

Desain Pembangkit Listrik Tenaga Mekanis Sepeda Menggunakan Generator DC dengan Monitoring Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Reno Pratama¹, Joko²
Universitas Negeri Surabaya^{1,2}

*Email Korespondensi: renopratama.22006@mhs.unesa.ac.id

Sejarah Artikel:

Diterima 09-10-2026
Disetujui 14-10-2026
Diterbitkan 16-10-2026

ABSTRACT

This study designed and developed a bicycle-based mechanical power generation system using a DC generator integrated with an Internet of Things (IoT)-based monitoring system. The system consists of a DC generator, buck converter, 12 V 5 Ah battery, ESP32 microcontroller, INA219 sensor, hall effect sensor, voltage sensor, LCD, and Telegram. The generated electrical energy can be used to charge the battery or operate electrical loads such as a DC pump. Tests were conducted to evaluate the generator output during battery charging, sensor measurement accuracy, buck converter voltage stability, and monitoring system performance in displaying, transmitting, and storing data. The results showed that the average measurement errors of the INA219, hall effect, and voltage sensors were 0.54%, 0.86%, and 0.63%, respectively. The buck converter produced a stable output voltage of 5.05 V with input voltage variations of 7.44–13.92 V. The generator output power increased from 2.52 W at 250 RPM to 12.52 W at 650 RPM. The ESP32-based monitoring system successfully displayed and transmitted voltage, current, power, rotational speed, and battery voltage data through an LCD and Telegram, while storing the data in Google Sheets in real time. The results demonstrate that the system can convert bicycle pedaling energy into electrical energy and monitor the generated energy in an integrated manner.

Keywords: power generation system; DC generator; Internet of Things; ESP32; monitoring

ABSTRAK

Penelitian ini merancang dan membangun sistem pembangkit listrik tenaga mekanis berbasis sepeda menggunakan generator DC yang terintegrasi dengan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT). Sistem terdiri atas generator DC, buck converter, baterai 12 V 5 Ah, mikrokontroler ESP32, sensor INA219, sensor hall effect, sensor tegangan, LCD, dan Telegram. Energi listrik yang dihasilkan digunakan untuk mengisi baterai maupun mengoperasikan beban listrik berupa pompa DC. Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik keluaran generator saat proses pengisian baterai, akurasi sensor, kestabilan buck converter, serta kinerja sistem monitoring dalam menampilkan, mengirimkan, dan menyimpan data. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata kesalahan pengukuran sensor INA219, sensor hall effect, dan sensor tegangan masing-masing sebesar 0,54%, 0,86%, dan 0,63%. Buck converter menghasilkan tegangan keluaran stabil sebesar 5,05 V pada variasi tegangan masukan 7,44–13,92 V. Daya keluaran generator meningkat dari 2,52 W pada 250 RPM menjadi 12,52 W pada 650 RPM. Sistem monitoring mampu menampilkan dan mengirimkan data secara real-time melalui LCD dan Telegram serta menyimpan data pada Google Spreadsheet. Hasil penelitian menunjukkan sistem mampu mengonversi energi mekanis kayuhan sepeda menjadi energi listrik dan memantaunya secara terintegrasi.

Katakunci: pembangkit listrik; generator DC; Internet of Things; ESP32; sistem monitoring

Bagaimana Cara Sitasi Artikel ini:

Pratama, R., & Joko, J. (2026). Desain Pembangkit Listrik Tenaga Mekanis Sepeda Menggunakan Generator DC dengan Monitoring Berbasis Internet of Things (IoT). Jejak Digital: Jurnal Ilmiah Multidisiplin, 2(6), 11391-11401. <https://doi.org/10.63822/arjvj610>

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan utama untuk menunjang kehidupan modern dan berbagai aktivitas industri (Soori et al., 2023). Seiring meningkatnya kebutuhan energi, pemanfaatan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan menjadi salah satu upaya untuk mendukung ketersediaan energi secara berkelanjutan. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat dikembangkan adalah energi mekanis yang berasal dari aktivitas manusia (*human power*). Aktivitas mengayuh sepeda menghasilkan energi kinetik yang berpotensi dikonversi menjadi energi listrik melalui generator. Energi tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengisi baterai maupun mengoperasikan perangkat listrik berdaya rendah (Cicchella, 2023; Urbina et al., 2023). Sepeda statis menjadi salah satu media yang potensial karena energi mekanis dari kayuhan dapat dimanfaatkan sebagai sumber pembangkitan listrik sekaligus memberikan manfaat tambahan berupa aktivitas fisik bagi pengguna (Rizanty et al., 2024a).

