

**ANALISIS SISTEM TRANSFER DAYA FOTOVOLTAIK NIRKABEL
UNTUK SISTEM PENGISIAN BATERAI**

Muhamad Azlin Karo-Karo¹, Despaleri Perangin-angin¹, Muhammad Irwanto¹,
Winner Parluhutan Nainggolan¹, Togar Timoteus Gultom¹,
Muhammad Iqbal Balatif¹, Tenuman Zebua¹

¹*Prodi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Prima Indonesia*

*Jalan Sampul No 3 Medan Telp/Fax: 061-4578870/4578890
E-mail: despaleriperanginangin@unprimdn.ac.id*

ABSTRAK

Transfer daya nirkabel (WPT) adalah sebuah konsep untuk mentransfer daya listrik dari kumparan pengirim ke kumparan penerima tanpa kawat. Para peneliti sebelumnya telah mempelajari tentang WPT menggunakan implementasinya dalam pemodelan simulasi, tetapi itu sedikit pendukung yang berhubungan dengan matematika perumusan, terutama dalam jarak antara pengiriman dan kumparan penerima. Pemodelan simulasi Sistem WPT menggunakan MATLAB SIMULINK berdasarkan formulasi matematis yang berkaitan dengan induktansi induktor dari koil pengirim dan penerima, putar nomor koil dan induktansi timbal balik sebagai wakil dari jarak antara kumparan pengirim dan penerima. Hasil simulasi menunjukkan bahwa gelombang pulsa 5 kHz dihasilkan oleh generator pulsa menggerakkan terminal gerbang MOSFET yang mengubah DC menjadi tegangan AC 5 kHz pada koil pengirim menjadi setengahnya rangkaian inverter jembatan. Koil pengirim menghasilkan AC rms-nya tegangan 837,92 V untuk jarak 10 m dan juga AC tegangan diinduksikan pada kumparan penerima dengan tegangan rms nya, arus dan daya adalah 8,22 V; 14,17 A.

Kata kunci: Transfer Daya Nirkabel, Inverter Setengah Jembatan, Koil Pengirim Dan Penerima, Induktansi Timbal Balik

ABSTRACT

Wireless power transfer (WPT), an idea for sending electrical power wirelessly from a sending coil to a receiving coil, is one use for photovoltaic technology. Utilising MATLAB SIMULINK, WPT System simulation modelling is based on mathematical formulations pertaining to coil number, sending and receiving coil inductance, and mutual inductance as a proxy for the distance between the coils. According to the simulation results, the bridge inverter circuit is half-completed when the 5 kHz pulse wave produced by the pulse generator drives the MOSFET gate terminal, which changes the DC to 5 kHz AC voltage at the transmitting coil. At a distance of 10 cm, the sending coil generates an AC rms voltage of 837.92 V in addition to an AC voltage is induced in the receiving coil with its rms voltage, current and power are 8.22 V ; 14.17 A.

Keywords: Wireless Power Transfer, Half Bridge Inverter, Sending And Receiver Coil, Mutual Inductance

PENDAHULUAN

Energi listrik sangat dibutuhkan untuk mendukung perekonomian suatu negara. Pertumbuhan teknologi energi terbarukan, seperti fotovoltaik (PV), telah memberikan kontribusi signifikan terhadap upaya global untuk mengurangi ketergantungan pada sumber daya energi fosil. PV, atau panel surya, mengonversi energi matahari menjadi listrik dan sering digunakan untuk mengisi baterai sebagai penyimpan energi.

Salah satu tantangan dalam aplikasi PV adalah efisiensi transfer daya, terutama dalam konteks pengisian baterai nirkabel (Rezeki *et al*, 2022). Sistem transfer daya nirkabel memungkinkan pengiriman energi tanpa kabel fisik, yang dapat meningkatkan kenyamanan dan fleksibilitas penggunaan perangkat bertenaga surya (Singh *et al*, 2021). Oleh karena itu, analisis sistem transfer daya fotovoltaik nirkabel untuk sistem pengisian baterai sangat relevan dan penting untuk memahami potensi, tantangan, dan peningkatan yang dapat dilakukan.

