

Analisis Penggunaan Energi Listrik Mesin Panen Buah Sawit Tenaga Listrik

Analysis of Electricity Consumption in an Electric-Powered Oil Palm Fruit Harvesting Machine

Corlenius Try Orlando¹, Iswandi^{1*}, Muhammad Idris¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Medan Area, Medan 20223, Indonesia

*Corresponding author: iswandi@staff.uma.ac.id

Diterima: 15-07-2025

Disetujui: 12-08-2025

Dipublikasikan: 20-08-2025

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Artikel ini menganalisis durabilitas energi listrik pada mesin dodos buah sawit sebagai inovasi alat panen yang efisien dan ramah lingkungan. Mesin dirancang menggunakan motor DC 12V 15A yang mengubah gerak putar menjadi translasi melalui mekanisme slide crank, ditenagai baterai 35Ah. Pengujian dilakukan pada pohon sawit setinggi 3-5 meter dengan memantau konsumsi daya dan waktu operasi. Hasil menunjukkan pemotongan pelepah tebal membutuhkan 15 Watt/menit, sedangkan tipis 11,25 Watt/menit. Durasi operasi efektif mencapai 1 jam 52 menit. Faktor kinerja dipengaruhi kondisi baterai, beban pemotongan, efisiensi transmisi, dan desain alat potong.

Kata Kunci: Mesin dodos listrik, Durabilitas energi, Motor DC, Kelapa sawit.

Abstract

This article analyzes the durability of electrical energy in palm fruit cutter machines as an efficient and environmentally friendly innovation in the field of harvesting tools. The machine is designed using a 12V 15A DC motor that converts the rotary motion into translation through a crank slide mechanism, powered by a 35Ah battery. Tests were carried out on oil palm trees 3–5 meters high by monitoring power consumption and operating time. The results show that cutting thick fronds requires 15 Watts/minute, while thin ones require 11.25 Watts/minute. The effective operation duration reaches 1 hour and 52 minutes. Performance factors are influenced by battery condition, cutting load, transmission efficiency, and cutting tool design.

Keywords: Electric cutter machine, Energy durability, DC motor, Palm oil.

1. Pendahuluan

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas perkebunan utama di Indonesia yang berperan penting dalam penyediaan minyak nabati dunia. Proses panen tandan buah segar (TBS) sangat menentukan mutu minyak sawit mentah (CPO) yang dihasilkan, sehingga dibutuhkan metode panen yang cepat, aman, dan efisien (Mansour et al., 2022). Saat ini, sebagian besar panen sawit di perkebunan rakyat masih menggunakan alat konvensional seperti dodos dan egrek, yang membutuhkan tenaga fisik tinggi serta berisiko menimbulkan cedera pada pekerja (Dewi et al., 2024; Parra et al., 2018). Kondisi ini berdampak pada penurunan produktivitas dan kualitas hasil panen, terutama pada pohon dengan tinggi 3-5 meter.

Seiring meningkatnya kebutuhan efisiensi energi dan tuntutan pengurangan emisi karbon, penggunaan mesin berbasis tenaga listrik menjadi salah satu solusi tepat guna disektor

pertanian (Idris et al., 2024; Li et al., 2023). Motor listrik memiliki keunggulan berupa efisiensi energi yang tinggi, perawatan yang lebih sederhana, serta potensi integrasi dengan sumber energi terbarukan (Hermawan et al., 2024, 2023). Pada konteks perkebunan kelapa sawit, penerapan mesin dodos bertenaga listrik diharapkan dapat menggantikan peran alat konvensional, mengurangi ketergantungan bahan bakar fosil, serta meningkatkan keselamatan kerja (Idris et al., 2025).

