



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS KARAKTERISTIK Pengereman Berkendara
pada *ELECTRIC VEHICLE* di LINGKUNGAN PERKOTAAN
JABODETABEK BERBASIS SENSOR HC-SR04, GPS, dan
LIDAR**

SKRIPSI

Oleh :
Satrio Arief Mu'amar
NIM. 2202441029

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PEMELIHARAAN ALAT BERAT
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

Juli, 2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS KARAKTERISTIK PENGGEREMAN BERKENDARA
PADA *ELECTRIC VEHICLE* di LINGKUNGAN PERKOTAAN
JABODETABEK BERBASIS SENSOR HC-SR04, GPS, dan
LIDAR**

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa
Pemeliharaan Alat Berat

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Pengusul:

**Satrio Arief Mu'ammarr
NIM 2202441029**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PEMELIHARAAN ALAT BERAT
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

Juli, 2026



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ANALISIS KARAKTERISTIK Pengereman Berkendara pada ELECTRIC VEHICLE di lingkungan Perkotaan Jabodetabek BERBASIS SENSOR HC-SR04, GPS, dan LIDAR

Satrio Arief Mu'ammara¹, Muhammad Hidayat Tullah¹, Asep Yana Yusyama¹

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email : satrio.ariel.muammar.tm22@mhs.wpnj.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik pengereman berkendara pada kendaraan listrik (Electric Vehicle) di lingkungan perkotaan Jabodetabek menggunakan sistem *data logger* berbasis sensor HC-SR04, GPS, dan LiDAR. Penelitian dilakukan dengan metode kuantitatif eksperimental melalui pengambilan data secara langsung pada kendaraan listrik yang beroperasi dalam kondisi lalu lintas nyata. Sistem akuisisi data yang digunakan terdiri atas mikrokontroler ESP32, sensor HC-SR04 untuk mengukur pergerakan pedal rem, modul GPS untuk memperoleh data posisi dan kecepatan kendaraan, serta RPLIDAR Slamtec C1 untuk mendeteksi jarak objek di sekitar kendaraan. Data yang diperoleh selanjutnya divalidasi, dibersihkan, dan dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif serta Korelasi *Pearson*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 9.062 data yang berhasil direkam, sebanyak 9.044 data dinyatakan valid dan layak digunakan dalam analisis. Karakteristik berkendara didominasi oleh kondisi tidak mengerem sebanyak 7.888 data (87,22%), diikuti oleh tindakan pengereman bertahap sebanyak 991 data (10,96%), dan pengereman normal sebanyak 165 data (1,82%). Hasil analisis menunjukkan bahwa pola berkendara kendaraan listrik di lingkungan perkotaan Jabodetabek didominasi oleh deselerasi ringan pada kondisi lalu lintas stop-and-go. Analisis korelasi menunjukkan bahwa jarak objek di depan kendaraan tidak memiliki hubungan linier yang kuat terhadap kedalaman injakan pedal rem. Penelitian ini menghasilkan basis data primer perilaku pengereman pengemudi pada kondisi lalu lintas perkotaan yang dapat dimanfaatkan sebagai referensi dalam pengembangan sistem keselamatan kendaraan dan algoritma rem otonom yang lebih adaptif terhadap karakteristik pengemudi di Indonesia.

Kata-kata kunci: Kendaraan Listrik, Data Logger, Karakteristik Pengereman, LiDAR, Lalu Lintas Perkotaan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Abstract

This study aims to analyze driving braking characteristics of electric vehicles (Electric Vehicles) in the Jabodetabek urban environment using a data logger system based on HC-SR04, GPS, and LiDAR sensors. The research was conducted using an experimental quantitative method through direct data collection on an electric vehicle operating under real traffic conditions. The data acquisition system used consists of an ESP32 microcontroller, an HC-SR04 sensor to measure brake pedal movement, a GPS module to obtain vehicle position and speed data, and an RPLIDAR Slamtec C1 to detect the distance of objects around the vehicle. The obtained data were then validated, cleaned, and analyzed using descriptive statistical methods and Pearson Correlation. The results showed that out of 9,062 successfully recorded data, 9,044 data were declared valid and suitable for analysis. Driving characteristics were dominated by the non-braking condition with 7,888 data (87.22%), followed by gradual braking with 991 data (10.96%), and normal braking with 165 data (1.82%). The analysis indicates that electric vehicle driving patterns in the Jabodetabek urban environment are dominated by mild deceleration under stop-and-go traffic conditions. Correlation analysis reveals that the distance of the object in front of the vehicle does not have a strong linear relationship with the depth of the brake pedal press. This research produces a primary database of driver braking behavior under urban traffic conditions, which can be utilized as a reference in the development of vehicle safety systems and autonomous braking algorithms that are more adaptive to driver characteristics in Indonesia.

Keywords: Electric Vehicle, Data Logger, Braking Characteristics, LiDAR, Urban Traffic.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

HALAMAN PERSETUJUAN

SKRIPSI

**ANALISIS KARAKTERISTIK PENGGEREMAN BERKENDARA PADA
ELECTRIC VEHICLE di LINGKUNGAN PERKOTAAN JABODETABEK
BERBASIS SENSOR HC-SR04, GPS, dan LIDAR**

Oleh:

Satrio Arief Mu'amar

NIM. 2202441029

Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1



(Muhammad Hidayat Tullah, S.T., M.T.)

NIP. 198905262019031008

Pembimbing 2



(Asep Yana Yusyama, S.Pd., M.Pd.)

