

Desain Transfer Energi Nirkabel Menggunakan Antena Parabola

Azhar Yusli Fathin^{1*)}; Setiyono²

1. Magister Teknik Elektro, Universitas Gunadarma, Pondok Cina, Kecamatan Beji, Kota Depok, Jawa Barat, Indonesia
2. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Gunadarma, Pondok Cina, Kecamatan Beji, Kota Depok, Jawa Barat, Indonesia

^{*)}Email: azharyusli01@gmail.com

Received: 9 Januari 2024 | Accepted: 12 September 2024 | Published: 12 September 2024

ABSTRACT

Electrical energy is the main energy needed for the operation of an electronic device, currently many devices that distribute electrical energy using electrical cables. Electrical energy transfer is the ever-evolving transfer of energy to operate electronic devices. Wireless transmission of electrical energy has many efficient advantages compared to using cables, namely the use of fewer wires and increased convenience when using electronic devices. As a result, the idea of wireless electrical energy was developed utilizing a parabolic antenna and its fundamental method is the application of electromagnetic field induction procedures involving two solenoids-shaped copper coils. In this study the input voltage on the sender was 11.8 DC volts and a current of 1.92 amperes and the best efficiency was 2.609% in the calculation of loaded without a satellite dish at a distance of 1 cm. Based on test findings, it can be determined that power and efficiency are produced more when the winding distance is closer and less when the winding distance is farther.

Keywords: wireless energy transfer, parabolic antenna, electromagnetic waves, efficiency, charging

ABSTRAK

Energi utama yang dibutuhkan dalam menjalankan suatu peralatan elektronik ialah energi listrik. Saat ini, kabel listrik dimanfaatkan dalam berbagai teknologi guna mengalirkan energi listrik. Transfer energi yang dibutuhkan dalam menjalankan perangkat elektronik yang terus meningkat disebut transfer energi listrik. Keuntungan efisien transmisi energi listrik tanpa kabel dibandingkan transmisi energi listrik berbasis kabel antara lain lebih sedikit penggunaan kabel dan lebih nyamannya pengguna saat menggunakan gadget elektronik. Hasilnya, antena parabola yang beroperasi berdasarkan konsepsi dasar penggunaan pendekatan induksi medan elektromagnetik yang dimanfaatkan guna mengembangkan konsep energi listrik nirkabel. Teknologi ini terdiri dari dua kumparan tembaga yang berbentuk seperti solenoid. Pada studi ini tegangan input pengirim ialah 11,8 DC volt dengan arus 1,92 ampere. Perhitungan tersebut menghasilkan efisiensi terbaik yakni 2,609% ketika beban tanpa parabola dan jaraknya 1 cm. Sesuai temuan pengujian, ditentukan bahwa daya dan efisiensi yang dihasilkan meningkat apabila jarak lilitannya semakin dekat dan efisiensi yang dihasilkan menurun apabila jarak lilitannya semakin jauh.

Kata kunci: transfer energi nirkabel, antena parabola, gelombang elektromagnetik, efisiensi, pengisian daya

1. PENDAHULUAN

Energi utama yang diperlukan dalam menjalankan perangkat elektronik melalui konduktor dan menjadi beban ialah energi listrik. Dalam menjalankan peralatan listrik, transfer energi listrik ialah teknik yang terus dikembangkan baik untuk transmisi energi nirkabel maupun kabel konduktor (Muchtar, 2013).

Transfer energi listrik nirkabel sampai saat ini terus di kembangkan. Teknologi ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan menggunakan kabel antara lain efisiensi tinggi karena tidak ada rugi rugi, lebih estetik karena tidak mengganggu keindahan dan kerapian. Namun karena transmisi energi nirkabel masih berkekuatan rendah, maka tidak dapat dimanfaatkan untuk beban yang memerlukan konsumsi daya tinggi, seperti lampu LED, beban motor listrik, atau bahkan pengisian baterai ponsel pintar. Meskipun transfer energi nirkabel lebih efisien dibandingkan menggunakan kabel dalam mentransfer energi listrik, namun masih terdapat sejumlah kekurangan dan kelemahan pada teknologi ini, seperti rendahnya efisiensi daya yang dihasilkan. Maka sebab itu, metode yang dapat mendukung kemajuan studi tentang transfer energi nirkabel harus dikembangkan guna memastikan efisiensi terus meningkat (Wahyono & Nurhasanah, 2019).

