

Rancang Bangun Sistem Monitoring Arus, Tegangan, Daya, Dan Kecepatan Motor Pada Sepeda Listrik Berbasis Mikrokontroler Secara Real-Time

1st Muhammad Yusril Arivaldy
Faculty of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia
yusrilarivaldy@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Ekki Kurniawan
Faculty of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia
ekkekurniawan@telkomuniversity.ac.id

3rd Irham Mulkan Rodiana
Faculty of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia
irhammulkan@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penelitian ini merancang dan merealisasikan sistem monitoring sepeda listrik berbasis ESP32 untuk memantau parameter kelistrikan dan kecepatan secara real-time. Parameter yang dimonitor meliputi tegangan baterai, arus, daya, RPM motor, dan kecepatan sepeda dengan waktu pembaruan data ≤ 1 detik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memantau tegangan 24–27,8 V, arus 0,52–0,71 A, daya 13,3–19,45 W, dan kecepatan 150–480 RPM dengan tingkat kesalahan $\leq \pm 5\%$. Analisis korelasi menunjukkan hubungan positif antara arus dan RPM ($r = 0,62$) serta hubungan kuat antara daya dan RPM ($r = 0,90$), sehingga daya listrik menjadi parameter paling representatif terhadap perubahan kecepatan. Selain itu, sistem panel surya mampu mendukung proses pengisian baterai pada kondisi lapangan. Sistem yang dirancang layak digunakan untuk pemantauan kinerja sepeda listrik secara real-time.

Kata kunci— Sepeda listrik, monitoring, arus, tegangan, daya, motor BLDC, sensor ACS712, sensor tegangan, sensor inframerah, mikrokontroler..

I. PENDAHULUAN

Listrik merupakan salah satu bentuk energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia, dengan kebutuhan yang terus meningkat seiring perkembangan teknologi dan gaya hidup modern [1]. Untuk mengurangi penggunaan energi yang tidak efisien serta dampak lingkungan, kendaraan listrik seperti sepeda listrik semakin berkembang sebagai alternatif transportasi ramah lingkungan dan hemat energi [2]. Kinerja sepeda listrik sangat dipengaruhi oleh parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya, dan beban motor. Perubahan pada parameter tersebut dapat menurunkan efisiensi dan performa sistem, sehingga diperlukan pemantauan secara berkelanjutan. Namun, pemantauan masih sering dilakukan secara manual dan tidak real-time, sehingga kurang akurat, memakan waktu, serta berisiko menyebabkan keterlambatan dalam mendeteksi penurunan kinerja. Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring otomatis berbasis mikrokontroler dengan memanfaatkan sensor arus, sensor

tegangan yang dikombinasikan dengan modul stepdown, serta sensor inframerah untuk mengukur kecepatan motor. Data arus dan tegangan diolah untuk memperoleh nilai daya sebagai indikator performa sepeda listrik, sehingga sistem ini dapat digunakan sebagai alat pemantauan, perawatan, dan referensi penelitian di bidang kendaraan listrik.

II. KAJIAN TEORI

A. Sepeda Listrik

Sepeda listrik merupakan kendaraan ramah lingkungan karena menggunakan baterai sebagai sumber energi utama, bukan bahan bakar fosil, untuk menggerakkan motor listrik. Selain mengurangi emisi, sepeda listrik juga menawarkan kenyamanan berkendara serta manfaat kesehatan yang menyerupai penggunaan kendaraan bermotor konvensional. Baterai berfungsi sebagai penyimpan energi listrik yang tersusun dari satu atau lebih sel elektrokimia dan digunakan untuk menyuplai daya pada sistem penggerak sepeda listrik. Prinsip kerja sepeda listrik relatif sederhana, yaitu energi listrik dari baterai dialirkan melalui kontroler ke motor listrik. Kontroler berperan mengatur kecepatan dan kinerja motor sesuai dengan kebutuhan pengguna, sehingga operasi sepeda listrik dapat berlangsung secara efisien dan stabil