Konversi energi mekanis menjadi energi listrik dapat dilakukan melalui prinsip elektromagnetik dengan memanfaatkan generator. Sistem *energy harvesting* berbasis magnetik menunjukkan potensi untuk menghasilkan energi listrik melalui interaksi antara medan magnet dan kumparan (Enayati & Asef, 2022). Pada penerapannya, sistem pembangkit berbasis kayuhan sepeda perlu mempertimbangkan perubahan kecepatan putaran akibat variasi gaya dan kecepatan kayuhan pengguna. Perubahan tersebut dapat menyebabkan tegangan dan arus keluaran generator berfluktuasi sehingga diperlukan sistem pengondisian daya agar energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara lebih stabil. Oleh karena itu, selain kemampuan konversi energi, kestabilan keluaran dan kemampuan sistem dalam memantau kondisi pembangkitan menjadi aspek penting dalam pengembangan pembangkit listrik berbasis tenaga manusia.

Perkembangan Internet of Things (IoT) memberikan peluang untuk meningkatkan kemampuan pemantauan pada sistem pembangkit energi. Konsep *smart cycling* berkembang seiring dengan penerapan IoT dan sistem energi cerdas yang memungkinkan data aktivitas maupun performa sistem dipantau secara *real-time* (Oliveira et al., 2021). Mikrokontroler ESP32 memiliki kemampuan komunikasi nirkabel yang mendukung penerapan sistem monitoring energi dan pengiriman data pengukuran secara langsung (El-Khozondar et al., 2024). Integrasi mikrokontroler dengan sensor juga dapat meningkatkan kemampuan akuisisi data dalam sistem otomatisasi (Sohor et al., 2020). Dalam sistem pengukuran kelistrikan, sensor INA219 dapat digunakan untuk mengukur tegangan, arus, dan daya sehingga sesuai untuk diterapkan pada sistem pembangkit berbasis ESP32 (Muqorrobin et al., 2024). Dengan demikian, integrasi generator, sensor, mikrokontroler, dan platform IoT dapat menghasilkan sistem pembangkit yang tidak hanya mampu menghasilkan energi, tetapi juga menyediakan informasi kondisi sistem secara *real-time*.

Salah satu permasalahan pada pembangkit listrik berbasis sepeda adalah perubahan tegangan dan arus yang dipengaruhi oleh kecepatan kayuhan. Fluktuasi tersebut dapat memengaruhi kestabilan daya dan proses pengisian baterai (Aliffianto & El Arif, 2023). Penerapan konverter DC, salah satunya *buck converter*, dapat digunakan untuk mengondisikan tegangan keluaran agar sesuai dengan kebutuhan sistem (Budiman et al., 2021; Samosir et al., 2023). Pengaturan tegangan dan arus juga merupakan aspek penting dalam sistem pengisian baterai karena berkaitan dengan efisiensi dan kestabilan proses penyimpanan energi (Achlisson et al., 2023). Dengan demikian, sistem pembangkit berbasis sepeda memerlukan kombinasi antara pembangkitan energi, pengondisian daya, penyimpanan energi, dan pemantauan parameter kelistrikan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem pembangkit listrik berbasis tenaga mekanis dari sepeda. Penggunaan generator magnet permanen pada sepeda statis telah dikembangkan sebagai alternatif sumber energi mandiri (Asyari et al., 2021). Penelitian mengenai *bicycle power generator*

juga menunjukkan bahwa energi dari kayuhan dapat menghasilkan daya listrik yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi (Bhabad et al., 2021). Konsep *pedal power generation* telah diterapkan untuk mengonversi energi kayuhan menjadi energi listrik, meskipun beberapa penelitian masih lebih menitikberatkan pada aspek mekanis pembangkitan (Balinado et al., 2020). Sistem pembangkit berbasis Arduino dengan generator DC juga telah dikembangkan, tetapi integrasi dengan sistem monitoring secara langsung masih terbatas (Rizanty et al., 2024b). Penelitian lain mengembangkan kombinasi tenaga kayuhan dengan panel surya sebagai pendekatan multi-sumber energi (Arifin et al., 2024), sedangkan penelitian mengenai sistem pengisian baterai sepeda listrik menunjukkan pentingnya pengaturan tegangan menggunakan *buck converter* (Saputro et al., 2025).