NIP. 199001112019031016

Kepala Program Studi

Diploma IV Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat



(Muhammad Todaro, S.T., M.Tr.T.)

NIP. 199105012024061003

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

ANALISIS KARAKTERISTIK PENGGEREMAN BERKENDARA PADA *ELECTRIC VEHICLE* di LINGKUNGAN PERKOTAAN JABODETABEK BERBASIS SENSOR HC-SR04, GPS, dan LIDAR

Oleh:

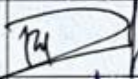
Satrio Arief Mu'ammarr

NIM. 2202441029

Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan dihadapan Dewan Penguji pada tanggal 7 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat Jurusan Teknik Mesin.

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Muhammad Hidayat Tullah, S.T., M.T.	Ketua		17/7 2026
2.	Dr. Fuad Zainuri. S.T., M.Si.	Anggota		7/7 2026
3.	Muhammad Ridwan, S.Hum., M.Hum.	Anggota		20/7 2026

Depok, 7 Juli 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



(Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.)

NIP: 197602252000121002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Satrio Arief Muammar

NIM : 2202441029

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat

Menyatakan bahawa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir (atau Skripsi) ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik Sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas Akhir (atau Skripsi) telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 7 Juli 2026



Satrio Arief Mu'ammam

NIM. 2202441029



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Kata Pengantar

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas limpahan rahmat, kesehatan, ilmu, dan kemudahan-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Karakteristik Pengereman Berkendara Pada *Electric Vehicle* di Lingkungan Perkotaan Jabodetabek Berbasis Sensor HC-SR04, GPS, dan Lidar” tepat waktu. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta. Selama pelaksanaan penyusunan skripsi, penulis memperoleh banyak arahan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, penulis menyampaikan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas kesehatan, kekuatan, dan kelancaran yang diberikan selama proses pelaksanaan dan penyusunan skripsi.
2. Kedua orang tua, kakak, dan adik penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan semangat.
3. Bapak Dr., Syamsurizal, S.E., M.M. selaku Direktur Politeknik Negeri Jakarta
4. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
5. Bapak Muhammad Todaro, S.T., M.Tr.T., selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat.
6. Bapak dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan selama proses penyusunan skripsi.
7. Bapak Muhammad Hidayat Tullah, S.T., M.T., yang telah memperkenalkan penulis untuk mengikuti penelitiannya
8. Teman penulis Salsabila Farhana Andriani, atas dukungan, motivasi, dan perhatian yang turut membantu kelancaran selama pelaksanaan penyusunan skripsi ini.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

9. Seluruh rekan-rekan sesama mahasiswa pada Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat Politeknik Negeri Jakarta yang telah mendukung penulis selama masa perkuliahan, menemani penulis dan membantu penulis dalam menyelesaikan perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan dan pengembangan laporan ini di masa mendatang.

Hormat penulis,

Satrio Arief Mu'ammam

NIM : 2202441029

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Daftar Isi

Abstrak	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	vi
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xii
Daftar Tabel	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	4
1.3 Pertanyaan Penelitian	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.5.1 Manfaat Bagi Politeknik Negeri Jakarta	5
1.5.2 Manfaat Bagi Peneliti	6
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Landasan Teori	8
2.1.1 Keselamatan Aktif pada Kendaraan Listrik	8
2.1.2 Pengukuran Karakteristik Berkendara	9
2.1.3 Sensor Untuk Pengukuran Karakteristik Berkendara	11
2.1.4 Sistem Pengereman Otonom dan Pengereman Regeneratif	14
2.1.5 <i>Electric Vehicle</i>	16
2.2 Kajian Literatur	20
2.3 Kerangka Pemikiran	24
BAB III METODE PENELITIAN	26



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.1	Diagram Alir.....	26
3.2	Jenis Penelitian	27
3.3	Waktu dan Tempat Penelitian	28
3.4	Objek Penelitian	30
3.5	Metode Pengambilan Sampel.....	31
3.6	Jenis dan Sumber Data Penelitian	32
3.7	Metode Analisis Data	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		34
4.1	Hasil Penelitian.....	34
4.1.1	Analisis Kemunculan Distribusi Frekuensi Pengereman	34
4.1.2	Gambaran Umum Pengujian, Dokumentasi Alat, dan Validasi	35
4.1.3	Tingkat Intensitas Pengereman.....	39
4.1.4	Pembacaan <i>Data Logger</i>	43
4.1.5	Hasil Perekaman Kecepatan dan Jarak Spasial Lidar.....	46
4.1.6	Kalibrasi Sensor	47
4.2	Pembahasan	52
4.2.1	Analisis Komparatif Hasil Penelitian dengan Studi Terdahulu	52
4.2.2	Analisis Korelasi Profil Kecepatan terhadap Respon Mekanis Pengereman <i>Electric Vehicle</i>	55
4.2.3	Pembahasan Keterbatasan Data Penelitian.....	55
4.2.4	Analisis kemungkinan Sumber Error.....	56
4.2.5	Analisis Faktor Hambatan Sekitar Terhadap Perilaku Mengemudi	57
4.2.6	Implikasi Hasil Terhadap Pengembangan Keselamatan Berkedara	58
4.2.7	Evaluasi Sistem Pengereman Otomatis dan Pembatasan Zona Jarak Aman	58
4.2.8	Tinjauan Frekuensi Data Pengereman Terhadap Penguatan Kualitas Basis Data Riset	59
4.2.9	Analisi Korelasi Jarak Objek Depan terhadap Intensitas Pengereman	60