Metode pengisian baterai menggunakan solar cell atau panel surya umumnya melibatkan konversi energi matahari menjadi energi listrik yang dapat digunakan untuk mengisi daya baterai (Dai *et al.*, 2021). Pengisian baterai menggunakan solar cell memiliki potensi untuk memberikan akses energi yang bersih, terbarukan, dan mandiri di berbagai lokasi.

Peralatan elektronik untuk sistem pengisian baterai saat ini hadir dalam berbagai merek. Ada banyak kategori produk yang tersedia, masing-masing melayani serangkaian permintaan berbeda. Satu kekurangan kecil yang masih dimiliki barang-barang tersebut di pasaran adalah masih diperlukannya jaringan listrik PLN untuk semua perangkat pengisian baterai. Oleh karena itu, jika pasokan listrik PLN bermasalah atau kita bepergian ke suatu tempat tanpa aliran listrik, kita tidak dapat menggunakan baterai untuk mengisi dayanya. Untuk itu dalam kesempatan ini akan dirancang suatu sistem transfer daya nirkabel untuk sistem pengisian baterai dengan menggunakan fotovoltaik sebagai sumber daya yang akan digunakan.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Penelitian ini menggunakan *software* matlab simulink R2017A dan spesifikasi laptop sebagai berikut:

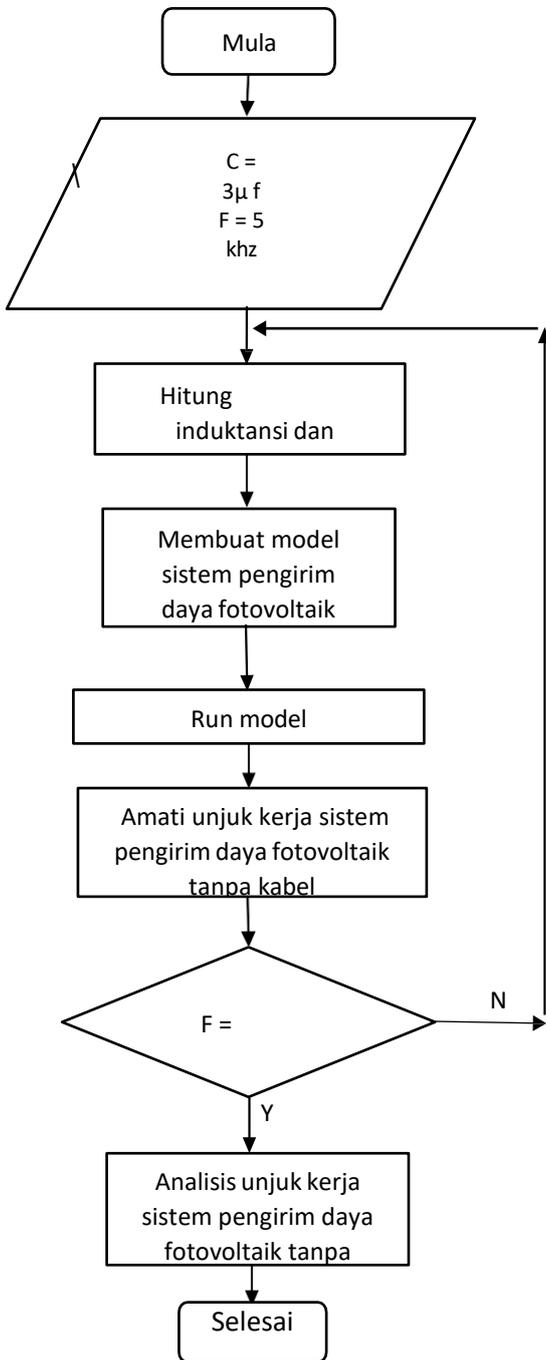
<i>Processor</i>	: <i>Intel Inside</i>
<i>Memory (RAM)</i>	: 4 GB
<i>Hard Disk Drive</i>	: 500 GB
<i>Screen LCD</i>	: 14 inci
<i>System Operasi</i>	: Windows10 Profesional
<i>Merk</i>	: HP

Pelaksanaan Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan Oktober 2022 sampai Oktober 2023 dan tempat pelaksanaan penelitian yang dilakukan adalah di Laboratorium Riset Teknik Elektro Universitas Prima Indonesia

