

## RANCANG BANGUN TRANSMISI DAYA LISTRIK NIRKABEL BERBASIS RESONANSI INDUKTIF

Frysta Nintyas<sup>1</sup>, Engelin Shintadewi Julian<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Universitas Trisakti Jakarta

<sup>1</sup>Email: [eshintadewij@trisakti.ac.id](mailto:eshintadewij@trisakti.ac.id)

### ABSTRACT

*Wireless electrical power transmission is gaining popularity and is still in the development stage. Wireless electric power transmission continues to be developed because the use of cables often interferes with activities, while the use of batteries causes environmental problem in the form of electronic waste. The inductive resonance method was used where the electrical power sent by the transmitter circuit through the transmitter coil and received by the receiver circuit through the receiving coil. The power supply used in this experiment is switched mode power supply circuit which convert 220 V/50 Hz AC voltage to 12 V/ 5 A DC voltage. In the transmitter circuit, LC oscillator is used as inductive resonance signal generator with resonance frequency 355,1 kHz. In the receiver circuit, receiver coil captures the induction from transmitter coil, then rectified and amplified by DC step-up module XL6009. The test is carried out with no load by measuring the peak-to-peak voltage ( $V_{p-p}$ ) on the transmitter and receiver circuits with a voltage of 10  $V_{p-p}$  which produces a maximum 24.21 V DC output voltage at 1 cm distance and a measured voltage 1.6 V at 10 cm distance. The voltage drops to 15.04 V when the circuit was connected to a portable computer and the distance between transmitter and receiver coil was 1 cm.*

**Keywords:** electric power, wireless, induction, resonance

### ABSTRAK

Transmisi daya listrik nirkabel merupakan salah satu teknologi yang mulai populer dan masih dalam tahap pengembangan. Transmisi daya listrik nirkabel terus dikembangkan karena penggunaan kabel sering kali mengganggu aktivitas, sedangkan penggunaan baterai sekali pakai menyebabkan dampak lingkungan berupa sampah elektronik. Metode yang digunakan adalah resonansi induktif dimana daya listrik dikirim oleh rangkaian pemancar melalui koil pemancar dan diterima oleh rangkaian penerima melalui koil penerima. Rangkaian sumber tegangan berfungsi sebagai tegangan masukan pada rangkaian pemancar merupakan rangkaian *switched mode power supply* yang mengubah tegangan AC 220 V/50 Hz dari listrik jala-jala menjadi tegangan DC 12 V/5 A. Pada rangkaian pemancar, digunakan rangkaian osilator LC sebagai rangkaian penghasil sinyal resonansi induktif dengan frekuensi resonansi 355,1 kHz. Pada rangkaian penerima, koil penerima digunakan untuk menangkap sinyal induksi dari koil pemancar kemudian disearahkan dan diperkuat menggunakan modul DC *step-up* XL6009. Pengujian dilakukan tanpa beban dengan mengukur tegangan puncak-ke-puncak ( $V_{p-p}$ ) pada rangkaian pemancar dan rangkaian penerima dengan tegangan 10  $V_{p-p}$  yang menghasilkan tegangan *output* DC maksimum pada jarak 1 cm sebesar 24,21 V dan tegangan terukur pada jarak 10 cm adalah sebesar 1,6 V. Penurunan tegangan terjadi ketika pengujian dilakukan dengan beban komputer portabel, dimana tegangan DC keluaran mengalami penurunan menjadi sebesar 15,04 V pada jarak 1 cm.

**Kata Kunci:** transmisi; daya listrik; nirkabel; induksi; resonansi

## 1. PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Transmisi daya listrik pada mulanya dikembangkan secara konvensional dengan menggunakan kabel dan sekarang telah memasuki tahap pengembangan transmisi daya listrik yang lebih praktis namun masih terbatas pada aplikasi daya rendah, yaitu transmisi daya listrik nirkabel. Transmisi daya listrik nirkabel adalah proses transmisi listrik yang memanfaatkan kopleng elektromagnetik sehingga memungkinkan terjadi aliran listrik tanpa terkoneksi secara fisik satu sama lain (Nizam, 2013).

