



## Rancangan Bangun Pembuatan Charger Hp Tenaga Batre Dan Gerak Dinamo

Citra Cahya Rizqina<sup>1</sup>, Nurhamidah<sup>2</sup>, Jamiatul Khairunnisa Putri<sup>3</sup>, Rizki Agung Maulidin<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup> Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas ilmu tarbiyah dan keguruan,

Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang, Indonesia

e-mail: [citrarizqina735@gmail.com](mailto:citrarizqina735@gmail.com)

### Article Info

#### Article history:

received December 1 2025

Revised Desember 8, 2025

Accepted Desember 10, 2025

#### Keywords:

Hybrid Charger

Dynamo

Alternative Energy

Voltage Regulator

### ABSTRACT

Keterbatasan akses sumber listrik di wilayah terpencil atau situasi darurat sering kali menghambat ketersediaan daya bagi perangkat telekomunikasi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun alat pengisi daya (charger) hibrida yang mengintegrasikan penyimpanan energi kimia baterai dan konversi energi mekanik dinamo sebagai solusi alternatif. Metode penelitian menggunakan Research and Development (R&D) dengan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk menguji stabilitas tegangan dan efektivitas pengisian daya. Prototipe dirancang menggunakan baterai 18650, dinamo 12V, dan modul regulator tegangan untuk menstabilkan luaran. Hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi regulator berhasil menstabilkan fluktuasi tegangan dinamo (rentang 5-12V) menjadi tegangan konstan 5V yang aman bagi ponsel. Pengujian efektivitas selama 15 menit menunjukkan kenaikan kapasitas baterai ponsel sebesar 5-10% pada mode baterai dan 2-4% pada mode dinamo. Disimpulkan bahwa meskipun mode dinamo memiliki efisiensi yang lebih rendah akibat variabilitas putaran manual, alat ini layak diimplementasikan sebagai solusi cadangan daya darurat (*emergency kit*) yang portabel, ekonomis, dan memiliki redundansi energi yang andal.

### Corresponding Author:

Citra Cahya Rizqina,

Universitas Islam Negeri Raden Fatah Palembang

Email: [citrarizqina735@gmail.com](mailto:citrarizqina735@gmail.com)



## 1. INTRODUCTION

Perkembangan teknologi komunikasi membuat telepon seluler menjadi perangkat penting dalam aktivitas sehari-hari, mulai dari komunikasi, navigasi, hingga kebutuhan informasi (Baghdadi & Al-Hajjar, 2018). Namun, kebutuhan energi perangkat tersebut seringkali terhambat oleh keterbatasan sumber listrik, terutama pada kondisi tertentu seperti perjalanan jauh, kegiatan luar ruang, keadaan darurat, atau daerah yang belum memiliki akses listrik yang memadai (Wang et al., 2020). Situasi ini menyebabkan pengguna kesulitan menjaga daya ponsel tetap tersedia ketika dibutuhkan.

Power bank memang menjadi alternatif yang umum digunakan, tetapi perangkat tersebut tetap bergantung pada pengisian dari jaringan listrik konvensional (Halliday, 2018). Ketergantungan ini

menjadikan power bank kurang efektif sebagai solusi mandiri, terutama di wilayah tanpa pasokan listrik (Rashid, 2014). Di sisi lain, energi mekanik merupakan salah satu bentuk energi alternatif yang dapat dimanfaatkan karena dapat diubah menjadi energi listrik melalui dinamo (Baghdadi & Al-Hajjar, 2021). Pemanfaatan dinamo, seperti pada sepeda atau mekanisme putaran lainnya, dapat menghasilkan listrik yang cukup stabil apabila dikombinasikan dengan rangkaian penyearah dan pengatur tegangan.

Untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem, penggunaan baterai sebagai penyimpanan energi dapat dikombinasikan dengan dinamo sehingga membentuk sistem hybrid (Chen, 2021). Sistem ini memungkinkan pengguna tetap dapat mengisi daya ponsel meskipun dinamo tidak sedang menghasilkan listrik. Integrasi antara baterai dan dinamo juga memberikan fleksibilitas lebih besar karena mampu menghasilkan daya secara mandiri sekaligus menyimpan energi untuk kebutuhan selanjutnya.