Metode transfer energi nirkabel melibatkan penggunaan antena sebagai radiator dan reradiator. Gelombang elektromagnetik dilepaskan ke udara oleh antena dan sebaliknya. Selain itu, ia menggunakan reflektor parabola untuk memfokuskan energi radiasi gelombang elektromagnetik yang diserap dari udara pada area tertentu. Di depan reflektor paraboloidal yang terbuat dari bahan konduktif, gelombang radio akan dipantulkan ke dalam berkas gelombang bidang terkolimasi sepanjang sumbu suhu reflektor. Di sisi lain, gelombang yang memasuki sumbu sejajar akan terkonsentrasi di titik fokus. (Nasution, 2018).

Konsep utama rancangan ini ialah menerapkan teknik induksi elektromagnetik, yakni memanfaatkan dua kumparan tembaga yang berbentuk seperti solenoid. Rangkaian pengirim dan penerima membentuk rangkaian ini pada transfer energi listrik nirkabel. Sebuah kumparan yang dikoneksikan langsung ke lampu LED membentuk rangkaian penerima, serta rangkaian osilasi LC yang menggunakan transistor sebagai penguat membentuk rangkaian transmisi. Jumlah energi listrik yang dapat disalurkan antara dua kumparan sangat ditentukan oleh jarak satu sama lain; semakin jauh jaraknya, semakin banyak energi listrik yang dapat dihasilkan; sebaliknya, semakin pendek jaraknya, semakin banyak energi listrik yang dapat ditransfer (Wayan Suwika Adnyana et al., 2016).

Sesuai penjabaran sebelumnya, maka studi ini akan membahas topik “Desain Transfer Energi Nirkabel Menggunakan Antena Parabola”.

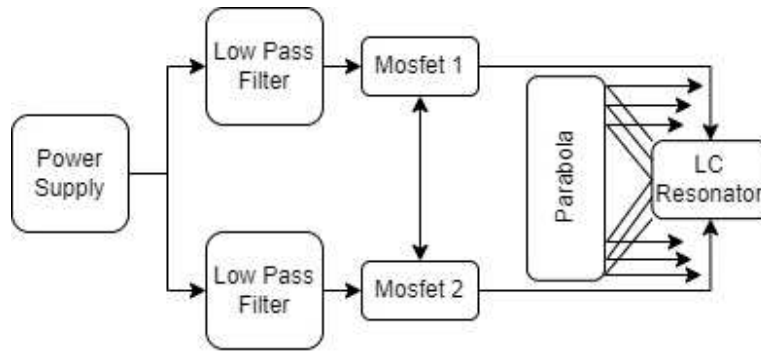
2. METODE PENELITIAN

2.1. Metode Penelitian

Sejumlah prosedur terdapat dalam kajian, mengenai topik “Desain Transfer Energi Nirkabel Menggunakan Antena Parabola”. guna mentransfer energi listrik secara nirkabel melintasi ruang vakum tanpa memerlukan kabel.

2.2. Perancangan Sistem

Maksud perancangan sistem dengan diagram blok ialah guna mewujudkan transfer energi nirkabel. Blok diagram pengirim pada Gambar 1 menampilkan komponen alat ini:



Gambar 1. Diagram Pengirim

Blok diagram pengirim, digambarkan pada Gambar 1, terdiri dari sejumlah blok diagram, yang masing-masing bermaksud mengoordinasikan upaya guna mencapai hasil yang diinginkan.

Power Supply terletak di awal pengirim dan berfungsi untuk menyuplai tegangan listrik ke rangkaian pengirim. Dua Filter Low Pass menerima sinyal dan kemudian diumpankan kembali ke filter tersebut. Akibatnya, rangkaian hanya menerima atau melewati impuls listrik yang diinginkan, menolak semua frekuensi tinggi yang tidak diperlukan maupun membentuk kembali. Selanjutnya, dua mosfet yang dimanfaatkan dalam memperkuat sinyal dari perangkat elektronik yang dihubungkan ke dua filter Low Pass. Ada kaitan antara dua mosfet, mosfet tertarik satu sama lain dalam keadaan ini, yang memungkinkan beban menerima arus positif atau negatif. Resonator LC, yang berfungsi sebagai generator frekuensi resonansi magnetik untuk menyuplai daya ke penerima, dihubungkan ke dua MOSFET setelahnya. Cahaya yang dikirimkan gelombang elektromagnetik ke resonator LC akan dipantulkan oleh reflektor parabola.



