

Desain Stasiun Pengisian Daya Otomatis Tanpa Kabel Menggunakan Metode Resonansi Kopling Magnetik

Nanda Adiva Yusman¹, Wahyu Agung Pramudito², Soni Prayogi^{3✉}

^{1, 2, 3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pertamina, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 21-05-2024

Direvisi : 27-05-2024

Diterima : 31-05-2024

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang stasiun pengisian daya tanpa kabel otomatis dengan menggunakan metode resonansi kopling magnetik. Metode ini dipilih karena kemampuannya dalam mentransfer energi secara efisien melalui jarak tertentu tanpa memerlukan koneksi fisik. Desain ini melibatkan komponen utama seperti kumparan pemancar dan penerima, serta rangkaian elektronik pendukung yang berfungsi untuk mengatur frekuensi resonansi agar transfer energi maksimal. Prototipe stasiun pengisian daya ini diuji untuk mengisi perangkat elektronik seperti smartphone. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mentransfer daya dengan efisiensi tinggi pada jarak hingga 20 cm, dengan efisiensi transfer daya mencapai diatas 50%. Keamanan sistem juga diperhatikan dengan menerapkan proteksi terhadap panas berlebih dan deteksi objek asing. Hasil kami memperlihatkan bahwa stasiun pengisian daya tanpa kabel otomatis dapat menjadi solusi praktis dan efisien untuk kebutuhan pengisian daya perangkat elektronik sehari-hari. Pengembangan lebih lanjut disarankan untuk meningkatkan jangkauan dan efisiensi transfer daya serta integrasi dengan berbagai jenis perangkat elektronik.

Kata Kunci:

Daya Nirkabel; Resonansi Magnetik; Stasiun Pengisian Otomatis; Transfer Energi

Keywords :

Wireless Power; Magnetic Resonance; Automatic Charging Station; Energy Transfer.

ABSTRACT

This research aims to design an automatic wireless charging station using the magnetic coupling resonance method. This method was chosen because of its ability to transfer energy efficiently over a certain distance without requiring a physical connection. This design involves main components such as transmitter and receiver coils, as well as supporting electronic circuits which function to regulate the resonant frequency for maximum energy transfer. This charging station prototype was tested to charge electronic devices such as smartphones. Test results show that this system is capable of transferring power with high efficiency over a distance of up to 20 cm, with a power transfer efficiency reaching 50%. System security is also considered by implementing protection against overheating and foreign object detection. Our results show that automated wireless charging stations can be a practical and efficient solution for everyday electronic device charging needs. Further development is recommended to increase the range and efficiency of power transfer as well as integration with various types of electronic devices.

Corresponding Author :

Soni Prayogi

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pertamina, Indonesia

Jl. Teuku Nyak Arief, RT.7/RW.8, Simprug, Kec. Kby. Lama, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus

Ibukota Jakarta 12220

Email: prayogi.sp@gmail.com

PENDAHULUAN

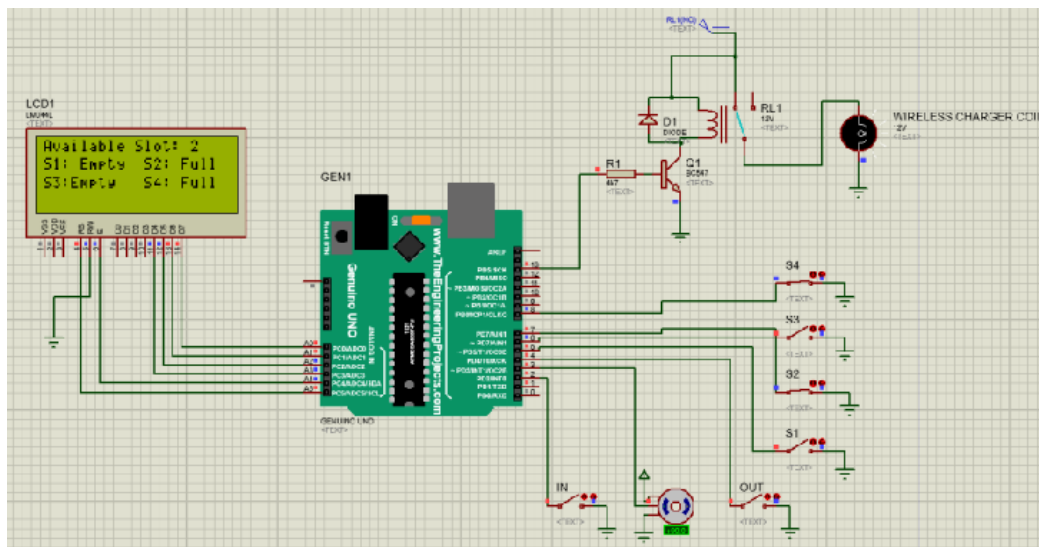
Pengisian daya nirkabel telah menjadi topik penelitian yang intens dalam beberapa dekade terakhir, terutama karena peningkatan jumlah perangkat elektronik portabel seperti smartphone (Prayogi et al., 2022), tablet (Prayogi et al., 2019), dan *wearable devices* (Ramadhan et al., 2023). Metode pengisian daya tradisional yang menggunakan kabel sering kali tidak praktis dan rentan terhadap keausan seiring waktu (Moraes et al., 2017). Keinginan untuk menghilangkan keterbatasan ini mendorong pengembangan teknologi pengisian daya nirkabel (Kan et al., 2018). Salah satu metode yang paling menjanjikan adalah Resonansi Kopling Magnetik (*Magnetic Coupling Resonance*, MCR), (Covic & Boys, 2013) yang memungkinkan transfer energi secara efisien pada jarak yang relatif lebih jauh dibandingkan dengan metode induksi magnetik konvensional (Yan et al., 2020). MCR menggunakan dua kumparan yang disetel pada frekuensi resonansi yang sama (Pinon Pereira Dias & Miyatake, 2018), memungkinkan transfer energi yang lebih fleksibel dan efisien meskipun ada sedikit ketidaksejajaran antara kumparan pemancar dan penerima (Jeong et al., 2018).