Oleh karena itu, diperlukan suatu rancang bangun alat charger HP tenaga baterai dan gerak dinamo yang tidak hanya mampu menyediakan output stabil sesuai kebutuhan ponsel, tetapi juga aman, efisien, serta mudah digunakan dalam berbagai kondisi. Pengembangan alat ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif dan praktis dalam memenuhi kebutuhan energi masyarakat, khususnya pada kondisi minim Listrik.

## 2. METHOD

Penelitian ini menerapkan desain Research and Development (R&D) untuk merancang bangun sistem pengisi daya hibrida. Merujuk pada pandangan Sugiyono (2019), metode penelitian dan pengembangan didefinisikan secara operasional sebagai metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut. Pendekatan ini dipilih karena penelitian tidak hanya berhenti pada analisis teoritis, melainkan meliputi siklus fabrikasi prototipe yang mengintegrasikan dua sumber energi, yakni energi kimia dari baterai 18650 dan energi mekanik dari gerak dinamo 12V. Objek material dalam penelitian ini adalah unit charger portabel dengan sistem kendali tegangan (voltage regulator) 5V, sedangkan objek formal yang dikaji adalah unjuk kerja (performance) stabilitas tegangan luaran dan efisiensi pengisian daya pada beban perangkat telekomunikasi. Prosedur penelitian disusun secara sistematis mulai dari perancangan skematik rangkaian, perakitan komponen perangkat keras (hardware), hingga pengujian fungsionalitas sistem di laboratorium untuk memastikan purwarupa mampu bekerja sebagai solusi energi alternatif darurat yang memenuhi standar kelayakan teknis.

Data penelitian dikumpulkan melalui teknik observasi eksperimental dan pengukuran langsung (direct measurement). Berdasarkan klasifikasi sumber data oleh Suharsimi Arikunto (2013), penelitian ini memanfaatkan data primer sebagai basis utama analisis, yaitu data yang diperoleh langsung dari subjek penelitian pada sumber aslinya. Data primer tersebut meliputi besaran fisis tegangan (Volt), arus (Ampere), dan durasi pengisian (Time) yang direkam menggunakan instrumen multimeter digital baik pada kondisi tanpa beban (no-load) maupun berbeban penuh (full-load). Selain itu, data sekunder berupa spesifikasi teknis komponen dan teori konversi energi elektromagnetik digunakan sebagai acuan komparasi. Teknik analisis data yang diterapkan adalah analisis deskriptif kuantitatif, bukan analisis wacana atau interpretatif, mengingat data yang diolah bersifat numerik eksakta. Data hasil pengukuran ditabulasi dan dianalisis statistiknya (rata-rata dan deviasi) untuk mendeskripsikan karakteristik output sistem hibrida, serta dikomparasikan antar-mode sumber energi untuk menarik kesimpulan yang objektif mengenai efektivitas alat sesuai standar metodologi penelitian teknik elektro yang ketat.

## 3. RESULT DAN ANALISIS

### 3.1. Hasil Perancangan Alat

Rancang bangun pengisi daya ponsel (*charger*) yang memanfaatkan tenaga baterai dan gerak dinamo merupakan inovasi strategis dalam penyediaan energi portabel berbasis sistem hibrida. Perangkat ini didesain untuk menjawab tantangan ketersediaan daya di lokasi yang tidak terjangkau jaringan listrik konvensional dengan menggabungkan densitas energi kimia dari baterai tipe 18650 dan konversi energi mekanik melalui dinamo 12V. Penggunaan baterai 18650 dipilih karena karakteristiknya yang memiliki kapasitas penyimpanan daya yang tinggi serta siklus hidup yang panjang, sehingga ideal sebagai penyangga energi utama. Sementara itu, integrasi dinamo berfungsi sebagai generator darurat yang mengubah energi kinetik menjadi energi listrik melalui prinsip induksi

elektromagnetik. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip energy harvesting yang bertujuan untuk memaksimalkan potensi energi terbarukan skala mikro. Wadah akrilik yang digunakan tidak hanya berfungsi sebagai pelindung fisik komponen, tetapi juga dirancang untuk memberikan isolasi dielektrik yang baik, memastikan keamanan pengguna saat terjadi konversi energi mekanik menjadi listrik secara dinamis.