Mekanisme pemotongan pelepah sawit umumnya membutuhkan gaya potong yang cukup besar. Oleh karena itu, pemilihan motor listrik yang sesuai, kapasitas baterai, serta sistem transmisi gerak sangat berpengaruh terhadap performa alat (Muhammad Idris et al., 2024). Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa efisiensi motor DC dan kondisi baterai berpengaruh langsung pada durasi operasi peralatan pertanian berbasis listrik (Shukla et al., 2022). Namun, kajian mengenai durabilitas energi pada mesin dodos sawit bertenaga listrik masih terbatas, sehingga diperlukan analisis komprehensif untuk memahami performanya.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsumsi daya listrik, durasi operasi efektif, serta faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi mesin dodos buah sawit bertenaga listrik. Hasil kajian diharapkan memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi panen sawit yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan, serta mendukung target energi hijau disektor perkebunan Indonesia (Hermanto et al., 2023).

2. Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Bengkel Rahim Medan, Sumatera Utara, dengan tujuan menganalisis durabilitas energi mesin dodos buah sawit bertenaga listrik. Mesin dirancang menggunakan motor DC 12V 15A yang dihubungkan ke sistem transmisi slide crank untuk mengubah gerak rotasi menjadi gerak translasi bolak-balik bilah potong. Sumber energi berasal dari baterai 35 Ah yang sebelumnya diisi menggunakan charger otomatis.

Alat ukur utama yang digunakan meliputi multitester digital untuk mengukur tegangan dan arus listrik, serta stopwatch untuk mencatat durasi pemotongan pelepah. Baterai diuji pada tiga kondisi, yaitu penuh (75-100%), menengah (50-75%), dan rendah (25-50%). Setiap pengujian dilakukan pada pohon sawit dengan tinggi 3-5 meter untuk memastikan representasi kondisi lapangan.

Prosedur pengujian dimulai dengan pemeriksaan tegangan awal baterai, kemudian dilakukan pemotongan pelepah sawit dengan variasi ketebalan. Data yang dicatat mencakup waktu pemotongan per pelepah, jumlah pelepah yang dapat dipotong per menit, serta lama operasi mesin hingga baterai melemah. Semua data diolah untuk menghitung konsumsi energi spesifik dalam satuan Watt per menit.

Validitas pengukuran dijaga dengan pengulangan sebanyak tiga kali pada setiap kondisi baterai. Analisis dilakukan secara kuantitatif dengan membandingkan perhitungan teoritis kapasitas baterai dengan hasil pengujian lapangan. Metode ini mengikuti pendekatan standar analisis durabilitas energi pada peralatan berbasis motor listrik sebagaimana diterapkan pada penelitian peralatan pertanian elektrik (Wiranata and Idris, 2023).

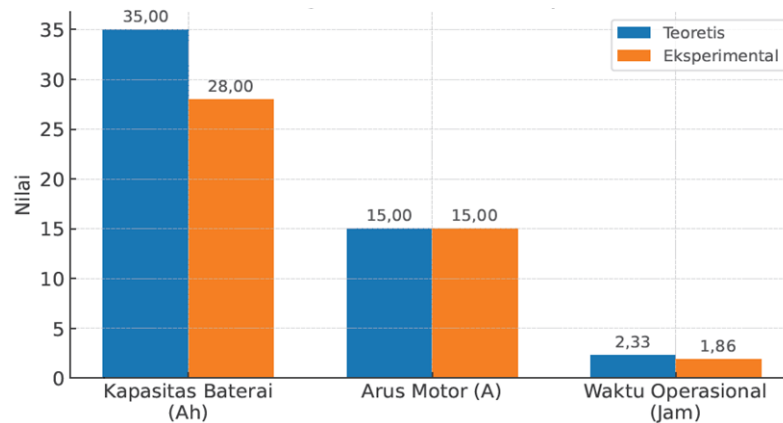
3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini mengevaluasi performa mesin dodos buah sawit bertenaga listrik yang menggunakan motor DC 12 V 15 A dengan kapasitas baterai 35 Ah. Analisis dilakukan untuk mengukur perbedaan antara perhitungan teoretis kapasitas energi dengan hasil eksperimen lapangan, serta konsumsi daya pada variasi ketebalan pelepah.