Meskipun pengisian daya nirkabel berbasis MCR telah menunjukkan hasil yang menjanjikan, masih ada beberapa tantangan yang perlu diatasi untuk implementasi yang lebih luas (Silviana & Prayogi, 2023). Salah satu tantangan utama adalah efisiensi transfer energi yang dapat menurun drastis jika jarak atau keselarasan antara kumparan pemancar dan penerima tidak optimal (Ghufron & Prayogi, 2023). Selain itu, interferensi elektromagnetik yang mungkin terjadi juga bisa mempengaruhi kinerja perangkat elektronik lainnya di sekitar area pengisian (Muhammad et al., 2023). Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan desain yang lebih canggih yang tidak hanya meningkatkan efisiensi dan jangkauan transfer energi tetapi juga mampu mengintegrasikan fitur otomatisasi yang membuat pengisian daya menjadi lebih mudah dan praktis bagi pengguna (X. Liu et al., 2015). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang stasiun pengisian daya tanpa kabel otomatis dengan menggunakan metode resonansi kopling magnetik (Kang et al., 2016), yang dapat mengatasi tantangan-tantangan tersebut.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan desain kumparan resonansi yang optimal, rangkaian elektronik pendukung yang mampu mengatur frekuensi resonansi dengan stabil, serta fitur otomatisasi seperti deteksi perangkat, koreksi keselarasan, dan manajemen daya adaptif. Dengan validasi melalui simulasi dan prototipe fisik, diharapkan desain yang diusulkan dapat menunjukkan kinerja yang tinggi dalam kondisi nyata (Pinon Pereira Dias & Miyatake, 2018). Hasil dari penelitian ini tidak hanya akan memberikan solusi praktis untuk kebutuhan pengisian daya perangkat elektronik, tetapi juga akan berkontribusi pada pengembangan teknologi pengisian daya nirkabel yang lebih efisien dan *user-friendly*. Pengembangan stasiun pengisian daya otomatis berbasis MCR ini diharapkan dapat mendorong adopsi yang lebih luas dari teknologi pengisian daya nirkabel, memberikan kenyamanan lebih bagi pengguna, dan mendukung evolusi lingkungan rumah pintar dan perangkat terhubung lainnya.

