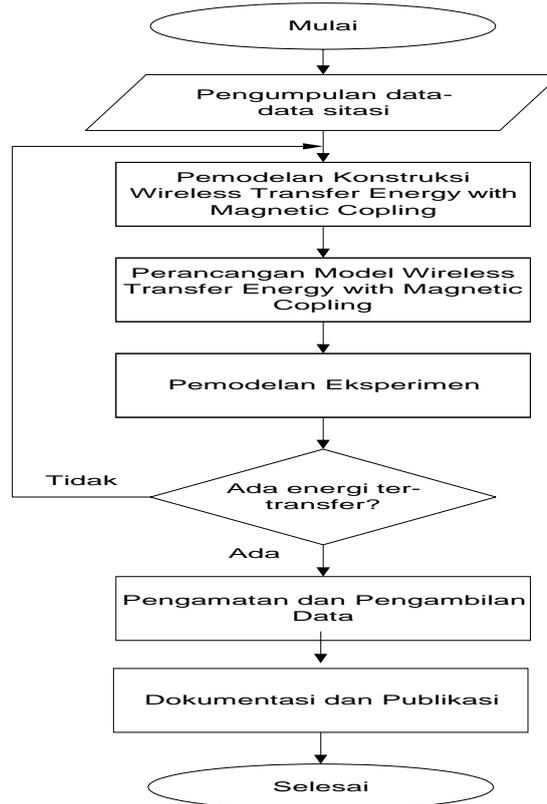
2.2 Implementasi Sistem

Pengimplementasian dari sistem *inductive resonant coupling* diperlukan untuk melakukan proses penelitian. Hal ini diperlukan agar mendapatkan hasil dari proses penelitian yang ilmiah. Sistem tersebut akan diimplementasikan sesuai dengan blok diagram yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem *Inductive Resonant Coupling*

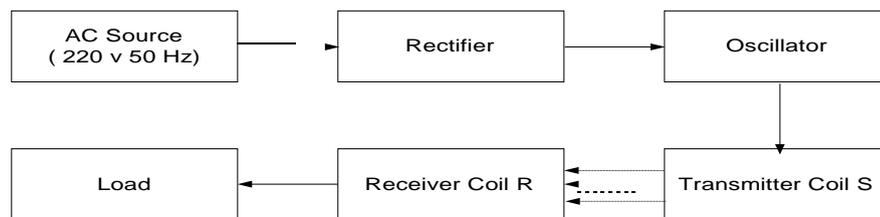
Sumber listrik (*power source*) yang digunakan pada penelitian ini berasal dari *power supply*. *Power supply* ini mampu menghasilkan daya yang fleksibel, sehingga daya bisa diatur sesuai kebutuhan penelitian. Untuk ukuran – ukuran jumlah daya yang digunakan pada penelitian ini akan dibahas pada bab selanjutnya. Daya listrik yang dihasilkan oleh *power supply* akan masuk ke rangkaian *mixer*. Rangkaian *mixer* ini merupakan sebuah transistor yang dijadikan titik temu pencampuran daya antara daya listrik yang dihasilkan oleh *power supply* dengan daya yang dihasilkan oleh rangkaian osilator. Rangkaian osilator ini dapat bekerja karena mendapatkan daya yang berasal dari daya *feedback* koil pemancar. Dalam penelitian ini rangkaian osilator berfungsi sebagai rangkaian yang mengolah daya listrik agar *fluks* yang terdapat pada koil pemancar tetap stabil. Koil pemancar sendiri mendapatkan daya yang merupakan hasil dari rangkaian *mixer*. Daya yang melewati koil ini akan membangkitkan *fluks* di sekitar koil tersebut. Perputaran dari *fluks* ini akan menyebabkan bangkitnya daya listrik pada koil penerima. Daya listrik pada koil penerima akan memasuki *load* (beban). Daya tersebut selanjutnya dapat diukur menggunakan osiloskop maupun *multimeter* yang diletakkan pada *load*.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

2.3 Blok Diagram Konstruksi

Pada Gambar 4 menyatakan bahwa Blok Diagram Konstruksi yang akan dilakukan dalam penelitian.



Gambar 4. Blok Diagram Konstruksi Penelitian

Pada Gambar 4 dapat dijelaskan, energi yang berasal dari PLN (AC = Alternating Current) di konversi menjadi energi yang bersifat DC (Direct Current), energi ini yang ditansfer/dipindah dengan tidak menggunakan kabel (*wireless*). Energi yang dipindahkan ini langsung dimanfaatkan oleh suatu beban (load). Sehingga akan terlihat jelas ada suatu energi yang dipindahkan tanpa hubungan/link secara tampak (*wiring*).

