

**RANCANG BANGUN PROTEKSI *OVERCHARGE* BATERAI SEPEDA
LISTRIK BERBASIS ESP32 DAN SISTEM PENGISIAN DAYA CERDAS**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Syarat
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik (A.Md.T)
Pada Prodi Teknik Elektronika



Oleh:

HAQ ABDUL AZIZ
NPM: 2323050002

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER (FTIK)
UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI

2026

**RANCANG BANGUN PROTEKSI *OVERCHARGE* BATERAI SEPEDA
LISTRIK BERBASIS ESP32 DAN SISTEM PENGISIAN DAYA CERDAS**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Syarat
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik (A.Md.T)
Pada Prodi Teknik Elektronika



Oleh:

HAQ ABDUL AZIZ
NPM: 2323050002

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER (FTIK)
UNIVERSITAS NUSANTARA PGRI KEDIRI

2026

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir oleh:

HAQ ABDUL AZIZ

NPM: 2323050002

Judul:

**RANCANG BANGUN PROTEKSI *OVERCHARGE* BATERAI SEPEDA
LISTRIK BERBASIS ESP32 DAN SISTEM PENGISIAN DAYA CERDAS**

Telah Disetujui Untuk Diajukan Kepada Panitia Ujian/Sidang Tugas Akhir Prodi
Teknik Elektronika

Tanggal: 02 Juli 2026

Pembimbing I



Fidy Eka Prahesti, M.T
NIDN.0723069403

Pembimbing II



Dr. M. Dewi Mahikta Puspitasari, M.Pd
NIDN. 0730128701

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir:

HAQ ABDUL AZIZ
NPM: 2323050002

Judul:

**RANCANG BANGUN PROTEKSI *OVERCHARGE* BATERAI SEPEDA
LISTRIK BERBASIS ESP32 DAN SISTEM PENGISIAN DAYA CERDAS**

Telah dipertahankan didepan Panitia Ujian/Sidang Tugas

Akhir Prodi Teknik Elektronika FTIK UN PGRI Kediri

Pada tanggal: 15 Juli 2026

Dan Dinyatakan telah Memenuhi Persyarat

Panitia Penguji:

1. Ketua : Fidy Eka Prahesti, M.T
2. Penguji 1 : Dr. Risky Aswi Ramadhani, M.Kom
3. Penguji 2 : Dr. M. Dewi Manikta Puspitasari, M.Pd



Mengetahui,
Dekan FTIK

Dr. Sulistiono, M.Si
NIDN. 0007076801

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini saya,

Nama : Haq Abdul Aziz
Jenis Kelamin : Laki-laki
Tempat /tgl. Lahir : Sidoarjo, 10 November 2003
NPM : 2323050002
Fak/Jur./Prodi. : FTIK/D3 Teknik Elektronika

Menyatakan dengan sebenarnya, bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya Teknik (A.Md.T.) di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya tulis atau pendapat yang pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara sengaja dan tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Kediri, 15 Juli 2026

Yang Menyatakan



HAQ ABDUL AZIZ
NPM.2323050002

MOTTO

“Allah SWT tidak mengatakan hidup ini mudah. Tetapi Allah SWT berjanji bahwa sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(Q.S Al-Insyrah: 5-6)

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karya tulis ilmiah ini dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT. Atas segala rahmat, kasih sayang, dan pertolongan-Nya sehingga saya diberikan kekuatan, kesehatan, dan kemudahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Kepada kedua orangtua tercinta, Bapak Moh. Romadlon dan Ibu Siti Rodhiyah, serta kakak saya Mohammad Hamdi Roziqin, terima kasih atas doa, kasih sayang, pengorbanan, dukungan, dan motivasi yang tidak pernah putus. Terima kasih juga kepada Carissa Putri Farabela karena telah hadir dalam setiap proses, menjadi tempat pulang ketika hati mulai lelah, menjadi penyemangat di saat saya ingin menyerah, serta selalu percaya bahwa saya mampu menyelesaikan tugas akhir ini.. Kepada sahabat dan teman-teman seperjuangan, terima kasih atas kebersamaan, bantuan, dan motivasi yang telah diberikan selama menempuh pendidikan di Program Studi D-III Teknik Elektronika Universitas Nusantara PGRI Kediri.