Aspek krusial dalam perancangan alat ini terletak pada sistem kondisioning sinyal yang melibatkan modul penyearah (*rectifier*) dan regulator tegangan. Dinamo sebagai generator mekanik seringkali menghasilkan tegangan arus bolak-balik (AC) atau arus searah (DC) yang fluktuatif (tidak stabil) tergantung pada kecepatan putaran yang diberikan oleh pengguna. Oleh karena itu, modul penyearah memegang peranan vital untuk mengubah arus AC menjadi DC murni agar kompatibel dengan sistem penyimpanan baterai. Selanjutnya, tegangan yang dihasilkan baik dari baterai maupun dinamo harus melalui modul regulator tegangan untuk memastikan luaran tetap stabil pada angka 5V. Hal ini sangat penting karena perangkat seluler modern memiliki toleransi tegangan masukan yang sangat ketat; lonjakan tegangan di atas ambang batas dapat merusak Power Management Integrated Circuit (PMIC) pada ponsel. Dengan adanya integrasi regulator ini, sistem secara otomatis memangkas kelebihan tegangan dan menjaga arus tetap konstan, sehingga proses pengisian daya melalui port USB dapat berlangsung dengan aman dan efisien tanpa risiko over-voltage.

Berdasarkan hasil pengujian awal, kinerja alat menunjukkan reliabilitas yang menjanjikan dalam dua mode operasi yang berbeda. Pada mode baterai, alat mampu memberikan suplai daya yang sangat stabil pada kisaran 5V, membuktikan efisiensi baterai 18650 dalam mempertahankan tegangan nominal di bawah beban. Temuan yang lebih menarik terlihat pada pengujian dinamo, di mana tegangan mentah yang dihasilkan berada pada rentang 5-7V sebelum memasuki tahap regulasi. Fluktuasi ini wajar terjadi akibat variabilitas kecepatan putar mekanik. Namun, keberhasilan sistem dalam menstabilkan luaran dinamo menjadi 5V yang konstan mengindikasikan bahwa rangkaian regulator bekerja optimal dalam meredam noise dan ripple tegangan. Hal ini menegaskan bahwa kombinasi antara sumber energi kimia dan mekanik yang dikelola oleh sistem kendali tegangan yang tepat mampu menciptakan solusi catu daya mandiri yang andal. Implikasi dari hasil ini menunjukkan potensi besar pengembangan power bank berbasis energi gerak manusia sebagai solusi energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan di masa depan.

### 3.2. Pengujian Kinerja Output Tegangan

Validasi kinerja pada mode operasi berbasis baterai menunjukkan efisiensi konversi energi yang sangat memadai untuk kebutuhan perangkat seluler standar. Berdasarkan pengukuran presisi menggunakan multimeter digital, tegangan nominal baterai Lithium-ion terukur pada rentang 4,1V hingga 4,2V dalam kondisi terisi penuh. Mengingat standar charging USB memerlukan tegangan konstan 5V, peran modul *step-up* (penaik tegangan) menjadi sangat krusial dalam sistem ini. Hasil pengujian membuktikan bahwa modul tersebut mampu menaikkan dan mempertahankan tegangan keluaran pada angka stabil 5V, meskipun terjadi pembebanan arus saat dihubungkan ke telepon seluler selama durasi pengujian 15 hingga 20 menit. Stabilitas ini mengindikasikan bahwa impedansi internal baterai dan efisiensi rangkaian *step-up* telah bekerja optimal dalam meminimalisir *voltage drop* (jatuh tegangan). Ketiadaan fluktuasi tegangan yang signifikan menegaskan bahwa suplai daya dari baterai aman digunakan untuk jangka panjang tanpa risiko merusak komponen sensitif seperti IC power pada smartphone, menjadikan mode ini sebagai sumber daya primer yang andal.

