

PENGENALAN SISTEM PENGISIAN BATERAI NIRKABEL DENGAN INDUKSI ELEKTROMAGNET PADA BENGKEL- BENGKEL LISTRIK DAN ELEKTRONIKA

Abstraksi

Tujuan pengabdian ini adalah untuk memberikan pemahaman kepada para pelaku teknik yang secara langsung berhubungan dengan masyarakat. Pengabdian ini mengenalkan sistem pengisian baterai nirkabel dengan induksi elektromagnet. Materi sistem pengisian baterai disampaikan dengan cara dikenalkan kepada para beberapa teknisi bengkel-bengkel listrik dan elektronika yang mempunyai pelanggan masyarakat umum. Pengenalan materi dilaksanakan dengan metode demonstrasi yaitu memberikan paparan materi dengan alat peraga hingga kemudian memberikan kesempatan pada peserta untuk bersentuhan langsung dengan benda kerja yang dipelajari dan memperagakannya. Untuk mengetahui pemahaman peserta dilaksanakan uji coba praktik langsung merakit dan melakukan tes running serta menguji benda kerja sampai dengan berhasil fungsi pengisi baterai. Hasil pelaksanaan pengenalan dinilai sangat efektif dapat memberikan pemahaman secara langsung terkait sistem pengisi baterai nirkabel.

Kata Kunci: Teknisi; Sistem pengisian; Baterai; Nirkabel; Masyarakat

Abstract

The purpose of this service is to provide understanding to technicians who are directly related to the community. This service introduces a wireless battery charging system with electromagnetic induction. Instructional Materials battery charging system is delivered by introducing it to several technicians of electrical and electronics workshops that have customers from the general public. The introduction of the material is carried out by the demonstration method, namely providing exposure to the material with props and then providing the opportunity for participants to come into direct contact with the workpiece being studied and demonstrate it. To find out the understanding of the technicians, a practical test was carried out on assembling and conducting a running test as well as testing the workpiece until the battery charger function was successful. The results of the introduction are considered to be very effective in providing a direct understanding of the wireless battery charger system.

Keywords: Technician; Charging system; Battery; Wireless; Community

Sunardi¹, Utami E², Nurhadi M³

¹Teknologi Elektronika
Perkeretaapian, Politeknik
Perkeretaapian Indonesia Madiun

² Teknik Instrumentasi Kilang,
Politeknik Energi dan Mineral
Akamigas

³Teknologi Bangunan dan Jalur
Perkeretaapian, Politeknik
Perkeretaapian Indonesia Madiun

Article history

Received : 31 Oktober 2022

Revised : 7 Februari 2023

Accepted : 17 April 2023

*Corresponding author
Email : sunardi@ppi.ac.id

© 2023 Some rights reserved

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Politeknik Perkeretaapian Indonesia (PPI) Madiun merupakan pendidikan tinggi di bawah BPSDM Kementerian Perhubungan yang mengabdikan kepada masyarakat secara khusus dalam bidang perkeretaapian (Sunardi, S., dkk, 2021). Disamping sebagai tugas Tridarma perguruan tinggi pengabdian masyarakat juga bertujuan menanamkan jiwa nasionalisme dalam berbangsa dan bernegara (Sunardi, S., dkk, 2021). Dalam penelitian Sunardi, S., dkk, (2022) mengenai sistem pengisian baterai nirkabel, telah menguji sistem tersebut pada metode nirkabel induksi elektromagnetik. Dimana sistem pengisian nirkabel masih sangat mungkin untuk dikenalkan kepada masyarakat.

Indonesia merupakan negara tropis (Soedibyo, dkk, 2015) sangat kaya akan sumber daya alam, mulai dari batuan dan mineral karena dibentuk karena proses vulkanik (Bahri, A., S., et. All., 2020) dan akibat pengangkatan dasar laut yang membentuk litologi batu kapur dan membentuk morfologi karst (Bahri, A., S., et. All., 2019), energi alamnya yang tidak terbatas dan terbarukan seperti energi matahari dan panas bumi

(Sunardi, S., dkk, 2018). Tetapi Indonesia merupakan daerah yang labil dan rawan bencana alam, perubahan iklim, dan pergeseran tanah (sunardi, s., dkk, 2020).

