

SKRIPSI
SISTEM PEMANTAUAN KESEHATAN BATERAI
PADA AKI SEPEDA MOTOR LISTRIK
BERBASIS ESP-32



Oleh :
John Robert Daniel
5103021001

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA SURABAYA
2025

SKRIPSI
SISTEM PEMANTAUAN KESEHATAN BATERAI
PADA AKI SEPEDA MOTOR LISTRIK
BERBASIS ESP-32

Diajukan kepada Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala
Surabaya untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana
Teknik Program Studi Teknik Elektro



Oleh :
John Robert Daniel
5103021001

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA SURABAYA
2025

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan skripsi berjudul **SISTEM PEMANTAUAN KESEHATAN BATERAI PADA AKI SEPEDA MOTOR LISTRIK BERBASIS ESP-32** ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks seandainya diketahui bahwa laporan skripsi ini ternyata merupakan hasil karya orang lain, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa laporan skripsi ini tidak dapat saya gunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik.

Surabaya, 22 Mei 2025
Mahasiswa yang bersangkutan



John Robert Daniel
NRP. 5103021001

LEMBAR PERSETUJUAN

Naskah skripsi berjudul **SISTEM PEMANTAUAN KESEHATAN BATERAI PADA AKI SEPEDA MOTOR LISTRIK BERBASIS ESP-32** yang ditulis oleh **John Robert Daniel/5103021001** telah disetujui dan diterima untuk diajukan ke tim penguji

Pembimbing I:



Ir. Andrew Joewono, ST., MT., IPU., ASEAN Eng., APEC Eng.
NIK. 511.97.0291

Pembimbing II:



Ir. Rasional Sitepu, M.Eng., IPU., ASEAN Eng.
NIK. 511.89.0154

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi yang ditulis oleh **John Robert Daniel/5103021001** dengan judul **SISTEM PEMANTAUAN KESEHATAN BATERAI PADA AKI SEPEDA MOTOR LISTRIK BERBASIS ESP-32** telah disetujui pada tanggal 18 Juni 2025 dan dinyatakan LULUS.

Ketua Penguji



Ir. Albert Gunadhi G., ST., MT., IPU., ASEAN Eng.

NIK. 511.94.0209

Mengetahui



Prof. Dr. Felicia Edi Soetaredjo, ST.,
M.Phil., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.

NIK. 521.99.0391



Yulianti, S.T., M.T., IPU.,
ASEAN. Eng

NIK. 511.99.0402

LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya :

Nama : John Robert Daniel

NRP : 5103021001

Menyetujui Skripsi/Karya Ilmiah saya, dengan judul **“SISTEM PEMANTAUAN KESEHATAN BATERAI PADA AKI SEPEDA MOTOR LISTRIK BERBASIS ESP-32”** untuk dipublikasikan / ditampilkan di Internet atau media lain (*Digital Library* Perpustakaan Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-Undang Hak Cipta.

Demikian pernyataan persetujuan publikasi karya ilmiah ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 22 Mei 2025

Mahasiswa yang bersangkutan



John Robert Daniel

NRP. 5103021001

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik pada Program Studi Teknik Elektro Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Ucapan terima kasih saya sampaikan khususnya kepada:

1. Ir. Andrew Joewono, ST., MT., IPU., ASEAN Eng., APEC Eng. selaku pembimbing I yang telah membimbing dan mendukung dalam proses penyusunan skripsi ini
2. Ir. Rasional Sitepu, M.Eng., IPU., ASEAN Eng. selaku pembimbing II yang memberikan arahan dalam mengerjakan dan menyusun skripsi ini.
3. Ir. Drs. Peter Rhatodirdjo Angka, M.Kom., IPM., ASEAN Eng. selaku dosen penasihat akademik selama proses perkuliahan.
4. Ir. Yuliati, S.Si., MT., IPU., ASEAN Eng. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan bimbingan untuk membuat buku skripsi ini.
6. Kedua orang tua atas doa, dukungan, dan semangatnya.
7. Teman seperjuangan, khususnya Jason, Natavijoy Alim, Bernard, Brian, Marcel, serta seluruh mahasiswa teknik elektro yang memberi semangat dan motivasi.