Mekanik Evaluasi pada mode pembangkitan mekanik menggunakan dinamo mengungkapkan adanya korelasi linear yang kuat antara kecepatan sudut putaran poros dengan amplitudo tegangan yang dihasilkan. Pada kondisi putaran rendah, gaya gerak listrik (GGL) induksi yang tercipta hanya mampu menghasilkan tegangan pada kisaran 3V hingga 4V, yang mana angka ini berada di bawah ambang batas minimum (*under-voltage*) untuk mengaktifkan proses pengisian daya pada perangkat modern. Sebaliknya, pada variasi kecepatan putaran sedang hingga tinggi, dinamo menunjukkan lonjakan potensial yang signifikan, mencapai rentang 8V hingga 12V sebelum memasuki tahap regulasi. Fenomena ini menegaskan sifat fluktuatif dari sumber energi berbasis gerak manusia. Oleh karena itu, keberhasilan sistem regulator dalam memangkas kelebihan tegangan (*clamping*) dan menstabilkannya menjadi 5V DC adalah temuan vital. Tanpa adanya mekanisme regulasi yang responsif, lonjakan

tegangan transien hingga 12V tersebut berpotensi menyebabkan *over-voltage* breakdown pada beban, sehingga peran regulator terbukti mutlak diperlukan untuk menjamin keamanan operasional sistem.

Secara keseluruhan, hasil komparasi antara kedua sumber daya tersebut menunjukkan bahwa integrasi sistem hibrida ini memiliki kelayakan teknis yang tinggi, asalkan manajemen tegangan dikelola dengan ketat. Meskipun sumber energi kimia dari baterai menawarkan stabilitas native yang lebih baik dibandingkan energi mekanik, sistem kendali yang diterapkan terbukti mampu menormalisasi variabilitas output dinamo menjadi setara dengan output baterai. Hal ini terlihat dari konsistensi tegangan akhir di terminal USB yang tetap berada pada angka 5V, terlepas dari apakah input berasal dari baterai yang stabil atau dinamo yang fluktuatif. Keberhasilan ini mengimplikasikan bahwa rancangan alat tidak hanya berfungsi sebagai penyimpan daya, tetapi juga sebagai kondisioner sinyal daya yang efektif. Implikasi praktis dari pengujian ini adalah bahwa pengguna dapat mengandalkan fitur engkol dinamo sebagai cadangan darurat (*emergency backup*) tanpa kekhawatiran akan kerusakan perangkat, karena sistem proteksi tegangan telah teruji mampu meredam distorsi dan menjaga kualitas daya sesuai standar spesifikasi USB internasional.

### 3.3. Efektivitas Pengisian Daya

Evaluasi efektivitas pengisian daya pada mode penyimpanan energi kimia (*baterai internal*) menunjukkan kinerja yang cukup kompetitif jika dibandingkan dengan perangkat penyimpanan daya konvensional. Pengujian yang dilakukan pada beban berupa telepon pintar dengan kapasitas baterai 3.000 mAh menghasilkan kenaikan kapasitas sebesar 5–10% dalam durasi 15 menit. Secara teknis, pencapaian ini mengindikasikan bahwa arus pengisian (*charging current*) yang disuplai oleh modul regulator mampu mendekati standar arus pengisian USB 1A hingga 2A secara stabil. Stabilitas arus ini sangat krusial dalam *fase Constant Current* (CC) pada siklus pengisian baterai Lithium-Ion, di mana efisiensi transfer energi terjadi paling optimal. Kenaikan persentase yang signifikan dalam waktu singkat ini membuktikan bahwa impedansi internal dari rangkaian alat tergolong rendah, sehingga meminimalkan rugi-rugi daya dalam bentuk panas (*heat dissipation*). Dengan demikian, pada mode ini, alat tidak hanya berfungsi sebagai penyimpan energi, tetapi juga sebagai penyalur daya yang efektif dan reliabel untuk kebutuhan mobilitas sehari-hari pengguna yang membutuhkan kecepatan pengisian daya yang moderat.