Terakhir, untuk diri saya sendiri, terimakasih telah bertahan, berjuang, dan tidak menyerah dalam menghadapi setiap rintangan. Semoga karya sederhana ini menjadi langkah awal untuk terus berkarya, menggapai cita-cita, serta memberikan manfaat bagi keluarga, almamater, dan masyarakat.

ABSTRAK

HAQ ABDUL AZIZ Rancang Bangun Proteksi Overcharge Baterai Sepeda Listrik Berbasis ESP32 dan Sistem Pengisian Daya Cerdas. Tugas Akhir, Program Studi Diploma III Teknik Elektronika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nusantara PGRI Kediri.

Kata Kunci: *Overcharge*, Baterai SLA, ESP32, Sensor Arus ACS712, *Drop Current*, Sistem Monitoring Web.

Penggunaan kendaraan listrik di Indonesia terus meningkat sejalan dengan Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019, namun mayoritas sepeda listrik masih menggunakan baterai *Sealed Lead Acid (SLA)* 48 Volt yang rentan mengalami *overcharge* akibat belum tersedianya sistem pemantauan otomatis, sehingga performa dan umur pakai baterai menurun. Penelitian ini bertujuan antara lain: (1) mewujudkan sistem proteksi *overcharge* berbasis ESP32 yang memutus daya pengisian secara otomatis; (2) mengintegrasikan sensor arus ACS712; (3) pembagi tegangan, dan ADC eksternal ADS1115 untuk pembacaan yang akurat, menetapkan ambang batas pemutusan berdasarkan metode *drop current*; (4) serta mengembangkan sistem monitoring berbasis web secara *real-time*. Ambang batas pemutusan arus ditetapkan sebesar 0,70 Ampere melalui uji coba yang mengacu pada karakteristik *charger* acuan, dengan relay sebagai aktuator pemutus daya. Hasil penelitian menunjukkan sistem berhasil memutus aliran daya secara otomatis dengan tingkat keberhasilan 100%, rata-rata *error* pembacaan arus 1,18% (akurasi 98,82%), dan *error* pembacaan tegangan 0,19% (akurasi 99,81%). Antarmuka web berhasil menampilkan data tegangan, arus, dan status relay secara *real-time*, sehingga sistem terbukti mampu mencegah *overcharge* pada baterai SLA sepeda listrik secara otomatis dan andal.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmat, taufik, dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir berjudul “Rancang Bangun Proteksi *Overcharge* Baterai Sepeda Listrik Berbasis ESP32 dan Sistem Pengisian Daya Cerdas” dengan baik. Dengan kerendahan hati, penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan dukungan banyak pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Zainal Afandi, M.Pd., selaku Rektor Universitas Nusantara PGRI Kediri, yang selalu memberikan motivasi kepada mahasiswa.
2. Dr. Sulistiono, M.Si., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Nusantara PGRI Kediri, yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Elsanda Merita Indrawati, M.Pd, M.T., selaku Ketua Prodi D-III Teknik Elektronika, yang telah memberikan arahan dan motivasi kepada peneliti dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Fidya Eka Prahesti, M.T., selaku dosen wali dan Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dan bantuan dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Dr. M. Dewi Manikta Puspitasari, M.Pd., selaku dosen Pembimbing II yang juga telah memberikan bimbingan dan bantuan dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Ucapan terimakasih kepada kedua orang tua saya, serta kakak saya yang selalu memberi doa dan dukungan moral maupun materi yang tak bisa terhitung, sehingga peneliti bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
7. Kepada saudari Carissa Putri Farabela, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya atas doa, dukungan, kesabaran, perhatian, serta motivasi yang senantiasa diberikan selama proses penyusunan tugas akhir ini. Segala bentuk dukungan yang diberikan menjadi penyemangat bagi penulis untuk tetap berusaha hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
8. Ucapan terimakasih kepada teman-teman kelas seangkatan Teknik Elektronika UNP Kediri angkatan tahun 2023 dan yang selalu menemani dari

awal kuliah hingga sampai akhir semester serta membantu memberi motivasi sehingga peneliti bisa menyelesaikan tugas akhir ini.