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.2.10	Analisis Korelasi Kecepatan Kendaraan Terhadap Kedalaman Injakan Pedal Rem	61
4.2.11	Analisis Korelasi Jarak Objek Sisi Kanan Terhadap Kedalaman Injakan Pedal Rem	62
4.2.12	Analisis Korelasi Jarak Objek Sisi Kiri Terhadap Kedalaman Injakan Pedal Rem	62
4.2.13	Penegasan Ketercapaian Tujuan Penelitian	63
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1	Kesimpulan.....	64
5.2	Saran.....	65
	Daftar Pustaka	67
	LAMPIRAN	72

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Daftar Gambar

Gambar 4. 1 Screenshot Pengetesan Alat.....	36
Gambar 4. 2 Foto Penempatan Mikrokontroler.....	38
Gambar 4. 3 Foto Sensor Jarak Pedal Rem.....	38
Gambar 4. 4 Foto Posisi Lidar.....	39
Gambar 4. 5 Diagram Batang Kecepatan vs Kedalaman Injakan Rem.....	40
Gambar 4. 6 Flowchart Cara Jenis Pengereman.....	42
Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Waktu dan Kecepatan	46
Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Waktu dan Kedalaman Injakan Rem	46
Gambar 4. 9 Screenshot Monitor Pembacaan Lidar Kiri.....	49
Gambar 4. 10 Screenshot Monitor Pembacaan Lidar Depan	49
Gambar 4. 11 Screenshot Monitor Pembacaan Lidar Kanan	50
Gambar 4. 12 Ilustrasi Penempatan Lidar.....	51
Gambar 4. 13 Kalibrasi Lidar Kanan	51
Gambar 4. 14 Kalibrasi Lidar Depan	52
Gambar 4. 15 Kalibrasi Lidar kiri	52
Gambar 4. 16 Analisis Korelasi Pearson.....	60

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Daftar Tabel

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	20
Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian	28
Tabel 4. 1 Hasil Pembacaan Sensor Pada File CSV	36
Tabel 4. 2 Data Jenis Pengereman.....	41
Tabel 4. 3 Parameter Pada Sensor	45
Tabel 4. 4 Data Rata-Rata Kategori Pengereman.....	47





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kendaraan roda empat telah menjadi aspek fundamental dalam mobilitas manusia modern di seluruh dunia, terutama di area urban, karena kemampuannya untuk mendukung mobilitas personal yang fleksibel serta aktivitas ekonomi yang intens. Dalam beberapa dekade terakhir, pertumbuhan jumlah mobil penumpang meningkat pesat seiring urbanisasi dan peningkatan kesejahteraan masyarakat, yang secara simultan memperluas jaringan jalan dan ruang mobilitas masyarakat (Xiang et al., 2024). Secara empiris, teknologi telematika telah digunakan secara luas untuk menangkap data perilaku berkendara seperti percepatan, deselerasi, dan jarak tempuh yang kemudian dapat dianalisis untuk memetakan pola berkendara di berbagai kondisi urban yang kompleks (Ebert et al., 2024).

Dalam pengoperasian alat berat, kegagalan mekanis yang terjadi akibat kurang optimalnya pelaksanaan pemeliharaan preventif dapat meningkatkan potensi kecelakaan kerja, terutama pada sektor konstruksi dan pertambangan. Penelitian ini berkaitan erat dengan bidang Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, khususnya pada mata kuliah *Preventive Maintenance Concept*, Sistem Hidrolik dan Pneumatik, serta *Heavy Equipment Maintenance Management*. Mata kuliah tersebut menekankan bahwa keselamatan dalam operasional alat berat tidak hanya dipengaruhi oleh perilaku operator saat mengoperasikan kendaraan, tetapi juga oleh tingkat keandalan teknis dari unit alat berat itu sendiri. Oleh sebab itu, keselamatan kerja tidak hanya dipahami sebagai aspek perilaku dalam berkendara, melainkan juga sebagai hasil dari penerapan sistem pemeliharaan yang efektif dan berbasis risiko untuk menjaga kinerja serta keamanan alat berat selama digunakan.

Transportasi darat, khususnya kendaraan bermesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*), secara substansial menyumbang emisi gas rumah kaca global. Perilaku berkendara yang dinamis, termasuk pengereman dan akselerasi, memengaruhi emisi aktual yang dilepaskan ke lingkungan, dan oleh



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

karena itu *green driving behavior* bisa menjadi elemen penting untuk menurunkan emisi CO₂ kendaraan di jalan raya (Yedilkhan et al., 2025). Kontribusi kendaraan roda empat terhadap emisi global telah mendorong berbagai strategi mitigasi, seperti peningkatan efisiensi mesin, peralihan ke bahan bakar rendah karbon, dan peningkatan adopsi kendaraan listrik sebagai pendekatan sistemik untuk mengurangi dampak perubahan iklim.

Kendaraan listrik (*Electric Vehicles*) menawarkan keuntungan lingkungan yang signifikan dibandingkan kendaraan berbahan bakar fosil karena tidak menghasilkan emisi knalpot langsung, sehingga berkontribusi penting dalam pengurangan polusi udara perkotaan dan emisi gas rumah kaca di wilayah perkotaan yang padat seperti Jabodetabek (Y. Wang & Witlox, 2025). Selain itu, EV umumnya memiliki biaya operasional yang lebih rendah karena energi listrik lebih efisien dan biaya perawatan yang lebih rendah karena struktur mekanisnya lebih sederhana dibandingkan mesin pembakaran internal (Opia et al., 2025). Teknologi *Electric Vehicle* juga telah berkembang untuk mencakup *regenerative braking*, yang memungkinkan pemulihan energi kinetik saat pengereman dan memaksimalkan efisiensi energi kendaraan dalam kondisi urban yang banyak pemberhentian dan akselerasi, sehingga sangat cocok di lingkungan perkotaan seperti Jakarta yang sering memiliki kondisi berhenti-start akibat kemacetan lalu lintas (Romowicz et al., 2025).

