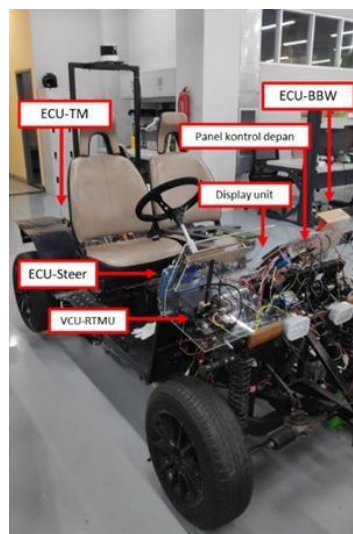


BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pengembangan teknologi mobil listrik otonom telah menjadi perhatian utama dalam industri otomotif, termasuk pada kendaraan kecil seperti Mobil Golf Otonom (MGO)[1][2]. MGO sering digunakan di lingkungan terbatas seperti lapangan golf atau kawasan industri, memberikan efisiensi dalam transportasi dengan mengurangi interaksi manusia dalam pengoperasiannya. Dalam konteks ini, sistem pengereman yang andal sangat penting untuk mendukung kinerja, stabilitas, dan keamanan kendaraan otonom.

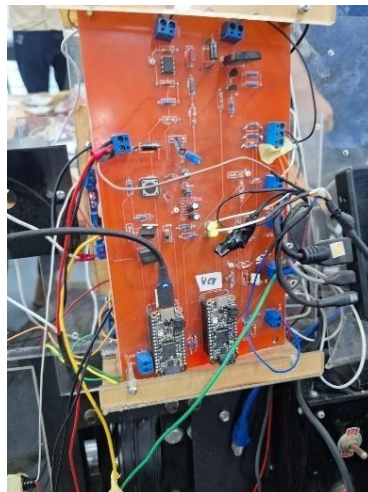


Gambar 1. 1 Sistem Kendali Kendaraan Listrik Otonom BRIN [Ref. Estiko Rijanto, Sistem Kendali Kendaraan Listrik Otonom Berbasis Baterai, 2024]

Pada MGO, rem hidrolik memiliki peran penting dalam memastikan kinerja dan stabilitas kendaraan [3]. Namun, teknologi rem hidrolik konvensional memiliki keterbatasan dalam hal respon dan integrasi ke sistem kontrol elektronik yang lebih canggih, seperti yang diperlukan pada kendaraan otonom. Oleh karena itu, *Brake By Wire* (BBW) muncul sebagai alternatif yang lebih modern, memungkinkan kontrol pengereman yang lebih responsif dan akurat. BBW menggantikan komponen mekanis dan hidraulik dengan sistem elektronik yang cerdas, di mana

sinyal pengereman dikirim melalui kabel [4]. Dengan mengurangi komponen fisik, sistem BBW berpotensi meningkatkan efisiensi dan keandalan pengereman secara keseluruhan [4].

Namun, dalam implementasinya, sistem BBW masih menghadapi tantangan pada aspek integrasi, efisiensi ruang, dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan. Pada versi awal, sistem kontrol rem BBW pada MGO tersusun dari modul-modul terpisah yang kurang terintegrasi, sehingga proses instalasi menjadi lebih rumit dan meningkatkan potensi gangguan akibat banyaknya kabel serta sambungan yang digunakan (lihat Gambar 1.2).



Gambar 1. 2 ECU/UPE – BBW [Ref. Estiko Rijanto, Sistem Kendali Kendaraan Listrik Otonom Berbasis Baterai, 2024]

Sebagai solusi, dikembangkan versi B1 dari ECU-BBW yang menggunakan pendekatan diskrit *isolated*, yaitu integrasi komponen diskrit dengan sistem isolasi dan *multipin connector* dalam satu papan kendali terpadu. Pendekatan ini menghasilkan sistem yang lebih modular, tertata rapi, dan lebih mudah dalam perawatan serta instalasi. Selain itu isolasi pada jalur sinyal meningkatkan ketahanan terhadap *noise*.

Pengembangan versi B1 ini juga mempertimbangkan aspek kemudahan produksi dan kompatibilitas dengan sistem eksisting, sambil tetap mempertahankan prinsip-prinsip penting dalam desain kontrol rem elektronik yang handal. Dengan konfigurasi ini, ECU-BBW mampu mengelola sinyal sensor, mengendalikan

aktuator, serta berkomunikasi dengan *Vehicle Control Unit* (VCU) melalui protokol CAN secara efisien dan aman.

Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengembangan dan realisasi ECU-BBW versi Diskrit-*Isolated* (B1) yang tangguh, terintegrasi, dan cocok untuk kendaraan kecil otonom seperti MGO, sebagai solusi dari sistem sebelumnya yang kurang terorganisir dan sulit dalam hal integrasi.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana mengembangkan ECU-BBW dengan *noise* yang lebih rendah?
2. Bagaimana efektivitas penerapan isolasi galvanik dan optimalisasi tata letak PCB dalam menekan *noise* elektromagnetik serta menjaga integritas sinyal?

1.3 Tujuan

Bagian ini menjelaskan tujuan dari penelitian yang dilakukan. Berikut tujuan yang ingin dicapai dalam Tugas Akhir tersebut.

1. Untuk mengembangkan ECU – BBW yang memiliki *noise* yang lebih rendah.
2. Mengetahui dan mengevaluasi efektivitas penerapan isolasi galvanik serta optimalisasi tata letak PCB, termasuk penggunaan *ground plane solid* dan pengurangan area *loop* sinyal sensitif, dalam menekan *noise* elektromagnetik dan menjaga integritas sinyal pada sistem ECU-BBW.