9. Seluruh dosen dan staf Program Studi D3 Teknik Elektronika atas ilmu dan dukungan yang telah diberikan. Serta kepada teman-teman Himpunan Mahasiswa Teknik Elektronika (HMTE) atas bantuan dan suportnya.

Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis, mitra, dan para pembaca. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki kekurangan yang perlu diperbaiki. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat kami harapkan.

Kediri, 15 Juli 2026



HAQ ABDUL AZIZ
NPM.2323050002

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN	iii
MOTTO.....	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	43
A. Latar Belakang	43
B. Batasan Masalah.....	47
C. Rumusan Masalah	47
D. Tujuan Penelitian.....	48
E. Manfaat Penelitian	48
BAB II KAJIAN PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
A. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu.....	Error! Bookmark not defined.
B. Landasan Teori	Error! Bookmark not defined.
1. Baterai Sealed Lead Acid (SLA) 48V ...	Error! Bookmark not defined.
2. Mikrokontroler ESP32	Error! Bookmark not defined.
3. Sensor Arus ACS712.....	Error! Bookmark not defined.
4. Modul ASD1115 dan Rangkaian Pembagi Tegangan .	Error! Bookmark not defined.

5. Relay dan Metode Drop current	Error! Bookmark not defined.
6. Modul Step-down wide-input	Error! Bookmark not defined.
7. Sistem Monitoring Berbasis Web	Error! Bookmark not defined.
C. Kerangka Berpikir	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODE PENELITIAN.....	Error! Bookmark not defined.
A. Model Pengembangan	Error! Bookmark not defined.
B. Prosedur Pengembangan	Error! Bookmark not defined.
C. Desain Pengembangan	Error! Bookmark not defined.
1. Blok Diagram Sistem	Error! Bookmark not defined.
2. Wiring Diagram.....	Error! Bookmark not defined.
3. Desain Alur Program.....	Error! Bookmark not defined.
D. Tempat dan Waktu Pengembangan	Error! Bookmark not defined.
E. Teknik Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
F. Metode Uji Coba	Error! Bookmark not defined.
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	Error! Bookmark not defined.
A. Data Produk Hasil pengembangan	Error! Bookmark not defined.
B. Data Uji Coba.....	Error! Bookmark not defined.
C. Teknik Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
D. Kajian Produk Akhir	Error! Bookmark not defined.
BAB V PENUTUP.....	Error! Bookmark not defined.
A. Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
B. Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu Pengembangan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.1. Spesifikasi Produk Akhir.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.2. Hasil pengujian sensor arus	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 3 Dokumentasi Pengujian Sensor Arus...	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.4. Hasil pengujian tegangan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.5. Dokumentasi Pengujian Sensor Tegangan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.6. Hasil Pengukuran Arus Cut-off Charger Referensi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.7. Kondisi awal pengisian	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.8. Kondisi Baterai Penuh.....	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.9. Kondisi Pemutusan Relay	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.10. Cara penguunaan alat	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.11 Pengujian Sistem	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Baterai SLA.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.2. ESP 32	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.3. Sensor ACS712	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.4. ADS1115	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.5. Relay.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2.6. Step-down.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.1 Flowchart Alur Pengembangan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.2 Blok Diagram	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.3 Wiring Diagram.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3.4 Alur Program.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4.1. Tampilan web	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Listing Progam	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 2. Daftar Spesifikasi Aki.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 3. Bimbingan Tugas Akhir.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 4. Berita Acara Ujian Tugas Akhir	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 5. Lembar Revisi Ujian Tugas Akhir	Error! Bookmark not defined.

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penggunaan kendaraan listrik di Indonesia terus mengalami peningkatan setiap tahunnya sebagai bagian dari upaya pemerintah dan masyarakat untuk mengurangi emisi karbon pada sektor transportasi. Kendaraan listrik dipandang efektif dalam mengurangi emisi karbon dibandingkan kendaraan konvensional berbahan bakar fosil, mengingat sektor transportasi tercatat sebagai salah satu penyumbang emisi CO₂ terbesar di Indonesia (Putri et al., 2025). Salah satu instrumen regulasi yang mendorong tren ini adalah Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai untuk Transportasi Jalan, yang menjadi dasar bagi proyeksi masa depan kendaraan listrik di Indonesia dari perspektif regulasi dan pengendalian dampak perubahan iklim (Nur & Kurniawan, 2021).