Seiring dengan meningkatnya penerapan kendaraan listrik di kawasan perkotaan, keunggulan efisiensi energi dan karakteristik operasional yang dimilikinya perlu didukung oleh sistem keselamatan berkendara yang mampu menyesuaikan diri terhadap pola penggunaan kendaraan serta perilaku pengemudi dalam situasi lalu lintas yang sebenarnya. Kemajuan teknologi kendaraan mendorong pengembangan sistem keselamatan yang semakin adaptif terhadap kondisi operasional di lapangan. Sistem keselamatan modern umumnya dirancang dengan mempertimbangkan kebiasaan dan respons pengemudi selama berkendara, yang diperoleh melalui perekaman data secara langsung menggunakan perangkat data logger. Data berkendara yang terekam, seperti kecepatan, percepatan, dan pola pengendalian kendaraan, menjadi dasar penting dalam merancang sistem



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

keselamatan yang lebih presisi dan sesuai dengan karakteristik lalu lintas nyata, sehingga dapat meningkatkan efektivitas upaya pencegahan kecelakaan.

Karakteristik berkendara termasuk pola pengereman, akselerasi, dan manuver lain dapat direkam dan dianalisis secara *real-time* menggunakan sensor Lidar, sensor kecepatan, GPS (*Global Positioning System*). Penelitian yang memanfaatkan data sensor kendaraan menunjukkan bahwa analisis perilaku berkendara berbasis data sensor dapat mengungkap pola perilaku pengemudi seperti agresivitas, kecepatan, dan respon pengereman yang sangat relevan dalam konteks pengembangan sistem keselamatan otonom dan *machine learning* untuk deteksi perilaku berkendara yang tidak aman atau memerlukan intervensi sistem (Al-Hussein et al., 2021). Dalam konteks urban seperti Jabodetabek, di mana kondisi lalu lintas sangat dinamis dan kompleks, pemantauan karakteristik berkendara secara *real-time* dengan sensor memungkinkan desain sistem *driver assistance* atau *autonomous emergency braking* yang menyesuaikan dengan perilaku mengemudi lokal, sehingga meningkatkan keselamatan pengguna jalan serta mengurangi risiko kecelakaan berbasis perilaku sebenarnya di lapangan.

Meskipun berbagai teknologi sensor dan sistem keselamatan telah berkembang pesat, pemahaman yang komprehensif mengenai karakteristik berkendara di wilayah Jabodetabek masih menjadi tantangan yang signifikan. Kompleksitas lalu lintas yang ditandai oleh kepadatan tinggi, variasi kondisi jalan, serta heterogenitas perilaku pengemudi menyebabkan pola berkendara di kawasan ini memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan wilayah lain. Tanpa adanya analisis berbasis data yang merepresentasikan kondisi berkendara secara nyata, pengembangan sistem keselamatan dan *driver assistance* berpotensi kurang optimal karena tidak sepenuhnya mencerminkan perilaku pengemudi lokal. Oleh karena itu, diperlukan analisis karakteristik berkendara yang dilakukan secara sistematis dengan memanfaatkan data sensor kendaraan untuk mengidentifikasi pola akselerasi, pengereman, dan manuver khas pengemudi di Jabodetabek sebagai dasar perancangan sistem keselamatan yang lebih adaptif dan kontekstual.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini secara khusus mengambil judul “Analisis Karakteristik Pengereman Berkendara Pada *Electric Vehicle* di



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritis atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lingkungan Perkotaan Jabodetabek Berbasis Sensor HC-SR04, GPS, dan Lidar” dengan tujuan untuk memahami secara lebih mendalam bagaimana pola pengereman kendaraan listrik terjadi dalam kondisi lalu lintas perkotaan yang padat dan dinamis. Pemilihan fokus pada pengereman didasarkan pada perannya yang sangat krusial dalam keselamatan berkendara, terutama pada situasi *stop-and-go* yang sering terjadi di wilayah Jabodetabek. Dalam penelitian ini, sensor HC-SR04 digunakan untuk mengukur jarak pergerakan pedal rem terhadap lantai kendaraan sebagai indikator intensitas pengereman, sensor GPS dimanfaatkan untuk memperoleh data posisi dan kecepatan kendaraan, sedangkan sensor Lidar berfungsi untuk membaca jarak kendaraan di depan, kanan, dan kiri. Integrasi ketiga sensor tersebut diharapkan mampu menghasilkan data yang lebih komprehensif untuk mengidentifikasi pola deselerasi, respons pengereman, serta potensi perilaku berkendara yang berisiko. Dengan pendekatan berbasis data ini, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem keselamatan kendaraan listrik yang lebih adaptif dan sesuai dengan karakteristik lalu lintas perkotaan di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan informasi yang telah disampaikan, rumusan masalah yang melandasi penelitian ini adalah:

1. Belum adanya kejelasan mengenai jenis dan parameter data sensor kendaraan yang diperlukan untuk mempresentasikan karakteristik berkendara mobil penumpang di wilayah Jabodetabek secara komprehensif
2. Masih diperlukan suatu proses validasi data hasil pengukuran sensor yang terukur dan sistematis guna menjamin keakuratan, keandalan, serta kualitas data yang digunakan dalam analisis karakteristik berkendara.
3. Mengolah dan menganalisis data sensor kendaraan untuk memperoleh gambaran pola dan karakteristik berkendara mobil penumpang di lingkungan perkotaan Jabodetabek.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3 Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan konteks dan permasalahan yang telah diuraikan, pertanyaan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data apa saja yang perlu dikumpulkan dari sistem sensor kendaraan untuk merepresentasikan karakteristik pengereman mobil penumpang di wilayah Jabodetabek secara komprehensif?
2. Bagaimana proses validasi data hasil pengukuran sensor dilakukan untuk menjamin keakuratan, keandalan, dan kualitas data yang digunakan dalam analisis karakteristik pengereman?
3. Bagaimana metode pengolahan dan analisis data sensor kendaraan yang tepat untuk menggambarkan pola dan karakteristik pengereman mobil penumpang di lingkungan perkotaan Jabodetabek?

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mendapatkan jenis data yang dikumpulkan dari sistem sensor kendaraan guna merepresentasikan karakteristik pengereman mobil penumpang di wilayah Jabodetabek.
2. Menerapkan proses validasi data hasil pengukuran sensor untuk meningkatkan keakuratan, keandalan, dan kualitas data yang digunakan dalam penelitian.
3. Mendapatkan data sensor kendaraan untuk memperoleh gambaran pola dan karakteristik pengereman mobil penumpang di lingkungan perkotaan Jabodetabek.

1.5 Manfaat Penelitian

Secara praktis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1.5.1 Manfaat Bagi Politeknik Negeri Jakarta

1. Menjadi sumber referensi ilmiah dalam pengembangan penelitian di bidang kendaraan listrik, sistem instrumentasi, dan sistem keselamatan kendaraan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Memberikan kontribusi dalam memperkuat budaya riset dan pengembangan ilmu pengetahuan di lingkungan kampus melalui penelitian terapan yang sesuai dengan perkembangan teknologi.
3. Mendukung pengembangan inovasi dan riset yang selaras dengan isu transportasi dan energi berkelanjutan.

1.5.2 Manfaat Bagi Peneliti

1. Meningkatkan pemahaman dan keterampilan dalam merancang sistem berbasis mikrokontroler serta integrasi sensor.
2. Memberikan pengalaman dalam pengumpulan, validasi, dan analisis data karakteristik berkendara.
3. Menjadi bekal pengetahuan dan kompetensi untuk pengembangan sistem keselamatan kendaraan serta penelitian lanjutan di masa depan.

1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

Sistematika penulisan ini dikemukakan agar membuatnya lebih mudah untuk memahami apa yang ditulis dan dibahas dalam skripsi ini. Dalam penyusunan laporan skripsi ini, penulis membagi menjadi 5 bab. Sistematika penulisan laporan adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang, batasan masalah, tujuan penulisan, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat tentang tinjauan pustak yang berkaitan dengan penelitian dan judul yang diangkat oleh penulis dalam pembuatan tugas akhir ini, meliputi landasan teori dan kajian literatur

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini memuat tentang metode penelitian yang dilakukan oleh penulis dalam melakukan proses pembuatan Skripsi,



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB IV HASIL PENELITIAN

Bab ini terdiri dari pembahasan hasil perancangan yang dilakukan meliputi hasil dan pembahasan penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi Kesimpulan dan saran dari seluruh penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan ini membuat masalah yang ada pada penelitian ini serta hasil dari penelitian. Saran merupakan solusi untuk mengatasi masalah dan kelemahan yang ada, saran juga tidak lepas ditujukan untuk penelitian penulis.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Setelah melalui seluruh rangkaian tahapan mulai dari perancangan sistem, kalibrasi instrumen, hingga analisis statistik mendalam terhadap database hasil uji jalan raya rute Jakarta–Cisarua, kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah:

1. Karakteristik pengereman mobil penumpang di wilayah perkotaan Jabodetabek dapat direpresentasikan secara komprehensif melalui delapan parameter telemetri utama. Parameter tersebut meliputi penanda waktu kronologis (*timestamp*), laju kinetik mobil (*speed_kmh*), pergeseran mekanis kedalaman rem (*pedal_cm*), koordinat geografis bumi (*latitude dan longitude*), serta ruang kelonggaran spasial bodi luar kendaraan di sisi kiri, depan, dan kanan. Profil berkendara tersebut berhasil didokumentasikan secara utuh melalui matriks pangkalan data terstruktur yang terdiri dari delapan kolom utama, yaitu penanda waktu (*timestamp*) menggunakan sensor GPS, laju aktual (*speed_kmh*) menggunakan sensor GPS, pergeseran nilai mekanis pedal (*pedal_mm*) menggunakan sensor HC-SR04, titik koordinat bumi (*latitude dan longitude*) menggunakan sensor GPS, serta ruang kelonggaran spasial kendaraan di sisi kiri, depan, dan kanan menggunakan sensor Lidar. Kombinasi parameter ini terbukti mampu menyajikan rekaman aktivitas mengemudi secara objektif langsung dari kondisi nyata di lapangan.
2. Prosedur kalibrasi statis dan tahapan penyaringan data (*data cleaning*) terbukti sukses menjamin kualitas, keandalan, dan keakuratan pangkalan data riset dengan membuang data eror koneksi satelit secara terukur. Dari keseluruhan 9.062 baris data yang dihimpun perangkat data logger, sistem berhasil mengisolasi 9.044 data bersih berkategori valid dengan tingkat kesalahan (*error rate*) akhir yang sangat minim, yaitu sebesar 0,20% .