Masyarakat dituntut kreatif menggunakan ilmu pengetahuan, kompetensi dan ketrampilan dalam memanfaatkan potensi sumber daya alam yang tersedia. Kreatifitas dalam optomalisasi teknologi yang efisien tidak hanya sebatas konsep saja, namun harus dilaksanakan oleh masyarakat secara luas. Dalam hasil penelitian yang dilakukan Sunardi, S., dkk, (2022) mengenai system pengisian nirkabel, terdapat system yang efisien untuk pengisian baterai. Hal ini yang dapat dikembangkan dan disampaikan kepada masyarakat untuk metode yang dapat membantu mengembangkan pemahaman masyarakat, sehingga dapat berdampak secara luas.

Sistem Pengisian Nirkabel

Metode pengisian daya tanpa harus menghubungkan kereta dengan sumber listrik secara langsung. Konsep nirkabel dapat melakukan pengisian daya dengan posisi kereta pada halte yang sudah dipasang transmitter tepat dijalur kereta tersebut. Pancaran induksi elektromagnet dapat menyalurkan energi ke baterai kereta. System nirkabel memudahkan pengisian menggunakan kopling magnetik dianggap sesuai karena proses pengiriman daya berdasarkan cara induksi (Sedehi et al. 2020).

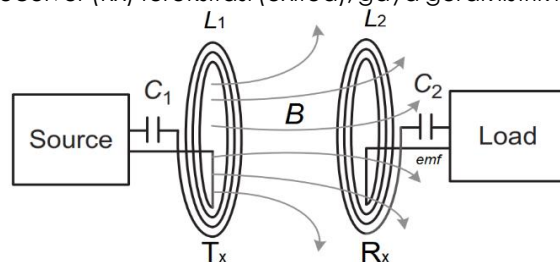
Design and construction of wireless power transfer (WPT) system using magnetic resonant coupling (Khalid Rahman, 2014) untuk penyaluran energi secara wireless, Perbandingan setiap perubahan jarak dan pengaruh jenis kumparan diketahui bahwa semakin besar jarak antar kumparan, maka semakin kecil tegangan yang mampu dikirimkan. Lee et al., (2012) menggunakan kumparan toroid dan merubah frekuensi serta merubah jarak antara kedua kumparan menghasilkan magnitudo yang berbeda. Variasi jarak dan frekuensi merupakan penemuan nilai parameter yang dicari.

Konsep sistem penyaluran daya listrik ini diperlukan rangkaian transmitter sebagai pemancarnya dan receiver sebagai penerimanya. Transmitter terdiri dari rangkaian pembangkit tegangan arus searah (DC) pulsa frekuensi tinggi dengan untai LC sebagai resonator magnetik, sedangkan receiver terdiri dari untai LC dengan frekuensi resonansi yang sama (Gao et al. 2020). Pada jarak tertentu (mendekati) transmitter, penangkap induksi resonansi magnetik (receiver) dapat menerima daya listrik yang kemudian disalurkan menuju beban. Konsep kopling magnetik dapat digunakan untuk menyalurkan daya dari kumparan pemancar ke kumparan penerima pada tegangan tinggi (Rozman et al. 2019).

Wireless power transfer dilakukan untuk menyempurnakan hubungan jarak dan efisiensi (Kim, J., et al., 2011). Transfer daya nirkabel yang dilakukan untuk meningkatkan efisiensi (>70%) dalam mentransfer daya besar (>100W) dengan meningkatkan jarak yang lebih jauh (>10m) (Kim, K. Y., 2012).

Teori Penyaluran Daya Nirkabel

Wireless power transfer (WPT) merupakan proses penyaluran energi listrik dari sumber tegangan ke beban tanpa kabel. Pada sistem penyaluran energi, daya yang terkirim merupakan hal yang sangat penting sehingga efisiensi link (η_{link}) perlu diperhatikan (Dai et al. 2020). WPT (Lee et al. 2012) terdiri dari loop driver, kumparan transmitter (Tx), kumparan receiver (Rx) dan loop beban (load). Gambar 1 menunjukkan sistem WPT menggunakan kopling resonansi elektromagnetik. Setiap antenna transmitter (Tx) terdiri dari loop dan koil. Ketika generator memberi daya pada loop driver, maka gaya gerak listrik (electromotive force) menginduksi kumparan Tx. Saat kumparan receiver (Rx) tereksitasi (exited), gaya gerak listrik menginduksi dalam loop beban.