B. Sistem Penggerak Sepeda Listrik

Keberhasilan operasional sepeda listrik sangat dipengaruhi oleh performa setiap komponen utama yang bekerja secara terpadu dan saling mendukung. Beberapa komponen penting dalam sistem meliputi motor listrik, baterai, serta kontroler motor yang berperan besar dalam menemukan efisiensi, daya jelajah, dan kinerja sepeda listrik. Sumber daya listrik merupakan elemen kunci yang menentukan kinerja dan efisiensi sistem secara keseluruhan, adapun komponen – komponen penyusun sumber energi pada sepeda listrik yaitu : Baterai, Panel Surya, dan *Solar Charge Controller*. Sistem penggerak sepeda listrik terdiri dari motor listrik, kontroler, dan sumber energi yang berperan penting dalam menentukan kinerja dan efisiensi kendaraan [5]. Motor yang paling umum digunakan adalah motor *Brushless Direct Current* (BLDC), yang menggunakan

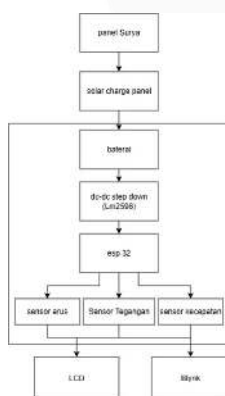
magnet permanen pada rotor dan kumparan pada stator dengan proses komutasi elektronik [5]. Proses komutasi elektronik tersebut menghasilkan pengaturan kecepatan yang lebih akurat dan responsif [6]. Motor BLDC banyak diaplikasikan pada kendaraan listrik karena memiliki efisiensi tinggi, torsi besar, serta respons kecepatan yang halus [7], [8]. Selain itu, motor BLDC memiliki umur pakai lebih panjang karena tidak menggunakan sikat, memiliki gesekan rendah, lebih hemat energi, dan lebih tahan terhadap suhu tinggi dibandingkan motor konvensional [9].

C. Sistem Monitoring Sepeda Listrik

Sistem monitoring berfungsi untuk memantau kondisi sepeda listrik secara berkelanjutan selama pengoperasian. Parameter yang dimonitor meliputi arus, tegangan, daya, dan kecepatan motor. Monitoring secara real-time memungkinkan data diperoleh secara akurat dan responsif, sehingga mendukung analisis performa, efisiensi energi, serta deteksi dini gangguan pada sistem sepeda listrik. ESP32 merupakan mikrokontroler berbasis *System on Chip* (SoC) yang terintegrasi dengan Wi-Fi dan *Bluetooth*. Mikrokontroler ini digunakan sebagai pusat pengolahan data yang menerima masukan dari sensor ACS712, sensor tegangan, sensor inframerah, serta mengirimkan data ke sistem tampilan dan platform IoT.

III. METODE

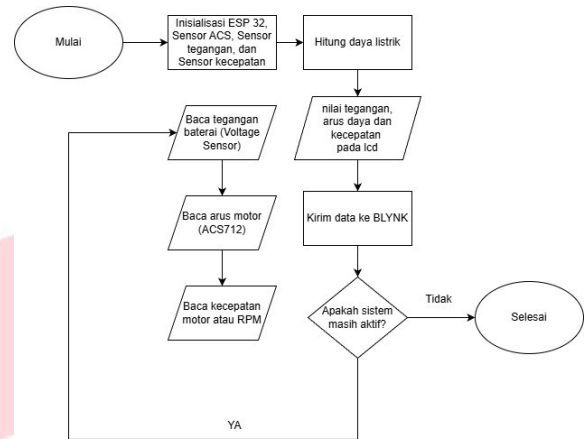
Metode penelitian meliputi studi literatur, perancangan sistem, dan pengujian sistem monitoring sepeda listrik berbasis ESP32. Sistem menggunakan baterai sebagai sumber daya utama yang diisi melalui panel surya dengan solar charge controller. Tegangan distabilkan menggunakan modul DC-DC LM2596. ESP32 menerima data dari sensor arus ACS712, sensor tegangan, dan sensor inframerah untuk mengukur arus, tegangan, dan kecepatan motor. Data diolah untuk menghitung daya listrik, kemudian ditampilkan pada LCD dan dikirimkan melalui WiFi ke platform IoT untuk pemantauan secara real-time.