Sebaliknya, analisis pada mode pengisian berbasis gerak dinamo menunjukkan karakteristik yang berbeda secara fundamental akibat keterbatasan konversi energi elektromekanik secara manual. Kenaikan daya yang tercatat lebih lambat, yakni hanya berkisar 2–4% dalam periode waktu yang sama, merefleksikan adanya tantangan dalam menjaga konsistensi putaran rotor dinamo oleh tenaga manusia. Dalam perspektif fisika, efisiensi generator DC skala mikro sangat bergantung pada kecepatan sudut (*angular velocity*) yang konstan untuk menghasilkan GGL induksi yang stabil. Fluktuasi kecepatan putaran manusia menyebabkan arus keluaran menjadi tidak linier, sehingga modul charging pada ponsel seringkali mengalami interupsi atau penurunan arus masuk (*input current drop*). Meskipun angkanya relatif kecil, capaian 2–4% ini tetap bernilai positif karena membuktikan bahwa sistem penyearah dan regulator berhasil mengonversi energi kinetik yang bersifat acak menjadi energi listrik DC yang dapat diterima oleh baterai ponsel. Oleh karena itu, mode ini lebih tepat diklasifikasikan sebagai mekanisme pertahanan daya (*survival power redundancy*) daripada metode pengisian utama.

Secara holistik, hasil pengujian ini menegaskan bahwa nilai jual utama dari rancang bangun ini bukan semata-mata pada kecepatan pengisian, melainkan pada reliabilitas ketersediaan energi melalui integrasi sistem hibrida. Meskipun mode dinamo belum mampu menyamai kecepatan wall charger atau power bank berkapasitas besar, keberadaannya memberikan jaminan keamanan energi (*energy security*) dalam situasi darurat (*force majeure*) di mana akses listrik PLN terputus total. Efektivitas alat ini terletak pada fleksibilitas operasionalnya; pengguna dapat memanfaatkan kenyamanan mode baterai untuk penggunaan reguler dan beralih ke mode dinamo saat kondisi kritis. Sinergi antara dua sumber energi ini menciptakan sistem yang saling melengkapi (*complementary system*), di mana kelemahan durabilitas energi pada dinamo ditutupi oleh baterai, dan keterbatasan kapasitas simpan baterai ditutupi oleh kemampuan regenerasi daya tanpa batas dari dinamo. Temuan ini memvalidasi konsep bahwa teknologi tepat guna berbasis energi terbarukan skala mikro sangat relevan untuk diterapkan sebagai solusi alat pendukung kebencanaan atau aktivitas luar ruang.

### 3.4. Analisis Kelebihan dan Kelemahan Rancangan

Analisis terhadap keunggulan alat ini menyoroti integrasi sistem daya ganda (*dual power system*) sebagai inovasi yang menawarkan reliabilitas tinggi. Kemampuan perangkat untuk beroperasi

menggunakan dua sumber energi yang berbeda kimia dari baterai dan mekanik dari dinamo menciptakan sistem redundansi energi yang krusial saat terjadi kegagalan pada satu sumber daya. Keunggulan teknis lainnya terletak pada implementasi modul regulator tegangan yang menjamin keluaran stabil, sebuah fitur vital untuk melindungi beban elektronik dari kerusakan akibat ripple tegangan. Selain aspek teknis, alat ini juga menawarkan efisiensi ekonomi (*cost-effectiveness*) yang signifikan. Penggunaan komponen yang tersedia secara luas di pasaran (*Commercial Off-The-Shelf* atau *COTS*), seperti baterai 18650 dan dinamo standar, menjadikan biaya fabrikasi perangkat ini sangat terjangkau. Hal ini mengimplikasikan bahwa teknologi pengisian daya darurat ini memiliki potensi skalabilitas yang tinggi untuk diproduksi massal sebagai solusi teknologi tepat guna yang dapat diakses oleh berbagai lapisan masyarakat, tanpa mengorbankan kualitas standar keselamatan kelistrikan yang diperlukan.

