

Rancang Bangun Sistem *Safety Riding Automatic Engine Brake* pada Kendaraan Listrik Atom Alpha

MUHAMMAD DZAKY, FEBRIAN HADIATNA

Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia
Email: muhammad.dzaky@itenas.ac.id

ABSTRAK

Keselamatan berkendara pada kendaraan listrik perlu ditingkatkan melalui penerapan sistem pengendalian otomatis yang mampu meminimalkan risiko kecelakaan. Salah satu teknologi pendukungnya adalah sistem automatic engine brake yang berfungsi memperlambat laju kendaraan secara mandiri berdasarkan jarak objek di depan. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem automatic engine brake pada motor listrik menggunakan sensor ultrasonik HCSR04 sebagai pendeteksi jarak dan mikrokontroler ESP32 sebagai unit kendali. Metode pengujian dilakukan dengan mengukur respons sensor dan performa pengereman saat objek terdeteksi pada jarak tertentu. Sensor mengirimkan data jarak ke ESP32 untuk mengaktifkan pengereman otomatis. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu membaca jarak secara akurat dan mengurangi kecepatan motor secara bertahap sesuai kondisi jarak objek. Teknologi ini berpotensi meningkatkan keselamatan berkendara dan menjadi sistem pendukung keselamatan aktif pada kendaraan listrik.

Kata kunci: Engine Brake, ESP32, HC-SR04, Motor Listrik, Safety Riding.

ABSTRACT

Driving safety in electric vehicles can be enhanced through the application of automatic control systems designed to minimize the risk of accidents. One such technology is the automatic engine brake system, which automatically reduces vehicle speed based on the distance to an object ahead. This study aims to design and implement an automatic engine brake system on an electric motorcycle using an HC-SR04 ultrasonic sensor for distance measurement and an ESP32 microcontroller as the control unit. The experimental method involved testing sensor responsiveness and braking performance at various distances. The sensor data were processed by the ESP32 to activate braking automatically. The results show that the system can accurately detect distances and gradually decelerate the motor in response to detected obstacles. This technology has the potential to improve road safety and serve as an active safety feature for future electric vehicles.

Keywords: Engine Brake, ESP32, HC-SR04, Electric Motorcycle, Safety Riding.

1. PENDAHULUAN

Keselamatan berkendara (*safety riding*) merupakan upaya sistematis untuk meminimalkan potensi bahaya dan risiko kecelakaan dengan mengoptimalkan perilaku pengendara serta pemanfaatan teknologi pendukung (Arifin, 2011). Konsep ini menekankan pentingnya penggunaan sistem yang mampu membantu pengendara dalam menjaga jarak aman, memberikan peringatan dini, dan melakukan tindakan pencegahan sebelum terjadi kecelakaan (Watson *et al.*, 2007). Penerapan teknologi keselamatan aktif menjadi semakin penting seiring meningkatnya jumlah kendaraan dan kompleksitas kondisi lalu lintas. Berdasarkan data Satuan Lalu Lintas Polrestabes Bandung, angka kecelakaan lalu lintas di Kota Bandung meningkat sebesar 28,5% pada tahun 2022 dibandingkan tahun sebelumnya (Dishub Kota Bandung, 2023). Kondisi ini menunjukkan perlunya inovasi pada sistem keselamatan kendaraan yang tidak hanya mengandalkan kemampuan pengendara tetapi juga teknologi otomatis.

Berbagai penelitian telah mengusulkan solusi berbasis sensor ultrasonik untuk sistem pengereman otomatis. (Raut *et al.*, 2021) mengembangkan automatic braking system berbasis sensor ultrasonik HC-SR04, di mana sensor membaca kedekatan objek dan mikrokontroler mengaktifkan mekanisme pengereman secara otomatis ketika jarak terdeteksi terlalu dekat. (Zhang *et al.*, 2023) mengembangkan strategi Automatic Emergency Braking (AEB) berbasis optimasi model Time-to-Collision (TTC) dan safety distance model, yang terbukti meningkatkan ketepatan waktu respons sistem terhadap keberadaan objek di depan kendaraan. Pendekatan ini menunjukkan bahwa perbaikan pada algoritma peringatan dan pengendalian pengereman dapat meningkatkan efektivitas sistem keselamatan aktif dalam merespons perubahan jarak secara lebih tepat.