Meskipun tren penggunaannya meningkat, performa dan umur pakai sepeda listrik sangat bergantung pada bagaimana proses pengisian dayanya dikelola. Sebagian besar sepeda listrik kelas menengah ke bawah masih mengandalkan baterai jenis *Sealed Lead Acid (SLA)* yang disusun seri untuk mencapai tegangan kerja sebesar 48 Volt. Permasalahan yang umum terjadi adalah belum tersedianya sistem yang dapat memantau kapasitas dan kondisi baterai kendaraan listrik secara otomatis, sehingga pengguna sering tidak menyadari kapan baterai benar-benar telah penuh dan membiarkan proses pengisian berlangsung lebih lama dari yang diperlukan (Zain et al., 2023).

Kondisi pengisian yang dibiarkan berlangsung melewati kapasitas penuh inilah yang memicu terjadinya *Overcharge*. Pada baterai berbasis *lead-acid*, kondisi arus lebih (*overcurrent*) yang tidak segera diputus berisiko menimbulkan kerusakan pada komponen baterai maupun rangkaian pengisi dayanya, sehingga diperlukan sistem proteksi yang dapat mendeteksi dan memutus arus secara otomatis ketika ambang batas tertentu terlampaui (Lestyanto et al., 2023). Dampak jangka panjang dari *Overcharge* yang berulang adalah penurunan performa baterai dan

pemendekan umur pakainya, sehingga pengguna harus mengganti baterai lebih cepat dari yang semestinya.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan sebuah sistem proteksi otomatis berbasis mikrokontroler yang mampu memantau parameter kelistrikan baterai secara *real-time* dan memutus aliran daya dari charger ketika kondisi penuh terdeteksi. Mikrokontroler ESP32 dipilih sebagai pengendali utama pada penelitian ini karena telah banyak diimplementasikan pada sistem monitoring baterai dan besaran fisis kendaraan listrik berbasis *IoT* dengan hasil pengiriman data dan akurasi pembacaan sensor yang baik (Irfan et al., 2023). Selain itu, ESP32 juga telah digunakan secara luas pada rancangan sistem manajemen dan proteksi baterai 48 Volt, di mana parameter *over voltage*, *low voltage*, *over current*, dan *over charge protection* dipantau langsung melalui pembacaan sensor pada mikrokontroler tersebut (Gunawan et al., 2024). Untuk mempermudah pengguna dalam memantau kondisi pengisian daya tanpa harus berada di dekat alat secara langsung, sistem ini juga dilengkapi dengan tampilan antarmuka berbasis web yang menampilkan data tegangan, arus, dan status *relay* pemutus secara *real-time*, sehingga pengguna dapat memeriksa kondisi baterai sepeda listrik kapan saja melalui perangkat yang terhubung ke internet.

Pada penelitian ini, sensor arus ACS712 dengan kapasitas pengukuran 20 Ampere digunakan untuk membaca besarnya arus pengisian baterai, sedangkan pembacaan tegangan baterai dilakukan melalui rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider*) yang disusun dari resistor 180 k Ω dan 10 k Ω . Penggunaan sensor arus jenis *Hall-effect* seperti ACS712 telah banyak diadopsi pada berbagai rancangan sistem proteksi kelistrikan karena kemampuannya membaca arus secara *invasive* dengan tingkat akurasi yang baik dibandingkan sensor arus *non-invasive* sejenis (Suteja & Antara, 2021). Karena keluaran analog dari ACS712 dan rangkaian pembagi tegangan tersebut memerlukan pembacaan yang presisi, kedua sinyal analog ini diproses melalui modul ADC eksternal 16-bit ADS1115 yang berkomunikasi dengan mikrokontroler melalui jalur I2C, di mana sensor arus ACS712 dihubungkan ke kanal A1 dan rangkaian pembagi tegangan dihubungkan ke kanal A0 pada modul tersebut. Pemanfaatan ADS1115 sebagai *transducer* antara sensor dan mikrokontroler semacam ini telah diterapkan pada sistem instrumentasi

sepeda motor listrik, di mana tegangan baterai dibaca melalui rangkaian pembagi tegangan dan arus diukur menggunakan sensor arus berbasis *Hall-effect*, dengan hasil pengujian menunjukkan selisih pembacaan tegangan dan arus yang relatif kecil terhadap alat ukur standar (Adi & Ulinuha, 2022).