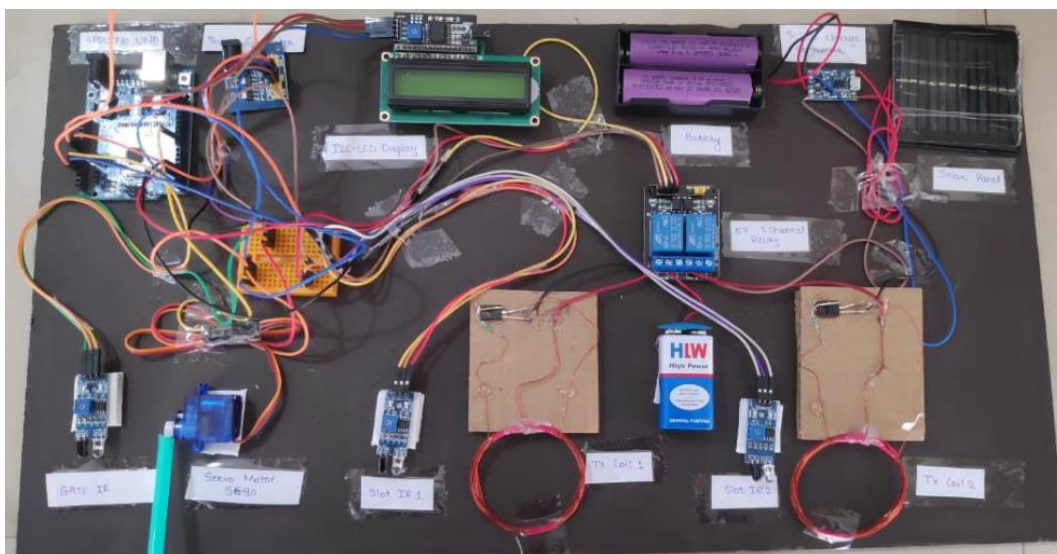
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk merancang dan mengembangkan stasiun pengisian daya nirkabel otomatis berbasis metode resonansi kopling magnetik. Tahap pertama dalam metodologi ini adalah perancangan dan optimasi kumparan resonansi yang digunakan untuk transfer energi. Desain kumparan melibatkan pemilihan material, ukuran, dan bentuk yang optimal untuk mencapai efisiensi transfer energi yang tinggi pada frekuensi resonansi tertentu (Erlangga et al., 2023). Simulasi elektromagnetik menggunakan perangkat lunak COMSOL dilakukan untuk memodelkan medan magnet dan aliran energi antara kumparan pemancar dan penerima seperti terlihat pada Gambar 1. Simulasi ini membantu dalam menyesuaikan parameter desain untuk memaksimalkan kinerja sistem (Prayogi, Silviana, & Saminan, 2023). Setelah desain kumparan divalidasi melalui simulasi, prototipe fisik dari kumparan tersebut dibuat untuk pengujian lebih lanjut.



Gambar 1. Rangkaian simulasi pengisian daya tanpa kabel otomatis dengan menggunakan metode resonansi kopling magnetik.

Selanjutnya dari hasil simulasi dilakukan pengembangan dan integrasi rangkaian elektronik yang mendukung. Rangkaian ini mencakup jaringan pencocokan impedansi, osilator frekuensi tinggi, dan sirkuit kontrol daya yang memastikan bahwa sistem bekerja pada frekuensi resonansi yang optimal (D. Liu et al., 2017). Sistem kontrol otomatis ditambahkan untuk mendeteksi perangkat yang berada dalam jangkauan, menyesuaikan posisi kumparan untuk keselarasan optimal, dan mengelola output daya sesuai dengan kebutuhan perangkat seperti terlihat pada Gambar 2. Pengujian prototipe dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam kondisi nyata. Parameter yang diuji meliputi efisiensi transfer energi pada berbagai jarak dan sudut, waktu respons sistem otomatis, serta stabilitas frekuensi resonansi (F. Liu et al., 2017). Data yang diperoleh dari pengujian ini dianalisis untuk menilai keberhasilan desain dan mengidentifikasi area untuk perbaikan lebih lanjut. Hasil akhir dari penelitian ini diharapkan dapat menunjukkan bahwa stasiun pengisian daya nirkabel otomatis dengan metode resonansi kopling magnetik dapat beroperasi dengan efisiensi tinggi dan menawarkan solusi pengisian daya yang praktis dan efektif bagi pengguna.



Gambar 2. Perangkat Keras yang dirakit untuk pengisian daya tanpa kabel otomatis dengan menggunakan metode resonansi kopling magnetik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