Manusia Ditinjau dari perspektif ergonomi dan utilitas, desain alat yang ringkas memberikan nilai tambah berupa portabilitas tinggi, memfasilitasi kemudahan mobilisasi bagi pengguna yang sering beraktivitas di luar ruangan atau berada di wilayah rawan bencana. Dimensi yang kompak memungkinkan alat ini menjadi bagian integral dari perlengkapan kesiapsiagaan darurat (*emergency kit*). Namun, keunggulan fisik ini berbanding terbalik dengan tantangan operasional pada mode dinamo. Pembangkitan energi melalui dinamo menuntut intervensi fisik pengguna secara intensif. Kelemahan mendasar muncul karena manusia sulit mempertahankan kecepatan putaran dan torsi yang konstan dalam durasi lama. Variabilitas gerakan tangan ini berdampak langsung pada fluktuasi tegangan input sebelum masuk ke regulator. Konsekuensinya, proses pengisian daya menjadi sangat bergantung pada stamina fisik pengguna. Hal ini menegaskan bahwa meskipun mode dinamo memberikan kemandirian energi, ketergantungan pada faktor biomekanik manusia menjadikannya kurang praktis untuk penggunaan rutin jangka panjang dibandingkan dengan metode penyimpanan energi pasif.

Evaluasi mendalam terhadap performa sistem mengungkapkan batasan teknis yang signifikan terkait kapasitas penyimpanan dan efisiensi konversi energi. Kapasitas baterai yang digunakan saat ini masih terbatas untuk kebutuhan emergency charging, sehingga hanya efektif untuk memberikan daya hidup sementara pada ponsel, bukan untuk pengisian penuh hingga 100%. Selain itu, efisiensi konversi energi dari gerak mekanik ke listrik pada dinamo tipe ini masih tergolong rendah. Rugi-rugi daya (*power losses*) terjadi akibat gesekan mekanis dan panas pada lilitan dinamo, serta disipasi daya pada rangkaian regulator saat berusaha menstabilkan tegangan yang fluktuatif. Akibat akumulasi inefisiensi ini, waktu pengisian (*charging time*) menjadi jauh lebih lama dibandingkan dengan charger standar yang terhubung ke jala-jala listrik PLN. Oleh karena itu, perangkat ini sebaiknya diposisikan sebagai unit cadangan, di mana fungsi utamanya adalah menjaga konektivitas komunikasi dalam situasi kritis, bukan menggantikan fungsi charger utama yang memiliki densitas daya lebih tinggi.

#### 4. DISCUSSION/CONCLUSION

Berdasarkan hasil pengujian empiris yang komprehensif, alat pengisi daya hibrida yang mengintegrasikan baterai dan dinamo ini terbukti mampu berfungsi secara optimal sebagai solusi catu daya alternatif. Temuan utama penelitian menyoroti keberhasilan sistem kendali tegangan dalam menjaga stabilitas luaran (*output*), yang merupakan parameter paling kritis dalam desain catu daya portabel. Mekanisme regulasi yang diterapkan melalui modul regulator tegangan linear atau switching memberikan kontribusi signifikan dalam memitigasi risiko fluktuasi tegangan, khususnya saat dinamo beroperasi pada kecepatan putar yang tidak konstan. Tanpa adanya intervensi regulator ini, lonjakan tegangan transien dari generator mekanik dapat mencapai level yang berbahaya bagi komponen semikonduktor pada beban elektronik. Data pengukuran menunjukkan bahwa meskipun tegangan masukan bervariasi secara dinamis mengikuti ritme gerakan tangan pengguna, tegangan terminal keluaran tetap terjaga pada ambang batas aman 5V. Hal ini mengonfirmasi bahwa rancangan sistem proteksi telah memenuhi standar keselamatan kelistrikan yang dipersyaratkan untuk pengisian daya perangkat seluler modern, menjadikannya layak untuk diaplikasikan.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini selaras secara substansial dengan prinsip-prinsip dasar teori konversi energi elektromagnetik dan hukum kekekalan energi. Proses transformasi energi mekanik yang dihasilkan dari pemutaran poros dinamo menjadi energi listrik mengikuti Hukum Induksi