Hasil pengujian akurasi pembacaan sensor arus dan tegangan pada penelitian lain juga menunjukkan bahwa ESP32 memberikan tingkat kesalahan pembacaan yang lebih kecil dibandingkan mikrokontroler Arduino Uno pada kondisi pengujian yang sama, sehingga semakin memperkuat alasan pemilihan ESP32 sebagai pengendali utama pada sistem yang dibangun (Widyatmika et al., 2021). Karena baterai sepeda listrik bekerja pada tegangan tinggi yang dapat mencapai sekitar 55 Volt saat proses pengisian berlangsung, maka digunakan modul *step-down wide-input* berkapasitas 9–120 Volt menuju 5 Volt untuk menyuplai daya ke ESP32 secara langsung dari sistem kelistrikan baterai, sehingga rangkaian kontrol tidak memerlukan sumber daya tambahan dari luar.

Pada sistem yang dirancang, *relay* digunakan sebagai aktuator pemutus daya yang akan memutus aliran arus dari charger menuju baterai ketika kondisi pengisian penuh terdeteksi. Penentuan titik pemutusan tidak hanya didasarkan pada nilai tegangan, tetapi juga pada penurunan arus pengisian yang terjadi secara alami saat baterai mendekati kondisi jenuh (metode *drop current*). Pendekatan berbasis pemantauan penurunan arus pengisian semacam ini sejalan dengan metode *constant voltage* pada sistem proteksi arus lebih untuk pengisian baterai berbasis *lead-acid*, di mana *relay* akan memutus rangkaian begitu parameter arus melewati ambang yang telah ditetapkan (Lestyanto et al., 2023). Pada penelitian ini, nilai ambang batas pemutusan arus pengisian disetel pada 0,70 Ampere, yaitu kondisi saat arus pengisian sudah mendekati nol namun belum benar-benar nol, sebagai indikator bahwa baterai telah mencapai kapasitas penuh. Nilai tersebut dipilih berdasarkan hasil pengukuran karakteristik charger otomatis acuan yang dipadukan dengan proses uji coba (*trial and error*) pada sistem yang dikembangkan.

Pendekatan otomatisasi pemutusan daya berbasis mikrokontroler semacam ini juga selaras dengan penelitian terdahulu mengenai pemutus otomatis charger baterai yang menerapkan algoritma *watchdog* pada *single board microcontroller* untuk mencegah pengisian daya yang berlangsung tanpa batas waktu maupun tanpa

pengawasan pengguna (Pradana et al., 2021). Dengan demikian, kombinasi antara ESP32, sensor arus ACS712, modul ADC eksternal ADS1115, rangkaian pembagi tegangan, modul *step-down wide-input*, dan *relay* pemutus diharapkan dapat menghasilkan sistem proteksi *Overcharge* yang andal sekaligus mendukung pengisian daya yang lebih cerdas pada baterai sepeda listrik.

Meskipun berbagai penelitian di atas telah membuktikan efektivitas komponen-komponen penyusun sistem proteksi dan monitoring baterai secara terpisah, belum ditemukan penelitian yang secara khusus mengintegrasikan proteksi *Overcharge* otomatis berbasis metode *drop current* dengan sistem monitoring *real-time* berbasis web dalam satu perangkat, khususnya untuk baterai SLA 48 Volt pada sepeda listrik. Penelitian mengenai monitoring baterai berbasis *IoT* (Irfan et al., 2023) belum dilengkapi mekanisme proteksi otomatis, sementara penelitian manajemen dan proteksi baterai 48 Volt (Gunawan et al., 2024) belum menyediakan antarmuka monitoring bagi pengguna. Di sisi lain, penelitian proteksi arus lebih berbasis *drop current* (Lestyanto et al., 2023) dan pemutus otomatis berbasis algoritma *watchdog* (Pradana et al., 2021) juga belum menggabungkan fungsi monitoring *real-time* ke dalam sistemnya. Kesenjangan inilah yang mendasari penelitian ini, yaitu perlunya satu sistem terintegrasi yang mampu memutus arus pengisian secara otomatis sekaligus memberikan visibilitas kondisi baterai kepada pengguna, tanpa memerlukan alat ukur atau aplikasi tambahan.

