

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi otomotif telah mendorong pengembangan sistem keselamatan aktif pada kendaraan, salah satunya adalah sistem pengereman otomatis. Perkembangan sistem pengereman otomatis di dunia telah didorong oleh inovasi pada kendaraan otonom dan sistem keselamatan aktif, sementara di Indonesia, penerapannya masih terbatas pada kendaraan tertentu karena biaya dan infrastruktur pendukung yang belum optimal. Saat ini masih terdapat beberapa tantangan penting yang belum terselesaikan dalam pengembangan sistem pengereman otomatis. Salah satunya adalah perlunya peningkatan akurasi dan efektivitas sistem pengereman otomatis menggunakan metode kontrol lanjutan seperti *fuzzy Mamdani* secara *real-time* untuk merespons variasi kecepatan dan jarak secara akurat [2][6][7]. Selain itu, konsumsi energi dan kontrol dalam sistem *brake-by-wire* belum banyak dikaji secara kuantitatif, yang berpotensi mempengaruhi efisiensi sistem secara keseluruhan [8].

Sistem pengereman kendaraan listrik konvensional yang masih mengandalkan rem hidrolis menghadapi berbagai tantangan teknis, seperti respons yang lebih lambat, keausan komponen mekanis, serta keterbatasan dalam kontrol presisi. Tanpa penggunaan linear aktuator, sistem rem sulit mengoptimalkan distribusi gaya pengereman secara adaptif terhadap kondisi jalan dan kecepatan kendaraan [1]. Validasi skala luas terhadap prototipe modul konversi kendaraan listrik juga masih terbatas, padahal aspek ini penting untuk implementasi nyata sistem rem otomatis berbasis aktuator linier dan logika fuzzy [10]. Selain itu, pengaruh material komponen aktuator terhadap kinerja sistem pengereman serta pengembangan algoritma kontrol lebih lanjut juga menjadi peluang penelitian mendalam [7][8]. Oleh karena itu, integrasi linear aktuator 12V dengan sensor jarak dan mikrokontroler seperti Arduino Uno menjadi solusi potensial untuk meningkatkan efisiensi, kecepatan respons, serta akurasi sistem pengereman otomatis pada kendaraan listrik.

Logika *fuzzy* telah terbukti efektif dalam menangani ketidakpastian dalam sistem pengendalian, termasuk pengereman otomatis [2]. Implementasi sistem ini umumnya menggunakan Arduino UNO sebagai pengontrol berbasis logika *fuzzy*, dengan sensor HC-SR04 untuk mendeteksi jarak [3]. Dalam konteks pengereman kendaraan listrik, sistem berbasis linear aktuator 12V telah dikembangkan untuk meningkatkan respons dan akurasi pengereman secara otomatis [4]. Penerapan logika *fuzzy* Mamdani sebagai dasar kontrol pergerakan linear aktuator 12V pada sistem pengereman kendaraan listrik, sistem ini dapat mempertimbangkan variabel jarak dan kecepatan sebagai *input*, sistem dapat secara dinamis menyesuaikan tingkat pengereman [5]. Pada sistem pengereman kendaraan listrik, menggunakan pergerakan linear aktuator 12V, dan dengan sensor HC-SR04 untuk mendeteksi jarak hambatan serta mikrokontroler Arduino Uno R3 sebagai unit pemrosesan [6].

Pengembangan sistem pengereman otomatis terus berkembang untuk meningkatkan keselamatan berkendara. Sistem berbasis sensor ultrasonik telah diterapkan untuk mendeteksi hambatan secara langsung [7]. Seiring tren teknologi kendaraan cerdas, pemanfaatan sistem rem mekanis listrik dari linear aktuator mulai dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi dan toleransi kesalahan. Studi terbaru menyoroti strategi koordinasi kontrol dan kompensasi faktor nonlinier dalam sistem ini untuk meningkatkan respons dinamis serta akurasi sistem pengereman [8]. Pada transportasi publik, sistem pengereman terus dioptimalkan melalui berbagai metode, termasuk rem cakram, dinamis, dan elektro-pneumatik. Pembelajaran metode-metode yang termasuk kedalam eksperimental terhadap respon yang cepat menunjukkan perlunya pengembangan berbasis pemodelan elemen hingga guna meningkatkan keselamatan dan dengan efisiensi dari sistem rem menggunakan linear aktuator 12V [9]. Di Indonesia, upaya konversi kendaraan berbahan bakar bensin kedalam kendaraan listrik mendapat dukungan melalui subsidi pemerintah. Sistem pengereman berbasis linear aktuator 12V pada kendaraan listrik memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi dan keselamatan. Namun, pengembangan kontrol yang mengoptimalkan respons pengeremannya. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk merancang mekanisme aktuator yang efektif dan integrasi dengan