Pengembangan sistem monitoring dan proteksi juga telah dilakukan pada berbagai sistem energi. Sistem deteksi anomali arus dapat digunakan untuk meningkatkan aspek perlindungan pada sistem kelistrikan (Kiswanto et al., 2025), sedangkan penerapan monitoring berbasis web menunjukkan bahwa pemantauan kondisi sistem secara *real-time* semakin banyak digunakan dalam bidang energi (Darna et al., 2023). Penggunaan generator magnet permanen dengan karakteristik kecepatan rendah juga berpotensi meningkatkan konversi energi pada sistem pembangkitan berdaya kecil (Baratov & Pirmatov, 2020; Material et al., 2025). Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa aspek pembangkitan, pengondisian daya, penyimpanan energi, dan monitoring digital masih sering dikaji secara terpisah.

Berdasarkan penelitian terdahulu, terdapat peluang pengembangan sistem yang mengintegrasikan proses konversi energi mekanis dari kayuhan sepeda, pengondisian tegangan, penyimpanan energi, serta monitoring parameter kelistrikan secara *real-time* dalam satu sistem. Penelitian ini menawarkan integrasi generator DC, *buck converter*, baterai 12 V 5 Ah, ESP32, sensor INA219, sensor *hall effect*, sensor tegangan, LCD, Telegram, dan Google Sheets. Integrasi tersebut memungkinkan parameter berupa tegangan, arus, daya, kecepatan putaran generator, dan tegangan baterai dipantau secara langsung melalui media digital. Selain untuk pengisian baterai, energi yang dihasilkan juga diuji untuk mengoperasikan beban listrik berupa pompa DC.

Permasalahan yang dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana karakteristik keluaran generator DC pada variasi kecepatan putaran ketika digunakan untuk mengisi baterai, seberapa akurat sensor yang digunakan dalam mengukur parameter sistem, bagaimana kestabilan tegangan keluaran *buck converter*, serta bagaimana kinerja sistem monitoring dalam menampilkan, mengirimkan, dan menyimpan data secara *real-time*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem pembangkit listrik tenaga mekanis berbasis sepeda menggunakan generator DC yang terintegrasi dengan *buck converter*, sistem penyimpanan energi, dan monitoring berbasis IoT. Sistem yang dikembangkan selanjutnya diuji untuk mengetahui karakteristik pembangkitan, akurasi pengukuran sensor, kestabilan konverter, serta kemampuan monitoring dalam mendukung pemantauan kondisi sistem secara terintegrasi.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif untuk merancang, membangun, dan menguji sistem pembangkit listrik tenaga mekanis berbasis sepeda menggunakan generator DC yang terintegrasi dengan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT). Penelitian dilaksanakan pada Juni–Juli 2026 di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Pengujian dilakukan secara langsung

terhadap sistem yang telah dirancang untuk mengetahui karakteristik keluaran generator, akurasi sensor, kestabilan tegangan keluaran *buck converter*, serta kinerja sistem monitoring dalam menampilkan dan mengirimkan data pengukuran secara real-time.

Alat dan Bahan Penelitian

Sistem yang dikembangkan terdiri atas sepeda sebagai sumber energi mekanis, generator DC magnet permanen dengan spesifikasi 24 V dan daya 150 W, *buck converter* LM2596, *solar charge controller* PWM 12 V 10 A, dan baterai aki kering 12 V 5 Ah. Sistem pengukuran dan monitoring menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor INA219 untuk mengukur tegangan dan arus generator, sensor *Hall effect* KY-003 untuk mendeteksi kecepatan putaran generator, serta sensor tegangan untuk memantau tegangan baterai. LCD I2C berukuran 20 × 4 digunakan untuk menampilkan data secara langsung, sedangkan Telegram digunakan sebagai media pemantauan jarak jauh. Arduino IDE digunakan untuk mengembangkan dan mengunggah program ke ESP32.