Surabaya, 22 Mei 2025



Penulis

ABSTRAK

Perkembangan sepeda listrik sebagai alternatif kendaraan ramah lingkungan semakin pesat seiring meningkatnya kesadaran akan efisiensi energi dan pengurangan emisi. Namun, salah satu tantangan utama dalam pemanfaatan sepeda listrik adalah pemantauan kesehatan baterai secara efektif. Baterai yang tidak dimonitor secara berkala berpotensi mengalami degradasi lebih cepat, menurunkan performa kendaraan, dan meningkatkan risiko kegagalan fungsi. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pemantauan yang mampu menyajikan informasi kondisi baterai secara real-time untuk mendukung pengambilan keputusan yang tepat oleh pengguna.

Skripsi ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan kesehatan baterai pada sepeda listrik berbasis mikrokontroler ESP-32 dengan dukungan teknologi Internet of Things (IoT). Sistem ini dikembangkan dengan memanfaatkan mikrokontroler ESP-32 sebagai unit pemrosesan utama. Pengukuran tegangan dilakukan melalui rangkaian voltage divider, sementara arus diukur menggunakan sensor arus berbasis efek Hall ACS758. Untuk perhitungan State of Charge (SOC) dan State of Health (SOH), digunakan metode *coulomb counting* secara manual berdasarkan integrasi arus terhadap waktu. Data yang diperoleh dikirim melalui protokol MQTT dan divisualisasikan dalam bentuk telemetry menggunakan platform Node-RED, memungkinkan pemantauan jarak jauh secara real-time.

Pengujian sistem dilakukan melalui perbandingan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur standar, serta simulasi kondisi beban variatif untuk mengukur reliabilitas sistem dalam lingkungan nyata. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan estimasi parameter baterai yang cukup akurat dan konsisten, dengan presentase error pengukuran tegangan sebesar 1,07% dan error pengukuran arus sebesar 2,89%. Selain itu, sistem juga dapat mendeteksi indikasi penurunan performa baterai yang menjadi acuan dalam evaluasi nilai SOC dan SOH.

Kata Kunci: Pemantauan baterai, sepeda listrik, ESP-32, Internet of Things (IoT), MQTT, SOC, SOH, ACS758, voltage divider, coulomb counting.

ABSTRACT

The development of electric bicycles as an alternative to environmentally friendly vehicles is accelerating as awareness of energy efficiency and emission reduction increases. However, one of the main challenges in the utilization of electric bicycles is effective battery health monitoring. Batteries that are not regularly monitored have the potential to degrade faster, reduce vehicle performance, and increase the risk of malfunction. Therefore, there is a need for a monitoring system capable of presenting real-time battery condition information to support informed decision-making by users.

This thesis aims to design and implement a battery health monitoring system on an ESP-32 microcontroller-based electric bicycle with the support of Internet of Things (IoT) technology. This system is developed by utilizing the ESP-32 microcontroller as the main processing unit. Voltage measurements are made through a voltage divider circuit, while current is measured using an ACS758 Hall effect-based current sensor. For the calculation of State of Charge (SOC) and State of Health (SOH), the coulomb counting method is used manually based on the integration of current against time. The acquired data is sent via the MQTT protocol and visualized in the form of telemetry using the Node-RED platform, enabling real-time remote monitoring.

System testing was conducted through comparing sensor readings with standard measuring instruments, as well as simulating varied load conditions to measure system reliability in a real environment. The test results show that the system is able to provide a fairly accurate and consistent estimation of battery parameters, with measurement deviations within acceptable tolerance limits. In addition, the system can also detect indications of battery performance degradation, which is a reference in evaluating the SOH value.

Keywords: Battery monitoring, electric bicycle, ESP-32, Internet of Things (IoT), MQTT, SOC, SOH, ACS758, voltage divider, coulomb counting.