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Pola pengereman pengemudi di lingkungan perkotaan Jabodetabek secara empiris didominasi oleh tindakan rem bertahap yang mencapai 85,73% (991 data) dari total aktivitas pengereman, sedangkan gaya pengereman normal hanya muncul sebesar 14,27% (165 data). Angka ini menunjukkan bahwa pengemudi sering mengurangi kecepatan karena kendaraan di jalan tol yang cukup padat mengakibatkan kaki pengemudi yang harus siap di pedal rem. Selain itu, ditemukan hubungan karakteristik pengereman manusia yang bersifat *non-linear*, di mana penyempitan jarak fisik objek di depan kendaraan tidak memiliki korelasi linier langsung dengan tingkat kedalaman injakan pedal rem akibat penyesuaian refleks pengemudi terhadap ritme kepadatan kemacetan merayap (*stop-and-go*).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil evaluasi, kendala teknis instrumen, serta ruang lingkup selama pelaksanaan pengujian lapangan, beberapa saran operasional yang direkomendasikan adalah sebagai berikut:

1. Mengganti komponen sensor LiDAR dengan perangkat yang berspesifikasi lebih tinggi dan lebih mahal (*high-end/outdoor-grade* LiDAR) untuk memperluas jangkauan jarak pembacaan objek di atas 12 meter sekaligus mengeliminasi kelemahan interferensi optik berupa gangguan (*noise*) akibat paparan sinar matahari langsung saat pengujian di area terbuka.
2. Memanfaatkan basis data primer 9.044 data pengereman riil hasil integrasi tiga sensor dalam riset ini sebagai data acuan primer dalam melatih, mensimulasikan, dan mengembangkan algoritma sistem keselamatan rem otonom.
3. Melakukan pengujian pada tipe kendaraan lain dengan mengukur secara presisi jarak bebas pedal rem masing-masing unit terlebih dahulu, karena setiap tipe mobil memiliki spesifikasi ruang jelajah pedal yang berbeda-beda.
4. Memperluas lintasan pengujian serta menambah jendela waktu pengambilan *data logger* di luar pembatasan saat ini yang hanya dilaksanakan pada sore hari (jam 16.30–19.00 WIB).



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5. Mengoptimalkan keterlibatan personel pengujian berikutnya dengan cukup menugaskan satu orang pengemudi saja tanpa pengawas tambahan, karena secara operasional teknis sistem perangkat *data logger* berbasis mikrokontroler ini sudah memadai untuk melakukan proses akuisisi data secara mandiri.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Daftar Pustaka