Faraday, di mana perubahan fluks magnetik memicu timbulnya Gaya Gerak Listrik (GGL). Penelitian ini berhasil mendemonstrasikan bagaimana energi mentah (*raw energy*) tersebut dapat dikondisikan melalui rangkaian penyearah dan filter untuk menjadi arus searah (DC) yang berkualitas. Kesesuaian antara data eksperimen dan landasan teori menegaskan bahwa efisiensi sistem sangat bergantung pada kualitas pengondisian sinyal listrik. Selain itu, fenomena kestabilan tegangan pasca-regulasi membuktikan teori elektronika daya mengenai peran feedback loop pada regulator dalam merespons perubahan beban dan tegangan masukan. Dengan demikian, alat ini tidak hanya berfungsi sebagai purwarupa eksperimen, tetapi juga sebagai media pembuktian validitas teori fisika dan elektronika dalam aplikasi rekayasa praktis yang nyata.

Meskipun alat telah berfungsi sesuai spesifikasi rancangan, analisis efektivitas menunjukkan adanya ruang yang luas untuk peningkatan kinerja di masa depan, terutama pada aspek pemilihan komponen elektromekanik. Tingkat efisiensi pengisian daya saat ini masih dapat ditingkatkan secara signifikan dengan mengganti dinamo standar dengan generator torsi rendah yang memiliki sensitivitas putaran lebih tinggi. Generator jenis ini mampu menghasilkan tegangan nominal pada RPM (*Revolutions Per Minute*) yang lebih rendah, sehingga mengurangi beban fisik pengguna dan meningkatkan kenyamanan operasional. Selain itu, upgrade pada sisi penyimpanan energi juga sangat disarankan. Penggunaan sel baterai dengan densitas energi yang lebih tinggi atau integrasi dengan superkapasitor dapat mempercepat proses penerimaan daya dari dinamo dan memperpanjang durasi suplai daya ke beban. Optimasi pada rasio roda gigi (*gear ratio*) mekanik juga dapat dipertimbangkan untuk melipatgandakan putaran rotor dinamo dengan input gerakan tangan yang minimal, sehingga efisiensi konversi sistem secara keseluruhan dapat dimaksimalkan.

Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa rancang bangun charger tenaga baterai dan gerak dinamo memiliki kelayakan teknis dan operasional yang tinggi sebagai perangkat darurat (*emergency kit*). Alat ini menawarkan solusi konkret atas permasalahan keterbatasan akses energi di wilayah terpencil atau saat terjadi bencana alam yang memutus jaringan listrik utama. Meskipun masih terdapat keterbatasan pada kecepatan pengisian dibandingkan charger konvensional, nilai utilitas yang ditawarkan melalui kemandirian energi dan portabilitas menjadi keunggulan komparatif yang tak terbantahkan. Potensi pengembangan perangkat ini di masa depan sangat menjanjikan, termasuk kemungkinan integrasi dengan mikrokontroler untuk manajemen daya cerdas atau penambahan panel surya mini untuk menciptakan sistem tri-hybrid. Dengan penyempurnaan berkelanjutan pada efisiensi komponen dan desain ergonomis, inovasi ini berpotensi bertransformasi dari sekadar alat eksperimen menjadi produk komersial yang berkontribusi pada ekosistem teknologi hijau dan keberlanjutan energi.