2.4 Koil Pemancar dan Koil Penerima

Koil pemancar dan koil penerima yang digunakan terbuat dari kabel NYA dengan ukuran diameter kabel 4 mm yang dibentuk *multiple circle*. Kedua koil ini mampu menerima tegangan maksimal hingga 750 V. Koil pemancar terdiri dari 9 lilitan dan koil penerima terdiri dari 10 lilitan. Jari – jari terluar dari kedua koil yang digunakan adalah 9 cm. Sedangkan jari – jari terdalam dari kedua koil yang digunakan adalah 0.3 cm. Gambar 5 menunjukkan koil yang digunakan.



Gambar 5. Koil Pemancar dan Koil Penerima

Koil pemancar merupakan bagian dari perangkat transmisi listrik yang berperan utama dalam menginduksikan listrik. Oleh karena itu perlu diketahui besarnya nilai induktansi dari koil pemancar yang digunakan. Tabel 3.1 menampilkan nilai dari parameter – parameter penyusun rumus dan perhitungan dari nilai induktansi pada koil pemancar.

Tabel 1. Perhitungan Nilai Induktansi pada Koil Pemancar

Parameter	Koil Pemancar
r= jari-jari lingkaran	9 cm
n= jumlah lingkaran	9 lilit
d= r –(jari-jari lingkaran dalam)	8.7 cm
L= induktansi	$L = \frac{9^2 9^2}{(2(9) + 2.8(8.7)) + 10^5}$
$L = \frac{r^2 n^2}{(2r + 2.8d) + 10^5}$	$L = 0.00154 H$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

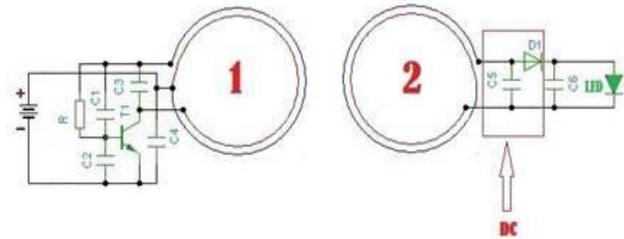
Tabel 2. menampilkan nilai – nilai dari parameter yang digunakan pada rumus dan proses perhitungan frekuensi.

Tabel 2. Perhitungan frekuensi

f_1	f_2	f_3
$L = 0.00154 H$	$L = 0.00154 H$	$L = 0.00154 H$
$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}}$	$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}}$	Kapasitor yang digunakan hanya pada C1, yaitu sebesar 10nF
$C = \frac{1}{\frac{1}{1} + \frac{1}{1}}$	$C = \frac{1}{\frac{1}{1.8} + \frac{1}{1.8}}$	$C = C_1 = 10nF$
$C = 2nF = 2 \cdot 10^{-9} F$	$C = 1.1nF = 1.1 \cdot 10^{-9} F$	
$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{(0.00154 \times (2 \cdot 10^{-9}))}}$	$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{(0.00154 \times (2 \cdot 10^{-9}))}}$	$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{(0.00154 \times (2 \cdot 10^{-9}))}}$
$f = 90.73 KHz$	$f = 128.31 KHz$	$f = 40.58 KHz$

3.1. Hasil Pengujian Perangkat Transmisi

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai dari tegangan yang ditransmisikan (V_{in}), tegangan yang berhasil ditransmisikan (V_{out}), arus yang ditransmisikan (I_{in}), dan arus yang berhasil ditransmisikan (I_{out}). Nilai ini didasarkan pada perubahan yang diberikan pada nilai tegangan pada power supply, frekuensi yang digunakan dan jarak antara koil pemancar dan koil penerima.



Gambar 3.2 Rangkaian Pengujian Wireless Power Transfer

Tabel 3. Nilai – Nilai Tegangan dan Arus dari Hasil Pengujian 1 dengan Frekuensi 90.73 KHz dan $V_{in} = 5.37$ V

Jarak (cm)	Pada Koil Pemancar		Pada Koil Penerima	
	I_{in} (A)	V_{in} (V)	I_{out} (A)	V_{out} (V)
3	0.01	5.37	0.0047	7.84
6	0.01	5.37	0.0009	5.02
9	0.01	5.37	0.0003	2.88
12	0.01	5.37	0.00001	1.69
15	0.01	5.37	0.00001	1.17
18	0.01	5.37	0.00001	0.80
21	0.01	5.37	0.00001	0.60
24	0.01	5.37	0.00001	0.42
27	0.01	5.37	0.00001	0.40
30	0.01	5.37	0.00001	0.39