Gambar 1. Konsep sistem daya nirkabel kopel loosely resonansi induktif (Lee et al. 2012).

Interaksi terjadi karena dua kumparan memiliki frekuensi resonansi yang sama. Arus perpindahan antar dua kumparan akibat beda potensial setiap siklus menginduksi medan magnet, sehingga terjadi kopling magnet antara keduanya. Ini berarti kumparan memiliki frekuensi yang sama dapat resonansi berbagi medan elektromagnetik dan menyalurkan energi secara efisien. Tegangan induksi dapat dihitung menggunakan persamaan 2-1 berikut.

$$V_{ind} = -N \frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots (1)$$

$$\Phi = B \cdot A \dots\dots\dots (2)$$

Hukum Lorentz = gaya gerak listrik (emf)

$$emf = V_{ext}$$

$$V_{ext} = -N \frac{d\Phi}{dt} \dots\dots\dots (3)$$

Transformasi daya listrik di udara, dimana daya tersebut bergerak, mengalami perbedaan karena adanya jarak induksi kumparan penerima elektromagnetik. Sedangkan efisiensi dapat dihitung dari rugi-rugi daya, dimana perbedaan antara pemancar daya dan penerima daya, jadi:

$$\eta_{link} = \frac{V_{ind} I_{ind}}{V_{ext} I_{ext}} \dots\dots\dots (4)$$

Resonansi kedua kumparan karena memiliki frekuensi yang sama (f). Resonansi dihasilkan dari rangkaian LC, analogi bahwa nilai reaktansi induktif (XL) sama dengan reaktansi kapasitif (XC) didapat dalam persamaan berikut:

$$XL = XC, \text{ jika persamaan reaktansi direduksi menjadi } 2\pi fL = \frac{1}{2\pi fC}, \text{ kemudian } f^2 = \frac{1}{2\pi 2\pi LC}, \text{ dan } f = \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{2\pi 2\pi LC}},$$

sehingga dapat disederhanakan menjadi:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots\dots\dots (5)$$

Rangkaian LC membentuk arus bolak-balik dari sumber arus searah, induktor (L) menyimpan medan magnet sedangkan kapasitor (C) menyimpan medan listrik (Feng, J., dkk, 2021). Nilai L dan C dapat mempengaruhi besarnya sinyal yang dibangkitkan. Filter C mengisi dan mengosongkan beban, pengisian berlangsung sampai nilai maksimum, ketika tegangan pada C sama dengan V_p . Pada ayunan ke bawah, C akan mengosongkan melepaskan muatan ke L dalam bentuk fluks (ϕ). Jika tidak ada beban, nilainya konstan dan sama dengan V_p , tetapi jika ada beban, maka keluaran (V_{out}) beriak akibat kondisi pengosongan. Persamaan berikut dapat menghitung nilai C yang dibutuhkan:

$$C = \frac{I \cdot T}{V_r} \dots\dots\dots (6)$$

Disekitar kumparan T_x akan membentuk medan magnet (B), jika pada kondisi ini kumparan R_x diletakkan didekat kumparan T_x , maka kumparan juga akan timbul medan magnet di kumparan R_x . Inilah sebabnya mengapa pengiriman energi tanpa kabel dapat terjadi antara kedua kumparan. Nilai L dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$L = N \frac{\Phi}{I} = N \frac{B \cdot A}{I} = N \frac{\mu_0 \cdot N \cdot I}{L \cdot I} \text{ dapat disederhanakan:}$$

$$L = \mu_0 \frac{N^2 \cdot A}{l} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana,

V_{ext} = Tegangan exitasi (Volt)

V_{ind} = Tegangan induksi (Volt)

I_{ext} = Arus exitasi (Ampers)

I_{ind} = Arus induksi (Ampers)

N = Jumlah lilitan

B = Medan magnet (tesla)

A = Luas penampang kumparan (m^2)

ϕ = Flux magnet (Weber)

X_L = Reaktansi Induktif (Ω)

X_C = Reaktansi kapasitif (Ω)

f = Frekuensi resonansi

L = Induktansi

C = Kapasitansi

T = Periode gelombang (s)

V_r = Tegangan ripel (V)

I = Arus (A)

l = Panjang kumparan (m)

μ_0 = Permeability ($4\pi 10^{-7}$)