GAMBAR 1 Diagram Blok

Diagram blok sistem menunjukkan alur kerja sistem monitoring sepeda listrik yang terdiri dari beberapa blok utama. Sumber energi berasal dari baterai yang tegangannya diturunkan dan distabilkan menggunakan modul DC-DC step down LM2596. Sensor arus ACS712, sensor tegangan berbasis rangkaian pembagi tegangan,

dan sensor inframerah sebagai pengukur kecepatan mengirimkan data ke mikrokontroler ESP32. ESP32 berfungsi sebagai pusat pengolahan data untuk menghitung parameter kelistrikan dan kecepatan. Hasil pengolahan data ditampilkan melalui LCD sebagai tampilan lokal dan dikirimkan melalui koneksi internet ke platform IoT untuk pemantauan secara real-time dan jarak jauh



GAMBAR 2

Desain Perangkat Lunak

Desain perangkat lunak sistem monitoring sepeda listrik diawali dengan proses inisialisasi mikrokontroler ESP32 beserta sensor arus ACS712, sensor tegangan, dan sensor kecepatan. Setelah sistem aktif, ESP32 membaca nilai tegangan baterai, arus motor, dan kecepatan motor secara berkala. Data hasil pembacaan kemudian diolah untuk menghitung daya listrik. Nilai tegangan, arus, daya, dan kecepatan ditampilkan pada LCD serta dikirimkan ke platform Blynk melalui koneksi internet. Proses ini berjalan secara berulang selama sistem masih aktif, dan akan berhenti ketika sistem dinonaktifkan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam memantau parameter arus, tegangan, daya, dan kecepatan motor secara real-time serta menilai kinerja dan kestabilan sistem selama pengoperasian.

A. Pengujian dan Kalibrasi Sensor Tegangan

Data hasil pengukuran dicatat dan dianalisis untuk mengetahui selisih dan tingkat kesalahan pembacaan sensor tegangan.

TABEL.1

Data Pengujian dan Kalibrasi Sensor Tegangan

No	Tegangan LCD (Y) (V)	Tegangan Multimeter (X) (V)	Persentase Tegangan PSU (%)	Deviasi (V)
1	16,7	18,0	75,0 %	-1,3
2	17,4	18,7	77,9 %	-1,3
3	17,8	19,1	79,6 %	-1,3
4	21,3	22,3	92,9 %	-1,0
5	22,3	23,7	98,8 %	-1,4
6	43,5	10,4	43,3 %	+33,1
7	43,5	12,6	52,5 %	+30,9
8	43,5	13,0	54,2 %	+30,5
9	43,5	14,6	60,8 %	+28,9
10	14,9	16,2	67,5 %	-1,3
Total				11.58 v

Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh nilai rata-rata error sebesar 11,58 V dan rata-rata error absolut sebesar 13,10 V, yang menunjukkan adanya penyimpangan pembacaan sensor sebelum dilakukan penyesuaian faktor skala.

B. Pengujian dan Kalibrasi Sensor Arus

Pengujian sensor arus dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan arus pada sistem monitoring menggunakan sensor ACS712 dengan hasil pengukuran arus menggunakan multimeter digital sebagai alat ukur acuan

TABEL 2
Data Pengujian dan Kalibrasi Sensor Arus

No	Arus Sensor (Y) (A)	Arus Multimeter (X) (A)	Deviasi (A)
1	0,32	0,27	+0,05
2	0,32	0,33	-0,01
3	0,24	0,26	-0,02
4	0,24	0,21	+0,03
5	0,23	0,20	+0,03
6	0,38	0,37	+0,01
7	0,35	0,34	+0,01
8	0,43	0,40	+0,03
9	0,50	0,51	-0,01
10	0,25	0,23	+0,02
Total			0.014

Nilai rata-rata error absolut sebesar 0,022 A menunjukkan bahwa pembacaan sensor ACS712 cukup mendekati nilai arus yang diukur menggunakan multimeter.