Teknologi transmisi daya listrik nirkabel sebagai alternatif distribusi daya listrik pertama kali dimulai dari diskusi antara Heinrich Hertz dan Nicola Tesla pada akhir abad 19. Pada tahun 1893, Nicola Tesla berhasil mendemonstrasikan penyalaan bola lampu pijar pada jarak 25 mil tanpa kabel. Namun, penelitian tersebut harus dihentikan karena pertimbangan biaya yang tinggi

pada masanya dan unsur keselamatan karena paparan radiasi gelombang elektromagnetik yang belum dihitung dampaknya dibandingkan dengan teknologi konvensional dengan kabel. Salah satu alasan pengembangan teknologi transmisi daya listrik nirkabel adalah untuk kepraktisan karena penggunaan kabel dianggap mengurangi kenyamanan pengguna (Muhammed, 2010).

Upaya untuk mengembangkan transmisi daya listrik nirkabel terus dikembangkan namun hasilnya kurang memuaskan sampai pada tahun 2007 para peneliti dari Massachusetts Institute of Technology (MIT) berhasil mendemonstrasikan pengiriman daya listrik nirkabel yang diberi nama WiTricity. Pada penelitian tersebut, bola lampu 60 watt dapat dinyalakan dari sumber tegangan berjarak sekitar 2 meter tanpa koneksi fisik (Franklin Hadley, 2007)

Selanjutnya Abidin dkk. (2015) melakukan percobaan transmisi daya listrik nirkabel untuk aplikasi daya rendah. Pada jarak 0 cm dengan tegangan dan arus pemancar 3,5 V/35 mA dapat diperoleh tegangan dan arus penerima 4,5 V/62 mA. Daya yang dihasilkan dapat dinaikkan dengan menambah nilai tegangan masukan dan menaikkan nilai induktansi pada penerima. Dengan menambah tegangan masukan, nilai fluks akan lebih besar dan menambah nilai induksi elektromagnetik.

Percobaan rancangan transmisi daya listrik lainnya dengan menggunakan rangkaian pemancar berupa rangkaian osilator *royer* dan antena pemancar berupa koil tembaga *loop*. Penggunaan rangkaian osilator ini dibutuhkan karena kebutuhan daya besar dan tidak membutuhkan rangkaian penguat lainnya. Adapun tujuan dari percobaan tersebut yaitu membuktikan transmisi daya listrik nirkabel menggunakan prinsip frekuensi resonansi dengan mengubah-ubah jumlah kapasitor pada rangkaian pemancar. Nilai kapasitor yang diubah-ubah mempengaruhi nilai frekuensi resonansi yang dihasilkan. Pada frekuensi yang lebih rendah, tegangan yang dihasilkan pada rangkaian pemancar dan tegangan yang diterima pada rangkaian penerima lebih tinggi (Kautsar, 2010).

### Rumusan Masalah

Penelitian ini berfokus pada pembuatan rancangan transmisi daya listrik nirkabel berbasis induksi frekuensi magnetik resonansi untuk satu *transmitter* dengan satu *receiver* yang terhubung dengan komputer portabel sebagai beban. Besar daya yang dibutuhkan yaitu daya yang dibutuhkan dalam proses *charging*.

## 2. METODE PENELITIAN

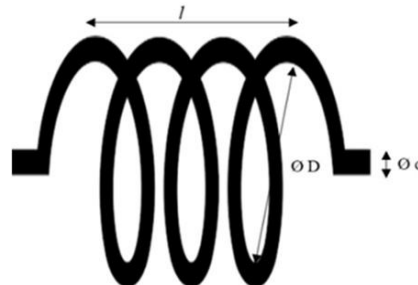
Secara umum sistem transmisi daya listrik nirkabel ini terdiri dari rangkaian pemancar dan penerima seperti ditunjukkan pada blok diagram Gambar 1. Rangkaian pemancar merupakan rangkaian penghasil frekuensi resonansi. Rangkaian pemancar ini memperoleh sumber tegangan DC dari *AC-to-DC converter* yang terhubung ke listrik jala-jala 220V. Rangkaian penerima merupakan rangkaian pasif yang akan menerima sinyal frekuensi resonansi yang dipancarkan koil pemancar menggunakan koil penerima. Pada rangkaian penerima terdapat rangkaian regulator dan rangkaian penguat.