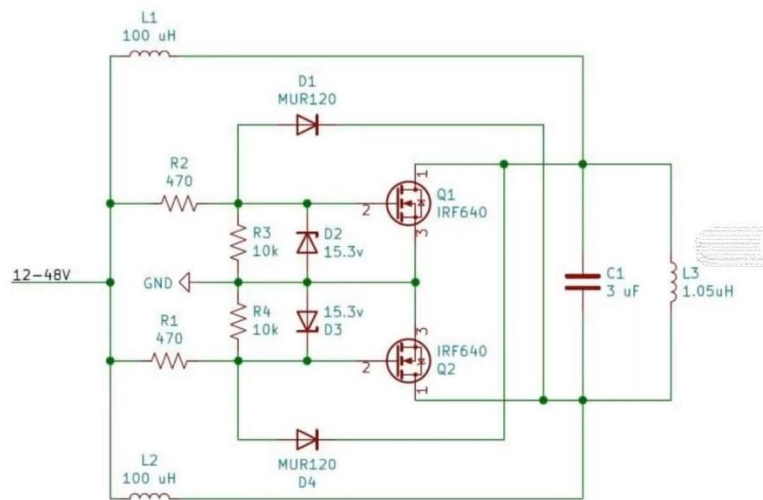
Gambar 2. Diagram Penerima

Blok diagram penerima, ditampilkan pada gambar 2, dan setiap elemen bertugas berkoordinasi satu sama lain dalam mencapai tujuan. Resonator LC receiver, yang berfungsi sebagai generator frekuensi resonansi magnetik, terletak di bagian depan. Penerima akan menerima listrik pada frekuensi ini. Selanjutnya, menuju ke Full Bridge Rectifier. Jika menggunakan teknik modulasi unipolar pada receiver, perangkat ini dapat memberikan tiga level tegangan berbeda. Setelah melalui Full Bridge Rectifier, listrik AC diubah menjadi listrik DC menggunakan penyearah setengah gelombang untuk menyalakan lampu LED sebagai beban.

2.3. Rangkaian Pengirim

Melalui penggunaan kawat konduktor sebagai perantara, rangkaian ini mentransfer energi listrik dari sumber ke penerima. Sejumlah komponen elektronik diintegrasikan ke dalam satu rangkaian guna membentuk rangkaian pengirim. Rangkaian yang beresilasi ialah salah satunya. Dengan menggabungkan komponen aktif dan pasif, rangkaian osilasi juga disebut osilator menciptakan gelombang periodik, seperti gelombang sinusoidal. Dengan rangkaian ini, daya dari sumber listrik diubah dari DC menjadi AC untuk digunakan pada beban. Osilator ialah perangkat yang menghasilkan sinyal sinusoidal hanya dengan menggunakan listrik DC. Dalam hal tersebut dapat menghasilkan gelombang dengan frekuensi tetap dan dalam batas beberapa siklus menghasilkan bentuk gelombang tertentu. Rangkaian osilasi terdiri dari tiga bagian:

1. Penguat, dimana sinyal output diperkokoh.
2. Penentuan frekuensi, dimana frekuensi kerja osilator ditentukan.
3. Jaringan umpan balik, sebagai pengirim sinyal dari jaringan output ke jaringan input.



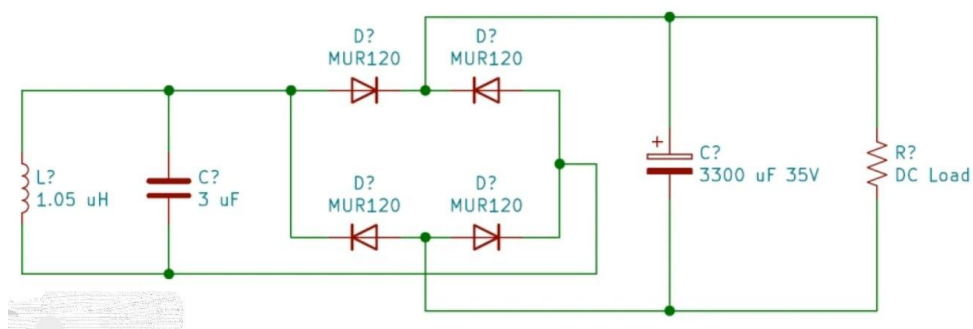
Gambar 3. Rangkaian Pengirim

Gambar 3, menunjukkan rangkaian transmisi. Langkah pertama, kedua mosfet berada dalam keadaan aktif karena digunakan resistor 470 Ω untuk menghidupkan gerbang mosfet. Ketika kedua mosfet dalam keadaan aktif, Dioda Mur120 akan memungkinkan arus mengalir ke saluran pembuangannya karena tegangan salurannya hampir sama dengan 0. Akibatnya, kedua mosfet akan menjadi tidak aktif ketika tegangan gate mendekati 0.