C. Pengujian dan Kalibrasi Sensor Infrared

Sebagai pembanding, kecepatan motor juga diukur menggunakan alat ukur acuan berupa tachometer atau perhitungan manual berdasarkan waktu putaran. Nilai kecepatan dari sensor inframerah dan alat acuan dicatat secara bersamaan untuk dianalisis tingkat kesesuaiannya.

TABEL 3
Data Pengujian dan Kalibrasi Sensor Infrared

D. No	RPM Sensor IR (Y)	RPM Tachometer (X)	Deviasi (RPM)	Kecepatan (km/jam)
1	120,4	118,9	+1,5	10,4
2	159,8	158,6	+1,2	13,8
3	198,6	197,2	+1,4	17,2
4	239,5	238,1	+1,4	20,8
5	281,2	279,8	+1,4	24,4
6	321,7	323,0	-1,3	27,9
7	362,4	361,1	+1,3	31,4
8	401,6	403,0	-1,4	34,8
9	480,9	479,5	+1,4	41,7
10	552,3	550,9	+1,4	48,0
Total			0.13	

Hasi Implementasi Sistem

TABEL 4
Data Hasil Implementasi Sistem

No	Tegangan LCD (V)	Tegangan Multi meter (V)	Arus Sensor (A)	Arus Multi meter (A)	Daya (W)	RP M	Kecapatan (km/jam)
1	26,0	27,0	0,05	0,052	1,30	150	13,0
2	26,3	27,2	0,053	0,055	1,39	180	15,6
3	26,6	27,4	0,056	0,057	1,49	210	18,3
4	26,9	27,7	0,058	0,059	1,56	240	20,8
5	27,2	28,0	0,060	0,061	1,63	275	23,9
6	27,5	28,3	0,063	0,064	1,73	310	27,0
7	27,8	28,5	0,065	0,066	1,81	345	30,0
8	27,6	28,1	0,068	0,069	1,88	380	33,0
9	27,3	27,8	0,066	0,067	1,80	420	36,5
10	26,9	27,4	0,070	0,071	1,88	480	41,7

Hasil pengambilan data sistem monitoring setelah dilakukan kalibrasi menunjukkan bahwa tegangan kerja berada pada rentang 26–28 V dengan arus yang relatif kecil, yaitu 0,05–0,07 A. Kondisi ini menunjukkan pengujian dilakukan pada beban ringan. Peningkatan kecepatan motor diikuti oleh kenaikan arus dan daya, sehingga sistem monitoring mampu merepresentasikan kondisi kerja sepeda listrik secara konsisten dan akurat.



GAMBAR 3
Tampilan Fisik Monitoring

Gambar 4.1 menunjukkan tampilan fisik alat monitoring yang telah dirakit, yang terdiri dari mikrokontroler ESP32, sensor arus ACS712, sensor tegangan, sensor kecepatan inframerah, modul DC–DC step down LM2596, serta LCD sebagai media tampilan. Seluruh komponen terintegrasi dalam satu sistem dan terhubung sesuai dengan diagram blok yang telah dirancang.