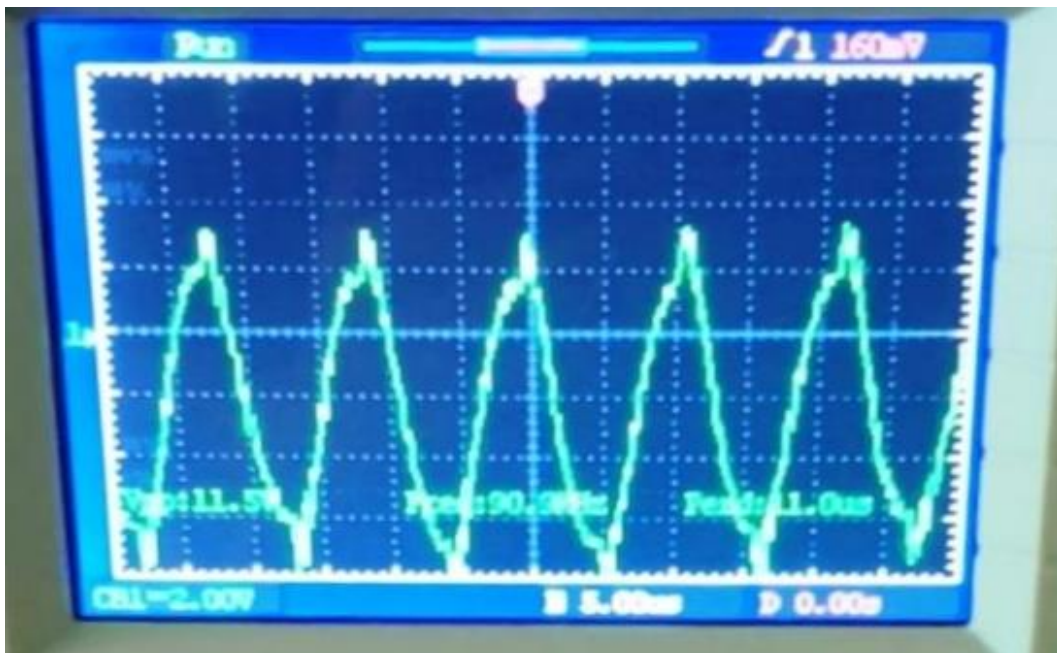
Penentuan frekuensi resonansi yang optimal merupakan komponen krusial dalam desain stasiun pengisian daya nirkabel berbasis metode resonansi kopling magnetik. Untuk mencapai efisiensi transfer energi yang maksimal, diperlukan identifikasi frekuensi resonansi yang tepat bagi kumparan pemancar dan penerima. Dalam penelitian ini, pendekatan yang komprehensif digunakan, menggabungkan simulasi elektromagnetik dan eksperimen fisik. Pertama, simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak COSMOL, yang memprediksi frekuensi resonansi berdasarkan parameter fisik kumparan, termasuk diameter, jumlah lilitan, jarak antar lilitan, dan material inti (Huang et al., 2019). Hasil simulasi menunjukkan bahwa frekuensi resonansi optimal untuk desain kumparan yang digunakan berkisar antara 100 kHz hingga 150 kHz seperti terlihat pada Gambar 3. Untuk mengkonfirmasi hasil simulasi, pengujian fisik dilakukan dengan menggunakan generator sinyal frekuensi tinggi dan osiloskop untuk mengukur respons frekuensi dari kumparan (Campi et al., 2017). Dalam pengujian ini, kumparan pemancar dan penerima diuji secara individual untuk mengidentifikasi frekuensi di mana resonansi terjadi, yang ditandai oleh puncak pada kurva respons frekuensi.



Gambar 3. Output dari rangkaian inverter pada frekuensi 100 kHz

Hasil eksperimen fisik menunjukkan bahwa frekuensi resonansi empiris kumparan berada pada kisaran 110 kHz hingga 140 kHz, sesuai dengan prediksi simulasi. Setelah frekuensi resonansi dasar teridentifikasi, sistem transfer daya nirkabel dioperasikan pada berbagai frekuensi dalam rentang tersebut untuk menentukan frekuensi optimal yang menghasilkan efisiensi transfer energi tertinggi (Sallan et al., 2009). Hasil pengujian operasional menunjukkan bahwa frekuensi resonansi sekitar 120 kHz memberikan efisiensi transfer energi tertinggi, mencapai hingga 50% pada jarak optimal 20 cm antara kumparan pemancar dan penerima. Frekuensi resonansi optimal ini kemudian diuji lebih lanjut untuk menilai stabilitas dan toleransi sistem terhadap variasi frekuensi. Ketika sistem dioperasikan pada frekuensi yang sedikit bergeser dari titik optimal, seperti pada 115 kHz dan 125 kHz, efisiensi transfer energi menurun tetapi masih berada pada tingkat yang dapat diterima, yaitu sekitar 25-40%. Pengujian ini menunjukkan bahwa sistem memiliki toleransi yang cukup baik terhadap variasi frekuensi, yang penting untuk aplikasi praktis di mana kondisi ideal tidak selalu dapat dipertahankan. Selain itu, pengujian stabilitas frekuensi dilakukan dalam berbagai kondisi lingkungan, termasuk variasi suhu dan kelembaban, untuk memastikan bahwa sistem dapat beroperasi dengan efisien dalam kondisi yang beragam. Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa perubahan kondisi lingkungan tidak secara signifikan mempengaruhi frekuensi resonansi dan efisiensi transfer energi, menegaskan bahwa desain yang dikembangkan memiliki robusta yang baik.