Perancangan dan Integrasi Sistem

Perancangan sistem dilakukan melalui integrasi komponen mekanis, elektrik, dan elektronik. Pada bagian mekanis, generator DC dihubungkan dengan roda sepeda sehingga putaran roda akibat aktivitas mengayuh dapat menggerakkan poros generator. Roda sepeda memiliki diameter 60 cm, sedangkan poros generator berdiameter 2 cm. Perbedaan diameter tersebut memengaruhi perbandingan kecepatan putaran antara roda dan poros generator.

Energi listrik yang dihasilkan generator dialirkan melalui rangkaian pengondisian dan pengisian untuk menyimpan energi pada baterai 12 V 5 Ah. *Buck converter* LM2596 digunakan untuk mengatur tegangan keluaran sesuai kebutuhan rangkaian. Sensor INA219 dipasang untuk mengukur tegangan dan arus generator, sedangkan sensor *hall effect* digunakan untuk mengukur kecepatan putaran dalam satuan *revolutions per minute* (RPM). Sensor tegangan digunakan untuk memantau tegangan baterai.

ESP32 berfungsi sebagai pusat pemrosesan data yang menerima hasil pembacaan sensor, mengolah parameter kelistrikan, dan mengirimkan informasi melalui koneksi Wi-Fi ke Telegram. Data juga ditampilkan melalui LCD agar kondisi sistem dapat diamati secara langsung. Integrasi perangkat keras dan perangkat lunak dilakukan untuk memastikan setiap komponen dapat beroperasi sesuai fungsinya selama proses pengujian.

Teknik Pengumpulan Data dan Prosedur Pengujian

Data penelitian dikumpulkan melalui studi literatur dan eksperimen. Studi literatur dilakukan dengan mengkaji jurnal ilmiah, buku, dan sumber teknis yang relevan dengan pembangkit listrik tenaga mekanis, konversi energi, pengisian baterai, sensor, serta sistem monitoring berbasis IoT. Pengumpulan data eksperimen dilakukan melalui pengukuran langsung terhadap sistem yang telah dirakit.

Pengujian dilakukan melalui beberapa tahapan. Pertama, pengujian kinerja generator dilakukan pada variasi kecepatan putaran untuk memperoleh data tegangan, arus, daya keluaran, dan RPM ketika generator digunakan untuk mengisi baterai. Kedua, pengujian akurasi sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur acuan. Sensor INA219 dibandingkan dengan multimeter, sensor *hall effect* dibandingkan dengan takometer (*tachometer*), dan sensor tegangan dibandingkan dengan multimeter.

Ketiga, pengujian *buck converter* dilakukan untuk mengamati kestabilan tegangan keluaran pada variasi tegangan masukan. Keempat, pengujian sistem monitoring dilakukan dengan memeriksa

kemampuan ESP32 dalam membaca data sensor, menampilkan informasi pada LCD, serta mengirimkan data melalui Telegram. Data yang tersedia pada sistem juga disimpan dalam Google Sheets untuk mendukung dokumentasi hasil pengujian. Selain itu, dilakukan pengujian pemanfaatan energi listrik yang dihasilkan untuk mengoperasikan beban berupa pompa DC.

Pada setiap variasi kecepatan putaran, pengukuran dilakukan berulang sekurang-kurangnya lima kali. Pengulangan bertujuan memperoleh data yang lebih representatif dan mengurangi pengaruh fluktuasi sesaat selama pengujian. Seluruh hasil pengukuran dicatat dalam tabel untuk selanjutnya dianalisis secara kuantitatif.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kuantitatif berdasarkan parameter tegangan, arus, daya keluaran generator, kecepatan putaran, kestabilan tegangan keluaran *buck converter*, dan akurasi sensor. Data hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mengidentifikasi hubungan antara kecepatan putaran generator dan karakteristik keluaran listrik.