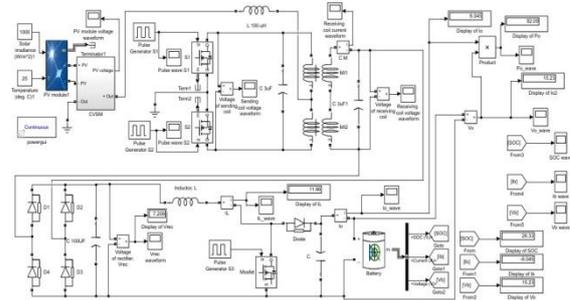
Prosedur Kerja

1. Tahap persiapan. Karena aktivitas penelitian dititik beratkan pada simulasi hal yang pertama dilakukan adalah menentukan komponen yang akan digunakan (Andika and Hamzah, 2018). Komponen yang akan digunakan adalah *capasitor* 3 uf, frekuensi 5 khz, diameter kawat 1,25 mm, diameter solenoid 49 cm, dan jumlah belitan 98.
2. Setelah mengetahui komponen yang diketahui langkah selanjutnya adalah menghitung induktansi dan induktansi bersama.
3. Lalu setelah selesai menghitung induktansi dan induktansi bersama langkah selanjutnya adalah membuat model sistem pengirim daya fotovoltaik tanpa kabel.
4. Setelah selesai membuat model kita jalankan model yang sudah kita buat sambil mengamati unjuk kerja sistem pengirim daya fotovoltaik tanpa kabel lalu menganalisa sistem pengirim daya fotovoltaik tanpa kabel.



Gambar 1. Diagram Flow Chart

HASIL DAN PEMBAHASAN



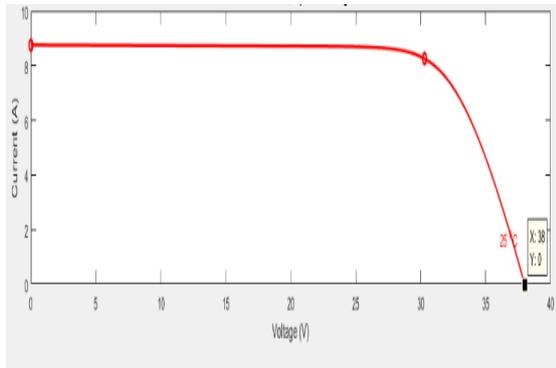
Gambar 2. Pemodelan Sistem Transfer Daya Fotovoltaik Nirkabel Untuk Sistem Pengisian Baterai

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa hasil dari pemodelan sistem transfer daya fotofoltaik nirkabel untuk sistem pengisian baterai.

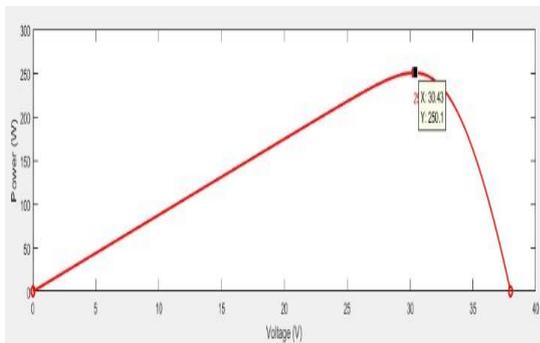
Validasi Modul PV

Pembahasan yang terkait sistem transfer daya fotovoltaik nirkabel untuk sistem pengisian baterai disajikan pada bagian ini. Pertama, hasil kinerja modul PV untuk kurva arus terhadap tegangan dan kurva daya terhadap tegangan dibahas untuk memvalidasi hasil simulasi dan lembar data modul PV 250 W, 38 V. Desain DC-DC converter untuk tegangan input V_s dari 12 V, tegangan keluaran, V_o sebesar 14,7 V dan daya keluaran, Setelah 50W diimplementasikan menggunakan SIMULINK MATLAB tanpa koneksi baterai (Irwanto *et al*, 2022). Mereka diamati dan dianalisis berdasarkan bentuk gelombang tegangan modul PV, arus induktansi, arus keluaran, tegangan keluaran, daya keluaran dan kinerja baterai (status pengisian, arus baterai dan tegangan baterai)