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER.....	i
LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
LEMBAR PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Relevansi	4
1.6 Metodologi Perancangan Alat.....	5
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 State of Charge dan State of Health (SOC dan SOH)	7
2.1.1 Coulomb Counting.....	7

2.2 Baterai yang Digunakan dan Parameter	
Baterai yang Sehat	8
2.3 Baterai Valve Regulated Lead Acid (VRLA).....	10
2.4 Baterai Basah Konvensional	13
2.5 Baterai Lithium.....	15
2.6 Internet of Things (IoT) dalam Proses Pemantauan.....	18
2.7 Sensor Tegangan dan Arus.....	20
2.7.1 Sensor Tegangan (Voltage Divider)	21
2.7.2 Sensor Arus.....	21
2.8 Komunikasi MQTT	24
2.8.1 Arsitektur MQTT	24
2.8.2 Prinsip MQTT.....	25
2.8.3 Kualitas Layanan	25
2.9 ESP-32.....	26
BAB III METODE PERANCANGAN DAN REALISASI ALAT.....	28
3.1 Perancangan Perangkat Keras Alat	28
3.2 Perancangan Perangkat Lunak pada ESP-32	31
3.2.1 Bahasa Pemrograman	32
3.2.2 Library yang Digunakan	33
3.3 Flowchart Cara Kerja Alat	33
3.4 Penjelasan Kode Utama.....	35
3.4.1 Inisialisasi OLED, Koneksi Wi-Fi, dan Koneksi MQTT	36
3.4.2 Baca Tegangan.....	38
3.4.3 Baca Arus.....	39
3.4.4 Perhitungan SOC	40
3.4.5 Perhitungan SOH	41
3.5 Flowdiagram Node-RED	42

BAB IV PENGUKURAN DAN PENGUJIAN ALAT	44
4.1 Deskripsi Umum Pengujian	44
4.2 Pengujian Fungsional per Blok Sistem	44
4.2.1 Pengukuran Baterai.....	45
4.2.2 Pengukuran Sensor Tegangan	49
4.2.3 Pengukuran Sensor Arus	50
4.2.4 Pengujian OLED.....	52
4.3 Pengujian Terintegrasi	53
BAB V KESIMPULAN.....	63
DAFTAR PUSTAKA.....	65

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Aki VRLA	11
Gambar 2.2 Aki Basah	14
Gambar 2.3 Sensor Arus ACS758.....	22
Gambar 2.4 Grafik hubungan respons waktu tegangan output terhadap VCC	25
Gambar 2.5 Konfigurasi pin Esp-32	26
Gambar 3.1 Diagram Blok Perancangan Hardware.....	28
Gambar 3.2 Diagram perkabelan sistem pemantauan kesehatan baterai.....	31
Gambar 3.3 Diagram blok proses kerja ESP-32 dan komunikasi MQTT.....	32
Gambar 3.4 Diagram alir cara kerja sistem pemantauan kesehatan baterai.....	34
Gambar 3.5 Diagram Alir Node-RED	42
Gambar 4.1 Hasil pengukuran parameter pada baterai yang sehat	45
Gambar 4.2 Hasil pengukuran parameter pada baterai yang tidak sehat	47
Gambar 4.3 Rangkaian pengukuran tegangan	49
Gambar 4.4 Rangkaian pengukuran arus	51
Gambar 4.5 Grafik tegangan terhadap waktu rentang lama pengukuran beban	55
Gambar 4.6 Grafik tegangan yang masuk ke pin ESP	56
Gambar 4.7 Data pengukuran yang dikirimkan ke MQTT yang meliputi tegangan, arus, SOC, dan SOH.....	57

Gambar 4.8 Grafik arus <i>discharge</i> terhadap waktu rentang lama pengukuran beban.....	59
Gambar 4.9 Grafik penurunan kapasitis baterai selama terhubung ke beban.....	61
Gambar 4.10 Sisa kapasitis baterai setelah pengujian.....	62

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi Baterai LiFePo4 32140.....	9
Tabel 2.2 Spesifikasi ACS758	24
Tabel 2.3 Spesifikasi ESP-32.....	27
Tabel 3.1 Konfigurasi Hubungan ESP-32 dengan perangkat sistem.....	30
Tabel 4.1 Pengukuran Tegangan dan Arus pada Baterai yang Sehat	46
Tabel 4.2 Pengukuran Tegangan dan Arus pada Baterai yang tidak Sehat	48
Tabel 4.3 Validasi Akurasi Sensor Tegangan Tanpa Beban.....	50
Tabel 4.4 Validasi Akurasi Sensor Arus	51
Tabel 4.5 Hasil Pengujian OLED.....	52
Tabel 4.6 Data Log Pengukuran Tegangan Saat Diberi Beban	54
Tabel 4.7 Data Log Pengukuran Arus	58

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A. Listing Program pada ESP-32	68
LAMPIRAN B. Listing program pada function MQTT	82