

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Listrik memiliki peranan vital dalam sektor transportasi, terutama pada kendaraan yang menggunakan berbagai sistem elektronik. Setiap kendaraan membutuhkan sumber tenaga listrik untuk menyuplai berbagai beban kelistrikan (Firdaus et al., 2021). Umumnya, listrik pada kendaraan disuplai oleh baterai atau akumulator. Namun, baterai hanya berfungsi sebagai media penyimpanan energi listrik, bukan sebagai penyedia utama daya selama kendaraan beroperasi. Mengingat kapasitas baterai yang terbatas, jika seluruh kebutuhan listrik bergantung penuh pada baterai, maka listrik akan cepat habis dalam waktu singkat sesuai dengan kapasitas baterai (Pangkung et al., 2021).

Pada masa kini, sumber utama penyedia energi listrik pada kendaraan adalah alternator, yang berfungsi mengambil alih peran baterai sebagai pemasok utama listrik saat mesin beroperasi. Alternator menghasilkan energi listrik dengan merubah gerakan mekanik dari mesin menjadikan arus bolak balik yang digunakan untuk mensuplai berbagai kebutuhan listrik di kendaraan (Kurniawan, 2023: 3). Prinsip kerja alternator didasarkan pada prinsip induksi elektromagnetik, di mana perputaran rotor dalam kumparan stator membangkitkan arus listrik bolak-balik (AC). Arus bolak-balik (AC) yang dihasilkan oleh alternator kemudian dikonversi menjadi arus searah (DC) oleh komponen penyearah (rectifier) agar sesuai dengan kebutuhan sistem kelistrikan dan untuk mengisi ulang baterai kendaraan. (Pangkung et al., 2021). Dengan adanya alternator ini, kebutuhan listrik kendaraan tetap terpenuhi secara berkelanjutan selama mesin beroperasi.

Tegangan output alternator bersifat dinamis, mengikuti putaran mesin (RPM); semakin tinggi RPM, semakin besar tegangan yang dihasilkan. Untuk menjaga kestabilan tegangan, digunakan regulator yang mengatur arus eksitasi pada rotor. Pada RPM tinggi arus eksitasi dikurangi untuk menurunkan medan magnet dan menjaga tegangan tetap stabil. Sebaliknya pada RPM rendah, arus eksitasi ditingkatkan

agar alternator tetap menghasilkan tegangan yang cukup. (Sihombing et al., 2024). Namun kenyataan dilapangan, kestabilan tegangan pada sistem kelistrikan kendaraan tidak selalu terjaga dengan baik. Fluktuasi tegangan masih sering terjadi akibat faktor seperti penurunan performa regulator, kondisi alternator yang menurun, sambungan listrik yang longgar, atau variasi beban listrik kendaraan yang berubah-ubah. Kondisi ini dapat mengganggu kinerja komponen elektronik, menurunkan efisiensi sistem pengisian, bahkan berpotensi menyebabkan kerusakan pada sistem kelistrikan kendaraan (Hamidah et al., 2023).

Permasalahan kestabilan tegangan menjadi perhatian penting karena tegangan berlebih (*overvoltage*) dapat menimbulkan kerusakan pada akumulator maupun komponen elektronik kendaraan. Sebaliknya, tegangan rendah (*undervoltage*) berpotensi menurunkan performa sistem kelistrikan dan menimbulkan panas berlebih pada beberapa komponen (Mujib et al., 2020). Kerusakan pada regulator tegangan atau sirkuit tegangan kontrol merupakan faktor yang paling berpotensi menyebabkan pengisian tidak stabil, yang pada akhirnya dapat mengganggu kestabilan kelistrikan kendaraan (Erjavec, 2010). Oleh karena itu dibutuhkan sistem pemantauan yang mampu mendeteksi perubahan tegangan secara akurat dan berkesinambungan. Sistem berbasis sensor menjadi solusi yang direkomendasikan karena dapat mendeteksi serta mengantisipasi ketidaknormalan pada sistem kelistrikan kendaraan secara *real-time* (Prejbeanu, 2023).

Baterai merupakan komponen penting dalam sistem kelistrikan kendaraan konvensional karena berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi listrik, di mana baterai menjadi sumber utama untuk sistem starter, pencahayaan dan pengapian pada kendaraan (Kędzior et al., 2023). Agar tetap berfungsi dengan baik, kapasitas daya baterai tidak boleh turun di bawah 50% dari total kapasitasnya dan proses pengisian harus dilakukan secara optimal oleh alternator. Jika output tegangan dari alternator melebihi batas yang seharusnya, kondisi *overcharging* dapat terjadi, yang dapat merusak sel dan elektrolit di dalam baterai serta mempercepat proses korosi, sehingga mengurangi usia pakainya (Rifaldi et al., 2021).