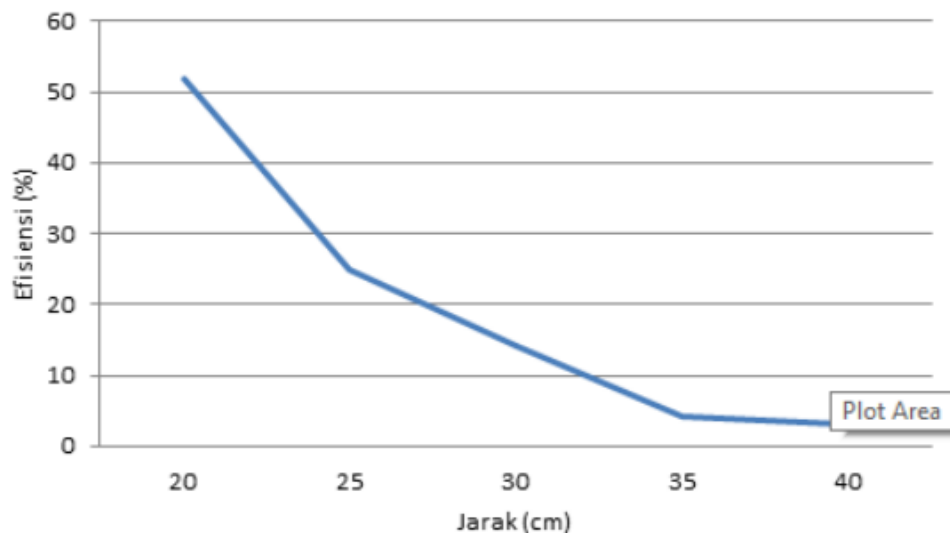
Pengujian efisiensi transfer energi dilakukan dengan berbagai konfigurasi jarak dan keselarasan antara kumparan pemancar dan penerima. Pada kondisi optimal, dengan jarak antara kumparan sebesar 20 cm dan keselarasan sempurna, efisiensi transfer energi mencapai diatas 50% seperti terlihat pada Gambar 3. Ini menunjukkan bahwa metode resonansi kopling magnetik sangat efektif dalam mentransfer daya pada jarak yang relatif jauh dibandingkan dengan metode induktif konvensional yang biasanya memerlukan jarak yang sangat dekat. Namun, ketika jarak antara kumparan ditingkatkan menjadi 25 cm, efisiensi menurun menjadi sekitar 25%. Hal ini menunjukkan adanya batasan pada jarak transfer yang optimal, yang perlu diperhatikan dalam desain sistem pengisian daya nirkabel ini. Selain itu, pengujian juga dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam kondisi ketidaksejajaran kumparan (Campi et al., 2018). Hasilnya menunjukkan bahwa sistem masih mampu mentransfer daya dengan efisiensi di atas 20% meskipun ada ketidaksejajaran hingga 15 derajat. Ini menunjukkan fleksibilitas metode resonansi kopling magnetik dalam menghadapi variasi posisi kumparan, yang merupakan keuntungan besar dalam aplikasi praktis di mana keselarasan yang sempurna tidak selalu dapat dijamin. Data ini menegaskan bahwa desain kumparan dan rangkaian elektronik yang digunakan telah berhasil mencapai tujuan untuk meningkatkan efisiensi dan jangkauan transfer energi.



Gambar 3. Hasil pada penerima dengan jarak sekitar 20 cm.

Grafik efisiensi berdasarkan jarak pada Gambar 4 menjelaskan tentang hubungan antara efisiensi transfer energi dari stasiun pengisian daya nirkabel dengan jarak antara kumparan pemancar dan penerima. Grafik ini penting untuk memahami bagaimana performa sistem pengisian daya berubah ketika jarak antara kedua kumparan bervariasi. Pada sumbu horizontal (x) grafik, diukur jarak dalam sentimeter (cm) antara kumparan pemancar dan penerima. Pada sumbu vertikal (y), diukur efisiensi transfer energi dalam persentase (%). Pada Gambar 4 memperlihatkan bahwa Pada jarak yang sangat dekat (misalnya, 10-20 cm), grafik menunjukkan efisiensi transfer energi yang sangat tinggi, mendekati diatas 50%. Hal ini menunjukkan bahwa pada jarak yang optimal, kumparan pemancar dan penerima berada dalam resonansi sempurna, memungkinkan transfer energi yang efisien (Prayogi, Silviana, & Zainuddin, 2023). Ketika jarak antara kumparan ditingkatkan hingga 10 cm, efisiensi mulai menurun tetapi tetap pada level yang tinggi, sekitar 25%. Penurunan efisiensi ini disebabkan oleh peningkatan jarak yang mengurangi kekuatan medan magnet yang dapat ditangkap oleh kumparan penerima. Saat jarak antara kumparan ditingkatkan lebih lanjut, misalnya hingga 15 cm, efisiensi transfer energi menurun lebih signifikan menjadi sekitar 20%. Penurunan ini lebih tajam karena medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan pemancar menjadi semakin lemah seiring dengan bertambahnya jarak, sehingga kumparan penerima tidak dapat menangkap energi secara optimal. Pada jarak yang lebih

jauh lagi, seperti 40 cm atau lebih, efisiensi terus menurun, dan pada titik tertentu, sistem mungkin menjadi tidak efisien untuk pengisian daya yang praktis.



Gambar 4. Hasil grafik efisiensi berdasarkan jarak.