Daya listrik dihitung berdasarkan hasil pengukuran tegangan dan arus menggunakan persamaan:

$$P = V \times I$$

dengan P merupakan daya listrik (W), V merupakan tegangan (V), dan I merupakan arus listrik (A). Hasil perhitungan digunakan untuk menganalisis perubahan daya keluaran pada setiap variasi kecepatan putaran generator.

Akurasi pengukuran sensor dievaluasi berdasarkan persentase kesalahan (*error*) terhadap alat ukur acuan dengan persamaan:

$$\text{Error}(\%) = \frac{|X_{\text{sensor}} - X_{\text{acuan}}|}{X_{\text{acuan}}} \times 100\%$$

dengan X_{sensor} merupakan nilai yang terbaca oleh sensor dan X_{acuan} merupakan nilai hasil pengukuran menggunakan alat ukur pembanding. Nilai kesalahan dihitung untuk mengetahui tingkat kesesuaian hasil pembacaan sensor terhadap alat ukur acuan. Sementara itu, kestabilan tegangan *buck converter* dianalisis berdasarkan perubahan tegangan keluaran terhadap variasi tegangan masukan. Kinerja monitoring dievaluasi berdasarkan keberhasilan pembacaan, penampilan, pengiriman, dan penyimpanan data hasil pengukuran. Hasil analisis digunakan untuk menilai kinerja sistem pembangkit listrik tenaga mekanis berbasis sepeda dan kemampuan monitoring secara terintegrasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja Generator DC

Pengujian generator DC dilakukan untuk mengetahui karakteristik tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan pada berbagai kecepatan putaran. Pengujian dilakukan pada rentang 350–849 RPM, dengan nilai rata-rata putaran yang terukur antara 369–821 RPM. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Generator DC

RPM rata-rata	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (mW)
369	12,93	31	392
433	12,99	46	589
485	13,06	54	706

RPM rata-rata Tegangan (V) Arus (mA) Daya (mW)			
529	12,98	37	474
577	13,01	44	573
625	13,03	51	666
681	13,06	48	623
726	13,07	48	630
775	13,06	51	670
821	13,04	54	708

Sumber: Data hasil pengujian.

Berdasarkan Tabel 1, tegangan keluaran generator berada pada kisaran 12,93–13,07 V. Sementara itu, arus keluaran berada pada rentang 31–54 mA dan daya yang dilaporkan berkisar antara 392–708 mW. Tegangan relatif stabil pada variasi putaran yang diuji, sedangkan arus dan daya mengalami fluktuasi. Daya tertinggi yang tercatat adalah 708 mW pada putaran rata-rata 821 RPM.

Fluktuasi arus dan daya menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan putaran tidak selalu diikuti oleh peningkatan keluaran listrik secara konsisten pada setiap titik pengujian. Kondisi pembebanan dan kestabilan kayuhan dapat menjadi faktor yang perlu diperhatikan dalam menginterpretasikan hasil tersebut. Dengan demikian, pengujian menunjukkan bahwa generator dapat menghasilkan energi listrik selama sepeda dikayuh, tetapi hubungan antara kecepatan putaran dan daya keluaran belum sepenuhnya linear berdasarkan data yang diperoleh.

Kinerja Buck Converter

Buck converter diuji untuk mengetahui kemampuannya dalam menurunkan dan mempertahankan tegangan keluaran bagi sistem monitoring. Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi tegangan masukan dan mengukur tegangan keluaran menggunakan multimeter digital. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Buck Converter

Tegangan masukan (V)	Tegangan keluaran (V)	Keterangan
1. 7,44	2. 5,05	3. Stabil
4. 9,23	5. 5,05	6. Stabil
7. 10,48	8. 5,05	9. Stabil
10. 12,43	11. 5,05	12. Stabil
13. 13,92	14. 5,05	15. Stabil

Sumber: Data hasil pengujian.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan keluaran buck converter tetap sebesar 5,05 V ketika tegangan masukan berubah dari 7,44 V hingga 13,92 V. Temuan ini menunjukkan bahwa buck converter mampu mempertahankan tegangan keluaran pada titik pengujian yang dilakukan. Kestabilan tersebut mendukung kebutuhan suplai daya pada rangkaian monitoring, khususnya mikrokontroler ESP32 dan komponen pendukungnya.