Permasalahan sistem pengisian kelistrikan menjadi aspek yang krusial dalam keselamatan kendaraan. Berdasarkan laporan dari Komite Nasional Keselamatan Transportasi (KNKT), gangguan pada sistem kelistrikan masih sering ditemukan dan menjadi salah satu penyebab utama kerusakan kendaraan, bahkan berpotensi menyebabkan kebakaran pada sistem kelistrikan (Dany, 2021). Hal ini menegaskan bahwa peran operator kendaraan dalam menangani permasalahan ini sangat penting untuk menjamin keselamatan penumpang dan pengemudi. Alternator sebagai komponen utama dalam suplai daya saat mesin berjalan, memiliki peran vital dan kegagalannya dapat menyebabkan gangguan operasional kendaraan secara menyeluruh (Halik & Taufik, 2020). Menanggapi permasalahan tersebut penelitian oleh (Saputra et al., 2019), dengan judul "Monitoring dan Penstabil Tegangan pada Alternator Menggunakan Mikrokontroler", telah mengembangkan sistem penstabil tegangan menggunakan mikrokontroler AVR Atmega16. Penelitian tersebut membandingkan performa dua jenis regulator, yaitu IC regulator dan modul cut-out, dan menyimpulkan bahwa penggunaan mikrokontroler mampu memberikan kestabilan tegangan yang lebih baik untuk suplai listrik kendaraan. Meskipun demikian, penelitian tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan. Sistem yang dibuat belum memberikan proteksi saat terjadi ketidaknormalan tegangan pada output alternator yang bisa mengakibatkan *overvoltage* atau *undervoltage*.

Untuk menjawab kekurangan tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem yang mampu memantau, mendeteksi, dan mengendalikan tegangan output alternator secara real-time. Sistem ini menggunakan sensor PZEM 017 dan mikrokontroler ESP32 untuk mendeteksi tegangan, serta mengaktifkan relay sebagai *switch* ke modul *step-up* dan *step-down* untuk menjaga kestabilan tegangan ke aki. Dengan pengembangan ini, sistem pengisian pada kendaraan diharapkan lebih aman dan andal. Untuk itu diperlukan rancang bangun alat untuk mendeteksi terjadinya ketidaknormalan tegangan dan menjaga tegangan lebih terkontrol. Sehingga penulis ingin mengambil judul "**Sistem Cerdas Deteksi Tegangan Tidak Stabil Pada Suplai Listrik Kendaraan**"

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, maka ditemukan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem cerdas deteksi tegangan tidak stabil pada suplai listrik kendaraan?
2. Bagaimana kinerja dari sebuah sistem cerdas deteksi tegangan tidak stabil pada suplai listrik kendaraan?

I.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini bertujuan untuk mempersempit ruang lingkup permasalahan yang akan dikaji lebih lanjut. Batasan masalah tersebut antara lain:

1. Sistem hanya mendeteksi dan mengontrol tegangan output alternator, tidak mencakup arus atau parameter lain seperti suhu.
2. Sistem proteksi terbatas pada aktivasi relay dan penggunaan konverter tegangan.
3. Uji coba dilakukan pada alat peraga suplai listrik kendaraan dengan alternator 12 Volt.

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini ditetapkan sesuai dengan permasalahan yang telah dirumuskan sebelumnya yaitu:

1. Merancang sistem cerdas deteksi tegangan tidak stabil pada suplai listrik kendaraan.
2. Mengetahui kinerja pada sistem cerdas deteksi tegangan tidak stabil pada suplai listrik kendaraan.

I.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan bisa memberikan manfaat untuk beberapa pihak yaitu :

1. Manfaat Bagi Penulis
 - a. Menambah wawasan ilmu pengetahuan, pengalaman dan pemahaman penulis.
 - b. Mengetahui proses sistem cerdas deteksi tegangan tidak stabil pada suplai listrik kendaraan.

- c. Meningkatkan kemampuan dalam merancang dan mengaplikasikan alat monitoring tegangan.
2. Manfaat Bagi Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan
 - a. Menjadi referensi untuk penelitian yang sejenis kedepan.
 - b. Menambah materi pembelajaran bagi taruna terkait pemanfaatan teknologi dalam keselamatan transportasi.
3. Manfaat Bagi Perusahaan
 - a. Memberikan informasi untuk mencegah kerusakan pada sistem suplai listrik kendaraan.
 - b. Menjadi acuan dalam pengembangan sistem monitoring kelistrikan untuk mendukung keselamatan dan efisiensi operasional.

I.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan Tugas Akhir ini disusun dengan mengorganisasi materi ke dalam beberapa bab, dengan struktur penulisan sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan informasi umum mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini mengulas konsep dasar penelitian dan komponen-komponen alat yang terkait dengan topik penelitian yang dibahas.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan secara singkat tentang pengujian simulasi sistem, cara kerja alat dalam penelitian ini, jenis penelitian yang dilakukan, alur penelitian, serta penjelasan mengenai alur tersebut.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat penyajian data hasil penelitian beserta pembahasannya. Hasil tugas akhir disarankan disajikan dalam bentuk tabel, grafik, foto,

atau gambar yang telah dibuat, serta dijelaskan secara jelas dan terperinci agar memudahkan pembaca dalam memahami isi pembahasan.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang merupakan jawaban atas seluruh permasalahan yang telah dirumuskan. Selain itu, disertakan pula saran dan rekomendasi yang disusun berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan.

6. DAFTAR PUSTAKA

Berisi daftar pustaka yang digunakan sebagai referensi dalam penyusunan tugas akhir ini.

7. LAMPIRAN

Memuat berbagai data dan dokumen pendukung yang digunakan selama penyusunan laporan maupun dalam proses pengambilan data penelitian.