Berdasarkan seluruh urgensi permasalahan dan solusi teknologi yang dijabarkan di atas, maka dilakukan penelitian Tugas Akhir dengan judul “Rancang Bangun Proteksi *Overcharge* Baterai Sepeda Listrik Berbasis ESP32 dan Sistem Pengisian Daya Cerdas”.

B. Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus penelitian agar tidak melebar, maka ditetapkan beberapa batasan masalah. Batasan ini penting agar penelitian lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada baterai jenis *Sealed Lead Acid (SLA)* 48 Volt yang disusun dari 4 buah baterai 12 Volt yang dihubungkan secara seri, dan tidak membahas jenis baterai lain.
2. Mikrokontroler yang digunakan sebagai pengendali utama adalah ESP32.
3. Pembacaan arus pengisian menggunakan sensor ACS712 dengan kapasitas maksimum 20 Ampere, dan pembacaan tegangan menggunakan rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider*) berbasis resistor 180 k Ω dan 10 k Ω yang dihubungkan ke modul ADC eksternal ADS1115.
4. Titik pemutusan arus pengisian (*cut-off*) ditetapkan pada ambang 0,70 Ampere berdasarkan metode penurunan arus (*drop current method*), dan tidak membahas metode penentuan ambang batas lainnya secara mendalam.
5. Tampilan antarmuka berbasis web hanya digunakan untuk menampilkan data tegangan, arus, dan status *relay* secara *real-time*.
6. Pengujian alat dilakukan dalam skala prototipe pada satu unit sepeda listrik, dan tidak mencakup pengujian pada berbagai merek atau kapasitas baterai sepeda listrik lain secara luas.

C. Rumusan Masalah

Setiap penelitian perlu memiliki rumusan masalah yang jelas agar arah kajian lebih terfokus. Rumusan masalah dalam penelitian ini disusun berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem proteksi *Overcharge* pada baterai *SLA* 48 Volt sepeda listrik menggunakan mikrokontroler ESP32 yang mampu memutus aliran daya secara otomatis ketika baterai telah mencapai kondisi penuh?

2. Bagaimana mengintegrasikan sensor arus ACS712, rangkaian pembagi tegangan, dan modul ADC eksternal ADS1115 agar dapat membaca parameter arus dan tegangan pengisian baterai secara akurat?
3. Bagaimana menentukan dan menerapkan ambang batas pemutusan arus pengisian berdasarkan metode *drop current* pada sistem yang dirancang?
4. Bagaimana merancang sistem monitoring berbasis web yang dapat menampilkan data tegangan, arus, dan status *relay* secara *real-time* kepada pengguna?

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian merupakan arah yang ingin dicapai dari kegiatan perancangan dan pengujian sistem. Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Mewujudkan rancang bangun sistem proteksi *Overcharge* pada baterai *SLA* 48 Volt sepeda listrik berbasis mikrokontroler ESP32 yang dapat memutus aliran daya dari charger secara otomatis ketika baterai telah mencapai kondisi penuh.
2. Membangun keterpaduan antara sensor arus ACS712, rangkaian pembagi tegangan, dan modul ADC eksternal ADS1115 agar dapat membaca parameter arus dan tegangan pengisian baterai secara akurat.
3. Menetapkan dan mengimplementasikan ambang batas pemutusan arus pengisian sebesar 0,70 Ampere berdasarkan metode *drop current* pada sistem yang dirancang.
4. Merancang sistem monitoring berbasis web yang dapat menampilkan data tegangan, arus, dan status *relay* secara *real-time* kepada pengguna.

E. Manfaat Penelitian

Secara akademik, penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi dan wawasan keilmuan di bidang sistem proteksi baterai serta teknologi *Internet of Things (IoT)* berbasis mikrokontroler ESP32. Selain itu, rancang bangun sistem ini dapat dijadikan rujukan bagi penelitian lanjutan dalam mengembangkan *Battery Management System (BMS)* yang lebih kompleks pada kendaraan listrik roda dua.