Validasi Modul PV 250W, 38V dimodelkan, disimulasikan dan divalidasi mengikuti lembar datanya. Persentase kesalahan diterapkan dalam validasi dan sebagai indikator bahwa pemodelan modul PV dapat diimplementasikan sebagai sumber tegangan DC konverter DC-DC Irwanto *et al*, 2020). Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan kurva arus terhadap tegangan dan daya terhadap tegangan masing- masing pada kondisi uji standar (STC) 1000 W/m^2 dan 25°C Hasil simulasi dan lembar data modul PV divalidasi untuk rangkaian terbuka V_{oc} , arus hubung singkat, I_{sc} dan daya maksimum, P_{max} seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 3. Kurva arus terhadap tegangan modul PV 250 W, 38 V



Gambar 4. Kurva daya terhadap tegangan modul PV 250 W, 38 V

Tabel 1. Validasi Modul PV 250 W, 38 V

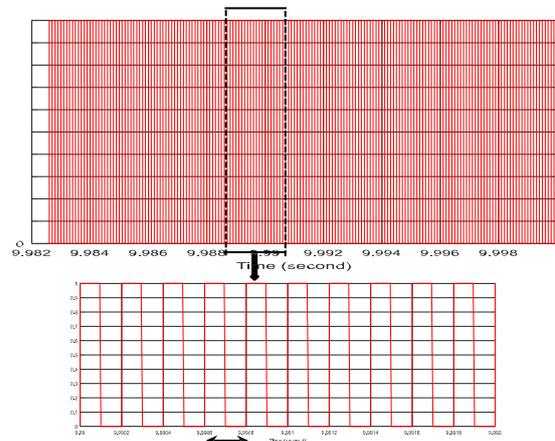
Parameter	Data sheet	Simulasi	Persentase error
Maximum power, Pmax	250W	250,1W	0,4%
Open circuit voltage, Vo	38,0V	38V	0,0%
Short circuit current, Isc	8,75A	8,75A	0,0%

Pada Tabel 1 menunjukkan data sheet dan hasil simulasi daya maksimum masing-masing adalah 250W dan 250,1W (B. Harianto *et al*, 2022). Artinya persentase kesalahan daya maksimum adalah 0,4%. Persentase kesalahan tegangan rangkaian terbuka adalah 0,00% untuk lembar data tegangan rangkaian terbuka 38,0 V dan hasil simulasi tegangan rangkaian terbuka 38 V. Persentase kesalahan yang sangat sempurna sebesar 0,00% dicapai untuk arus hubung singkat. Ini berarti bahwa mereka memiliki nilai arus hubung singkat yang sama

yaitu 8,75 A. Dapat dianalisis bahwa persentase kesalahan semua dalam kisaran $\pm 5\%$.

Gelombang Pulsa Dihasilkan oleh Generator Pulsa

Fungsi utama gelombang pulsa adalah untuk menggerakkan gerbang terminal MOSFET. Mereka didorong dalam sistem frekuensi 5 kHz untuk kondisi ON dan OFF. Gambar 5 menunjukkan gelombang pulsa yang dihasilkan oleh generator pulsa 1 untuk waktu operasi 10 s (Qazi *et al*, 2019). Itu ditangkap untuk saat ini 9,99 s hingga 9,992 s untuk mendapatkan gelombang pulsa yang lebih besar dan mudah diamati dan dianalisis.