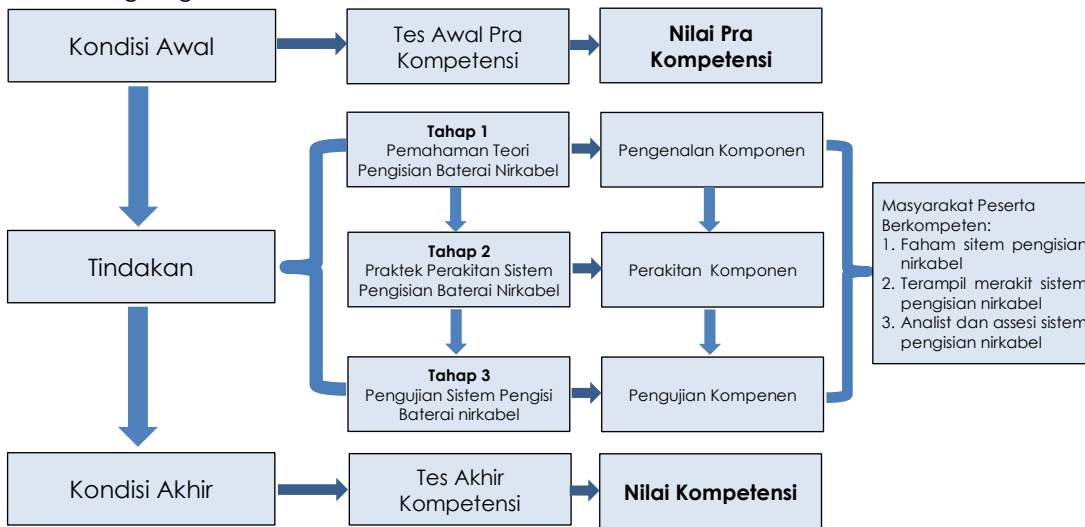
Frekuensi resonansi kumparan memiliki nilai yang sama dengan frekuensi arus bolak-balik, ketika rangkaian ekuivalen kumparan berada pada frekuensi tinggi (f) dan memiliki impedansi terkecil (Z). Dalam ini kondisi kondisi ini dan sebagian besar energi dapat ditransmisikan melalui resonansi.

METODE PELAKSANAAN

Metode yang digunakan dalam pelaksanaan pengabdian masyarakat ini dilakukan dengan penyampaian materi terkait untuk transfer pengetahuan dan ketrampilan (Wirawan, W., A., dkk, 2021), (Sunardi, S., dkk, 2021). Materi disampaikan dengan metode Tugas Proyek, pertama peserta melakukan uji pra kompetensi untuk mengetahui seberapa jauh menguasai Teknik sistem pengisian baterai nirkabel. Kedua, masyarakat peserta pada tahap satu mempelajari dan memahami teori sistem pengisian baterai nirkabel, materi yang dipelajari pada sesi ini adalah perhitungan secara matematis sederhana mengenai proses perpindahan daya dari sumber transmitter ke receiver regulator. Merekonstruksi secara utuh komponen-komponen pembentuk sistem pengisian baterai nirkabel. Kemudian masyarakat peseta melakukan kalkulasi rancangan sistem pengisian baterai nirkabel.

Ketiga, pada tahap ini masyarakat peserta membuat perangkat keras, mulai dari mencetak papan rangkaian, mencari atau membuat komponen pendukung sampai dengan merakit menjadi satu rangkaian secara utuh.

Melakukan instalasi dan assembling sistem pengisian baterai nirkabel menjadi bentuk yang dapat dipakai secara langsung.



Gambar 1. Tahapan Pendidikan, praktek dan evaluasi pembelajaran teknik sistem pengisian baterai nirkabel

Keempat, menguji hasil rancangan untuk mengetahui karakteristik sistem pengisian baterai nirkabel. Pada tahap ini yang di uji adalah keberhasilan transfer daya dari sumber ke penerima. Ini merupakan analogi dari penggunaan sistem pengisian baterai nirkabel pada sarana kendaraan bermotor atau bidang perkeretaapian.

Pada tahap akhir pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat pembelajaran sistem pengisian baterai nirkabel adalah melakukan tes akhir kompetensi dari hasil eksperimen. Tes dilakukan secara langsung setelah melakukan rangkaian pembelajaran dan pelatihan.