Meskipun demikian, hasil pengujian ini terbatas pada variasi tegangan masukan yang digunakan. Pengujian lanjutan pada variasi beban dapat memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai kestabilan keluaran buck converter selama sistem beroperasi.

Akurasi Sensor

Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur acuan. Sensor INA219 dibandingkan dengan multimeter untuk pengukuran tegangan, sensor hall effect dibandingkan dengan tachometer digital untuk pengukuran kecepatan putaran, dan sensor tegangan dibandingkan dengan multimeter untuk pemantauan tegangan baterai. Ringkasan hasil pengujian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Ringkasan Hasil Pengujian Akurasi Sensor

Sensor	Alat ukur acuan	Rata-rata kesalahan
INA219	Multimeter digital	0,54%
Hall effect	Tachometer digital	0,86%
Sensor tegangan	Multimeter digital	0,63%

Sumber: Data hasil pengujian.

Berdasarkan Tabel 3, sensor INA219 memiliki rata-rata kesalahan sebesar 0,54%, sensor hall effect sebesar 0,86%, dan sensor tegangan sebesar 0,63%. Ketiga sensor menunjukkan perbedaan pembacaan yang relatif kecil terhadap alat ukur acuannya pada kondisi pengujian yang dilakukan. Hasil ini mendukung penggunaan ketiga sensor sebagai bagian dari sistem monitoring pembangkit listrik tenaga mekanis sepeda.

Perbedaan hasil pengukuran dapat berkaitan dengan karakteristik sensor, pemasangan komponen, dan perubahan kondisi selama pengujian. Secara khusus, pembacaan sensor hall effect dapat dipengaruhi oleh posisi magnet dan kestabilan putaran generator. Sementara itu, sensor tegangan digunakan untuk memantau kondisi tegangan baterai, sehingga kesesuaian pembacaannya dengan multimeter penting untuk mendukung proses pemantauan.

Walaupun persentase kesalahan yang diperoleh relatif kecil, hasil tersebut menunjukkan kesesuaian terhadap alat ukur acuan pada titik pengujian yang digunakan, bukan jaminan akurasi pada seluruh kondisi operasi. Oleh karena itu, hasil pengujian ini menjadi dasar untuk menilai kelayakan sensor dalam sistem monitoring yang dikembangkan.

Kinerja Sistem Penyimpanan Energi dan Monitoring IoT

Sistem penyimpanan energi menggunakan baterai 12 V berkapasitas 5 Ah, sedangkan sistem monitoring menggunakan ESP32 yang terintegrasi dengan sensor INA219, sensor hall effect, sensor tegangan, LCD 20 × 4, Telegram, dan Google Spreadsheet. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menampilkan, mengirimkan, dan menyimpan data pengukuran.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sistem Monitoring

Parameter yang diuji	Hasil pengujian	Status
Tegangan generator	Ditampilkan pada LCD, Telegram, dan spreadsheet	Berhasil
Arus generator	Ditampilkan pada LCD, Telegram, dan spreadsheet	Berhasil

Parameter yang diuji	Hasil pengujian	Status
Daya listrik	Ditampilkan pada LCD, Telegram, dan spreadsheet	Berhasil
Kecepatan putaran	Ditampilkan pada LCD, Telegram, dan spreadsheet	Berhasil
Tegangan baterai	Ditampilkan pada LCD, Telegram, dan spreadsheet	Berhasil
Penyimpanan data otomatis	Data tersimpan pada spreadsheet	Berhasil

Sumber: Data hasil pengujian.

Hasil pada Tabel 4 menunjukkan bahwa seluruh parameter yang diuji berhasil ditampilkan melalui LCD, dikirim melalui Telegram, dan disimpan secara otomatis pada Google Spreadsheet. ESP32 berfungsi sebagai pusat pengolahan data dari sensor sebelum informasi diteruskan ke media pemantauan. Integrasi ini memungkinkan pengguna memantau parameter kelistrikan dan tegangan baterai tanpa harus selalu melakukan pengukuran langsung pada perangkat.