sistem pengendalian berbasis mikrokontroler serta sensor- sensor yang digunakan untuk mendeteksi hambatan [10].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang model pengereman yang mengintegrasikan linear aktuator 12V, sensor jarak *HC-SR04*, dan menggunakan mikrokontroler *Arduino Uno R3* dengan menggunakan metode *fuzzy* Mamdani. Diharapkan model ini dapat meningkatkan *respons* terhadap pengereman mekanis kendaraan, nantinya untuk diterapkan pada kendaraan agar keselamatan berkendara lebih aman dan dapat menyesuaikan tingkat pengereman secara langsung berdasarkan jarak terhadap objek di depan kendaraan.

1.2 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Penelitian akan diuraikan secara singkat sebagai bentuk memperkuat alasan mengapa penelitian ini dilakukan. Tabel 1.1 merupakan referensi penelitian sejenis yang dilakukan beberapa peneliti sebelumnya.

Tabel 1. 1 Referensi penelitian.

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul
1.	<i>Fei Xiao, Xiao Xiang Gong, Zhihang Lu, Lixia Qian, and Yiwei Zhang, Lifeng Wang.</i>	2021	<i>Design and control of new brake-by-wire actuator for vehicle based on linear motor and lever mechanism [6]</i>
2.	Hardin Syah Nasution, Akhmad Jayadi, Rikendry	2022	Implementasi Metode <i>Fuzzy Logic</i> untuk Sistem Pengereman Robot Mobile Berdasarkan Jarak dan Kecepatan [2].
3.	<i>R. Vaibhav, N. Amutha Prabha, V. Indragandhi, M. Bharathidasan, S. Vasantharaj, and J. Sam Alaric</i>	2022	<i>Autonomous Braking System Using Linear actuator [7].</i>
4.	<i>Dexiang Li, Cao Tan, Wenqing Ge, Jin Cui,</i>	2022	<i>Review of Brake-by-Wire System and Control Technology [8].</i>

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul
	<i>Chaofan Gu, and Xuwen Chi</i>		
5	Ilham Maulana, Wahid Munawar, Sriyono	2024	Pengembangan Modul Digital Konversi Kendaraan Listrik [10].

Tahun 2021, sebuah penelitian dilakukan tentang *design and control of new brake-by-wire actuator for vehicle based on linear motor and lever mechanism* [6]. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan pengujian aktuator *brake by wire* berbasis motor linier khusus, yang bertujuan menggantikan sistem pengereman hidrolis tradisional dengan sistem yang memiliki respons lebih cepat, kontrol lebih akurat, dan kompleksitas pengendalian yang lebih rendah [6].

Tahun 2022, Hardin Syah Nasution, Akhmad Jayadi dan Rikendry, melakukan penelitian tentang pengembangan sistem kendali pengereman otomatis pada mobil robot menggunakan pendekatan *fuzzy logic*, yang mengolah data dari sensor ultrasonik dan *encoder rotary* untuk mendeteksi jarak dan kecepatan roda. Sistem ini bertujuan untuk menghasilkan pengereman yang optimal dengan mengontrol motor *DC* berdasarkan nilai *input* yang diklasifikasikan dalam himpunan *fuzzy*, yaitu kecepatan (cepat, sedang, lambat) dan jarak (dekat, sedang, jauh) [2].