PEMBAHASAN

Hasil kegiatan pengabdian kepada masyarakat pada pelatihan secara langsung sistem pengisian baterai nirkabel ini adalah dimulai dari beberapa tahapan pembelajaran. Pelaksanaan pada tahap pertama dosen memberikan modul dan materi secara langsung kepada peserta yang berisikan tentang teori dasar sistem pengisian baterai nirkabel.



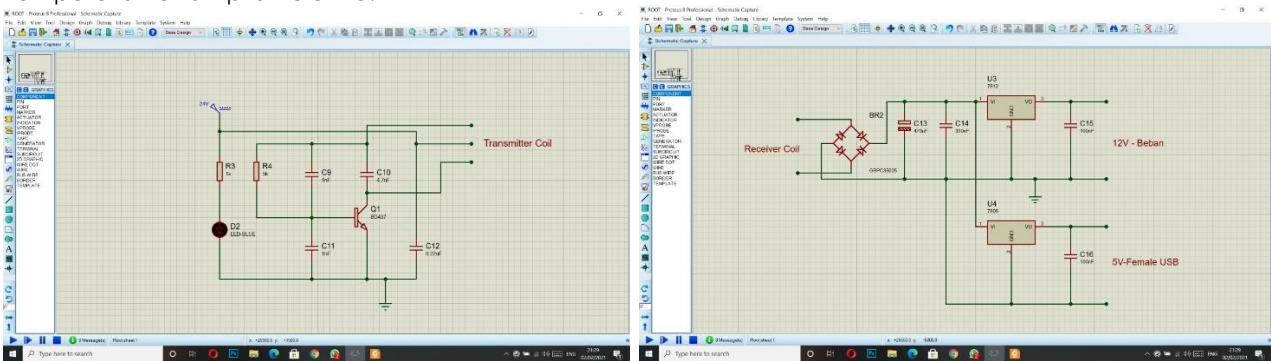
Gambar 2. Tempat pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat di Bengkel Suwito.

Pada tahap ini pula dijelaskan mengenai teknik pemindahan daya listrik tanpa kabel. Peserta mengikuti dengan cara mencatat, mengkonsep dan merencana perhitungan-perhitungan penting mengenai sistem pengisian baterai nirkabel. Pada tahap pertama ini peserta melakukan pembelajaran kognitif yaitu pengembangan mengenai ilmu pengetahuan. Pembelajaran kognitif dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.

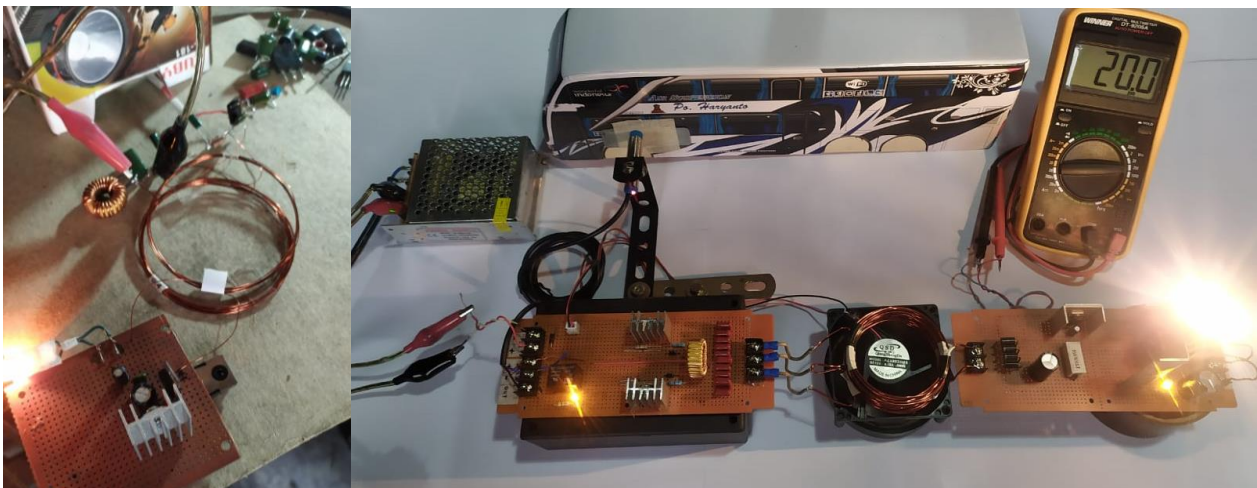


Gambar 3. Pembelajaran kognitif pada masyarakat peserta

Pada tahap kedua peserta membuat desain sistem pengisian nirkabel. Rencana dilakukan dengan membuat PCB, antenna induksi dan desain bentuk pengemasan. Perakitan dilakukan secara mandiri oleh masing-masing peserta. Pada tahap ini peserta sedang melakukan pembelajaran psikomotorik dengan pengembangan kompetensi ketramampilan elektro.