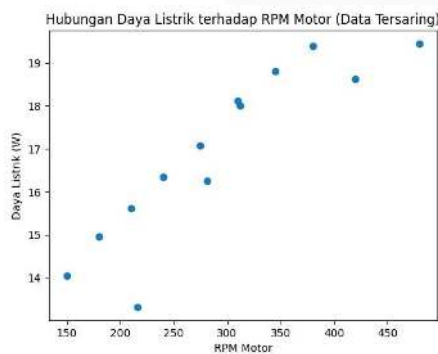


GAMBAR 4
Tampilan Sistem Monitoring BLYNK

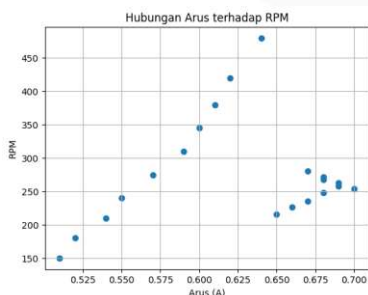
Gambar 4.2 menunjukkan hasil pengujian bahwa ESP32 mampu membaca data dari seluruh sensor dengan baik dan stabil. Data arus, tegangan, dan kecepatan dapat diproses tanpa terjadi kegagalan pembacaan. Perhitungan daya listrik dapat dilakukan secara real-time berdasarkan hasil pengukuran arus dan tegangan. Selain itu, ESP32 mampu menampilkan data pada LCD dan BLYNK

E. Analisis Hasil Pengujian

Hasil Sistem monitoring menunjukkan tingkat akurasi dan konsistensi yang baik selama pengujian. Error pengukuran tegangan berada pada kisaran $\pm 1,5\%$, selisih pengukuran arus $\pm 0,02-0,05$ A, selisih pengukuran kecepatan motor $\pm 5-10$ RPM, serta selisih daya pada pengujian repeatability sebesar $\pm 0,3-0,6$ W. Seluruh nilai kesalahan tersebut masih berada dalam batas toleransi $\leq \pm 5\%$, sehingga sistem dinilai mampu melakukan pemantauan parameter kelistrikan dan kecepatan secara andal dan konsisten.



GAMBAR 5
Grafik Hubungan Daya terhadap RPM



GAMBAR 6
Grafik Hubungan Arus terhadap RPM

Analisis korelasi menunjukkan bahwa arus dan daya memiliki hubungan positif terhadap RPM motor. Nilai koefisien korelasi arus terhadap RPM sebesar $r = 0,62$ menunjukkan hubungan sedang hingga kuat, sedangkan korelasi daya terhadap RPM sebesar $r = 0,90$ menunjukkan hubungan kuat. Hal ini menunjukkan bahwa daya listrik

merupakan parameter yang paling representatif dalam menggambarkan perubahan kecepatan sepeda listrik pada kondisi pengujian yang dilakukan.

TABEL 5
Data Pengukuran Tegangan dan Arus dari Panel Surya

No.	Tegangan Baterai (V)	Arus Pengisian (A)
1	25,7	0,62
2	25,8	0,61
3	25,6	0,64
4	25,4	0,68
5	25,2	0,72
6	25	0,75
7	24,8	0,78
8	24,6	0,8
9	24,4	0,83
10	24,2	0,85

Berdasarkan data pada Tabel 4.6, tegangan baterai selama proses pengisian oleh solar charge controller (SCC) berada pada kisaran 24,2–25,8 V, sedangkan arus pengisian berada pada kisaran 0,61–0,85 A. Variasi nilai tersebut mencerminkan karakteristik alami sistem pengisian panel surya yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan pengaturan SCC, namun masih berada dalam rentang operasi normal sehingga proses pengisian baterai berlangsung dengan baik.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan proses pembuatan alat hingga tahap pengambilan data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Sistem monitoring sepeda listrik berbasis ESP32 berhasil direalisasikan dan bekerja secara real-time dengan waktu pembaruan data ≤ 1 detik, serta mampu memantau parameter kelistrikan dan kecepatan sepeda listrik.
2. Sistem menunjukkan akurasi dan konsistensi yang baik, dengan seluruh nilai kesalahan pengukuran berada dalam batas toleransi $\leq \pm 5\%$.
3. Analisis korelasi menunjukkan bahwa arus dan daya memiliki hubungan positif terhadap RPM motor, dengan daya listrik sebagai parameter paling representatif ($r = 0,90$).
4. Sistem panel surya mampu mendukung proses pengisian baterai dengan tegangan 24,2–25,8 V dan arus 0,61–0,85 A sebagai sumber energi tambahan pada kondisi lapangan.