Tabel 1. Perbandingan teoretis versus eksperimental kapasitas energi

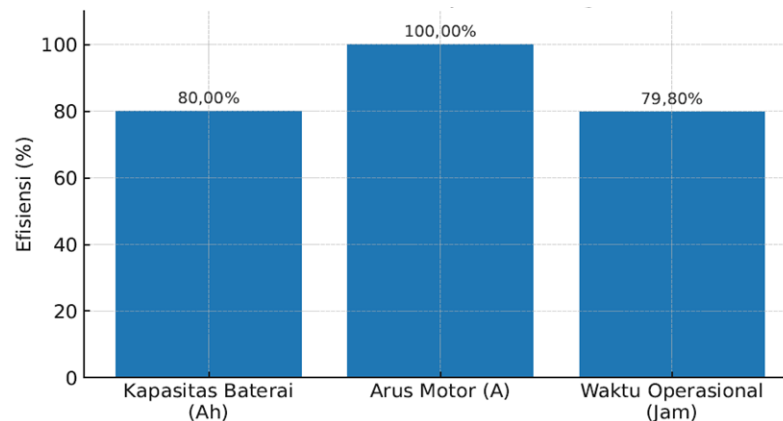
Parameter	Perhitungan Teoretis	Hasil Eksperimen	Efisiensi (%)
Kapasitas Baterai (Ah)	35	28 (efektif)	80
Arus Motor (A)	15	15	100
Waktu Operasional (Jam)	2,33	1,86	79,8

Hasil perhitungan menunjukkan daya motor sebesar 180 W, sedangkan kapasitas baterai efektif hanya 80% dari total 35 Ah. Hal ini menyebabkan perbedaan antara waktu operasional teoretis (2,33 jam) dengan hasil uji lapangan (1,86 jam). Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1, nilai eksperimental lebih rendah dibandingkan perhitungan. Hal ini dipengaruhi resistansi internal baterai serta kehilangan energi mekanis pada sistem transmisi (Hengst et al., 2022).



Gambar 1. Perbandingan teoretis versus eksperimental kapasitas energi

Selain itu, efisiensi aktual baterai hanya 79,8%, sebagaimana divisualisasikan pada Gambar 2. Nilai ini sejalan dengan karakteristik umum baterai timbal-asam yang memiliki efisiensi 75–85% pada beban tinggi (Büngeler et al., 2018; Pranata et al., 2021).



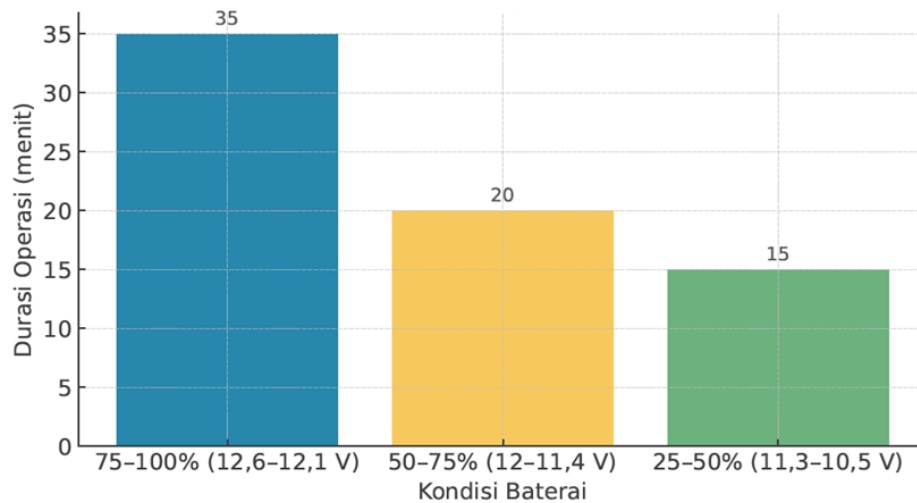
Gambar 2. Efisiensi Aktual terhadap Perhitungan Teoretis

Pengujian selanjutnya dilakukan pada tiga kondisi baterai (penuh, menengah, rendah). Hasil pengamatan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji coba durabilitas energi mesin dodos