Sebab kedua bagian mosfet tidak aktif dalam tahap berikutnya, tegangan drain akan menjadi lebih dekat dengan tegangan supply. Hal ini akan menyebabkan kedua mosfet menjadi aktif, dan proses akan dimulai dari awal. Dalam hal ini, dua mosfet yang digabungkan ke kumparan penerima, yang memiliki kapasitor di dalamnya, memiliki frekuensi dan proses osilasi yang tidak terhingga.

2.4. Rangkaian Penerima

Rangkaian ini terdiri dari rangkaian LC yang memiliki frekuensi resonansi yang hampir sama atau sama dengan rangkaian pengirim. Tujuan dari rangkaian ini adalah untuk menerima resonansi magnetic dari rangkaian pemancar dan memanfaatkannya untuk mengirimkan daya ke beban.



Gambar 4. Rangkaian Penerima

Gambar 4 menggambarkan struktur rangkaian penerima, yang menginduksi tegangan pada sisi penerima kumparan. Kumparan penerima ini berfungsi mirip dengan kumparan sekunder transformator, yaitu mengumpulkan fluks magnet yang dihasilkan oleh kumparan primer. Udara, media fluks magnet yang dihasilkan, memiliki permeabilitas udara yang relatif kecil, yang

merupakan perbedaan yang sangat mencolok. Maka sebab itu, kajian ini perlu dikembangkan lebih lanjut.

Diode dimanfaatkan guna mengarahkan tegangan yang diterima kumparan penerima. Setelah indikator LED menunjukkan bahwa kumparan penerima menghasilkan tegangan paling sedikit yang diperlukan dalam menyalakan LED, gelombang DC dikurangi menggunakan filter kapasitor.

2.5. Prinsip Kerja Perancangan

Transfer energi listrik nirkabel dengan parabola dirancang dengan prinsip:

1. Sumber daya listrik DC yang akan memberikan tegangan pada rangkaian pengirim.
2. Guna mengirimkan daya ke rangkaian penerima, rangkaian pengirim terdiri dari rangkaian pembangkit tegangan AC, frekuensi tinggi dan pada rangkaian LC yang menghasilkan frekuensi resonansi magnetik.
3. Rangkaian LC dan frekuensi resonansi yang sama dengan rangkaian pengirim, atau hampir sama, membentuk rangkaian penerima/penerima. Rangkaian ini menerima daya listrik dari rangkaian pengirim dan menggunakan resonansi magnetik untuk mengumpulkannya sehingga dapat ditransfer ke beban.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Tanpa Parabola

Perhitungan daya masukan, jarak 1 cm:

$$\begin{aligned} V(\text{in}) &= 11,8 \\ I(\text{in}) &= 1,92 \\ P(\text{in}) &= V(\text{in}) \times I(\text{in}) \\ &= 11,8 \times 1,92 \\ &= 22,656 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Daya masukan lainnya:

Jarak/Rentang 3 cm	= 20,532 Watt
Jarak/Rentang 5 cm	= 19,706 Watt
Jarak/Rentang 7 cm	= 18,644 Watt
Jarak/Rentang 9 cm	= 17,936 Watt
Jarak/Rentang 11 cm	= 16,402 Watt

Perhitungan daya keluaran jarak 1 cm:

$$\begin{aligned} V_{\text{out}} &= 9,6 \\ I_{\text{out}} &= 0,0576 \\ P_{\text{out}} &= V_{\text{out}} \times I_{\text{out}} \\ &= 9,6 \times 0,0576 \\ &= 0,553 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Daya keluaran lainnya:

Jarak/Rentang 3 cm	= 0,375 Watt
Jarak/Rentang 5 cm	= 0,335 Watt
Jarak/Rentang 7 cm	= 0,202 Watt