REFERENSI

- [1] R. A. Maringka¹, B. M. H. Kilis², and Janne Deivy Tico³, “KAJIAN EFISIENSI ENERGI LISTRIK DAN STRATEGI KONSERVASI DI PT BANK BRI CABANG TONDANO,” *J. Inov. Has. Penelit. dan Pengemb.*, vol. 5, no. 2, pp. 280–288, 2025.
- [2] N. K. Al-Fatih, I. Kartiko, R. F. W. J. Watu, and D. A. Safitri, “Pengembangan Kendaraan Listrik Hemat Energi untuk Transportasi Kota yang Ramah Lingkungan,” *Konstr. Publ. Ilmu Tek. Perenc. Tata Ruang dan Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 222–227, 2024, [Online]. Available: <https://journal.aritekin.or.id/index.php/Konstruksi/article/view/282>
- [3] M. Arsyad and N. Wahyuni, “Modifikasi Sepeda Konvensional Menjadi Sepeda Listrik,” *Pros. 5th Semin. Nas. Penelit. Pengabd. Kpd. Masy. 2021*, pp. 40–43, 2021, [Online]. Available: <https://www.polygonbikes.com/id/mengenal-sejarah-dan-munculnya-sepeda-di-indonesia/>
- [4] I. Arango, C. Lopez, and A. Ceren, “Improving the autonomy of a mid-drive motor electric bicycle based on system efficiency maps and its performance,” *World Electr. Veh. J.*, vol. 12, no. 2, 2021, doi: 10.3390/wevj12020059.
- [5] S. Mishra, G. Dwivedi, S. Upadhyay, and A. Chauhan, “Modelling of standalone solar photovoltaic based electric bike charging,” *Mater. Today Proc.*, vol. 49, pp. 473–480, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.738>.
- [6] R. Delfianti, V. A. Tazayul, B. Mustaqim, F. Nusyura, and C. Harsito, “Internet of Things (IoT) Based Electrical Power Monitoring System for Solar Power Plants Using Telegram Application,” *Vokasi Unesa Bull. Eng. Technol. Appl. Sci.*, vol. 2, no. 3, pp. 428–443, 2025, doi: 10.26740/vubeta.v2i3.39405.
- [7] K. Amritha, K. Mounika, and K. P. Balakishan, “Design and Implementation of Electric Bicycle with Speed controlling mechanism and Battery monitoring system,” *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 07, no. 09, pp. 3155–3159, 2020, [Online]. Available: www.irjet.net
- [8] N. Indah, I. Dwisaputra, and P. Manufaktur Negeri Bangka Belitung, “SISTEM MONITORING KAPASITAS BATERAI, POSISI GPS DAN WAKTU PEMAKAIAN PADA SEPEDA LISTRIK”.
- [9] R. Yin and J. He, “Design of a photovoltaic electric bike battery-sharing system in public transit stations,” *Appl. Energy*, vol. 332, p. 120505, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120505>.
- [10] Unang Achlison, Joseph Teguh Santoso, Khoirur Rozikin, and F. D. Silalahi, “Analisis Pengisian Baterai Aki Kendaraan Listrik Menggunakan Sumber Daya dari Panel Surya dan PLN,” *Elkom J. Elektron. dan Komput.*, vol. 17, no. 2, pp. 622–625, Dec. 2024, doi: 10.51903/elkom.v17i2.2128.
- [11] I. Wahyu C, S. Triwijaya, Y. Wiarco, M. Rukmana, T. Elektro Perkeretaapian, and P. Perkeretaapian Indonesia Madiun, “Prototipe Battery Management System dalam Fasilitas Operasi Perkeretaapian,” *J. Perkeretaapi. Indones. (Indonesian Railw. J.)*, vol. 7, no. Oktober, p. p, 2023.