Grafik pada Gambar 4 ini menyoroti pentingnya menjaga jarak yang optimal antara kumparan pemancar dan penerima untuk memastikan efisiensi transfer energi yang tinggi. Dalam konteks desain stasiun pengisian daya nirkabel otomatis, informasi ini dapat digunakan untuk menentukan jarak operasional yang ideal untuk memastikan kinerja yang maksimal. Misalnya, desain stasiun pengisian dapat mencakup mekanisme otomatisasi yang menjaga kumparan dalam jarak optimal atau memberikan panduan kepada pengguna untuk menempatkan perangkat mereka dalam rentang jarak tertentu. Selain itu, penurunan efisiensi pada jarak yang lebih jauh menunjukkan bahwa meskipun metode resonansi kopling magnetik menawarkan fleksibilitas lebih dibandingkan metode induksi magnetik tradisional, masih ada batasan fisik yang perlu dipertimbangkan. Oleh karena itu, untuk aplikasi di mana jarak antara pemancar dan penerima bisa berubah-ubah, seperti pengisian daya kendaraan listrik atau perangkat yang tidak selalu diletakkan dengan presisi, sistem ini perlu dirancang dengan kemampuan untuk menyesuaikan posisi atau meningkatkan daya keluaran untuk mengkompensasi penurunan efisiensi.

Secara keseluruhan, penentuan frekuensi resonansi yang tepat dan validasi melalui pengujian fisik dan operasional memastikan bahwa sistem transfer daya nirkabel berbasis resonansi kopling magnetik dapat beroperasi dengan efisiensi tinggi dan stabilitas yang baik. Pendekatan komprehensif yang mencakup simulasi dan eksperimen memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut dan implementasi praktis teknologi ini (Tandiono & Sanjaya, 2024). Keberhasilan dalam menentukan dan mengoptimalkan frekuensi resonansi memungkinkan peningkatan signifikan dalam efisiensi transfer energi dan stabilitas operasional, menjadikan stasiun pengisian daya nirkabel ini sebagai solusi yang andal dan praktis untuk berbagai aplikasi, mulai dari pengisian daya perangkat elektronik hingga aplikasi industri yang lebih luas.

Penelitian ini menunjukkan bahwa stasiun pengisian daya nirkabel otomatis dengan metode resonansi kopling magnetik memiliki potensi besar untuk diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Efisiensi tinggi, jangkauan transfer yang memadai, dan fitur otomatisasi yang canggih membuatnya menjadi solusi yang menarik untuk pengisian daya perangkat elektronik. Namun, masih ada ruang untuk pengembangan lebih lanjut. Salah satunya adalah peningkatan efisiensi transfer energi pada jarak yang lebih jauh, yang dapat dicapai melalui optimasi lebih lanjut dari desain kumparan dan rangkaian elektronik (Mardiana & Naisali, 2023). Selain itu, integrasi dengan sistem smart home dan *Internet of Things* (IoT) dapat memberikan nilai tambah yang signifikan. Misalnya, stasiun pengisian daya dapat dihubungkan dengan sistem manajemen energi

rumah untuk mengoptimalkan penggunaan energi secara keseluruhan, atau dapat dikendalikan melalui aplikasi mobile untuk memonitor status pengisian daya secara real-time.

Penelitian sebelumnya cenderung fokus pada aspek dasar transfer energi tanpa banyak memperhatikan integrasi fitur otomatisasi yang penting untuk aplikasi praktis sehari-hari (Jawad et al., 2019). Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya berhasil meningkatkan efisiensi dan jangkauan transfer energi tetapi juga memperkenalkan solusi yang lebih *user-friendly* dan aman, menandai langkah maju yang signifikan dalam teknologi pengisian daya nirkabel. Keberhasilan ini membuka peluang baru untuk aplikasi yang lebih luas dalam berbagai konteks, termasuk perangkat rumah tangga, kendaraan listrik, dan berbagai aplikasi industri. Penelitian lebih lanjut juga dapat difokuskan pada pengurangan biaya produksi dan peningkatan keandalan sistem untuk memastikan bahwa teknologi ini dapat diadopsi secara luas dengan harga yang terjangkau (Rista & Wiratama, 2023). Secara keseluruhan, hasil dan pembahasan dari penelitian ini menunjukkan bahwa desain stasiun pengisian daya tanpa kabel otomatis menggunakan metode resonansi kopling magnetik adalah solusi yang efektif dan praktis untuk kebutuhan pengisian daya perangkat elektronik masa kini. Dengan terus mengembangkan dan mengoptimalkan teknologi ini, kita dapat melihat adopsi yang lebih luas dari pengisian daya nirkabel dalam waktu dekat, memberikan kenyamanan dan efisiensi yang lebih besar bagi pengguna di seluruh dunia.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan menguji stasiun pengisian daya tanpa kabel otomatis menggunakan metode resonansi kopling magnetik, yang menunjukkan efisiensi transfer energi yang tinggi dan stabilitas operasional yang baik. Melalui serangkaian simulasi dan eksperimen fisik, frekuensi resonansi optimal ditentukan pada kisaran sekitar 120 kHz, yang mampu mencapai efisiensi hingga 50% pada jarak optimal 20 cm antara kumparan pemancar dan penerima. Sistem ini juga menunjukkan toleransi yang memadai terhadap variasi frekuensi dan kondisi lingkungan, dengan efisiensi yang tetap pada tingkat yang dapat diterima meskipun terjadi sedikit pergeseran frekuensi atau perubahan kondisi operasional. Fitur otomatisasi seperti deteksi perangkat, koreksi keselarasan, dan manajemen daya adaptif berfungsi dengan baik, memberikan kenyamanan dan keamanan tambahan bagi pengguna. Kesimpulannya, desain stasiun pengisian daya nirkabel ini menawarkan solusi praktis dan efisien untuk pengisian daya berbagai perangkat elektronik, dengan potensi untuk diadopsi secara luas dalam berbagai aplikasi rumah tangga dan industri. Hasil penelitian ini tidak hanya menegaskan kelayakan teknologi resonansi kopling magnetik dalam transfer daya nirkabel, tetapi juga membuka jalan untuk pengembangan lebih lanjut guna meningkatkan jangkauan, efisiensi, dan integrasi dengan sistem cerdas masa depan..