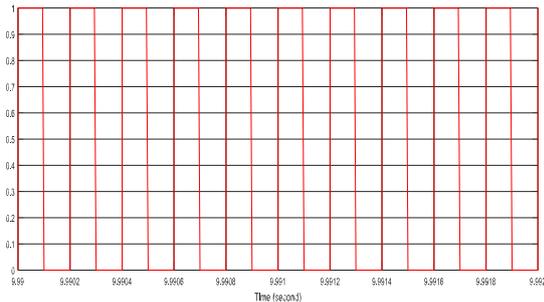


Gambar 5. Gelombang Pulsa Di Hasilkan Oleh Generator Pulsa

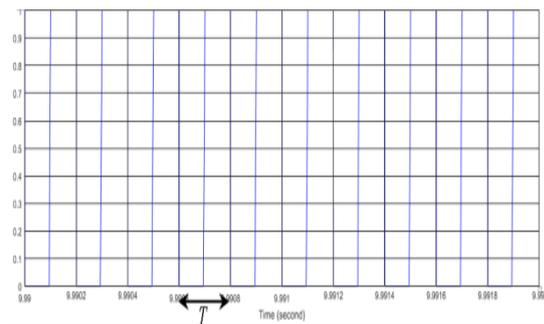
Gambar 6 dan 7 menunjukkan hasil gelombang pulsa yang dihasilkan oleh generator pulsa 1 dan 2 untuk waktu yang sama yaitu 9.99 s hingga 9.992 s. Gambar 6 dan 7 adalah gelombang pulsa menggerakkan MOESFET1 dan MOESFET2, masing-masing gambar menunjukkan bahwa priode, T gelombang pulsa adalah 0,002 s ($9,992\text{ s} - 9,99\text{ s} = 0,002\text{ s}$)

Gelombang pulsa yang dihasilkan oleh generator pulsa 1 bernilai tinggi, sedangkan gelombang pulsa yang dihasilkan oleh generator pulsa 2 bernilai rendah untuk setengah siklus pertama atau untuk setengah periode pertama sebesar 0,001 s. Dengan demikian, MOSFET1 akan ON dan MOSFET2 akan OFF. Untuk setengah siklus kedua atau untuk periode paruh kedua 0,001 s, gelombang pulsa yang dihasilkan oleh generator pulsa 1 bernilai rendah, sedangkan gelombang pulsa yang dihasilkan oleh

generator pulsa 2 bernilai tinggi. Kondisi ini menyebabkan inverter setengah jembatan menghasilkan bentuk gelombang tegangan AC sinusoidal pada koil pengirim. Hal ini juga disebabkan oleh kombinasi induktansi dari induktor koil pengirim yang dihubungkan oleh kapasitansi kapasitor secara paralel (berfungsi sebagai filter LC dalam rangkaian).



Gambar 6. Gelombang Pulsa Di Hasilkan Oleh Generator Pulsa 1

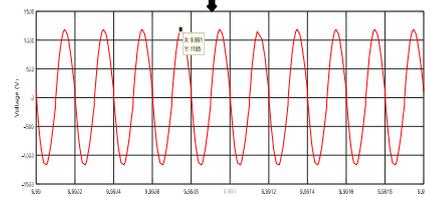
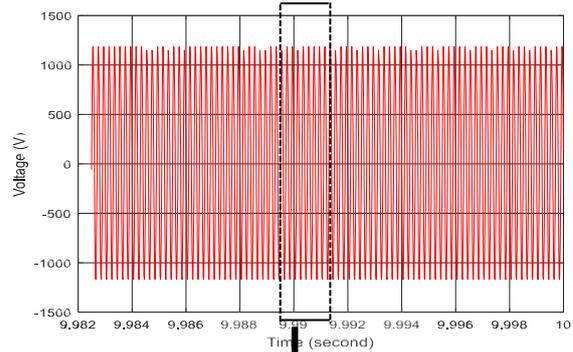


Gambar 7. Gelombang Pulsa Di Hasilkan Oleh Generator Pulsa 2

Kinerja Sistem WPT

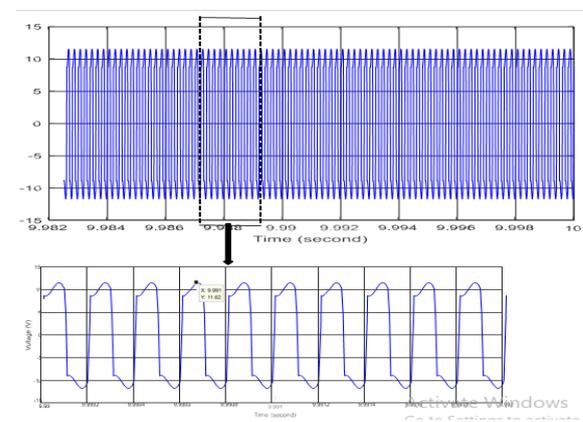
Bentuk gelombang tegangan yang dihasilkan oleh kumparan pengirim dan kumparan penerima berbentuk gelombang sinusoidal seperti yang di tunjukan pada Gambar 8 dan 9 untuk jarak antara kumparan pengirim dan penerima adalah 10m. Dalam hal ini, tegangan DC 12 V disuplay ke WPT system (Butar-Butar *et al*, 2020). Itu di ubah oleh rangkaian inverter setengah jembatan menjadi berupa gelombang tegangan AC dengan nilai puncak nya 1185 V atau dengan nilai rms nya yaitu 837,92 V (Andika *et al*, 2021). Ini karena koil pengirim terhubung bersama dengan kapasitor membuat sirkuit loop tertutup, sehingga rms AC bentuk gelombang tegangan yang dihasilkan oleh kumparan pengirim akan menghasilkan arus AC. Mengalir melalui koil