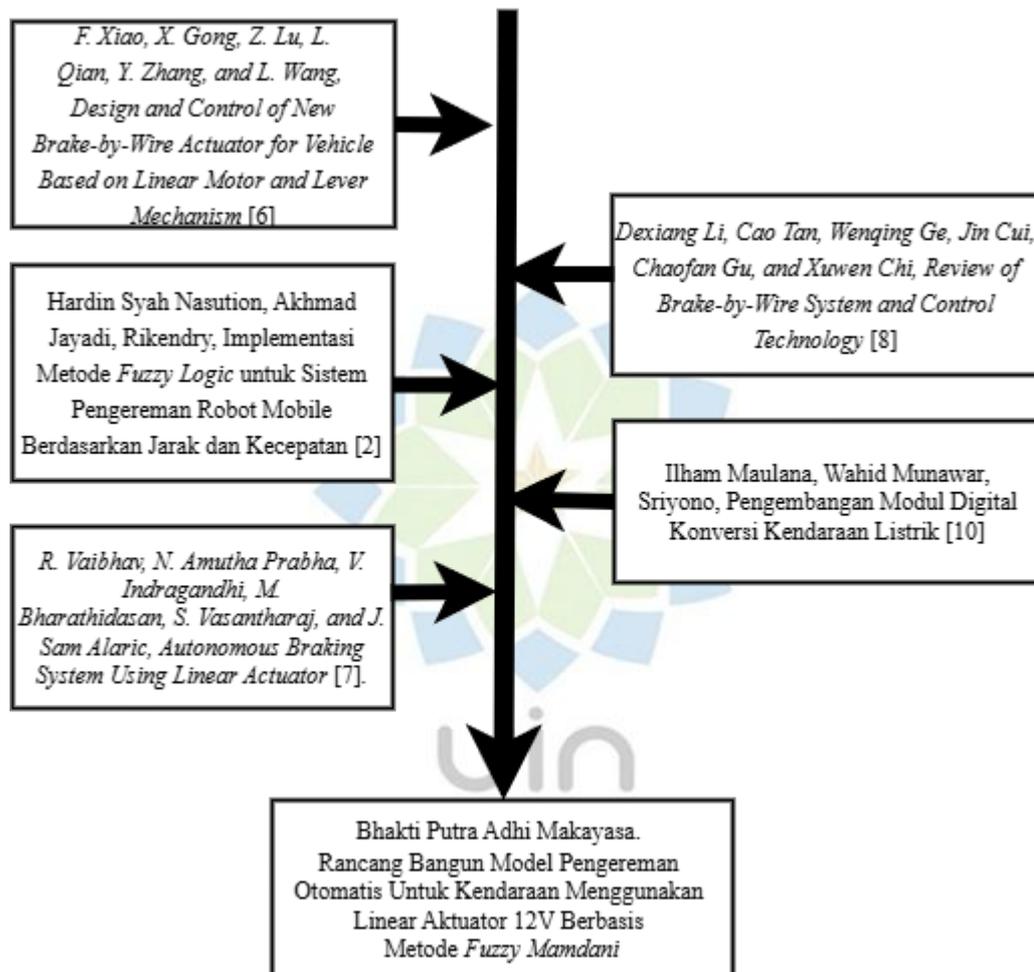
Tahun 2022, R. Vaibhav, N. Amutha Prabha, dkk. melakukan penelitian tentang *Autonomous Braking System Using Linear* aktuator [7]. Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem pengereman otomatis berbasis ultrasonik untuk meningkatkan keselamatan pengemudi dan mengurangi risiko kecelakaan akibat rintangan yang tiba-tiba. Sistem ini menggunakan pemancar dan penerima gelombang ultrasonik untuk mendeteksi jarak antara kendaraan dan hambatan, kemudian mengaktifkan pengereman secara otomatis berdasarkan informasi jarak yang terdeteksi. Simulasi pada kecepatan 20 km/jam dan 50 km/jam menunjukkan jarak pengereman berturut-turut 17,69 m dan 73,14 m, mengindikasikan efektivitas sistem dalam kondisi darurat [7].

Tahun 2022, Dexiang Li, Cao Tan, Wenqing Ge, dkk. melakukan penelitian tentang *Review of Brake-by-Wire System and Control Technology*. Penelitian ini di gunakan untuk sistem *brake-by-wire (BBW)* dengan mempertimbangkan aspek respon, akurasi, konsumsi energi, dan toleransi terhadap kesalahan. Penelitian ini menganalisis metode kontrol gaya pengereman, strategi kontrol koordinasi, serta kontrol toleransi kesalahan dalam sistem *BBW*. Aplikasi teknologi *direct driving* dalam sistem *BBW* juga dikaji, dengan fokus pada pengaruh efek kopling multi-domain, kompensasi faktor non-linier, dan peningkatan kontrol toleransi kesalahan. Arah penelitian yang diusulkan adalah pengembangan sistem *BBW direct driving* cerdas yang efisien dan hemat energi, dengan tujuan utama pada peningkatan respon dinamis, akurasi kontrol, dan kemampuan toleransi kesalahan [8].