Gambar 1. Blok diagram sistem secara umum

### Perancangan Koil Antena

Tujuan perancangan transmisi daya listrik nirkabel ini yaitu pada aplikasi pengisian ulang daya baterai komputer portabel. Adapun aplikasi transmisi daya listrik nirkabel tersebut ditetapkan pada jarak maksimal 10 cm dengan diameter koil antena dibuat sebesar 10 cm. Rancangan koil antena diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan koil antena

$D$  adalah diameter koil antena (m),  $d$  adalah diameter penampang koil (m), dan  $l$  adalah panjang koil (m). Pada rangkaian ini, koil pemancar yang digunakan adalah koil lilitan paralel dengan spesifikasi:  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  wb/Am;  $d = 0,6$  mm;  $N = 5$ ;  $l = 0,04$  m; dan  $D = 0,11$  m. Dengan menggunakan Persamaan (1) untuk menentukan nilai induktansi  $L$ , diperoleh nilai induktansi pada koil pemancar sebesar 7,355  $\mu$ H.

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l} \quad (1)$$

### Penentuan Frekuensi

Koil pemancar dan koil penerima memiliki nilai induktansi yang sama yaitu  $L = 7,355$   $\mu$ H. Pada rangkaian pemancar, kapasitor yang digunakan adalah kapasitor MKP dengan nilai 6,8 nF. Nilai frekuensi diperoleh menggunakan Persamaan (2).

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2)$$

Tabel 1 menunjukkan nilai frekuensi yang dihasilkan dengan mengubah-ubah jumlah kapasitor pada rangkaian pemancar yang dihubungkan secara seri maupun paralel. Karena keterbatasan nilai komponen kapasitor yang tersedia di pasaran untuk rangkaian penerima, ditentukan nilai frekuensi sebesar sebesar 356,097 kHz dengan jumlah kapasitor pada rangkaian pemancar sebanyak 4 buah yang dipasang secara paralel dengan total kapasitansi 27,187 nF. Pada rangkaian penerima digunakan kapasitor yang mendekati nilai kapasitansi pemancar yaitu sebesar 24 nF.

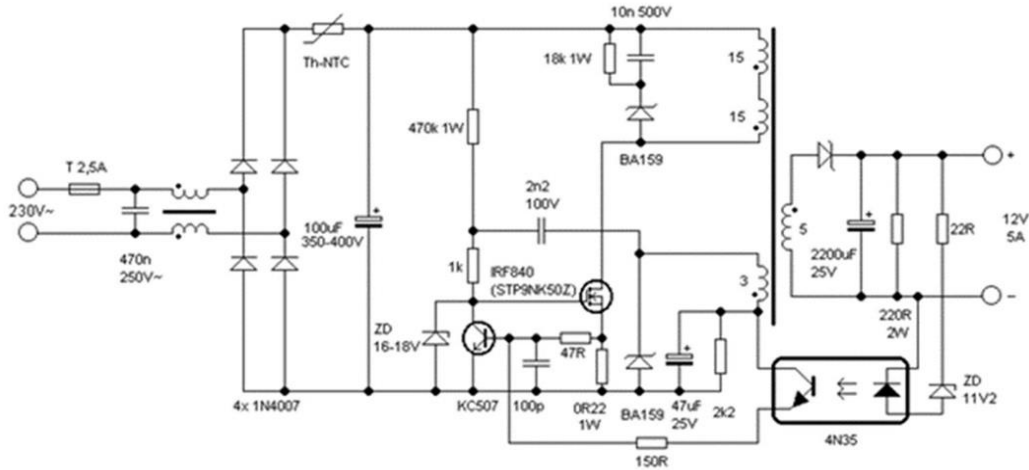
Tabel 1. Hubungan jumlah frekuensi kapasitor dan frekuensi resonansi