pengirim dan menghasilkan medan magnet DC (Irwanto *et al*, 2023).. Kekuatan medan magnet ini tergantung pada nilai arus AC. Jika arus AC meningkat, dengan demikian kekuatan medan magnet akan meningkat juga, berbanding terbalik jika arus AC berkurang, maka kekuatan medan magnetnya juga berkurang. Artinya kekuatan medan magnet sebanding dengan arus AC yang mengalir melalui kumparan pengirim.



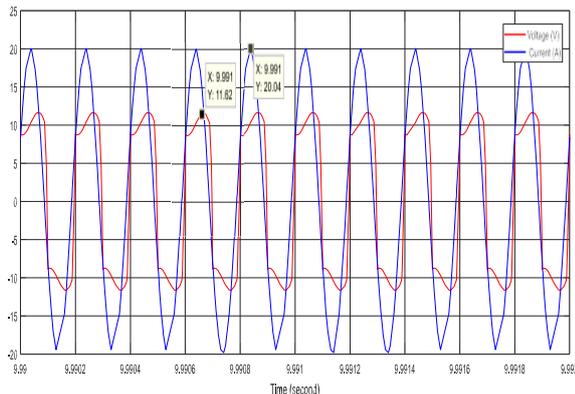
Gambar 8. Gelombang Tegangan Koil Pengirim

Medan magnet memiliki fluks magnet dan mengalir melalui udara dan tiba di koil penerima (Alam *et al*, 2020). Jadi, AC sinusoidal bentuk gelombang tegangan diinduksi pada koil penerima seperti yang di tunjukan pada Gambar 9 memiliki nilai tegangan puncak 11,62 V atau rms nilai tegangannya adalah 8,22 V.



Gambar 9. Gelombang Tegangan Koil Penerima

Gambar 10 menunjukkan bentuk gelombang tegangan AC pada penerima kumparan dengan jarak 10 m. Arus puncak AC 20,04 A atau arus AC rms sebesar 14,17 A mengalir melalui kumparan penerima. Ini menunjukkan bahwa faktor daya dan daya AC pada kumparan penerima adalah 9,991.



Gambar 10. Tegangan AC dan Bentuk Gelombang Arus pada Kumparan Penerima untuk Jarak 10 m

KESIMPULAN

Transfer daya nirkabel dimodelkan menggunakan MATLAB SIMULINK berdasarkan rumusan matematis itu terkait dengan frekuensi sistem, induktansi dari induktor kumparan pengirim dan penerima, putar jumlah kumparan, saling menguntungkan induktansi dan jarak antara pengirim dan kumparan penerima. Sistem WPT dibangun oleh tiga bagian utama, yaitu adalah sumber tegangan DC, rangkaian inverter setengah jembatan dan rangkaian koil pengirim dan penerima. Untuk jarak 10m, tegangan AC rms koil pengirim 837,92 V tegangan AC rms, arus dan daya kumparan penerima 8,22 V, 14,17 A.

DAFTAR PUSTAKA

Andika. 2021. Wireless Power Transfer Using Photovoltaic Cells for Electric Vehicle Charging: A Review. by J. Lee et al. (2021) in *Journal of Power Electronics*, Vol. 21, No. 3, pp. 531-538. DOI:10.6113/JPE.2021.21.3.531

Andika and Hamzah A. 2018. Perancangan dan Pembuatan Generator Fluks Radial Tiga Fasa Magnet Permanen

Kecepatan Rendah,” *Univ. Riau*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, 2018.

Qazi A. et al. 2019. Towards Sustainable Energy: A Systematic Review of Renewable Energy Sources, Technologies, and Public Opinions. *IEEE Access*, vol. 7, pp. 63837–63851, 2019, doi:10.1109/ACCESS.2019.2906402.