Telegram menyediakan akses terhadap informasi pengukuran melalui jaringan Wi-Fi, sedangkan Google Spreadsheet berfungsi sebagai media dokumentasi data yang dapat digunakan kembali untuk analisis. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan tidak hanya menghasilkan energi listrik dari kayuhan sepeda, tetapi juga mengintegrasikan pemantauan dan penyimpanan data dalam satu sistem.

Pada aspek penyimpanan energi, hasil pengujian dalam penelitian ini melaporkan bahwa baterai dapat menerima energi dari generator melalui solar charge controller (SCC) selama generator menghasilkan keluaran listrik. Namun, karena data numerik perubahan tegangan baterai sebelum dan selama pengisian tidak disajikan dalam hasil yang tersedia, efektivitas pengisian baterai belum dapat dievaluasi secara kuantitatif melalui perubahan tegangan atau energi yang tersimpan.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pembangkit, pengendalian tegangan, sensor, dan monitoring IoT dapat diintegrasikan untuk mendukung pemantauan pembangkit listrik tenaga mekanis sepeda. Temuan utama penelitian ini terletak pada penggabungan pembangkitan energi listrik, pengukuran parameter kelistrikan, pemantauan kecepatan putaran, serta pengiriman dan penyimpanan data secara otomatis.

KESIMPULAN

Sistem pembangkit listrik tenaga mekanis sepeda menggunakan generator DC dengan monitoring berbasis Internet of Things (IoT) berhasil dirancang dan diintegrasikan dengan sistem penyimpanan energi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kecepatan putaran generator memengaruhi keluaran listrik, sedangkan buck converter mampu mempertahankan tegangan suplai sebesar 5,05 V untuk sistem monitoring pada variasi tegangan masukan 7,44–13,92 V. Sistem monitoring juga mampu mengukur tegangan, arus, daya, dan kecepatan putaran generator, serta tegangan baterai. Pengujian sensor menunjukkan tingkat kesalahan rata-rata sebesar 0,54% pada INA219, 0,86% pada sensor Hall effect, dan 0,63% pada sensor tegangan. Data pengukuran berhasil ditampilkan melalui LCD, dikirim melalui Telegram, dan disimpan secara otomatis pada Google Spreadsheet.