1.4. Manfaat Hasil Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan beberapa manfaat praktis, antara lain:

1. Peningkatan Keandalan : Penelitian ini akan berkontribusi terhadap peningkatan keandalan pada ECU – BBW. Karena dengan mengatasi *noise* yang cukup besar pada rangkaian saat ini, maka ECU – BBW akan memiliki *output* yang lebih baik
2. Keamanan dan Performa Optimal: Hasil penelitian ini juga akan meningkatkan aspek keamanan pada rangkaian. Dengan mengisolasi rangkaian ECU – BBW menggunakan isolasi galvanik, maka rangkaian

akan lebih aman dari *noise* sehingga ECU – BBW akan memiliki performa yang lebih optimal.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini meliputi :

1. Pengembangan sistem *Brake By Wire* (BBW) ini hanya berlaku untuk kendaraan kecil, yaitu Mobil Golf Otonom (MGO).
2. Penelitian ini tidak mencakup pengembangan komponen lain di luar sistem pengereman, seperti sistem penggerak atau kontrol lain yang tidak berkaitan langsung dengan BBW.
3. Solusi yang dikembangkan hanya diterapkan pada kondisi operasi yang umum terjadi di lapangan golf dan kawasan industri, di mana MGO biasanya digunakan.
4. Penelitian ini tidak termasuk pembuatan piranti lunak (*software*). Piranti lunak sebatas pada pemakaian untuk merekam data elektronik melalui komunikasi serial antara ECU-BBW dengan laptop untuk dokumentasi hasil penelitian.

1.6. Metode Penelitian

Pendekatan penelitian ini dimulai dengan studi literatur yang mendalam untuk mengumpulkan data dan informasi relevan mengenai pengembangan sistem ECU *Brake By Wire* (BBW). Tahapan ini melibatkan pengkajian berbagai literatur yang mencakup artikel ilmiah, jurnal teknis, buku, dan dokumen yang berkaitan dengan desain, implementasi, dan pengujian ECU BBW. Pekerjaan penelitian dilakukan dengan pendekatan: studi teoritis/studi literatur, perancangan sistem, pembuatan modul, pengukuran empirik, implementasi dan uji lapangan, analisis statistik.

1. Studi Literatur

Tahap awal dimulai dengan pengumpulan referensi dari berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, artikel, dan dokumen teknis yang berkaitan dengan perancangan sistem BBW (*Brake-by-Wire*) dan penanganan *noise* pada sistem elektronik kendaraan.

2. Perancangan Perangkat Keras BBW

Berdasarkan hasil studi literatur, dilakukan perancangan perangkat keras sistem BBW yang bertujuan untuk meningkatkan performa dalam mitigasi *noise* sekaligus menyediakan proteksi yang lebih andal melalui desain yang terintegrasi..

3. Simulasi Kinerja

Setelah tahap perancangan selesai, dilakukan pembuatan sistem BBW dan proses instalasi pada MGO. Selanjutnya dilakukan simulasi untuk mengevaluasi performa sistem sebelum pengujian lapangan.

4. Pengukuran Empiris

Pengujian secara langsung dilakukan untuk memverifikasi keandalan sistem BBW. Pengukuran mencakup parameter seperti tegangan, arus, dan *output* utama. Selain itu, dilakukan juga pengukuran sinyal guna mengevaluasi tingkat *noise* serta pengambilan data dari sensor untuk kebutuhan kalibrasi parameter sistem.

5. Implementasi dan Uji Coba

Setelah pengujian dan validasi selesai, sistem BBW diimplementasikan pada MGO untuk diuji secara langsung. Pengujian dilakukan dalam kondisi statis (dengan roda MGO dalam posisi mengambang) di laboratorium, menggunakan perangkat lunak pengendali sistem BBW milik PRMC BRIN untuk simulasi sistem pengereman elektronik.

6. Analisis Statistik

Data yang diperoleh dari pengukuran empiris dan uji coba lapangan dianalisis menggunakan pendekatan statistik. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi keandalan dan efisiensi dari sistem BBW yang dikembangkan. Hasil analisis digunakan sebagai dasar penilaian keberhasilan pengembangan sistem, melalui perbandingan kinerja sistem BBW terbaru dengan versi sebelumnya yang masih menggunakan metode diskrit.

1.6. Proyeksi Pengguna

Pengguna yang diharapkan dapat menggunakan hasil penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Industri Mobil Listrik : Para pelaku di industri mobil listrik dapat menggunakan inovasi yang dihasilkan dari penelitian ini untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi sistem pengereman di kendaraan. Dengan mengembangkan ECU BBW yang lebih kompak dan andal, perusahaan bisa menghadirkan produk yang lebih aman dan efisien di pasaran.
2. Badan Riset: Bagi lembaga riset seperti BRIN, hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai referensi penting untuk eksplorasi lebih lanjut dalam teknologi kendaraan otonom. Penelitian ini dapat menjadi landasan bagi proyek-proyek masa depan yang berfokus pada pengembangan sistem kontrol yang lebih canggih.
3. Universitas dan Institusi Pendidikan: Lembaga pendidikan tinggi yang memiliki program studi teknik elektro, otomotif, atau teknologi informasi dapat menggunakan hasil penelitian ini sebagai referensi dalam pengajaran dan penelitian lanjutan.