Jarak/Rentang 9 cm = 0,113 Watt

Jarak/Rentang 11 cm = 0,024 Watt

Perhitungan efisiensi jarak 1 cm :

$P(out) = 0,553$

$P(in) = 22,656$

$$\begin{aligned}\eta_{Total} &= P(out)/P(in) \times 100\% \\ &= (P(out) \text{ 1cm})/(P(in) \text{ 1cm}) \times 100\% \\ &= (0.553)/(22.656) \times 100\% \\ &= 2,44 \%\end{aligned}$$

Efisiensi lainnya:

Jarak/Rentang 3 cm = 1,825 %

Jarak/Rentang 5 cm = 1,699 %

Jarak/Rentang 7 cm = 1,083 %

Jarak/Rentang 9 cm = 0,63 %

Jarak/Rentang 11 cm = 0,145 %

Perhitungan efisiensi total:

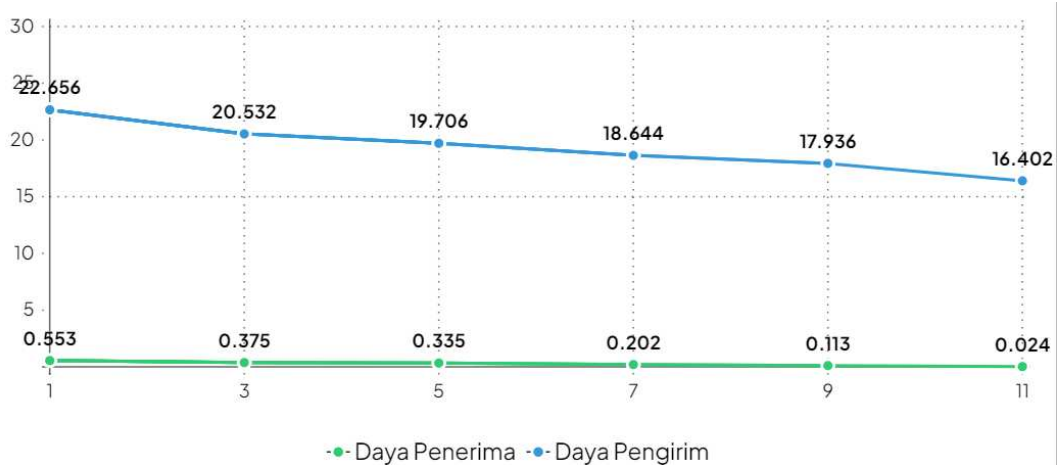
$$\begin{aligned}\eta_{Total} &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{P_{out \text{ 1cm}} + P_{out \text{ 3cm}} + P_{out \text{ 5cm}} + P_{out \text{ 7cm}} + P_{out \text{ 9cm}} + P_{out \text{ 11cm}}}{P_{in \text{ 1cm}} + P_{in \text{ 3cm}} + P_{in \text{ 5cm}} + P_{in \text{ 7cm}} + P_{in \text{ 9cm}} + P_{in \text{ 11cm}}} \times 100\% \\ &= \frac{0.553 + 0.375 + 0.335 + 0.202 + 0.113 + 0.024}{22.656 + 20.532 + 19.706 + 18.644 + 17.936 + 16.402} \times 100\% \\ &= \frac{1.602}{115.876} \times 100\% \\ &= 1,382 \%\end{aligned}$$

Tabel berikut antara lain akan digunakan guna memberikan penjelasan detail temuan pengujian tanpa parabola:

Tabel 1. Temuan Pengujian Tanpa Parabola

Jarak /Rentang	Pengirim		Penerima		Efisiensi
	V (in)	I (in)	V (out)	I (out)	
1 cm	11,8	1,92	9,6	0,0576	2,44 %
3 cm	11,8	1,74	9,3	0,0403	1,825 %
5 cm	11,8	1,67	9,1	0,0368	1,699 %
7 cm	11,8	1,58	8,9	0,0227	1,083 %
9 cm	11,8	1,52	8,7	0,0130	0,63 %
11 cm	11,8	1,39	8,5	0,0028	0,145 %

Grafik pengujian tanpa parabola tergambar seperti dibawah ini :



Gambar 5. Grafik Tanpa Parabola

Grafik perbandingan daya input dan output tanpa menggunakan parabola ditunjukkan pada Gambar 5.