Uji Coba	Kondisi Baterai	Waktu Pemotongan (detik/pelepah)	Durasi Operasi (menit)
1	75–100% (12,6–12,1 V)	1–1,5	35
2	50–75% (12–11,4 V)	1–2	20
3	25–50% (11,3–10,5 V)	1,5–2,5	15

Pada kondisi baterai penuh, mesin mampu memotong pelepah dalam 1–1,5 detik. Namun, pada kondisi 25–50% kapasitas, waktu pemotongan meningkat menjadi 2,5 detik. Fenomena ini divisualisasikan pada Gambar 3 yang memperlihatkan penurunan durasi operasi seiring dengan penurunan kapasitas baterai.



Gambar 3. Durasi Operasi Mesin Dodos pada Variasi Kondisi Baterai

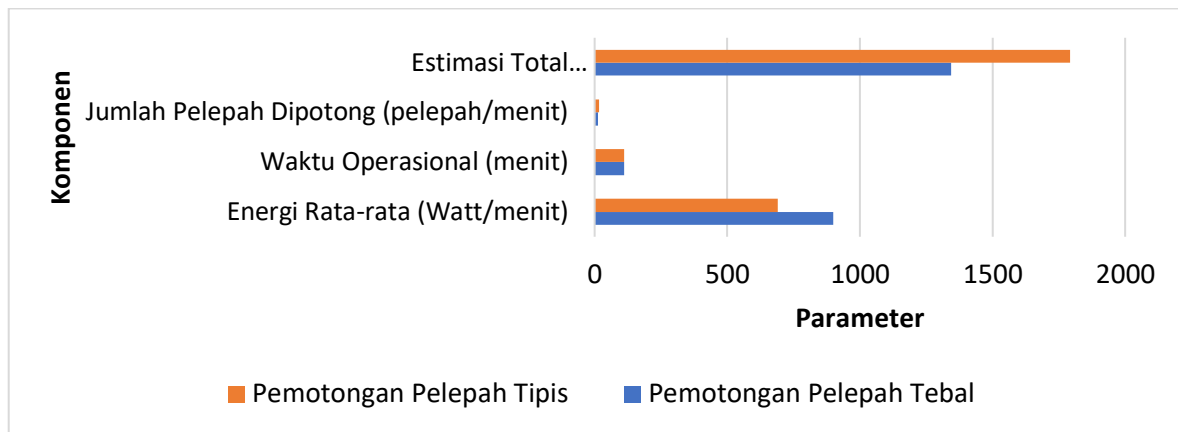
Hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa pemotongan pelepah tebal membutuhkan energi rata-rata lebih tinggi, yaitu 900 W/menit, dibanding pelepah tipis yang hanya 690 W/menit. Meskipun waktu operasional mesin tetap sama pada 112 menit, jumlah pelepah yang dapat dipotong berbeda signifikan. Pada pelepah tebal, mesin mampu memotong rata-rata 12 pelepah per menit dengan estimasi total 1344 pelepah. Sebaliknya, pada pelepah tipis, produktivitas meningkat hingga 16 pelepah per menit dengan estimasi total 1792 pelepah. Perbedaan ini menunjukkan bahwa resistensi material pelepah berpengaruh langsung terhadap konsumsi energi dan produktivitas mesin, sehingga desain bilah potong yang lebih optimal sangat diperlukan untuk efisiensi kerja lapangan.

Tabel 3. Perbandingan kondisi pengujian pemotongan pelepah

Parameter	Energi Rata-rata (Watt/menit)	Waktu Operasional (menit)	Jumlah Pelepah Dipotong (pelepah/menit)	Estimasi Total Pelepah (pelepah)
Pemotongan Pelepah Tebal	900	112	12	1344
Pemotongan Pelepah Tipis	690	112	16	1792

Gambar 5 menunjukkan perbedaan konsumsi energi dan produktivitas mesin pemotong sawit pada dua kondisi beban kerja, yaitu pelepah tipis dan tebal. Pemotongan pelepah tebal membutuhkan energi rata-rata 900 W/menit, sedangkan pelepah tipis hanya 690 W/menit. Perbedaan konsumsi ini dipengaruhi oleh resistensi mekanis yang lebih tinggi pada pelepah tebal sehingga motor bekerja dengan arus lebih besar.