- Acharige, S. S. G., Haque, E., & Taufiqul Arif, M. (2022). *Review of Electric Vehicle Charging Technologies, Configurations, and Architectures*.
- Alhazmi, Y. A. (2025). Electric vehicle battery swap stations: an overview and critical review. In *Journal of Umm Al-Qura University for Engineering and Architecture*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s43995-025-00215-z>
- Al-Hussein, W. A., Kiah, M. L. M., Yee, P. L., & Zaidan, B. B. (2021). A systematic review on sensor-based driver behaviour studies: coherent taxonomy, motivations, challenges, recommendations, substantial analysis and future directions. *PeerJ Computer Science*, 7, 1–50. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.632>
- Amazon.com: WayPonDEV RPLIDAR C1 360 Degree 2D Lidar Sensor, 12 Meters Scanning Radius Ranging Module Kit, SLAM ROS Robot LIDAR Sensor Scanner for Obstacle Avoidance and Navigation of Robots : Industrial & Scientific. (n.d.). Retrieved June 6, 2026, from <https://www.amazon.com/WayPonDEV-RPLIDAR-C1-Avoidance-Navigation/dp/B0CMTXV5RC>
- Bandyopadhyay, S., Datta, A., Sachan, S., & Pal, A. (2022). *Unsupervised Driving Behavior Analysis using Representation Learning and Exploiting Group-based Training*. <http://arxiv.org/abs/2205.07870>
- Bonfati, L. V., Mendes Junior, J. J. A., Siqueira, H. V., & Stevan, S. L. (2023). Correlation Analysis of In-Vehicle Sensors Data and Driver Signals in Identifying Driving and Driver Behaviors. *Sensors*, 23(1). <https://doi.org/10.3390/s23010263>
- Cai, W., Wu, X., Zhou, M., Liang, Y., & Wang, Y. (2021). Review and Development of Electric Motor Systems and Electric Powertrains for New Energy Vehicles. *Automotive Innovation*, 4(1), 3–22. <https://doi.org/10.1007/s42154-021-00139-z>
- Chen, S., Cheng, K., Yang, J., Zang, X., Luo, Q., & Li, J. (2023). Driving Behavior Risk Measurement and Cluster Analysis Driven by Vehicle Trajectory Data. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/app13095675>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Ciou, T. S., Lin, C. H., & Wang, C. K. (2024). Airborne LiDAR Point Cloud Classification Using Ensemble Learning for DEM Generation. *Sensors* 2024, Vol. 24, Page 6858, 24(21), 6858. <https://doi.org/10.3390/S24216858>
- Daniel Kissling, W., Shi, Y., Wang, J., Walicka, A., George, C., Moeslund, J. E., & Gerard, F. (2024). Towards consistently measuring and monitoring habitat condition with airborne laser scanning and unmanned aerial vehicles. *Ecological Indicators*, 169, 112970. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2024.112970>
- Ding, S., Abdel-Aty, M., Chun, U., & Student, P. (2025). *Comparative Safety Evaluation of ADAS-Equipped Electric and Gasoline Vehicles Using Real-World Crash Data*. <https://ssrn.com/abstract=5314781>
- Ebert, J. P., Xiong, R. A., Patel, A., Abdel-Rahman, D., McDonald, C. C., & Kit Delgado, M. (2024). Validation of a smartphone telematics algorithm for classifying driver trips. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 25. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101109>
- Hafni Sahir, S. (2022). *Metodologi Penelitian*. www.penerbitbukumurah.com
- Hernández-Rodríguez, E., González-Rivero, R. A., Schalm, O., Martínez, A., Hernández, L., Alejo-Sánchez, D., Janssens, T., & Jacobs, W. (2023). Reliability Testing of a Low-Cost, Multi-Purpose Arduino-Based *Data logger* Deployed in Several Applications Such as Outdoor Air Quality, Human Activity, Motion, and Exhaust Gas Monitoring. *Sensors*, 23(17). <https://doi.org/10.3390/s23177412>
- Hu, R., Zheng, J., Chen, X., Li, L., & Liu, Y. (2026). Driving behavior shapes PHEV brake energy and brake wear particle emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 150. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2025.105087>
- Huang, C., & Lai, F. (2026). An Enhanced Automatic Emergency Braking Control Method Based on Vehicle-to-Vehicle Communication. *Algorithms*, 19(1), 34. <https://doi.org/10.3390/a19010034>
- Jagelčák, J., Kuba, O., Kubánová, J., Kostrzewski, M., & Nader, M. (2024). Dynamic Position Accuracy of Low-Cost Global Navigation Satellite System Sensors Applied in Road Transport for Precision and Measurement Reliability. *Sustainability (Switzerland)*, 16(13). <https://doi.org/10.3390/su16135556>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Jin, Y. (2025). Electric Vehicle Battery Materials and Their Impact on Carbon Emissions. *Applied and Computational Engineering*, 187(1), 92–97. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/2025.gl27806>
- Jusuf, A. K., & Agus, M. (2023). Penerapan Sistem Tracking Berbasis GPS Pada Alat Pendeteksi Alkohol Terintegrasi Dengan Arduino Untuk Pengemudi Mobil Penumpang Umum. *Journal of System and Computer Engineering*.
- Liu, D., Huang, W., Chu, R., Li, Z., Jin, X., Zhang, H., Wang, Y., & Ji, S. (2025). Study on Performance Testing and Evaluation of Autonomous Emergency Braking System Based on Self-Constructed Comprehensive Performance Evaluation Index Model. *Sensors*, 25(7). <https://doi.org/10.3390/s25072171>
- Mulyani Jurnal Algoritma Sekolah Tinggi Teknologi Garut Jl Mayor Syamsu No, A., & Garut, J. (2018). *Perancangan Sensor Jarak Aman Kendaraan Bermotor Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno R3*. <http://journals.sttgarut.ac.id>
- Muzakki, N., Putu, G., Buditjahjanto, A., Suprianto, B., & Alamsyah, S. A. (2025). *Sistem Navigasi Berbasis Modul Kompas & GPS Pada Prototipe Autonomous Car Dengan Pengendali Steering Metode PI 311 Sistem Navigasi Berbasis Modul Kompas & GPS Pada Prototipe Autonomous Car Dengan Pengendali Steering Metode PI*.
- Neumann, T. (2024). Analysis of Advanced Driver-Assistance Systems for Safe and Comfortable Driving of Motor Vehicles. *Sensors*, 24(19). <https://doi.org/10.3390/s24196223>
- Opia, A. C., Kadirgama, K., Mamah, S. C., Ghazali, M. F., Harun, W. S. W., Adeboye, O. J., Agi, A., & Alibi, S. (2025). Electric Vehicles as a Promising Trend: A Review on Adaptation, Lubrication Challenges, and Future Work. In *Lubricants* (Vol. 13, Number 11). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/lubricants13110474>
- Outlook, G. E. (2025). *Global EV Outlook 2025 Expanding sales in diverse markets*. www.iea.org
- Rahman, A. C., Arimbawa, W. A., & Jatmika, A. H. (n.d.). *IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS PADA SISTEM INFORMASI PELACAKAN KENDARAAN BERMOTOR MENGGUNAKAN GPS BERBASIS WEB (Implementation of Internet of Things on Web-Based Motor Vehicle Tracking Information System Using GPS)*. Retrieved <http://jtika.if.unram.ac.id/index.php/JTIKA/>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Revassy, R. N., Oktaviani, T. W., Uniplaita, T. K. M., & Rais, G. A. (2024). *SISTEM MONITORING KENDARAAN RODA DUA DENGAN METODE DETEKSI GERAKAN MENGGUNAKAN SENSOR AKSELEROMETER DAN GPS*.

Rihmi, M. K., Bintoro, G., Rahman, M. A., Puspito, G., & Muntaha, A. (2024). ACCURACY ANALYSIS OF DISTANCE MEASUREMENT USING SONAR ULTRASONIC SENSOR HC-SR04 ON SEVERAL TYPES OF MATERIALS. *Journal of Environmental Engineering & Sustainable Technology JEEST*, 11(01), 10–13. <http://jeest.ub.ac.id>

Romowicz, B., Machno, M., & Weigel-Milleret, K. (2025). A study on the electric energy consumption of a lightweight four-wheeled vehicle powered by the hub-mounted brushless direct-current hub motors designed for disabled people. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 19(10), 173–187. <https://doi.org/10.12913/22998624/208036>

Rouzbehi, and K. (2025). *Driver Behaviour Soft-Sensor based on Neurofuzzy Systems and Weighted Projection on Principal Components*. <http://www.robosafe.uah.es/personal/eduardo.romera/uah->

Saintek, J., Lambonan, S. D., Ferdinandus, A. R. A., & Bumbungan, S. J. (2025). *PERANCANGAN ALAT PENDETEKSI KANTUK UNTUK PENGENDARA MOBIL BERBASIS ARDUINO*.