Meskipun demikian, penelitian yang sudah ada masih berfokus pada kendaraan konvensional dan belum banyak diaplikasikan pada kendaraan listrik dengan sistem pengereman yang sederhana dan mudah diimplementasikan. Selain itu, sebagian sistem hanya memberikan peringatan tanpa melakukan intervensi langsung untuk memperlambat kendaraan. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini merancang sistem automatic engine brake pada sepeda motor listrik menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan mikrokontroler ESP32. Sensor HC-SR04 digunakan untuk mengukur jarak objek di depan kendaraan, sedangkan ESP32 memproses data tersebut dan mengaktifkan modul relay sebagai aktuator sistem pengereman. Informasi hasil pembacaan jarak ditampilkan secara real-time pada modul TM1637 sehingga pengendara dapat memantau kondisi jarak dengan mudah.

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan sistem pengereman otomatis pada kendaraan listrik yang mampu memperlambat laju kendaraan ketika jarak dengan objek di depan berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan. Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi efektif dan terjangkau untuk meningkatkan aspek *safety riding*, khususnya pada kendaraan listrik yang semakin banyak digunakan dalam mobilitas modern.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Deskripsi Sistem dan Cara Kerja Sistem

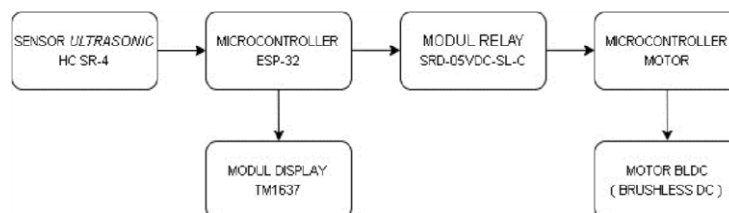
Motor listrik Atom Alfa merupakan kendaraan mini dengan spesifikasi jarak tempuh sebesar 24 km, kapasitas batre 960 Wh dan kecepatan maksimal sebesar 35 km/h. Gambar 1 menunjukkan letak posisi dari sensor *ultrasonic* yang difungsikan untuk membaca objek didepan kendaraan serta dapat menampilkan angka jarak objek pada layar display yang

diletakkan pada posisi poin "A". Pada poin "B" menunjukkan letak posisi rangkaian sistem *automatic engine brake*, sistem ini yang akan mengontrol pengereman pada kendaraan listrik jika terdeteksi objek yang sudah diidentifikasi oleh sensor.



Gambar 1. Tataletak Perangkat Sistem *Auto Engine Brake*

Cara kerja dari sistem *automatic engine brake* pada kendaraan listrik dijelaskan oleh blok diagram pada Gambar 2 berikut ini.



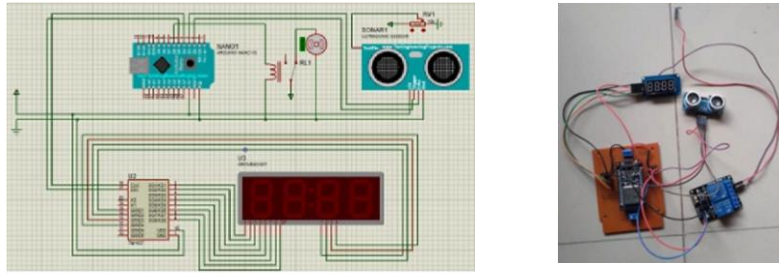
Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Gambar 2 menunjukkan alur kerja sistem sensor ultrasonik sebagai komponen deteksi jarak pada kendaraan. Sensor ultrasonik memancarkan gelombang ultrasonik ke arah objek di depan kendaraan dan kemudian menerima kembali gelombang yang dipantulkan. Waktu tempuh gelombang digunakan untuk menghitung jarak objek secara otomatis. Nilai jarak yang terukur dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 sebagai masukan (input) untuk proses pengambilan keputusan terkait perlunya pengurangan kecepatan kendaraan.