Butar-butur A. H., Leong J. H., and Irwanto M. 2020. Effect of DC voltage source on the voltage and current of transmitter and receiver coil of 2.5 kHz wireless power transfer. *Bull. Electr. Eng. Informatics*, vol. 9, no. 2, pp. 484–491, 2020, doi: 10.11591/eei.v9i2.2060.

Harianto B. and Karjadi M. 2022. Planning of Photovoltaic (PV) Type Solar Power Plant as An Alternative Energy of the Future in Indonesia. *ENDLESS Int. J. Futur. Stud.*, vol. 5, no. 2, pp. 182–195, 2022, doi: 10.54783/endllessjournal.v5i2.87.

Mujaahid F., Widyasmoro W., Iswanto I., and Susanto R. 2021. Panel Surya Sebagai Edukasi Energi Hijau Di Lingkungan Pondok Pesantren. *Pros. Semin. Nas. Progr. Pengabd. Masy.*, pp. 279–286, 2021, doi: 10.18196/ppm.21.517.

Pasaribu F.I. and Reza M. 2021. Rancang Bangun Charging Station Berbasis Arduino Menggunakan Solar Cell 50 WP. *R E L E (Rekayasa Elektr. dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 46–55, 2021.

Alam H., Irwanto M., Mashor Y.M., and Masri M. 2020. Design of multiple Pulse Width Modulation (MPWM) Transformerless Photovoltaic Inverter (TPVI) system. *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1432, no. 1, pp. 0–9, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1432/1/012056.

Akom K., Shongwe T., Joseph M.K., and Padmanaban S. 2020. Energy Framework and Policy Direction Guidelines: Ghana 2017-2050 Perspectives. *IEEE Access*, vol. 8, pp. 152851–152869, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3018314.

- Irwanto M., Nugraha Y.T., Hussin N., Nisza I., Perangin-Angin D., and Alam H. 2022. Modelling of Wireless Power Transfer System Using MATLAB SIMULINK, 2022 *IEEE 13th Control Syst. Grad. Res. Colloquium, ICSGRC 2022 - Conf. Proc.*, no. July, pp. 21–24, 2022, doi:10.1109/ICSGRC55096.2022.9845181.
- Irwanto M., Nugraha Y.T., Hussin N., and Nisza I. 2023. Effect of Temperature and Solar Irradiance on the Performance of 50 Hz Photovoltaic Wireless Power Transfer System. *J. Teknol.*, vol. 85, no. 2, pp. 53–67, 2023, doi: 10.11113/jurnalteknologi.v85.18872.
- Irwanto M. *et al.* 2020. Photovoltaic powered DC-DC boost converter based on PID controller for battery charging system, *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1432, no. 1, pp. 0–11, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1432/1/012055.
- Barri M.H., Aprillia B.S., Sugiana A., and Adam K.B. 2021. Integrasi Modul Energi Surya untuk Membantu Sistem Kelistrikan di Pondok Pesantren Darul Bayan Kecamatan Jatianangor Kabupaten Bandung. *J- Dinamika J. Pengabd. Masy.*, vol. 6, no. 1, pp. 117–122, 2021, doi: 10.25047/j-dinamika.v6i1.2368.
- M. Češkovič, P. Kurdel, N. Gecejová, J. Labun, M. Gamcová, and M. Lehocký. 2022. A Reasonable Alternative System for Searching UAVs in the Local Area. *Sensors*, vol. 22, no. 9, 2022, doi: 10.3390/s22093122.
- Singh S.K. *et al.* 2022. Photovoltaic Wireless Power Transfer for Electric Vehicle Charging: A Review by in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 69, No. 5, pp. 4321-4331. DOI: 10.1109/TIE.2021.3121111.
- Gan Y. 2020. Review on the Wireless Power Transfer for the Application of Electric Vehicle. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 440, no. 3, pp. 0–5, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/440/3/032019.
- Rezeki Y.A., Zahra A., Kamilla A.A., and Ramadhani F. 2022. Mini Review: Wireless Charging Sebagai Inovasi Pengembangan Teknologi Elektromagnetik Dalam Menuju Era Society 5.0. *EduFisika J. Pendidik. Fis.*, vol. 7, no. 2, pp. 138–146, 2022, doi: 10.59052/edufisika.v7i2.21484.