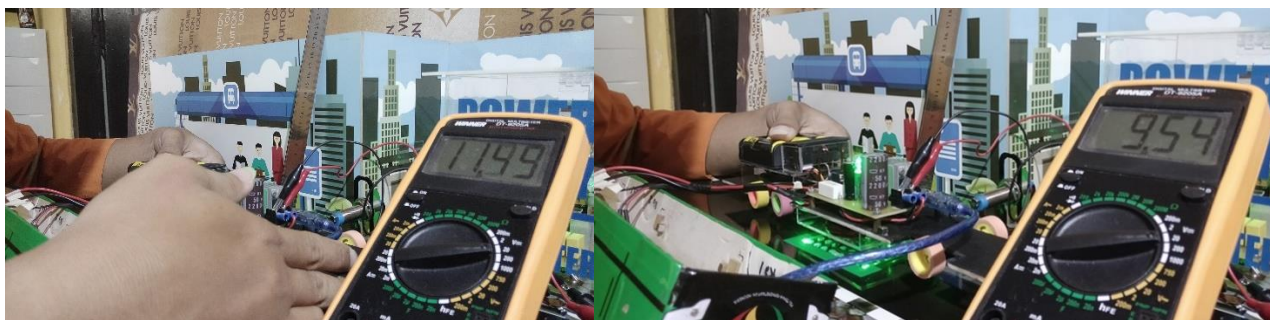
Gambar 4. Pembelajaran psikomotorik pada masyarakat peserta merencana rangkaian.



Gambar 5. Pembelajaran psikomotorik pada masyarakat peserta merakit komponen

Pada tahap ketiga, peserta melaksanakan pembelajaran motorik yaitu dengan melakukan perancangan rangkaian sistem pengisian dengan mendesain rangkaian menggunakan perangkat lunak sampai dengan menyiapkan pencetakan papan rangkaian. Perancangan rangkaian sistem pengisian dapat ditunjukkan pada Gambar 4. Dan kemudian pada langkah berikutnya masyarakat peserta melakukan perakitan komponen menjadi kit sistem pengisian baterai nirkabel. Perakitan komponen dapat ditunjukkan pada Gambar 5.

Tahap akhir adalah melakukan pengujian, dalam hal ini masyarakat peserta menjalani pembelajaran analisis untuk mengetahui bagaimana kinerja perangkat sistem pengisian dapat berfungsi dengan baik. Pengujian perangkat dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Pembelajaran analisis pengujian perangkat.

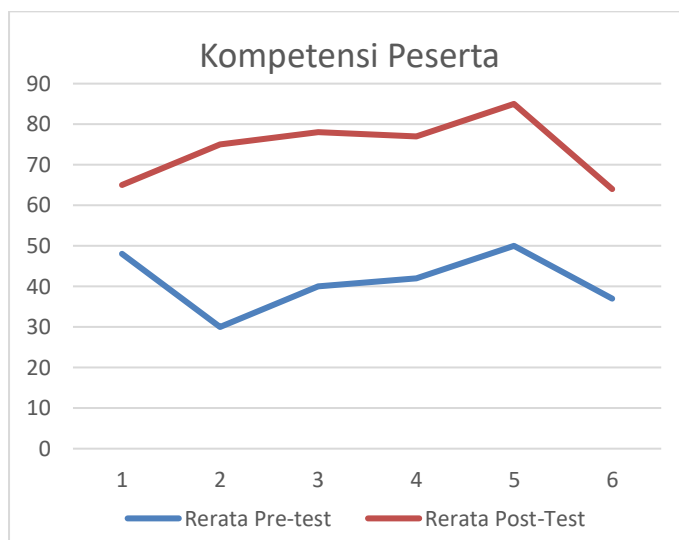
Pada pelaksanaan ini dapat diketahui bahwa sebelum dilaksanakan praktik secara langsung masyarakat peserta pengenalan sistem pengisian baterai nirkabel belum dapat menjelaskan secara teori perpindahan daya, cara kerja sistem pengisian baterai nirkabel, melaksanakan perancangan dan perakitan komponen, serta melaksanakan pengujian perangkat. Setelah dilakukan pengenalan sistem pengisian baterai nirkabel dengan metode penugasan praktek, masyarakat peserta dapat menjelaskan secara teori, praktek dan menguji perangkat sistem pengisian baterai nirkabel. Hasil pretest dan posttest pengenalan sistem pengisian baterai nirkabel dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 7 berikut.