Selain diproses oleh ESP32, data jarak juga ditampilkan secara *real-time* pada modul *display* agar pengendara dapat memantau kondisi jarak dengan mudah. Modul *relay* berfungsi sebagai saklar elektronik yang menghubungkan atau memutuskan daya ke motor BLDC berdasarkan perintah dari ESP32. Jika jarak yang terdeteksi berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan, ESP32 mengaktifkan sistem *automatic engine brake* dengan mengendalikan kerja *relay*. Selanjutnya, mikrokontroler mengatur putaran motor BLDC sesuai logika program sehingga kendaraan melambat secara otomatis.

2.2 Perancangan Sistem

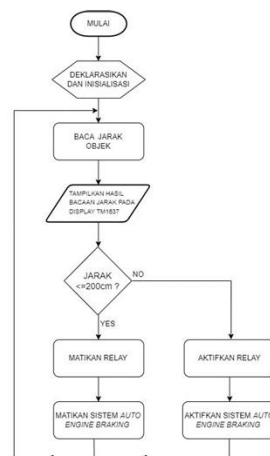
Perancangan sistem *automatic engine brake* dilakukan untuk menguji kinerja perangkat keras dan perangkat lunak secara terintegrasi. Proses perancangan dimulai dengan pembuatan model rangkaian melalui simulasi, kemudian dilanjutkan dengan realisasi perangkat keras untuk memastikan sistem dapat berfungsi pada kondisi nyata. Gambar 3 memperlihatkan hasil simulasi rangkaian pada perangkat lunak Proteus, serta bentuk fisik rangkaian yang telah direalisasikan.



Gambar 3. Simulasi Rangkaian Sistem dan Realisasi Sistem

Berdasarkan Gambar 3, tampak bahwa sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, diantaranya yaitu mikrokontroler ESP32, sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi jarak objek, modul relay sebagai pengendali pemberian daya ke motor BLDC, serta modul *display* TM1637 untuk menampilkan hasil pembacaan jarak secara *real-time*. Sensor ultrasonik mengirimkan sinyal gelombang ke objek di depan kendaraan dan membaca kembali pantulannya sebagai dasar perhitungan jarak, untuk menentukan kondisi pengaktifan sistem *automatic engine brake*. Ketika jarak terdeteksi berada di bawah nilai ambang, ESP32 memberikan sinyal ke relay untuk mengaktifkan sistem pengereman mesin.

Pemrograman ESP32 dilakukan menggunakan Arduino IDE, yang mencakup pengaturan konfigurasi sensor, pembacaan data jarak, logika pengendalian *relay*, serta proses penampilan data pada display TM1637. Untuk menggambarkan alur proses kerja sistem secara lebih detail, Gambar 4 berikut ini menyajikan diagram *flowchart* dari *automatic engine brake*.



Gambar 4. Algoritma Flowchart Program Automatic Engine Brake

Proses dimulai dengan inisialisasi mikrokontroler ESP32 dan deklarasi variabel sistem. Selanjutnya, sensor ultrasonik HC-SR04 melakukan pembacaan jarak objek di depan kendaraan. Nilai jarak tersebut ditampilkan langsung pada display TM1637.

Data jarak kemudian dibandingkan dengan nilai ambang sebesar 200 cm. Jika jarak objek kurang dari 200 cm, relay berada pada kondisi non aktif sehingga sistem *engine brake* tidak bekerja karena kendaraan masih berada pada kondisi aman. Sebaliknya, jika jarak objek lebih dari atau sama dengan 200 cm, mikrokontroler mengaktifkan relay sehingga sistem *automatic engine brake* bekerja untuk memperlambat putaran motor BLDC. Proses ini berlangsung secara berulang selama sistem aktif, sehingga kecepatan kendaraan dapat disesuaikan secara adaptif berdasarkan jarak objek di depannya.