Saran

Terdapat beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut dan aplikasi praktis teknologi ini. *Pertama*, perlu dilakukan penelitian lebih mendalam untuk meningkatkan efisiensi transfer energi pada jarak yang lebih jauh, dengan fokus pada optimasi desain kumparan dan rangkaian elektronik yang mendukung. Selain itu, integrasi teknologi ini dengan *sistem smart home* dan *Internet of Things* (IoT) dapat memberikan nilai tambah yang signifikan, seperti pengaturan otomatis pengisian daya berdasarkan kebutuhan perangkat dan manajemen energi yang lebih efisien secara keseluruhan. Pengembangan fitur keamanan tambahan juga penting untuk memastikan penggunaan yang aman di berbagai lingkungan, termasuk deteksi benda asing dan proteksi terhadap overcharging. Penelitian lebih lanjut juga disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan material baru yang dapat meningkatkan kinerja dan mengurangi biaya produksi. Implementasi skala besar dan uji coba lapangan diperlukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam kondisi nyata dan memastikan bahwa teknologi ini siap untuk diadopsi secara luas. *Terakhir*, edukasi dan sosialisasi kepada masyarakat tentang manfaat dan penggunaan teknologi pengisian daya nirkabel

ini perlu dilakukan untuk mempercepat adopsi dan memaksimalkan manfaat yang dapat diperoleh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada Universitas Pertamina atas fasilitas dan dukungannya dalam penyelesaian proyek penelitian ini.

REFERENSI

- Campi, T., Cruciani, S., & Feliziani, M. (2018). Wireless Power Transfer Technology Applied to an Autonomous Electric UAV with a Small Secondary Coil. *Energies*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/en11020352>
- Campi, T., Cruciani, S., Maradei, F., & Feliziani, M. (2017). Near-Field Reduction in a Wireless Power Transfer System Using LCC Compensation. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 59(2), 686–694. <https://doi.org/10.1109/TEMPC.2016.2641383>
- Covic, G. A., & Boys, J. T. (2013). Inductive Power Transfer. *Proceedings of the IEEE*, 101(6), 1276–1289. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2013.2244536>
- Erlangga, A. P. M., Dinatha, K. S. K., Nainggolan, F. E., & Prayogi, S. (2023). Prototipe Otomatisasi dan Pemantauan Sistem Hidroponik Berbasis IoT dengan Pemanfaatan Solar Panel Sebagai Sumber Energi. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(4), 1367–1377. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i4.3143>
- Ghufron, S., & Prayogi, S. (2023). Cooling System in Machine Operation at Gas Engine Power Plant at PT Multidaya Prima Elektrindo. *Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.31004/riggs.v1i2.21>
- Huang, Z., Xu, X., Ni, J., Zhu, H., & Wang, C. (2019). Multimodal Representation Learning for Recommendation in Internet of Things. *IEEE Internet of Things Journal*, 6(6), 10675–10685. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2019.2940709>
- Jawad, A. M., Jawad, H. M., Nordin, R., Gharghan, S. K., Abdullah, N. F., & Abu-Alshaeer, M. J. (2019). Wireless Power Transfer with Magnetic Resonator Coupling and Sleep/Active Strategy for a Drone Charging Station in Smart Agriculture. *IEEE Access*, 7, 139839–139851. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2943120>
- Jeong, S. Y., Kwak, H. G., Jang, G. C., Choi, S. Y., & Rim, C. T. (2018). Dual-Purpose Nonoverlapping Coil Sets as Metal Object and Vehicle Position Detections for Wireless Stationary EV Chargers. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 33(9), 7387–7397. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2017.2765521>
- Kan, T., Mai, R., Mercier, P. P., & Mi, C. C. (2018). Design and Analysis of a Three-Phase Wireless Charging System for Lightweight Autonomous Underwater Vehicles. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 33(8), 6622–6632. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2017.2757015>
- Kang, S. H., Choi, J. H., Harackiewicz, F. J., & Jung, C. W. (2016). Magnetic Resonant Three-Coil WPT System Between Off/In-Body for Remote Energy Harvest. *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, 26(9), 741–743. <https://doi.org/10.1109/LMWC.2016.2597194>
- Liu, D., Hu, H., & Georgakopoulos, S. V. (2017). Misalignment Sensitivity of Strongly Coupled Wireless Power Transfer Systems. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 32(7), 5509–5519. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2016.2605698>