Tabel 1. Kegiatan evaluasi pembelajaran

No	Materi	Rerata Pre-test	Rerata Post-Test
1	Pengenalan teori sistem pengisian baterai nirkabel	48	65
2	Pengenalan perangkat lunak desainer elektronik, cara pencetakan, dan etching.	30	75
3	Perencanaan rangkaian, menggambar rangkaian, dimensi komponen	40	78
4	Perekayasaan, pengaturan dimensi, pengemasan ringkas dan kabling	42	77
5	Perakitan komponen, penyolderan, perapian dan pemasangan dalam box	50	85
6	Pengujian kinerja perangkat	37	64
Rerata Kompetensi		41,2	74

KESIMPULAN

Kegiatan pengenalan pembelajaran system pengisian baterai nirkabel dilaksanakan oleh dosen Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun, dengan materi pelatihan langsung di lapangan yang meliputi teori, praktek dan pengujian. Secara umum hasil dari pengabdian ini dapat berjalan dengan baik dan masyarakat peserta dapat memahami. Perkembangan kompetensi hasil pengenalan system pengisian baterai nirkabel adalah mampu merakit dan menjelaskan dengan standar produk.



Gambar 7. Hasil Kompetensi Peserta

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada mitra bengkel-bengkel listrik dan elektro dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat atas kerjasama dan juga kepada pihak yang telah memberikan sumber dana yaitu Politeknik Perkeretaapian Indonesia sehingga hasil dari kegiatan ini dapat bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahri, A., S., Aliyan, S., A., Widodo, A., Rahmat, M., Hilyah, A., Purwanto, M., S., Fajar, M., H., M., Hardyani, P., V., Alita, E., W., and Sunardi, S., (2020), Petrography and geochemistry of structural limestones in the Pringkuku Karst area, Pacitan, East Java. AIP Conference Proceedings, Volume 2251, Issue 1, 10.1063/5.0015772, DOI <https://doi.org/10.1063/5.0015772>.
- Bahri, A., S., Abdullah, M., I., U., S., Aliyan, S., A., Purwanto, M., S., Widodo, A., Hilyah, A., Fajar, M., H., M., Hardyani, P., V., Sunardi, S., Alita, E., W., Rahmat, M and Nurfitriana, I., (2019), Identification of underground river with microtremor method in Dersono karst area, Pacitan. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 649, Sustainable Islands Development Initiatives – International Conference, DOI:10.1088/1755-1315/649/1/012001.
- Dai, X., Wu, J., Jiang, J., Gao, R., & Madawala, U. K. (2020). An Energy Injection Method to Improve Power Transfer Capability of Bidirectional WPT System with Multiple Pickups. IEEE Transactions on Power Electronics, 36(5), 5095–5107. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2020.3032676>.
- Feng, J., Li, Q., Lee, F.C., and Fu, M., (2021), "LCCL-LC Resonant Converter and Its Soft Switching Realization for Omnidirectional Wireless Power Transfer Systems," IEEE Trans. Power Electron., vol. 36, no. 4, pp. 3828–3839, 2021, DOI: 10.1109/TPEL.2020.3024757.
- Kim, J., Son, H. C., Kim, K. H., & Park, Y. J. (2011). Efficiency analysis of magnetic resonance wireless power transfer with intermediate resonant coil. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 10(February), 389–392. <https://doi.org/10.1109/LAWP.2011.2150192>.
- Kim, K. Y. (2012). Wireless Power Transfer – Principles And Engineering Explorations Edited by Ki Young Kim. Wireless Power Transfer – Principles and Engineering Explorations.
- Lee, H. J., Bang, J. Y., & Chung, C. W. (2012). Electromagnetically coupled resonators using toroidal ferrite core for wireless power transfer. 2012 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Innovative Wireless Power Transmission: Technologies, Systems, and Applications, IMWS-IWPT 2012 - Proceedings, 183–186. <https://doi.org/10.1109/IMWS.2012.6215782>.
- Gao, X., Liu, C., Zhou, H., Hu, W., Huang, Y., Xiao, Y., Lei, Z., & Chen, J. (2020). Design and Analysis of a New Hybrid Wireless Power Transfer System with a Space-Saving Coupler Structure. IEEE Transactions on Power Electronics, 36(5), 5069–5081. DOI <https://doi.org/10.1109/TPEL.2020.3027473>.
- Khalid Rahman, S. (2014). Design and Construction of Wireless Power Transfer System Using Magnetic Resonant Coupling. American Journal of Electromagnetics and Applications, 2(2), 11. DOI <https://doi.org/10.11648/j.cjea.20140202.11>.
- Rozman, M., Ikpehai, A., Adebisi, B., Rabie, K. M., Gacanan, H., Ji, H., & Fernando, M. (2019). Smart Wireless Power Transmission System for Autonomous EV Charging. IEEE Access, 7(c), 112240–112248. DOI <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.291293>.