2.3 Metodologi Pengujian Sistem

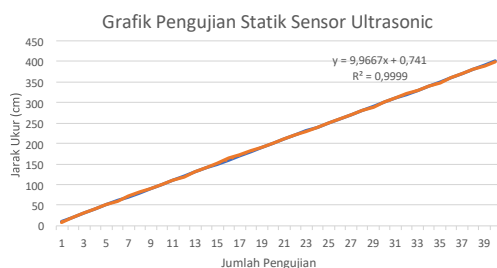
Untuk memastikan sistem *automatic engine brake* berfungsi dengan baik dan sesuai perancangan, maka penulis melakukan pengujian yang meliputi beberapa tahapan sebagai berikut :

- A. **Pengujian statik sensor ultrasonik dengan mikrokontroller**, pengujian ini bertujuan untuk memastikan sensor berfungsi dengan baik serta menghasilkan data jarak yang akurat ketika diterapkan pada sistem *automatic engine brake*. Pengujian statik sesor dilakukan dari jarak 10 cm – 400 cm
- B. **Pengujian motor statik**, pengujian ini untuk memeriksa respon putaran motor terhadap sinyal *ultrasonic* ketika diterapkan pada system *automatic engine brake*, jika system automatic engine brake aktif kondisi motor akan tetap berputar atau ditandai dengan angka 1, namun jika system *automatic engine brake* tidak aktif, maka motor berhenti atau 0. Pengujian ini dilakukan dengan jarak yang telah ditentukan sebesar 150 cm – 250 cm dengan kecepatan 25 km/h.
- C. **Pengujian motor dinamis tanpa dikendarai**, pengujian ini bertujuan untuk menguji performa pada motor dengan dilengkapi *auto engine brake*. Pengujian ini langkah penting dalam memastikan bahwa motor dan fitur system *automatic engine brake* berfungsi dengan baik. Proses pengujian ini telah ditentukan kecepatan motor sebesar 10 km/h – 50 km/h.
- D. **Pengujian motor dinamis dengan dikendarai**, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem *automatic engine brake* saat kendaraan listrik dikendarai pada berbagai kecepatan di kondisi jalan datar. Tujuan pengujian ini adalah untuk melihat respon sistem terhadap perubahan kecepatan dan waktu perlambatan yang dihasilkan secara langsung. Proses pengujian ini dilakukan pada kecepatan yang telah ditentukan sebesar 10 km/h – 50 km/h.

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Hasil Pengujian Statik Sensor Ultrasonik Dengan Mikrokontroller

Berikut ini data grafik hasil pengujian statik sensor ultrasonik dan mikrokontroller yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Statik Sensor Pada Jarak 10cm - 400cm

Gambar 5 merupakan Grafik memperlihatkan hubungan linier antara hasil pembacaan sensor dan jarak ukur dengan persamaan regresi $y = 9,9667x + 0,741$ serta koefisien determinasi $R^2 = 0,9999$, yang menandakan tingkat akurasi tinggi.

Meskipun demikian, terdapat sedikit perbedaan antara nilai sensor dan alat ukur. Ketidakakuratan ini dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan tekanan udara, yang memengaruhi kecepatan rambat gelombang ultrasonik serta waktu pantulannya. Dengan demikian, kondisi lingkungan sekitar menjadi salah satu faktor utama yang memengaruhi hasil pengukuran jarak pada sensor ultrasonik.

3.2 Hasil Pengujian Motor Statik

Tabel 1 menunjukkan data hasil pengujian motor statik terhadap sistem *auto engine brake* dengan jarak 50 cm – 250 cm dengan kecepatan 25 km/h.