22,656 Watt merupakan daya input pada rentang 1 cm. Lalu pada rentang 3 cm, daya input sejumlah 20,532 Watt. Lalu daya input sebesar 19,706 Watt, terdapat pada rentang 5 cm. Kemudian daya input sejumlah 18,644 Watt, terdapat pada rentang 7 cm. Lalu daya input sebesar 17,936 Watt, terdapat pada rentang 9 cm. Dan daya input sejumlah 16,402 Watt, terdapat pada rentang 11 cm.

0,553 Watt ialah daya keluar pada rentang 1 cm. Lalu daya keluar 0,375 Watt, pada rentang 3 cm. Daya keluar 0,335 Watt, pada rentang 5 cm. Daya keluar 0,202 Watt, pada jarak 7 cm. Lalu daya keluarannya 0,113 Watt, pada jarak 9 cm. Selain itu, daya keluar pada rentang 11 cm, sejumlah 0,024 Watt.

Sesuai temuan pengujian, ditentukan bahwa daya keluaran menurun dengan bertambahnya rentang jarak antara antenna, dan daya keluaran akan meningkat dengan berkurangnya rentang jarak antara antenna.

B. Pengujian Menggunakan Antena Parabola

Perhitungan daya masukan jarak 1 cm:

$$\begin{aligned}
 V(\text{in}) &= 11,8 \\
 I(\text{in}) &= 1,92 \\
 P(\text{in}) &= V(\text{in}) \times I(\text{in}) \\
 &= 11,8 \times 1,92 \\
 &= 22,656 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Daya masukan lainnya:

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak/Rentang 3 cm} &= 20,532 \text{ Watt} \\
 \text{Jarak/Rentang 5 cm} &= 19,706 \text{ Watt} \\
 \text{Jarak/Rentang 7 cm} &= 18,644 \text{ Watt} \\
 \text{Jarak/Rentang 9 cm} &= 17,936 \text{ Watt} \\
 \text{Jarak/Rentang 11 cm} &= 16,402 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Perhitungan daya keluaran jarak 1 cm:

$$\begin{aligned}V(\text{out}) &= 9,52 \\I(\text{out}) &= 0,0621 \\P(\text{out}) &= V(\text{out}) \times I(\text{out}) \\&= 9,52 \times 0,0621 \\&= 0,591 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Daya keluaran lainnya :

$$\begin{aligned}\text{Jarak/Rentang 3 cm} &= 0,466 \text{ Watt} \\ \text{Jarak/Rentang 5 cm} &= 0,409 \text{ Watt} \\ \text{Jarak/Rentang 7 cm} &= 0,325 \text{ Watt} \\ \text{Jarak/Rentang 9 cm} &= 0,206 \text{ Watt} \\ \text{Jarak/Rentang 11 cm} &= 0,157 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi, jarak 1 cm :

$$\begin{aligned}P(\text{out}) &= 0,591 \\P(\text{in}) &= 22,656 \\ \eta_{Total} &= P(\text{out})/P(\text{in}) \times 100\% \\&= (P(\text{out}) 1\text{cm})/(P(\text{in}) 1\text{cm}) \times 100\% \\&= 0,591/22,656 \times 100\% \\&= 2,609 \%\end{aligned}$$

Efisiensi lainnya :

$$\begin{aligned}\text{Jarak/Rentang 3 cm} &= 2,271 \% \\ \text{Jarak/Rentang 5 cm} &= 2,073 \% \\ \text{Jarak/Rentang 7 cm} &= 1,742 \% \\ \text{Jarak/Rentang 9 cm} &= 1,150 \% \\ \text{Jarak/Rentang 11 cm} &= 0,955 \%\end{aligned}$$

Berikut ialah rumus efisiensi total (3.3) :