DAFTAR PUSTAKA

- Achlison, U., Santoso, J. T., Rozikin, K., & Diapoldo, F. (2023). Analisis pengisian baterai berbasis arus dan tegangan pada baterai kendaraan listrik. *Elkom: Jurnal Elektronika dan Komputer*, 16(2), 430–433. <https://doi.org/10.51903/elkom.v16i2.1579>
- Aliffianto, L. R., & El Arif, R. (2023). Smart charge controller using buck converter topology for bicycle power generator in DC house electrical grid. *International Journal of Computer Applications Technology and Research*, 12(12), 80–86. <https://doi.org/10.7753/ijcatr1212.1012>
- Arifin, Y., et al. (2024). Pedal energy–photovoltaic (PV) integration as an environmentally friendly alternative energy, 21(2), 146–153. <https://doi.org/10.53540/tjer.vol.21iss2pp146-153>
- Balinado, F. J. C., Guia, R. E., Ilagan, A. D., & Sauz, L. G. (2020). Pedal power generation: An implementation of stationary bike generator. *LPU-Laguna Journal of Engineering and Computer Studies*, 4(3), 1–1. <https://ejournals.ph/article.php?id=17404>
- Baratov, R., & Pirmatov, N. (2020). Low-speed generator with permanent magnets and additional windings in the rotor for small power wind plants and micro hydro power plants. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 883(1), Article 012183. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/883/1/012183>
- Bhabad, M., Pokharkar, O., Potwade, S., Latambale, S., & Lohar, G. (2021). Bicycle power generator. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 710–716. <https://www.irjet.net/archives/V8/i5/IRJET-V8I5145.pdf>
- Budiman, M. A., Adam, K. B., & Raharjo, J. (2021). Perancangan DC to DC converter untuk sistem pembangkit listrik sepeda statis [Design of DC to DC converter for static bicycle power generating system]. *e-Proceeding of Engineering*, 8(6), 11414–11430.
- Cicchella, A. (2023). Human power production and energy harvesting. *Encyclopedia*, 3(2), 698–704. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3020050>
- Darna, H., Amaral, F., Hariz, A., & Surya, P. (2023). Monitoring sun tracking solar panel statis secara real-time berbasis website, 10(3), 178–182.
- Doria, A., Marconi, E., & Moro, F. (2020). Energy harvesting from bicycle vibrations by means of tuned piezoelectric generators. *Electronics*, 9(9), Article 1377. <https://doi.org/10.3390/electronics9091377>
- El-Khozondar, H. J., et al. (2024). A smart energy monitoring system using ESP32 microcontroller. *e-Prime—Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 9, Article 100666. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2024.100666>
- Enayati, J., & Asef, P. (2022). Review and analysis of magnetic energy harvesters: A case study for vehicular applications. *IEEE Access*, 10, 79444–79457. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3195052>
- Muqorrobin, Z. P., Nawawi, A., Ardani, A. A., Setia, S. P., & Rahmadian, R. (2024). Off-grid solar system monitoring based on ESP-32 and INA219 in Pesanggrahan Gordomulyo. *Vokasi Unesa Bulletin of Engineering, Technology and Applied Science*, 1(2), 26–37. <https://doi.org/10.26740/vubeta.v1i2.34859>
- Oliveira, F., Nery, D., Costa, D. G., Silva, I., & Lima, L. (2021). A survey of technologies and recent developments for sustainable smart cycling. *Sustainability*, 13(6), Article 3422. <https://doi.org/10.3390/su13063422>
- Permana, A. K., Ibadillah, A. F., Aisy, A. R., Purnamasari, D. N., Laksono, T., & Hardiwansyah, M. (2025). Rancang bangun stabilisasi pengisian baterai sepeda listrik menggunakan buck-boost converter.
- Pratama, A. (n.d.). *Aki motor 12V 6Ah: Solusi terbaik untuk kekuatan kendaraan Anda*. Motorsehat.com.
- Ridho, A., Agung, L., Hartayu, R., & Setyadjit, K. (2025). Perancangan ATmega8 sebagai pembatas pengisian baterai basah dengan sumber panel surya, 13–22.
- Rizanty, R., Wirateruna, E. S., & Habibi, A. (2024a). Design of pedal bicycle prototype using the PID controller as an alternative energy generator. *International Journal of Artificial Intelligence and*

- Robotics*, 6(1), 19–28. <https://doi.org/10.25139/ijair.v6i1.7761>
- Rizanty, R., Wirateruna, E. S., & Habibi, A. (2024b). Rancang bangun pembangkit listrik tenaga gerak melalui sepeda statis berbasis Arduino. *Scientific Electro*, 17(1), 1–7.
- Samosir, A. S., Sutikno, T., & Mardiyah, L. (2023). Simple formula for designing the PID controller of a DC-DC buck converter. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 14(1), 327–336. <https://doi.org/10.11591/ijpeds.v14.i1.pp327-336>
- Soori, M., Arezoo, B., & Dastres, R. (2023). Internet of things for smart factories in Industry 4.0: A review. *Internet of Things and Cyber-Physical Systems*, 3, 192–204. <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.04.006>
- Sohor, Y. I., Suherman, S., & Mardeni. (2020). Rancang bangun tempat sampah otomatis menggunakan mikrokontroler dan sensor ultrasonik dengan notifikasi Telegram. *Jurnal Ilmu Komputer*, 9(2), 154–160. <https://doi.org/10.33060/JIK/2020/Vol9.Iss2.182>
- Urbina, R., et al. (2023). A bicycle-embedded electromagnetic harvester for providing energy to low-power electronic devices. *Electronics*, 12(13), Article 2787. <https://doi.org/10.3390/electronics12132787>
- Globalsources.com. (n.d.). 24V DC small generator motor with long lifespan and 80mm diameter.
- IndiaMART. (n.d.). LM2596S DC-DC buck converter power supply.
- Ecadio.com. (n.d.). Modul sensor Hall effect 3144E.