Meskipun waktu operasional mesin tetap sama, yaitu 112 menit, produktivitas berbeda signifikan. Pada pelepah tebal, mesin mampu memotong rata-rata 12 pelepah per menit dengan estimasi total 1344 pelepah. Sementara itu, pada pelepah tipis, produktivitas meningkat menjadi 16 pelepah per menit dengan estimasi total 1792 pelepah. Hal ini menunjukkan bahwa beban pemotongan berpengaruh langsung terhadap efisiensi energi dan kapasitas kerja mesin. Dengan demikian, desain bilah potong dan sistem transmisi perlu dioptimalkan agar efisiensi dapat ditingkatkan, terutama pada kondisi pemotongan pelepah tebal.



Gambar 4. Konsumsi energi pada variasi ketebalan pelepah

Hasil penelitian ini menegaskan bahwa mesin pemotong buah sawit bertenaga listrik memiliki kinerja yang cukup menjanjikan dalam mendukung proses panen yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Durasi operasi efektif tercatat 1 jam 52 menit pada kapasitas baterai 80%, dengan konsumsi energi rata-rata sebesar 11,25 W/menit untuk pelepah tipis dan 15 W/menit untuk pelepah tebal. Perbedaan kebutuhan energi ini menunjukkan bahwa resistensi material yang lebih besar, seperti pada pelepah tebal, menuntut daya yang lebih tinggi dari motor listrik. Fakta ini menggarisbawahi pentingnya desain bilah potong serta optimasi mekanisme transmisi agar energi yang tersedia dapat dimanfaatkan secara maksimal. Perbedaan tersebut mengindikasikan perlunya optimasi desain bilah potong agar resistensi pemotongan dapat diminimalkan. Secara keseluruhan, mesin listrik ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi panen, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil, serta mendukung penggunaan teknologi ramah lingkungan di perkebunan kelapa sawit. Temuan ini memberikan landasan bagi pengembangan lebih lanjut terkait integrasi energi terbarukan dalam sistem panen mekanis.

Namun, keterbatasan durasi operasi akibat kapasitas baterai masih menjadi kendala utama. Dengan kapasitas 35 Ah, mesin hanya dapat beroperasi kurang dari dua jam, yang relatif singkat untuk mendukung aktivitas panen dalam skala perkebunan besar. Oleh karena itu, pengembangan sistem penyimpanan energi alternatif sangat penting. Penggunaan baterai lithium-ion dengan densitas energi lebih tinggi dapat memperpanjang waktu operasi, sementara integrasi sistem pengisian berbasis panel surya atau hybrid solar charging berpotensi menekan biaya operasional sekaligus meningkatkan keberlanjutan energi (Gao, 2025; Li, 2023).

Selain aspek teknis, faktor ergonomi dan keselamatan kerja juga perlu menjadi perhatian. Dibandingkan mesin berbahan bakar fosil, mesin listrik umumnya lebih ringan, menghasilkan tingkat kebisingan lebih rendah, serta tidak menimbulkan emisi gas buang. Keunggulan ini dapat mengurangi risiko cedera otot maupun gangguan kesehatan pada pekerja. Akan tetapi, risiko kejutan listrik tetap perlu diantisipasi, khususnya pada kondisi kelembaban tinggi di lapangan. Penguatan sistem isolasi, pelapisan tahan air, serta prosedur penggunaan standar harus diterapkan untuk menjamin keamanan operator (Koshman et al., 2024).