Sopha, B. M., Purnamasari, D. M., & Ma'mun, S. (2022). Barriers and Enablers of Circular Economy Implementation for Electric-Vehicle Batteries: From Systematic Literature Review to Conceptual Framework. *Sustainability (Switzerland)*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/su14106359>

Triadi, A. A. A., Zainuri, A., Suartika, I. M., Sayoga, I. M. A., Mara, I. M., & Okariawan, I. D. K. (2024). STUDY PENERAPAN PADA MOBIL LISTRIK HASIL MODIFIKASI. *Energy, Materials and Product Design*, 3(1), 170–175. <https://doi.org/10.29303/empd.v3i1.4125>

Velichko, A., Korzun, D., Meigal, A., Diab, A., Kashef, R., & Shaker, A. (2022). Deep Learning for LiDAR Point Cloud Classification in Remote Sensing. *Sensors* 2022, Vol. 22, Page 7868, 22(20), 7868. <https://doi.org/10.3390/S22207868>

Veza, I., Syaifuddin, M., Idris, M., Herawan, S. G., Yusuf, A. A., & Fattah, I. M. R. (2024). Electric Vehicle (EV) Review: Bibliometric Analysis of Electric Vehicle Trend, Policy, Lithium-Ion Battery, Battery Management, Charging Infrastructure, Smart Charging, and Electric Vehicle-to-Everything (V2X). In



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Energies (Vol. 17, Number 15). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/en17153786>

Wang, H., Gu, M., Wu, S., & Wang, C. (2020). A driver's car-following behavior prediction model based on multi-sensors data. *Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking*, 2020(1). <https://doi.org/10.1186/s13638-020-1639-2>

Wang, Y. (2025). *A Review of Research on the Future Development of Electric Vehicles and Traditional Fuel-powered Vehicles*. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/126/2025.20023>

Wang, Y., & Witlox, F. (2025). Global trends in electric vehicle adoption and the impact of environmental awareness, user attributes, and barriers. *Energy Reports*, 13, 1125–1137. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.12.054>

Wang, Z., Zang, L., Jiao, J., & Mao, Y. (2023). Research on Hierarchical Control Strategy of Automatic Emergency Braking System. *World Electric Vehicle Journal*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/wevj14040097>

Wu, M., Zhang, S., & Dong, Y. (2016). A novel model-based driving behavior recognition system using motion sensors. *Sensors (Switzerland)*, 16(10). <https://doi.org/10.3390/s16101746>

Xiang, J., Ghaffarpasand, O., & Pope, F. D. (2024). Mapping urban mobility using vehicle telematics to understand driving behaviour. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-53717-6>

Yama P. Sumbodo, S. I. M. Ikom., Marzuki, S. Sos. , M. Pd., apt. Sandi Mahesa Yudhantara, M. Farm., & Dr. Widiastuti, SS. , M. Hum. (2024). *BUKU REFERENSI*.

Yang, C., Sun, T., Wang, W., Li, Y., Zhang, Y., & Zha, M. (2024). Regenerative braking system development and perspectives for electric vehicles: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 198, 114389. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114389>

Yedilkhan, D., Agybetov, N., & Amirgaliyev, B. (2025). Driver Behaviour Analysis Using Telematics Sensor Data and Deep Learning Models. *Procedia Computer Science*, 272, 594–600. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.10.253>

Zapata, A. (2025). *Speed Radar using HC-SR04 and Arduino: Calibration and Data Analysis*. <https://github.com/azapg/velocimetro-hc-sr04/blob/main/>

Zubair, A. M. (2022). *Experimental Research Design-types & process*.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Daftar Riwayat Hidup

Satrio Arief Mu'ammam dilahirkan di Depok pada tanggal 7 Februari 2003. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Susanto dan Ibu Romlah.

Penulis mengawali jalur pendidikan formal di SDN Depok Baru 6, kemudian melanjutkan studi ke SMPN 5 Depok, dan menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMAN 4 Depok. Pada tahun 2022, penulis melanjutkan jenjang pendidikan tinggi di Politeknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Mesin, pada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat.



Selama masa perkuliahan, penulis aktif mengembangkan portofolio profesional serta kepemimpinan melalui berbagai kegiatan dan organisasi. Penulis memiliki pengalaman kerja praktik lapangan atau magang di PT Petronesie Benimel dengan amanah sebagai *Equipment Management Staff*. Di lingkungan kampus, penulis aktif dalam Kelompok Studi Mahasiswa (KSM) Teknik Alat Berat dengan menjabat sebagai Kepala Divisi Seniora serta pernah dipercaya sebagai Penanggung Jawab Lomba di Teknik Alat Berat. Selain itu, penulis juga terlibat dalam organisasi internasional *Society of Petroleum Engineers* (SPE) pada divisi *Human Resource Management*. Dengan ketekunan dan kerja keras, penulis berhasil menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan pada tahun 2026 dengan menyusun skripsi yang berjudul "Analisis Karakteristik Pengereman Berkendara pada *Electric Vehicle* di Lingkungan Perkotaan Jabodetabek Berbasis Sensor HC-SR04, GPS, dan LiDAR".