Tabel 4. Nilai – Nilai Tegangan dan Arus dari Hasil Pengujian 2 dengan Frekuensi 90.73 KHz dan $V_{in} = 7.97$ V

Jarak (cm)	Pada Koil Pemancar		Pada Koil Penerima	
	I_{in} (A)	V_{in} (V)	I_{out} (A)	I_{in} (A)
3	0.02	7.97	0.0047	7.84
6	0.02	7.97	0.0009	5.02
9	0.02	7.97	0.0003	2.88
12	0.02	7.97	0.0001	1.69
15	0.02	7.97	0.0001	1.17
18	0.02	7.97	0.0001	0.80
21	0.02	7.97	0.0001	0.60
24	0.02	7.97	0.0001	0.42
27	0.02	7.97	0.0001	0.40
30	0.02	7.97	0.0001	0.39

3.2. Hasil Perhitungan Daya Listrik dan Efisiensi Daya

Proses perhitungan daya (Pin dan Pout) dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$P = I \times V \quad (4)$$

Keterangan:

P adalah daya (W)

I adalah Arus (A)

V adalah Tegangan (V)

Sesuai dengan rumus tersebut, maka diperlukan nilai tegangan dan arus pada titik yang ingin diketahui dayanya. Oleh karena itu, proses perhitungan daya ini menggunakan nilai dari tegangan dan arus yang telah didapat pada tahap pengujian perangkat transmisi. Sedangkan untuk perhitungan efisiensi dapat menggunakan rumus (2). Rumus tersebut didasarkan pada pernyataan tingkat efisiensi akan 100 %, jika daya yang ditransmisikan (Pin) pada koil pemancar akan sama dengan daya yang berhasil ditransmisikan (Pout) pada koil penerima.

$$efisiensi = \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \right) \quad (5)$$

Keterangan:

$efisiensi$ adalah efisiensi transmisi daya

P_{in} adalah daya yang ditransmisikan pada koil pemancar (W)

P_{out} adalah daya yang berhasil ditransmisikan pada koil penerima (W)

Tabel 5. Hasil Perhitungan Daya dan Efisiensi Berdasarkan Kesamaan Parameter Uji pada Frekuensi 40.58 KHz

Jarak (cm)	Koil Pemancar			Koil Penerima			Efisiensi (%)
	I_{in} (A)	V_{in} (V)	P_{in} (watt)	I_{out} (A)	V_{out} (V)	P_{out} (watt)	
3	0,015	5	0,075	0,03	6,18	0,01854	24,72
3	0,025	6	0,15	0,0042	6,02	0,025284	16,856
3	0,035	7	0,245	0,0082	5,67	0,046494	18,97714
6	0,015	5	0,075	0,005	2,54	0,0127	16,93333
6	0,025	6	0,15	0,006	2,23	0,01338	8,92
6	0,035	7	0,245	0,009	2,83	0,02547	10,39592
9	0,015	5	0,075	0,0011	1,67	0,001837	2,449333
9	0,025	6	0,15	0,0014	1,8	0,00252	1,68
9	0,035	7	0,245	0,0015	1,4	0,0021	0,857143
12	0,015	5	0,075	0,002	1,04	0,00208	2,773333
12	0,025	6	0,15	0,0015	0,89	0,001335	0,89
12	0,035	7	0,245	0,0009	0,83	0,000747	0,304898
15	0,015	5	0,075	0	0,6	0	0
15	0,025	6	0,15	0	0,7	0	0
15	0,035	7	0,245	0	0,7	0	0
18	0,015	5	0,075	0	0,46	0	0
18	0,025	6	0,15	0	0,47	0	0
18	0,035	7	0,245	0	0,51	0	0

21	0,015	5	0,075	0	0,59	0	0
21	0,025	6	0,15	0	0,39	0	0
21	0,035	7	0,245	0	0,33	0	0
24	0,015	5	0,075	0	0,3	0	0
24	0,025	6	0,15	0	0,27	0	0
24	0,035	7	0,245	0	0,27	0	0
27	0,015	5	0,075	0	0,26	0	0
27	0,025	6	0,15	0	0,26	0	0
27	0,035	7	0,245	0	0,24	0	0
30	0,015	5	0,075	0	0,24	0	0
30	0,025	6	0,15	0	0,23	0	0
30	0,035	7	0,245	0	0,22	0	0

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat jarak antara koil pemancar dengan koil penerima, nilai daya yang ditransmisikan (P_{in}), dan frekuensi transmisi mempengaruhi besarnya nilai efisiensi. Saat parameter – parameter pengukuran tersebut diberikan nilai yang berbeda, akan menghasilkan nilai efisiensi yang berbeda pula. Berikut ini penjelasan lebih rinci mengenai pengaruh parameter – parameter pengukuran yang digunakan terhadap. Pengaruh jarak antara koil pemancar dengan koil penerima terhadap efisiensi. Semakin pendek jarak antara koil pemancar dengan koil penerima, akan menghasilkan nilai efisiensi yang semakin besar pula. Hal ini terjadi pada saat nilai tegangan yang ditransmisikan (V_{in}) sama dan menggunakan frekuensi 40.58 KHz, 90.73 KHz atau 128.31 KHz. Pengaruh nilai daya yang ditransmisikan (P_{in}) terhadap efisiensi.