Tabel 1. Hasil Pengujian Respon Motor Statik

No	Jarak Ukur Penggaris (cm)	Bacaan Sensor Percobaan 1 (cm)	Bacaan Sensor Percobaan 2 (cm)	Bacaan Sensor Percobaan 3 (cm)	Kondisi Motor	Arus (A)
1	150	150	151	150	1	1, 2
2	160	160	161	160	1	1, 2
3	170	170	171	170	1	1, 2
4	180	180	180	179	1	1, 2
5	190	190	190	190	1	1, 2
6	200	200	210	200	0	0
7	210	210	210	210	0	0
8	220	220	220	220	0	0
9	230	230	230	230	0	0
10	240	240	240	241	0	0
11	250	250	250	251	0	0

Tabel 1 menunjukkan hasil tiga pengujian sistem *automatic engine brake* pada berbagai jarak. Saat jarak ≤ 200 cm, kondisi motor bernilai 1 yang menandakan sistem bekerja dengan baik, di mana motor masih berputar dan arus yang dihasilkan sebesar 1,2 A. Arus ini dapat dimanfaatkan untuk pengisian baterai atau mengaktifkan komponen elektronik kendaraan listrik seperti lampu dan klakson.

Sebaliknya, pada jarak ≥ 200 cm, kondisi motor bernilai 0, yang berarti sistem *engine brake* aktif sehingga motor berhenti berputar dan arus bernilai 0 A. Kondisi ini menunjukkan sistem mampu mendeteksi jarak dengan akurat dan merespons secara otomatis.

Dengan hasil tersebut, sistem *engine brake* terbukti dapat mengurangi kecepatan kendaraan secara bertahap dan memberikan waktu reaksi lebih bagi pengemudi. Selain meningkatkan keselamatan, sistem ini juga efisien dalam pemanfaatan energi melalui arus hasil pengereman sebesar 1,2 Ampere.

3.3 Hasil Pengujian Motor Dinamis Tanpa Dikendarai

Tabel 2 menunjukkan data hasil pengujian respon motor dinamis terhadap sistem *auto engine brake* tanpa dikendarai dengan kecepatan motor 10 km/h – 50 km/h.

Tabel 2. Data Rata-Rata Hasil Pengujian Motor Dinamis Tanpa Dikendarai

Rata-Rata Perlambatan			
Kecepatan Motor	Durasi (s)	Jarak (m)	Perlambatan (m/s)
10 km/h	2,3	6,1	1, 2

20 km/h	3,3	18,2	1,7
30 km/h	4,7	38,7	1,8
40 km/h	5,1	57,0	2,2
50 km/h	5,4	75,0	2,5

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian motor dinamis tanpa dikendarai terhadap sistem *automatic engine brake* pada kecepatan 10 km/jam hingga 50 km/jam. Berdasarkan data rata-rata, waktu perlambatan meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan motor.

Pada kecepatan 10 km/jam, durasi perlambatan tercatat 2,3 detik dengan jarak 6,1 meter dan perlambatan $1,2 \text{ m/s}^2$. Sedangkan pada kecepatan tertinggi 50 km/jam, durasi perlambatan mencapai 5,4 detik dengan jarak 75 meter dan perlambatan $2,5 \text{ m/s}^2$.

Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan kendaraan, semakin besar pula jarak dan waktu yang dibutuhkan untuk memperlambat laju motor. Dengan demikian, sistem *automatic engine brake* mampu merespons perubahan kecepatan secara proporsional dan bekerja efektif dalam mengurangi kecepatan kendaraan tanpa pengendara.

3.4 Hasil Pengujian Motor Dinamis Dengan Dikendarai

Tabel 3 berikut ini menunjukkan hasil data pengujian motor dinamis dengan dikendarai terhadap sistem *automatic engine brake* dengan kecepatan yang telah ditentukan sebesar 10 km/h – 50 km/h.

Tabel 3. Hasil Rata - Rata Perlambatan

Data Rata-Rata Pengujian Motor Dinamis Menggunakan Sistem <i>Automatic Engine Brake</i>			
Kecepatan Motor (Km/jam)	Jarak Berhenti (m)	Kecepatan Rata-Rata (Km/jam)	Durasi (s)
10	50	5	00:00:23
20	88	9	00:00:30
30	133	10	00:00:36
40	237	15	00:00:39
50	387	16	00:00:55

Tabel 3 menunjukkan hasil rata-rata perlambatan kendaraan listrik dengan sistem *automatic engine brake* pada kecepatan 10–50 km/jam. Berdasarkan data, pada kecepatan 10 km/jam, kendaraan berhenti dalam 2,3 detik dengan jarak 6,1 meter, sedangkan pada 50 km/jam, jarak berhenti meningkat menjadi 87 meter dengan waktu 5,5 detik.

Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan awal kendaraan, semakin besar jarak dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi berhenti. Selama proses perlambatan, sistem *engine brake* tidak hanya mengurangi kecepatan kendaraan tetapi juga mengubah energi kinetik menjadi energi listrik yang dapat disimpan kembali ke dalam baterai, meningkatkan efisiensi sistem kendaraan listrik.

4. KESIMPULAN

Pengujian sensor ultrasonik HC-SR04 menunjukkan tingkat akurasi yang baik dengan *range error* rata-rata sebesar 0,4 cm, lebih kecil dibandingkan hasil penelitian yang dilakukan oleh RiGonz dengan tingkat kesalahan berkisar antara 0,6 hingga 5,7 cm. Nilai kesalahan yang rendah ini mengindikasikan kemampuan sensor dalam mendeteksi jarak secara lebih presisi,

sehingga mendukung kinerja sistem automatic engine brake untuk bekerja lebih cepat dan responsif. Sebagai ilustrasi, ketika sensor mendeteksi objek pada jarak 200 cm, sistem mampu mengaktifkan fungsi *engine brake* secara otomatis dengan waktu tanggap yang singkat.

Sistem *engine brake* yang dirancang juga terbukti mampu menonaktifkan bagian *engine* kendaraan listrik secara otomatis ketika jarak objek berada dalam ambang batas tertentu. Meskipun sistem ini berfungsi dengan baik, penggunaan pengereman manual tetap direkomendasikan sebagai langkah pengaman tambahan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada rentang kecepatan 10–50 km/jam, sistem memberikan kinerja pengereman yang stabil. Sebagai contoh, pada kecepatan 10 km/jam, kendaraan dapat berhenti dalam waktu 2,3 detik dengan jarak henti 6,1 meter dan perlambatan sekitar 1,2 m/s², menunjukkan efisiensi kerja sistem dalam memperlambat laju kendaraan.

Selain itu, sistem *automatic engine brake* ini memiliki keunggulan tambahan berupa kemampuan regeneratif, di mana energi kinetik kendaraan yang dihasilkan saat proses pengereman diubah kembali menjadi energi listrik. Pada pengujian dengan kecepatan 25 km/jam, sistem mampu menghasilkan arus sebesar 1,2 Ampere, yang dapat dimanfaatkan untuk mengisi baterai kendaraan atau menyalakan komponen listrik lainnya seperti lampu dan klakson. Dengan demikian, sistem tidak hanya meningkatkan aspek keselamatan berkendara, tetapi juga mendukung efisiensi energi pada kendaraan listrik secara keseluruhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada CV Misagani yang telah menyediakan tempat serta memberikan fasilitas kepada penulis untuk keperluan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Arifin, M. (2011). *Keselamatan Berkendara dalam Perspektif Perilaku Pengguna Jalan Raya*. Direktorat Keselamatan Transportasi Darat, Jakarta.
- Dishub Kota Bandung. (2023). *Data Jumlah Kendaraan Bermotor dan Kecelakaan Lalu Lintas di Kota Bandung Tahun 2023*. Dinas Perhubungan Kota Bandung.
- Raut, A., Pawar, P., & Gajbhiye, S. (2021). Intelligent Development and Emulation of Vehicle Braking System using Ultrasonic Sensor. *International Journal of Basic and Applied Sciences (IJBAS)*, 10(4), 112–118.
- Watson, B., Siskind, V., Fleiter, J., Watson, A., & Soole, D. (2007). Assessing Driver Behaviour to Improve Road Safety. *Journal of Safety Research*, 38(1), 1–8. DOI: 10.1016/j.jsr.2006.09.001.