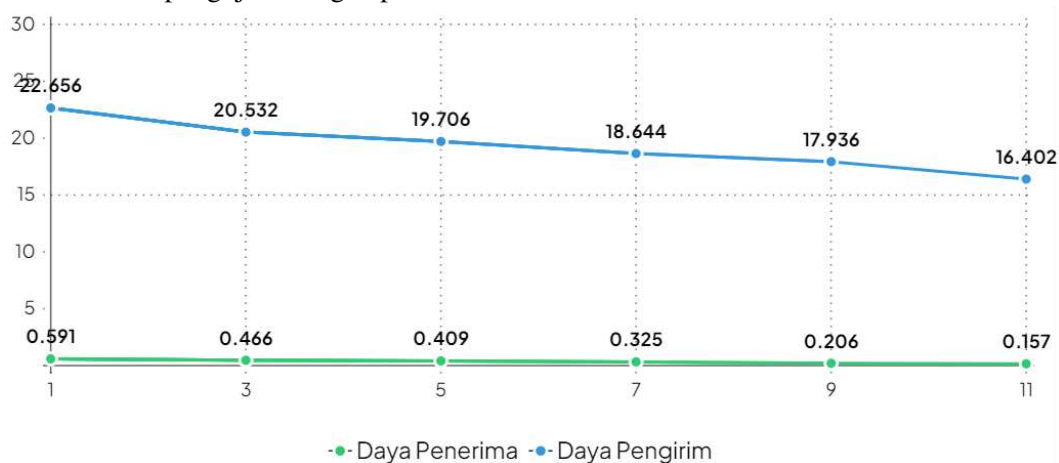
$$\begin{aligned}\eta_{Total} &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\&= \frac{P_{out\ 1cm} + P_{out\ 3cm} + P_{out\ 5cm} + P_{out\ 7cm} + P_{out\ 9cm} + P_{out\ 11cm}}{P_{in\ 1cm} + P_{in\ 3cm} + P_{in\ 5cm} + P_{in\ 7cm} + P_{in\ 9cm} + P_{in\ 11cm}} \times 100 \% \\&= \frac{0,591 + 0,466 + 0,409 + 0,325 + 0,206 + 0,157}{22,656 + 20,532 + 19,706 + 18,644 + 17,936 + 16,402} \times 100 \% \\&= \frac{2,154}{115,876} \times 100 \% \\&= 1,858 \%\end{aligned}$$

Tabel dibawah memberikan penjelasan rinci mengenai temuan pengujian dengan memanfaatkan parabola:

Tabel 2. Temuan Pengujian Menggunakan Parabola

Jarak/ Rentang	Pengirim		Penerima		Efisiensi
	V (in)	I (in)	V (out)	I (out)	
1 cm	11,8	1,92	9,52	0,0621	2,609 %
3 cm	11,8	1,74	9,29	0,0502	2,271 %
5 cm	11,8	1,67	9,14	0,0447	2,073 %
7 cm	11,8	1,58	8,85	0,0367	1,742 %
9 cm	11,8	1,52	8,6	0,024	1,150 %
11 cm	11,8	1,39	8,47	0,0185	0,955 %

Grafik pengujian dengan parabola tertera dibawah ini :

**Gambar 6.** Grafik Menggunakan Parabola

22,656 Watt merupakan daya input pada rentang 1 cm. Pada rentang 3 cm, daya input sejumlah 20,532 Watt. Lalu daya input sejumlah 19.706 Watt, pada rentang 5 cm. Daya input sejumlah 18.644 Watt, pada rentang 7 cm. Daya input sejumlah 17.936 Watt, pada rentang 9 cm. Dan daya input sejumlah 16.402 Watt, di rentang 11 cm.

0,591 Watt ialah daya keluaran pada rentang 1 cm. Lalu daya keluar 0,466 Watt, pada rentang 3 cm. Daya keluar 0,409 Watt, pada rentang 5 cm. Daya keluar 0,325 Watt, pada rentang 7 cm. Daya keluaran 0,206 Watt, pada rentang 9 cm. Selain itu, daya keluar sejumlah 0,157 Watt, pada rentang 11 cm.

Sesuai temuan pengujian, ditentukan bahwa daya keluaran rendah ditandai dengan semakin jauhnya jarak antara antenna dan daya keluaran tinggi ditandai dengan semakin dekatnya jarak antara antenna pengirim dan penerima.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengujian alat yang sudah dibahas pada bab sebelumnya dari penelitian ini pada akhirnya penulis memperoleh kesimpulan yaitu desain transfer energi nirkabel menggunakan antenna parabola hasil dari penelitian menunjukkan bahwa pengujian alat ini bekerja sesuai dengan rancangan.