Dari perspektif keberlanjutan, inovasi ini selaras dengan tuntutan global untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan menekan emisi karbon. Penerapan mesin panen listrik di perkebunan sawit dapat mendukung pencapaian target energi hijau nasional serta program pembangunan berkelanjutan (SDGs). Namun demikian, implementasi luas masih menghadapi tantangan, terutama dalam hal biaya awal investasi, ketersediaan infrastruktur pengisian baterai, serta penerimaan oleh pekerja lapangan yang sudah terbiasa dengan alat konvensional.

Secara keseluruhan, penelitian ini memperlihatkan potensi besar mesin panen listrik dalam meningkatkan produktivitas, menekan biaya operasional, dan mendukung pertanian berkelanjutan. Meskipun demikian, dibutuhkan penelitian lanjutan untuk mengoptimalkan desain bilah potong, meningkatkan kapasitas energi, serta mengintegrasikan sumber daya terbarukan. Dengan langkah tersebut, diharapkan mesin panen listrik dapat berkembang menjadi solusi teknis yang handal dan ekonomis, serta mampu diaplikasikan secara luas di sektor perkebunan kelapa sawit Indonesia.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menganalisis durabilitas energi mesin pemotong buah sawit bertenaga listrik yang menggunakan motor DC 12V 15A dengan baterai 35 Ah. Hasil menunjukkan bahwa kapasitas efektif baterai hanya sekitar 80%, sehingga waktu operasi nyata adalah 1 jam 52 menit. Efisiensi energi sangat dipengaruhi oleh kondisi baterai, ketebalan pelepah, serta efisiensi transmisi mekanis. Konsumsi energi tercatat 11,25 W/menit untuk pelepah tipis dan 15 W/menit untuk pelepah tebal, yang menandakan perbedaan beban pemotongan signifikan.

Berdasarkan temuan tersebut, mesin listrik ini dinilai mampu meningkatkan efisiensi panen, mengurangi risiko cedera akibat penggunaan dodos konvensional, serta mendukung upaya pengurangan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil di sektor perkebunan kelapa sawit. Selain itu, kinerja mesin ini sejalan dengan arah pengembangan teknologi ramah lingkungan dan berkelanjutan di bidang pertanian.

Penelitian selanjutnya mencakup optimasi desain bilah potong untuk mengurangi resistensi pemotongan, peningkatan efisiensi transmisi, serta integrasi dengan sumber energi terbarukan seperti panel surya. Disarankan juga dilakukan pengujian jangka panjang pada berbagai kondisi lingkungan untuk memperoleh data lebih komprehensif. Upaya ini diharapkan mampu menghasilkan mesin panen sawit yang lebih handal, hemat energi, dan sesuai kebutuhan industri perkebunan modern.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area atas dukungan fasilitas penelitian. Apresiasi juga diberikan kepada pembimbing, rekan mahasiswa, dan semua pihak yang turut berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini sehingga artikel ilmiah dapat terselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- Hermanto, T., W. Pratama, M. Idris, and Rahmatullah. 2023. "Analisis Pengaruh Campuran Bioaditif Cengkeh Pada Bahan Bakar Peralite Terhadap Performa Mesin Motor 4 Tak." *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi* 6. <https://doi.org/10.30596/rmme.v6i1.13597>
- Büngeler, J., E. Cattaneo, B. Riegel, and D. U. Sauer. 2018. "Advantages in Energy Efficiency of Flooded Lead-Acid Batteries When Using Partial State of Charge Operation." *Journal of Power Sources* 375: 53–58. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2017.11.050>.
- Dewi, N. S., M. Tajalli, A. P. Sutarto, W. Kusmasari, K. H. Sanjaya, K. Yukhi Mustaqim, A. Nugroho, A. I. Simbolon, and M. F. Syuaib. 2024. "L5-Pelvic Junction Compression Force and Shear Force Based on IMU Sensors and Biomechanical Analysis during Oil Palm Harvesting-Push Technique." In *2024 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications (ICRAMET)*, 226–230. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICRAMET62801.2024.10809293>.