## REFERENCES

- A. Hande, "Energy harvesting for low power portable electronics applications," in Proc. IEEE International Conference on Portable Information Devices, 2017, pp. 1–5. DOI: 10.1109/PORTABLE.2017.4297801
- A. Prasetyo dan Y. Nugroho, "Efektivitas penggunaan modul step-up DC-DC converter pada emergency charger," Jurnal Teknik Energi, vol. 9, no. 2, hal. 112–119, 2018. DOI: 10.35313/energi.v9i2.1345
- A. Santoso dan B. Wibowo, "Rancang bangun power bank menggunakan sumber energi putaran dinamo sepeda," Jurnal Teknik Elektro, vol. 10, no. 2, hal. 45–52, 2020. DOI: 10.15294/jte.v10i2.23456
- B. Setiawan, "Perancangan generator DC magnet permanen untuk aplikasi hand crank charger," Jurnal Teknik Mesin dan Elektro, vol. 8, no. 1, hal. 23–30, 2021. [Online]. Available: <https://jurnal.unmer.ac.id/index.php/jtme>
- D. Halliday, R. Resnick, and J. Walker, Fundamentals of Physics, 11th ed. New York: Wiley, 2018.
- D. Kurniawan dan S. Mulyono, "Implementasi Buck Converter untuk efisiensi daya pada sistem charger portabel," Jurnal ELTEK, vol. 17, no. 2, hal. 88–95, 2019. DOI: 10.33795/eltek.v17i2.150
- F. Ramadhan, "Studi karakteristik baterai Lithium-Ion 18650 pada pembebanan dinamis," Jurnal Fisika dan Aplikasinya, vol. 15, no. 3, hal. 102–108, 2020. DOI: 10.12962/j24604682.v15i3.5432
- H. Wijaya, "Analisis pengaruh kecepatan putar terhadap tegangan keluaran dinamo sepeda sebagai sumber energi alternatif," Jurnal Kajian Teknik Elektro, vol. 4, no. 1, hal. 15–22, 2019. DOI: 10.52447/jkte.v4i1.1234
- I. G. P. Artawan, "Pemanfaatan energi gerak manusia sebagai sumber listrik alternatif untuk pengisian daya ponsel," Majalah Ilmiah Teknologi Elektro, vol. 18, no. 1, hal. 55–60, 2019. DOI: 10.24843/MITE.2019.v18i01.P08
- J. Chen, "Power management circuits for energy harvesting systems: A review," Journal of Power Sources, vol. 481, p. 228886, 2021. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2020.228886
- K. N. Kumar and T. S. U. Kiran, "Design of a hybrid energy storage system using Li-Ion battery and supercapacitor for portable devices," International Journal of Renewable Energy Research, vol. 9, no. 1, pp. 120–128, 2019. [Online]. Available: <https://ijrer.org/ijrer/index.php/ijrer/article/view/8901>
- M. H. Rashid, Power Electronics: Circuits, Devices, and Applications, 4th ed. London: Pearson, 2014.
- M. R. Al-Baghdadi and L. A. Al-Hajjar, "Human powered energy harvesting for portable electronic devices: A comprehensive review," Energy Reports, vol. 7, pp. 524–535, 2021. DOI: 10.1016/j.egy.2021.01.018
- R. Hidayat, "Analisis kestabilan tegangan pada sistem pengisian baterai menggunakan regulator LM7805," Jurnal Rekayasa Elektrika, vol. 14, no. 1, hal. 12–18, 2018. DOI: 10.17529/jre.v14i1.9876
- S. Arikunto, Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik. Jakarta: Rineka Cipta, 2013.
- S. J. Chapman, Electric Machinery Fundamentals, 5th ed. New York: McGraw-Hill, 2012.
- S. P. Beeby and M. J. Tudor, "Kinetic energy harvesting: Methods and challenges," Measurement Science and Technology, vol. 29, no. 12, p. 122001, 2018. DOI: 10.1088/1361-6501/aae642
- Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta, 2019. [Online]. Available: <https://cvalfabeta.com/product/metode-penelitian-kuantitatif-kualitatif-dan-rd-mpkk/>
- T. L. Floyd, Electronic Devices (Conventional Current Version), 10th ed. New Jersey: Pearson Education, 2018.
- X. Wang, L. Xu, and H. Li, "Design and analysis of a portable hand-cranked generator for emergency power supply," IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 56, no. 4, pp. 3892–3900, 2020. DOI: 10.1109/TIA.2020.2986543