- [12] M. Jufri Dullah, A. Kadir Muhammad, and D. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, *PERANCANGAN SEPEDA LISTRIK MENGGUNAKAN MOTOR BLDC DENGAN PENGGERAK DEPAN UNTUK AREA PERUMAHAN*. Teknologi Pertahanan.
- [13] I. Arango, C. Lopez, and A. Ceren, “Improving the autonomy of a mid-drive motor electric bicycle based on system efficiency maps and its performance,” *World Electr. Veh. J.*, vol. 12, no. 2, Jun. 2021, doi: 10.3390/wevj12020059.
- [14] C. Prima Yogastria, R. Dwi Prasetya, and E. Tri Susanto, “Re-Desain E-Bike Sebagai Sarana Transportasi Pengganti Sepeda Motor Bagi Remaja Laki-Laki Umur 12-16 Tahun.”
- [15] M. Cahyono, I. Mariza, and S. Wirawan, “Electric Bike Monitoring and Controlling System Based on Internet of Things,” *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 11, no. 1, pp. 53–60, 2022.
- [16] C. Song, Y. Shao, S. Song, S. Peng, and F. Xiao, “A Novel Electric Bicycle Battery Monitoring System Based on Android Client,” *J. Eng. (United Kingdom)*, vol. 2017, 2017, doi: 10.1155/2017/2579084.
- [17] B. Nainggolan, F. Inaswara, G. Pratiwi, and H. Ramadhan, “RANCANG BANGUN SEPEDA LISTRIK MENGGUNAKAN PANEL SURYA SEBAGAI PENGISI BATERAI,” *J. Poli-Teknologi*, vol. 15, no. 3, 2017, doi: 10.32722/pt.v15i3.861.
- [18] N. Nurlaila, S. Paembonan, and R. Suppa, “Rancang Pendeteksian Kecepatan Kendaraan Berbasis Arduino,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4771.
- [19] H. W. Fahruri, W. Aribowo, M. Widyartono, and A. C. Hermawan, “Monitoring Arus , Tegangan , dan Suhu Pada Prototype Thermoelectric Generator Berbasis IoT MONITORING ARUS , TEGANGAN , DAN SUHU PADA PROTOTYPE THERMOELECTRIC GENERATOR BERBASIS IoT Habib Wildan Fahruri Widi Aribowo , Mahendra Widyartono , Aditya Chandra,” *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 137–144, 2021.
- [20] F. Supegina and T. Elektro, “Jurnal Teknologi Elektro , Universitas Mercu Buana RANCANG BANGUN IOT TEMPERATURE CONTROLLER UNTUK ENCLOSURE BTS BERBASIS MICROCONTROLLER WEMOS DAN ANDROID ISSN : 2086 - 9479,” vol. 8, no. 2, pp. 145–150, 2017.
- [21] G. A. Ramdhani, E. Kurniawan, and P. Pangaribuan, “Rancang bangun PLTS hybrid pada sistem hidroponik,” *eProceedings of Engineering*, vol. 11, no. 5, 2024.
- [22] M. H. Fadhilah, E. Kurniawan, and U. Sunarya, “Perancangan dan implementasi MPPT charge controller pada panel surya menggunakan mikrokontroler untuk pengisian baterai sepeda listrik,” *eProceedings of Engineering*, vol. 4, no. 3,

2017. [23] R. P. Hanifan, E. Kurniawan, and E. Susanto, "Integrasi modul sel surya pada baterai aluminium," eProceedings of Engineering, vol. 11, no. 5, 2024.
- [24] N. Wicaksanajati, E. Kurniawan, and U. K. Usman, "Analisis pembuatan elektrolit dengan panel surya," eProceedings of Engineering, vol. 11, no. 5, 2024.