- Sedehi, R., Budgett, D., Jiang, J., Ziyi, X., Dai, X., Hu, A. P., & McCormick, D. (2020). A Wireless Power Method for Deeply Implanted Biomedical Devices via Capacitively Coupled Conductive Power Transfer. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 36(2), 1870–1882. DOI <https://doi.org/10.1109/TPEL.2020.3009048>.
- Soedibyo, Hidayat, A., R., Sahrin, A., Wati, , T., (2015), Design of Power Supply "Electronic Center" at Kr. Baruna Jaya 8 Using Photovoltaic-Battery Hybrid System. *JAVA Journal of Electrical and Electronics Engineering* Volume 13, Number 1.
- Sunardi, S., Arifianto, T., Cundoko, A., Istiantara, D., T., (2021), Sosialisasi Hasil Pengukuran Geolistrik dan Tata Guna Lahan Jalur Kereta Api Madiun -Slahung. *Madiun Spoor: Jurnal Pengabdian masyarakat* Vol.1 No.2, DOI <https://doi.org/10.37367/jpm.v1i2.177>.
- Sunardi, S., Istiantara, D., T., Cundoko, A., (2021), Pemasangan Tiang Bendera Merah Putih Untuk Membangun Jiwa Nasionalisme Pada Pendidikan Anak Usia Dini. *Madiun Spoor: Jurnal Pengabdian masyarakat* Vol.1 No.1, DOI <https://doi.org/10.37367/jpm.v1i1.143>.
- Sunardi, S., Raffli Bachtiar, R., Duta Septione, A., Ayu Larasati, N., Adi Perwira, D., Setio Pribadi, F., Nurtanto, M., Selvan Subramaniam, T., & Soedibyo. (2022). Autonomous Rail Rapid Transit (ART) Prototype Concept Using Wireless Charging System with Electromagnetic Induction Coupling. *Journal of Railway Transportation and Technology*, 1(1), 1–12. <https://doi.org/10.37367/jrtt.v1i1.4>.
- Sunardi, S., Arifianto, T., Hartisa, A., L., Darmawan, A., Wirawan, W., A., (2020), Perancangan Sistem Peringatan Longsor dan Deteksi Pergeseran Tanah Menggunakan Metode Telemetri. *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, Volume 22, Nomor 2, DOI: <https://doi.org/10.25104/jptd.v22i2.1618>.
- Sunardi, S., Wirawan, W., A., Aghastya, A., (2018). Estimation Of Geothermal Potential As A Power Supply (Reactivation Planning Of The Madiun Slahung Ponorogo Railroad. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia (Indonesian Railway Journal)* Vol. 2, No.2, 2018. Hal. 104-106., DOI <https://doi.org/10.37367/jpi.v2i2.52>.
- Wirawan, W. A., Astuti, S. W., Rozaq, F., & Sunardi. (2021). Peningkatan Kopetensi Tenaga Perawat Sarana Perkeretaapian Pada Bidang Dasar Teknologi Sistem Pengereman. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(1), 23–32.