Jumlah Kapasitor	Nilai Total Kapasitor (nF)	Frekuensi Resonansi (kHz)
1	6,8	712,024
2	13,6	503,476
3	20,4	411,087
4	27,2	356,097
5	3,40	318,427
6	4,08	290,682

### Rangkaian Sumber Tegangan SMPS

Rangkaian sumber tegangan DC dibutuhkan sebagai tegangan masukan ke rangkaian pemancar. Rangkaian sumber tegangan yang digunakan adalah rangkaian SMPS karena rangkaian SMPS memungkinkan tegangan dan arus keluaran yang lebih tinggi dibandingkan sumber tegangan

linear. Gambar 3 menunjukkan rangkaian SMPS yang digunakan. Rangkaian SMPS adalah jenis rangkaian sumber tegangan yang memanfaatkan teknik *switching* dengan frekuensi tinggi menggunakan MOSFET. Rangkaian SMPS yang digunakan merupakan rangkaian yang mudah diperoleh di pasaran.

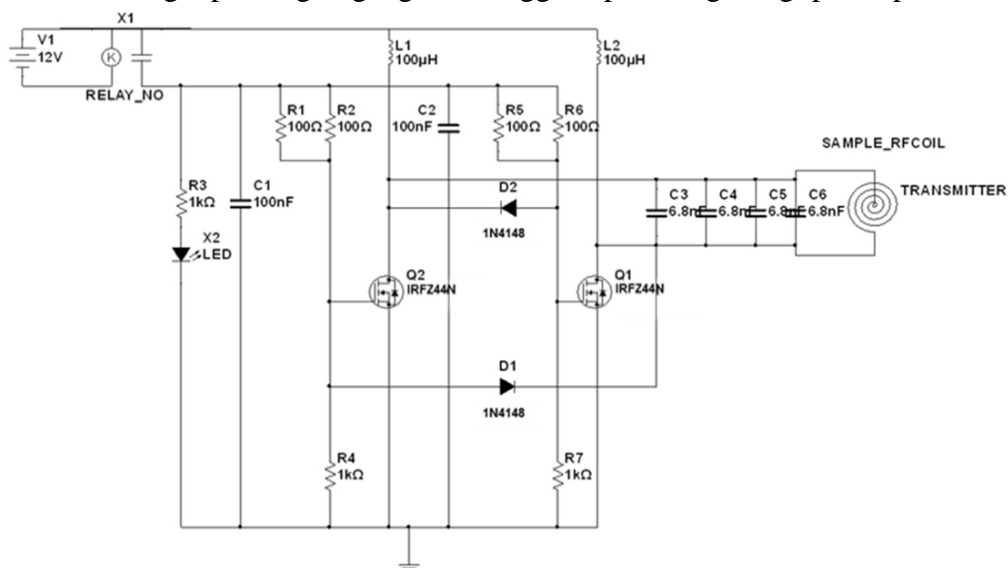


Gambar 3. Skematik rangkaian SMPS 12V/ 5A  
 Sumber Gambar: [http://danyk.cz/impulz3\\_en.html](http://danyk.cz/impulz3_en.html)

### Rangkaian Pemancar

Rangkaian pemancar terdiri dari rangkaian osilator, rangkaian penguat, dan koil pemancar. Rangkaian pembangkit frekuensi pada pemancar seperti ditunjukkan pada Gambar 4 merupakan rangkaian osilator yang sinyal masukan pada pin *source* merupakan sinyal osilasi dari rangkaian LC itu sendiri yang dikuatkan menggunakan dua buah MOSFET.

Pada rangkaian pemancar digunakan relay pada masukan 12 V yang berfungsi sebagai pengaman rangkaian. Relay yang digunakan merupakan relay *normally open* (NO), dan akan *closed* ketika tegangan mencapai 12 V untuk menghindari transien tegangan masuk pada rangkaian pemancar yang dapat menyebabkan rusaknya MOSFET. Pada masukan *gate* MOSFET diberikan resistor 100 ohm / 2 watt sebagai pembagi tegangan sehingga dapat mengurangi panas pada MOSFET.