Semakin besar daya yang ditransmisikan (P_{in}), akan menghasilkan nilai efisiensi yang semakin kecil. Hal ini terjadi pada saat jarak antara koil pemancar dengan koil penerima sama dan menggunakan frekuensi 128.31 KHz. Namun pernyataan tersebut tidak berlaku pada saat jarak antara koil pemancar dengan koil penerima sama dan menggunakan frekuensi 40.58 KHz atau 90.73 KHz. Hal ini terjadi dikarenakan oleh nilai arus yang ditransmisikan (I_{in}) yang berbeda pada saat menggunakan frekuensi 90.73 KHz, 128.31 KHz dan 40.58 KHz. Nilai I_{in} dipengaruhi oleh transistor yang digunakan pada bagian pemancar.

Prinsip kerja transistor seperti *switch* atau keran air. Jadi saat perbandingan arus antara bagian *collector* dengan *basis* menyebabkan jalur *output* terbuka lebar, maka arus yang dihasilkan pada bagian *emitter* akan besar. Begitu juga sebaliknya saat perbandingan arus antara bagian *collector* dengan *basis* menyebabkan jalur *output* sempit, maka arus yang dihasilkan pada bagian *emitter* akan kecil. Pengaruh frekuensi transmisi terhadap efisiensi. Semakin besar nilai frekuensi transmisi yang digunakan, maka nilai efisiensi semakin besar pula. Hal ini terjadi pada saat jarak antara koil pemancar dengan koil penerima dan nilai tegangan yang ditransmisikan (V_{in}) sama.

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapatkan setelah melakukan analisa dan perhitungan dari hasil pengujian perangkat transmisi :

- a. Semakin pendek jarak antara koil pemancar dengan koil penerima, akan menghasilkan nilai efisiensi yang semakin besar pula. Hal ini terjadi pada saat nilai tegangan yang ditransmisikan (V_{in}) sama dan menggunakan frekuensi 40.58 KHz, 90.73 KHz atau 128.31 KHz.
- b. Semakin besar daya yang ditransmisikan (P_{in}), akan menghasilkan nilai efisiensi yang semakin kecil. Hal ini terjadi pada saat jarak antara koil pemancar dengan koil penerima sama dan menggunakan frekuensi 128.31 KHz.
- c. Semakin besar nilai frekuensi transmisi yang digunakan, maka nilai efisiensi semakin besar pula. Hal ini terjadi pada saat jarak antara koil pemancar dengan koil penerima dan nilai tegangan yang ditransmisikan (V_{in}) sama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada bagian ini, peneliti menyatakan terima kasih kepada pihak Lab. Elektronika Prodi Teknik Elektronika Akademi Teknologi Warga yang telah berjasa dalam membantu penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hayt, W. H. (1990). Elektromagnetika Teknologi, Edisi 4 Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- [2] Herrera, J. R., Torres, H. R., Leal, H. V., & Angel, A. d. (2010). Experiment about wireless energy transfer. Proceedings of 1st International Congress on Instrumentation and Applied Sciences
- [3] Kesler, D. M. (2013). Highly Resonant Wireless Power Transfer: Safe, Efficient, and over Distance. Witricity
- [4] Lee, G., Waters, B. H., Shi, C., Park, W. S., & Smith, J. R. (2013). Design Considerations for asymmetric Magnetically Coupled Resonators used in Wireless Power Transfer Application. *biowireless - wireless power coil design* ,
- [5] Li, X., Yang, Y., & Gao, Y. (2013). visual prosthesis wireless energy transfer system optimal modeling. *Lietal. BioMedical Engineering OnLine* 2014, 13:3
- [6] Purnama, A. (2012, Febuari 17). Konsep Dasar Penyearah Gelombang (Rectifier). Diakses Januari 11, 2014, dari Elektronika Dasar: <http://www.elektronika-dasar.web.id>
- [7] Sasur, R. (2011). Wireless Energy Transfer. California: California Polytechnic State University. Sibakoti, M. J., & Hambleton, J. (2011). Wireless Power Transmission Using Magnetic Resonant.