Pembahasan yang dilakukan menghasilkan kesimpulan bahwa pembacaan tegangan multimeter dipengaruhi oleh pemisahan antara antenna pengirim dan penerima. Nilai tegangan akibat induksi medan magnet semakin berkurang seiring dengan bertambahnya jarak (dalam cm) antara

kedua antenna. Induktansi timbal balik yang dihasilkan menentukan nilai energi yang dikirimkan. Koefisien kopling (k) berdampak pada nilai induktansi timbal balik. Koefisien kopling bernilai antara 0 dan 1. Nilai koefisien kopling menurun seiring bertambahnya jarak transmisi hingga akhirnya mencapai 0. Energi tidak dapat ditransmisikan atau terjadi induksi timbal balik ketika koefisien kopling nol. Ketika antenna penerima dan pemancar berjarak sekitar 0 cm, koefisien koplingnya bernilai 1.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muchtar, M. (2013). A-002 Terobosan Baru Transmisi Energi Listrik Tanpa Kabel (Wireless ElectrArdana, P., & Elektro, T. (2005). Desain reflektor antenna parabola untuk keperluan komunikasi data teresterial pada frekuensi 2,4 ghz. 4(2), 32–34.
- [2] Budiyanto, S. (2014). Penggunaan LTE Sebagai Media Interoperabilitas Antar Generasi Komunikasi Nirkabel Yang Berbeda. 18(3), 180–185.
- [3] Goeritno, A., & Hendryan, F. (2022). Monitoring dan Kendali Tegangan Jaringan Listrik Fase-tiga melalui Smartphone. Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi), 6(1), 32–40. <https://doi.org/10.29207/resti.v6i1.3662>
- [4] Hidayat, R., Elektro, J. T., Tinggi, S., & Mandala, T. (n.d.). Sumber Daya Wireless Untuk Menghasilkan Energi. 109–114.
- [5] Hulaimi, M. B., Ir.Herry Setyawan, M., & M.Aan Auliq, S. M. (2015). Perancangan Transfer Daya Listrik Tanpa Kabel Menggunakan Osilator Sebagai Pembangkit Frekwensi. 1–20.
- [6] M Panggabean, B., Halomoan, H., & Purwasih, N. (2014). Perancangan Sistem Transfer Energi Secara Wireless Dengan Menggunakan Teknik Resonansi Induktif Medan Elektromagnetik. Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan, 2(2). <https://doi.org/10.23960/jitet.v2i2.234>
- [7] Muchtar, M. (2013). A-002 Terobosan Baru Transmisi Energi Listrik Tanpa Kabel (Wireless Electricity Transfer). November, 14–15.
- [8] Range, S. (2010). Beam Efficiency of Wireless Power Transmission via Radio Waves from. 10(4), 4–10.
- [9] Samsurizal, S. (2018). Analisis Wireless Power Transmission System Dalam Aspek Regulasi Menggunakan Metode Benchmark. Kilat, 7(2), 178–189. <https://doi.org/10.33322/kilat.v7i2.361>
- [10] Utara, U. S., Utara, U. S., & Utara, U. S. (2018). Analisis Implementasi Power Wireles Transfer Menggunakan Rangkaian Royyer Oscilator.
- [11] Wahyono, E. B., & Nurhasanah. (2019). Efisiensi Transfer Daya Listrik Nirkabel. Jurnal Sains Dan Teknologi, 9(1), 51–56.
- [12] Nasution, T. I. (2018). Perancangan Transfer Energi Listrik Tanpa Kabel Menggunakan Metode Push Pull Parabola.
- [13] Wayan Suwika Adnyana, I., Zubaidah, T., & Mustiko Okta, C. M. (2016). PERANCANGAN DAN ANALISIS SISTEM TRANSFER DAYA LISTRIK TANPA KABEL DENGAN KUMPARAN MULTILAYER YANG BEKERJA PADA FREKUENSI RENDAH Design And Analysis Of Wireless Power Transfer By Multilayer Coils In Low Frequencies. 3(2), 161–172. www.aaronia.deicity Transfer. November, 14–15.
- [14] Wahyono, E. B., & Nurhasanah. (2019). Efisiensi Transfer Daya Listrik Nirkabel. Jurnal Sains Dan Teknologi, 9(1), 51–56.
- [15] Wayan Suwika Adnyana, I., Zubaidah, T., & Mustiko Okta, C. M. (2016). PERANCANGAN DAN ANALISIS SISTEM TRANSFER DAYA LISTRIK TANPA KABEL DENGAN

KUMPARAN MULTILAYER YANG BEKERJA PADA FREKUENSI RENDAH Design
And Analysis Of Wireless Power Transfer By Multilayer Coils In Low Frequencies. 3(2), 161–
172. www.aaronia.de