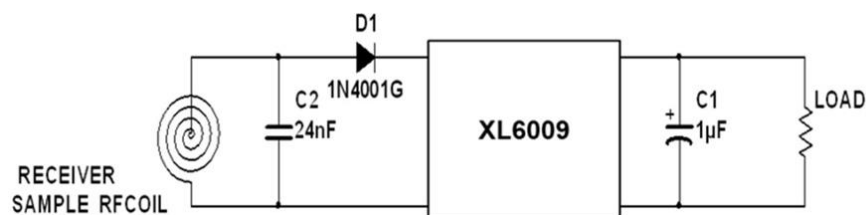
Gambar 4. Skematik rancangan rangkaian pemancar

Kapasitor resonansi pada rangkaian pemancar merupakan kapasitor paralel yang tersambung dengan koil pemancar. Kapasitor yang digunakan pada rangkaian ini merupakan rangkaian

kapasitor MKP dengan nilai kapasitansi 6,8 nF. Kapasitor MKP digunakan karena memiliki karakteristik kapasitansi yang lebih stabil dan rentang tegangan kerja yang tinggi dengan maksimum 900 V. Pada rangkaian, jumlah kapasitor paralel menentukan nilai frekuensi yang dihasilkan. Adapun pada rangkain ini, digunakan 4 kapasitor paralel dengan nilai kapasitansi total 27,2 nF.

### Rangkaian Penerima

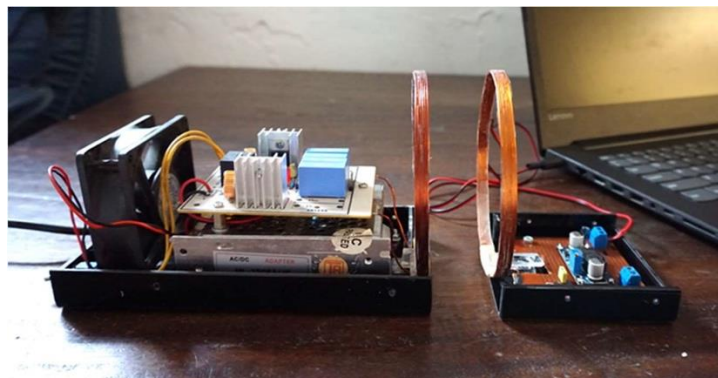
Rangkaian penerima merupakan rangkaian pasif tanpa tegangan masuk, dan koil penerima berfungsi untuk menangkap sinyal frekuensi dari rangkaian pemancar. Gambar 5 merupakan skematik rangkaian pemancar yang digunakan. Sinyal yang diterima pada koil pemancar merupakan sinyal resonansi sehingga diperlukan rangkaian penyearah. Untuk mencapai tegangan keluaran yang tinggi, digunakan modul DC *step-up* sebagai rangkaian penguat tegangan. Modul DC *step-up* digunakan untuk memperkuat tegangan yang diterima oleh koil penerima yang telah disearahkan oleh dioda.



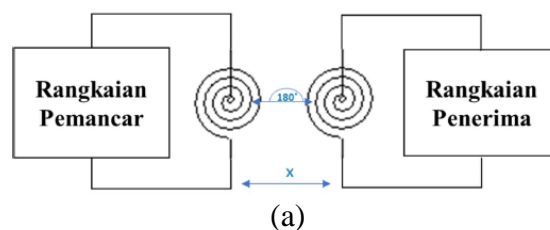
Gambar 5. Skematik rancangan rangkaian penerima