- Liu, F., Yang, Y., Jiang, D., Ruan, X., & Chen, X. (2017). Modeling and Optimization of Magnetically Coupled Resonant Wireless Power Transfer System With Varying Spatial Scales. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 32(4), 3240–3250. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2016.2581840>
- Liu, X., Zhu, R., Jalaian, B., & Sun, Y. (2015). Dynamic Spectrum Access Algorithm Based on Game Theory in Cognitive Radio Networks. *Mobile Networks and Applications*, 20(6), 817–827. <https://doi.org/10.1007/s11036-015-0623-2>
- Mardiana, N. A., & Naisali, H. (2023). Exploring the Rich Heritage of Indonesian Cuisine through the Versatile Peanut Ingredient: A Review. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(4), 1424–1432. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i4.3165>
- Moraes, L., Carmo, L. C., Campos, R. F., Jucá, M. A., Moreira, L. S., Carvalho, J. P., Texeira, A. M., Silveira, D. D., N. Coelho, T. V., Luis, A., Marcato, M., & Dos Santos, A. B. (2017). Autonomous Quadrotor for accurate positioning. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 32(3), 58–62. <https://doi.org/10.1109/MAES.2017.160038>
- Muhammad, M., Ragadita, B., Prayogi, S., & Saminan, S. (2023). Design of an optical rotation value measurement tool using an arduino device. *Jurnal Pijar Mipa*, 18(5), Article 5. <https://doi.org/10.29303/jpm.v18i5.4811>
- Pinon Pereira Dias, J. V., & Miyatake, M. (2018). Increase in Robustness against Effects of Coil Misalignment on Electrical Parameters Using Magnetic Material Layer in Planar Coils of Wireless Power Transfer Transformer. *Energies*, 11(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/en11081970>
- Prayogi, S., Baqiya, M. A., Cahyono, Y., & Darminto. (2019). Optical Transmission of p-Type a-Si:H Thin Film Deposited by PECVD on ITO-Coated Glass. *Materials Science Forum*, 966, 72–76. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.966.72>
- Prayogi, S., Cahyono, Y., Hamdani, D., & Darminto. (2022). Effect of active layer thickness on the performance of amorphous hydrogenated silicon solar cells. *Engineering and Applied Science Research*, 49(2), Article 2.
- Prayogi, S., Silviana, F., & Saminan, S. (2023). Resistor and Capacitor Time Constant Measuring Instrument Using Arduino UNO. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 12(1), Article 1. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v12i1.15323>
- Prayogi, S., Silviana, F., & Zainuddin, Z. (2023). Peningkatan Performa Sel Surya Dengan Sistem Peredam Panas. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.37905/jjee.v5i2.18802>
- Ramadhan, R. A., Kakke, G. R., Fajar, I. N., & Prayogi, S. (2023). Smart Trash Bin Berbasis Internet Of Things Menggunakan Suplai dari Panel Surya. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(3), 1149–1158. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i3.2777>
- Rista, R. D., & Wiratama, J. (2023). The Development of Web-Based Application For Reporting Status Component at Aircraft Maintenance, Repair, and Overhaul (MRO) Industry. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(3), 1013–1025. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i3.2652>
- Sallan, J., Villa, J. L., Llombart, A., & Sanz, J. Fco. (2009). Optimal Design of ICPT Systems Applied to Electric Vehicle Battery Charge. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 56(6), 2140–2149. <https://doi.org/10.1109/TIE.2009.2015359>

- Silviana, F., & Prayogi, S. (2023). An Easy-to-Use Magnetic Dynamometer for Teaching Newton's Third Law. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.29303/jpft.v9i1.4810>
- Tandiono, S. M., & Sanjaya, S. A. (2024). Machine Learning Approach of Obesity Level Classification: A Systematic Literature Review of Methods and Factors. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 8(1), 196–208. <https://doi.org/10.33379/gtech.v8i1.3604>
- Yan, Y., Shi, W., & Zhang, X. (2020). Design of UAV wireless power transmission system based on coupling coil structure optimization. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2020(1), 67. <https://doi.org/10.1186/s13638-020-01679-4>