- Fauzi, Rizky, Iswandi Iswandi, dan Tino Hermanto. 2025. "Pengembangan Prototipe Alat Panen Sawit Bertenaga Listrik Untuk Meningkatkan Produktivitas". *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 4 (1):76-86. <https://doi.org/10.56862/iraitma.v4i1.179>.
- Gao, X. 2025. "Challenges and Future Prospective of Nonlithium Electrochemical Energy Storage Technologies." In *Electrochemical Energy Storage Technologies Beyond Li-ION Batteries*, 547–574. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-15514-7.00005-9>.
- Hengst, J., M. Werra, and F. Küçükay. 2022. "Evaluation of Transmission Losses of Various Battery Electric Vehicles." *Automotive Innovation* 5: 388–399. <https://doi.org/10.1007/s42154-022-00194-0>.
- Hermawan, I., M. Idris, I. Iswandi, and R. Syah. 2024. "Design and Comparative Analysis of Vortex and Whirlpool Type Turbines in Assessing the Performance of Micro Hydro Power Plant." *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences* 119: 13–22. <https://doi.org/10.37934/arfmts.119.2.1322>.
- Hermawan, I., M. Idris, A. P. Wibisono, and H. Satria. 2023. "Exergy Analysis of Coal-Based 2 X 7 MW Steam Power Plant." *International Journal of Electrical, Energy and Power System Engineering* 6: 200–204. <https://doi.org/10.31258/ijeepse.6.3.200-204>.
- Idris, M., M. Mohd Zamberi, A. Fuad Abdul Rasid, Y. Zhang, E. P. Salim Siregar, and U. Novalia Harahap. 2025. "Sustainable Biodiesel Production with Heterogeneous Catalysts: Insights from a Systematic Literature Review." *Journal of Advanced Research in Micro and Nano Engineering* 37: 1–23. <https://doi.org/10.37934/armne.37.1.123>.
- Koshman, V. V., V. A. Skvortsova, and A. D. Kirilin. 2024. "Development of a System for Monitoring Medical Indicators Using Electromyography and Electrocardiography to Calculate Exoskeleton Efficiency." *Nelineinaya Dinamika* 20: 859–74. <https://doi.org/10.20537/nd241214>.
- Li, W., A. Hassan, A. S. A. H. Zedan, M. Idris, M. Fayed, S. Mehrez, and K. Nag. 2023. "Structural Engineering of Double Shells Decoration for Preparing a High-Efficiency Electromagnetic Wave Absorber." *Ceramics International*. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2023.01.044>.
- Li, X. 2023. "A Review of the Possible Ways to Increase the Energy Density of Lithium-Ion Battery." *Journal of Physics: Conference Series* 2608: 012013. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2608/1/012013>.
- Mansour, M. Y. M. A., K. D. Dambul, and K. Y. Choo. 2022. "Object Detection Algorithms for Ripeness Classification of Oil Palm Fresh Fruit Bunch." *International Journal of Technology* 13: 1326. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v13i6.5932>.
- Parra, L., L. Quintero, and M. F. Maradei Garcia. 2018. "Decreasing the Load on the Lower Back with an Ergonomic Cutting Tool for Harvesting Oil Palm Bunches." *Dyna (Medellin)* 85: 214–20. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n207.69836>.
- Pranata, K. B., Y. Triasari, N. Khairati, I. Istiroyah, M. A. Pamungkas, and M. Ghufro. 2021. "Experimental Study of Capacity and Electrode Structure of Six Cell Dynamic Lead Acid Battery." *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)* 19: 1369. <https://doi.org/10.12928/telkomnika.v19i4.17845>.
- Shukla, N. K., R. Srivastava, and S. Mirjalili. 2022. "A Hybrid Dragonfly Algorithm for Efficiency Optimization of Induction Motors." *Sensors* 22: 2594. <https://doi.org/10.3390/s22072594>.
- Wiranata, R., and M. Idris. 2023. "Penyelidikan Eksperimental Alat Pengisi Daya Menggunakan Termoelektrik Dengan Pemanfaatan Panas Knalpot Sepeda Motor." *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin & Industri (JITMI)* 2: 21–30. <https://doi.org/10.31289/jitmi.v2i1.1950>.