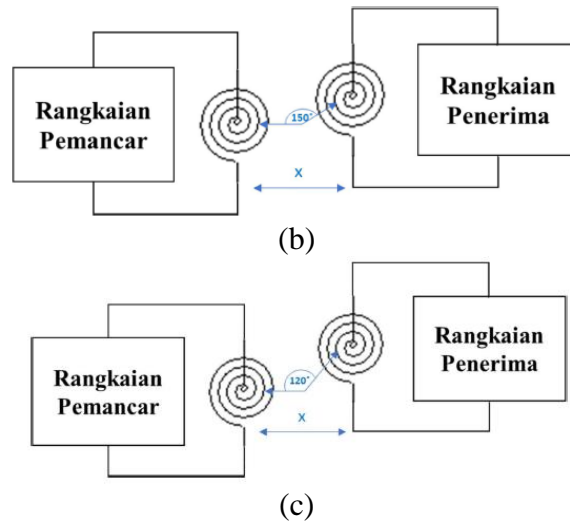
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 6 menunjukkan hasil akhir rancangan transmisi daya listrik nirkabel dengan tegangan keluaran DC dari rangkaian penerima kemudian dihubungkan ke komputer portabel. Pengujian dilakukan pada kondisi tanpa beban dan berbeban pada jarak bervariasi 1-10 cm, selain itu juga dilakukan pengujian dengan variasi sudut pemancar dan penerima 180°, 150°, dan 120° yang diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Hasil realisasi transmisi daya listrik nirkabel





Gambar 7. Pengujian dengan sudut antara pemancar dan penerima a) 180°, b) 150°, dan c) 120°

### Pengujian alat tanpa beban

Pengujian alat dan pengambilan data yang pertama dilakukan yaitu pengambilan data tanpa beban. Sinyal frekuensi resonansi dipancarkan koil pemancar dan diterima oleh koil penerima. Pada rangkaian penerima, sinyal frekuensi resonansi yang diterima diteruskan ke rangkaian penyearah dan diperkuat pada modul DC *step-up*. Tegangan DC yang dihasilkan pada keluaran rangkaian penerima pada jarak terdekat 1 cm antara koil pemancar dan koil penerima, yaitu sebesar 24,21 V. Nilai tegangan DC tersebut konstan hingga jarak maksimum 4 cm antara koil pemancar dan koil penerima seperti diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tegangan pada pemancar dan penerima tanpa beban

Jarak (cm)	Pemancar		Penerima
	$V_{p-p}$ (V)	$V_{p-p}$ (V)	$V_{out}$ DC (V)
1	10	10	24,21
2	10	10	24,13
3	10	10	24,12
4	10	10	24,11
5	10	10	13,4
6	10	10	11,27
7	10	9,89	10,6
8	10	9,59	6,92
9	10	7,2	2,08
10	10	5,96	1,6

### Pengujian alat tanpa beban dengan variasi jarak dan sudut

Pengujian selanjutnya dilakukan ketika antara koil pemancar dan penerima tidak berada pada posisi yang sejajar. Pengambilan data dilakukan dengan sudut 150° dan 120° yang diukur antara titik tengah diameter koil pemancar dan koil penerima yang hasilnya diperlihatkan pada Tabel 3. Pada tabel tersebut tampak penurunan tegangan yang signifikan ketika jarak antara koil pemancar dan koil penerima lebih jauh yang disebabkan berkurangnya induksi pada koil penerima.



Tabel 3. Tegangan pada pemancar dan penerima tanpa beban dengan variasi sudut 150° dan 120°

Jarak (cm)	Pemancar $V_{p-p}$ (V)	Penerima pada sudut 150°		Penerima pada sudut 120°	
		$V_{p-p}$ (V)	$V_{out}$ DC (V)	$V_{p-p}$ (V)	$V_{out}$ DC (V)
1	10	10	24,17	10	23,60
2	10	10	24,16	10	22,94
3	10	10	24,11	10	9,53
4	10	10	24,11	9,83	2,56
5	10	10	23,74	7,43	2,40
6	10	9,67	10,42	6,58	2,16
7	10	8,51	2,3	5,03	1,69
8	10	6,27	2,04	4,56	0,30
9	10	4,64	1,68	3,71	0,19
10	10	3,87	1,4	3,4	0,18