Bagi masyarakat pengguna sepeda listrik, perangkat ini memberikan solusi praktis untuk mencegah *Overcharge* sehingga mampu memperpanjang umur pakai aki kendaraan. Melalui sistem monitoring jarak jauh berbasis web, pengguna dapat

memantau pengisian daya secara *real-time* untuk meminimalkan risiko kelalaian sekaligus menghemat biaya operasional akibat penggantian aki yang rusak atau

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, N. D. P., & Ulinuha, A. (2022). Desain dan Implementasi Sistem Instrumentasi Sepeda Motor Listrik serta Uji Coba Kinerjanya. *Cyclotron*, 5(1), 07–13. <https://doi.org/10.30651/cl.v5i1.12090>
- Gunawan, H., Sembiring, E. A. B., & Ihsan, N. (2024). Rancang Bangun Sistem Manajemen Dan Proteksi Pada Baterai 48 Volt 12 Ah *Design of Management System and Protection System on 48 Volt 12 a Battery. Jurnal Teknologi Rekayasa Instalasi Listrik, Vol. 1*(2), 8–14.
- Hilal, Y. N., Muliandhi, P., & Ardina, E. N. (2023). Analisa Balancing Bms (Battery Management System) Pada Pengisian Baterai *Lithium-Ion* Tipe Inr 18650 Dengan Metode *Cut Off*. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 14(2), 367–374. <https://doi.org/10.24176/simet.v14i2.9852>
- Irfan, M., Suryadi, D., & Saleh, M. (2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring Baterai serta Besaran Fisis Sepeda Listrik Berbasis *IoT*. *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology*, 11(1).
- Lestyanto, D. S. N., Sutedjo, Windarko, N. A., & Adila, A. F. (2023). Sistem Proteksi Arus Lebih pada Proses Pengisian Baterai Menggunakan *Buck converter* Metode *Constant Voltage*. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputasi (ELKOM)*, 5(2), 181–190. <https://doi.org/10.32528/elkom.v5i2.10143>
- Nur, A. I., & Kurniawan, A. D. (2021). Proyeksi Masa Depan Kendaraan Listrik di Indonesia: Analisis Perspektif Regulasi dan Pengendalian Dampak Perubahan Iklim yang Berkelanjutan. *Jurnal Hukum Lingkungan Indonesia*, 7(2), 197–220.
- Pradana, A. B., Wahyu K, B., Kusuma J, D., Zeqlyw H, F., & Roza Y, T. (2021). Rancang Bangun Pemutus Otomatis Charger Baterai Laptop dengan Algoritma Watchdog Berbasis Single Board Microcontroller. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 5(2), 166. <https://doi.org/10.22373/crc.v5i2.9332>
- Putri, C. D. W., Hayati, K. S. N., Widitya, I. W. O., Ramadhani, M. H., Nurdiansyah, D. W., Sanjaya, A. K., Fuadi, M. K., & Afanin, R. H. (2025). Penggunaan Kendaraan Listrik Terhadap Pengurangan Emisi Karbon di Indonesia. *Jurnal Angka*, 2(1), 20–30.

- Solahuddin, Y., Nrrartha, I. M. A., & Ginarsa, I. M. (2025). Perancangan Prototype Sistem Monitoring Tegangan Per Sel Baterai berbasis *IoT*. *Universitas Mataram*.
- Suteja, W. A., & Antara, A. S. (2021). Analisis Sensor Arus *Invasive* ACS712 dan Sensor Arus Non *Invasive* SCT013 Berbasis Arduino. *PROtek : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 8(1), 13–21. <https://doi.org/10.33387/protk.v8i1.2116>
- Widyatmika, P. A. W., Indrawati, N. P. A. W., Prastya, W. W. A., Darminta, K., Sangka, G. N., & Sapteka, A. A. N. G. (2021). Perbandingan Kinerja Arduino Uno dan ESP32 Terhadap Pengukuran Arus dan Tegangan. *Jurnal Otomasi, Kontrol & Instrumentasi*, 13(1), 1–9.
- Zain, F. N., Martawati, M. E., & Rohman, F (2023). Pengembangan Sistem Monitoring Kapasitas Baterai Kendaraan Listrik Berbasis *Internet of Things*. *Jurnal Aplikasi Dan Inovasi Ipteks "Soliditas" (J-Solid)*, 6(1), 92. <https://doi.org/10.31328/js.v6i1.3861>