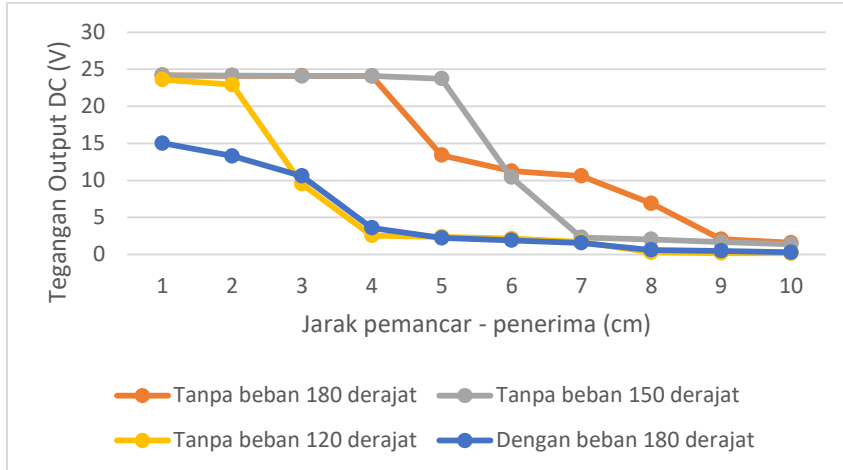
### Pengujian alat dengan beban

Setelah dilakukan pengambilan data tanpa beban, pengujian dan pengambilan data dengan beban. Tegangan keluaran pada rangkaian penerima dikoneksikan ke komputer portabel dengan data tegangan yang tercantum pada Tabel 4.

Tabel 4. Tegangan pada pemancar dan penerima dengan beban

Jarak (cm)	Pemancar		Penerima
	$V_{p-p}$ (V)	$V_{p-p}$ (V)	$V_{out}$ DC (V)
1	10	10	15,04
2	10	10	13,31
3	10	10	10,6
4	10	10	3,60
5	10	10	2,24
6	10	10	1,92
7	9,89	9,89	1,57
8	9,59	9,59	0,62
9	7,20	7,20	0,49
10	5,96	5,96	0,31

Hasil pengujian keseluruhan diperlihatkan pada Gambar 8 dan tampak bahwa variasi sudut antara koil pemancar dan koil penerima dapat mengurangi kopling induksi antara koil pemancar dan penerima sehingga transmisi daya listrik tidak terjadi dengan maksimal. Selain itu, ketika rangkaian penerima diberikan beban dengan disambungkan rangkaian penerima ke komputer portabel, penurunan tegangan terjadi seketika. Hal ini menunjukkan bahwa komputer portabel menerima tegangan dari rangkaian penerima, namun pada rangkaian penerima belum memperhitungkan efek pembebanan yang terjadi ketika rangkaian penerima diberikan beban yang tinggi.



Gambar 8. Tegangan *output* DC dengan variasi jarak dan sudut

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Rangkaian transmisi daya listrik nirkabel berupa rangkaian pemancar dan penerima yang bekerja pada frekuensi resonansi 355,1 kHz. Pada kondisi tanpa beban, rangkaian penerima mampu menangkap sinyal induksi frekuensi resonansi dengan baik pada jarak < 5 cm dengan tegangan DC maksimum pada rangkaian penerima sebesar 24,21 V. Pada kondisi diberi beban komputer portabel 20 V - 3,25 A, tegangan DC maksimum pada rangkaian penerima sebesar 15,04 V. Pada kondisi tanpa beban dengan sudut 150° tegangan DC maksimum pada rangkaian penerima sebesar 24,17 V, dan pada sudut 120° sebesar 23,60 V.

#### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti yang mendukung pelaksanaan penelitian ini.

#### REFERENSI

- Abidin, M.A.Z., Ismail, W., Syawal, M. (2015). Design of Inductive Power Transfer (IPT) for Lower-Power Application. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol 10, No 21, 9807-9812.
- Nizam, B. (2013). Inductive Charging Technique. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)*, Vol. 4 (4). 1054-1059.
- Danyk. "12V 5A Switched Power Supply". [http://danyk.cz/impulz3\\_en.html](http://danyk.cz/impulz3_en.html).
- Franklin Hadley. (2007). MIT demos wireless power transmission. *MIT TechTalk*, Vol. 51, No. 30, p. 1.
- Sheik Mohammed, S., Ramasamy, K., Shanmuganatham, T. (2010). Wireless Power Transmission – A Next Generation Power Transmission System. *International Journal of Computer Applications*, Vol 1, No. 13, 102-105.