Tahun 2024, Ilham Maulana, Wahid Munawar, Sriyono. melakukan penelitian tentang Pengembangan modul digital konversi kendaraan listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan modul digital konversi kendaraan listrik yang dapat membantu masyarakat memahami spesifikasi dan suku cadang yang diperlukan dalam proses konversi kendaraan berbasis bahan bakar menjadi motor listrik. Dengan menggunakan metode *Research and Development (R&D)* dan model 4D (definisi, desain, pengembangan, dan penyebaran), penelitian ini menghasilkan modul yang berisi materi terkait kendaraan listrik, komponen-komponennya, serta prosedur konversi dan aspek keselamatannya. Hasil validasi menunjukkan bahwa modul ini layak digunakan dengan tingkat kelayakan yang sangat baik dari perspektif media dan metamedianya [10].

Berdasarkan uraian di atas, berbagai penelitian mengenai sistem pengereman menggunakan *fuzzy logic* untuk pengereman lebih aman di kendaraan listrik telah banyak dilakukan. Penelitian ini menekankan pada desain sistem pengereman yang dapat berfungsi secara otomatis dengan menggunakan linear aktuator 12V untuk penggerak sistem pengereman, penggunaan sensor jarak untuk mendeteksi objek di depan kendaraan dan mengukur jaraknya, penerapan logika *fuzzy* untuk menentukan tingkat pengereman yang optimal berdasarkan informasi jarak dari sensor secara *real-time*, penggunaan mikrokontroler *Arduino Uno* sebagai pusat kontrol sistem yang mengintegrasikan *input* dari sensor jarak dan

algoritma *fuzzy logic* untuk mengontrol linear aktuator, serta untuk meningkatkan respons pengereman secara otomatis dan keselamatan berkendara dengan menyesuaikan tingkat pengereman secara dinamis berdasarkan jarak kendaraan terhadap objek di depannya. Hubungan penelitian diperlihatkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Hubungan penelitian.

Hubungan diperlihatkan dalam Gambar 1.1. Tinjauan penelitian terdahulu menggunakan rujukan tiga jurnal internasional dan dua jurnal nasional yang berhubungan dengan penelitian mengenai sistem pengereman dan desain kendali mobil listrik.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancang bangun model pengereman otomatis untuk kendaraan menggunakan linear aktuator 12V berbasis metode *fuzzy* Mamdani?
2. Bagaimana kinerja model pengereman otomatis untuk kendaraan menggunakan linear aktuator 12V berbasis metode *fuzzy* Mamdani?

1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan model pengereman mobil listrik menggunakan linear aktuator 12V yang dikendalikan oleh mikrokontroler *Arduino Uno*, dengan mengimplementasikan metode *fuzzy* Mamdani untuk menentukan tingkat pengereman berdasarkan data sensor jarak.

1. Merancang model pengereman cerdas menggunakan linear aktuator 12V, sensor jarak *HC-SR04*, dan *Arduino Uno* berbasis logika *fuzzy* Mamdani.
2. Menganalisis kinerja model dari simulasi pengereman menggunakan logika *fuzzy* Mamdani berdasarkan data jarak.

1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis

Penelitian ini manfaat akademisnya diharapkan dapat menjadi referensi yang cukup dalam pengembangan teknologi sistem pengereman cerdas. Pengembangan sistem ini, pengereman cerdas berbasis teknologi terkini, seperti penggunaan aktuator dan kontrol berbasis *Arduino*. Ini dapat memperluas pemahaman dan kajian akademis tentang penerapan teknologi canggih dalam meningkatkan keselamatan kendaraan.

2. Manfaat Praktis

Manfaat praktis ini melibatkan implementasi prototipe peningkatan keselamatan kendaraan dengan mengembangkan model pengereman yang lebih responsif dan adaptif menggunakan aktuator berbasis *arduino*, sistem ini dapat membantu meningkatkan keselamatan kendaraan dalam berbagai kondisi jalan dan situasi darurat, yang sangat penting dalam mengurangi risiko kecelakaan.

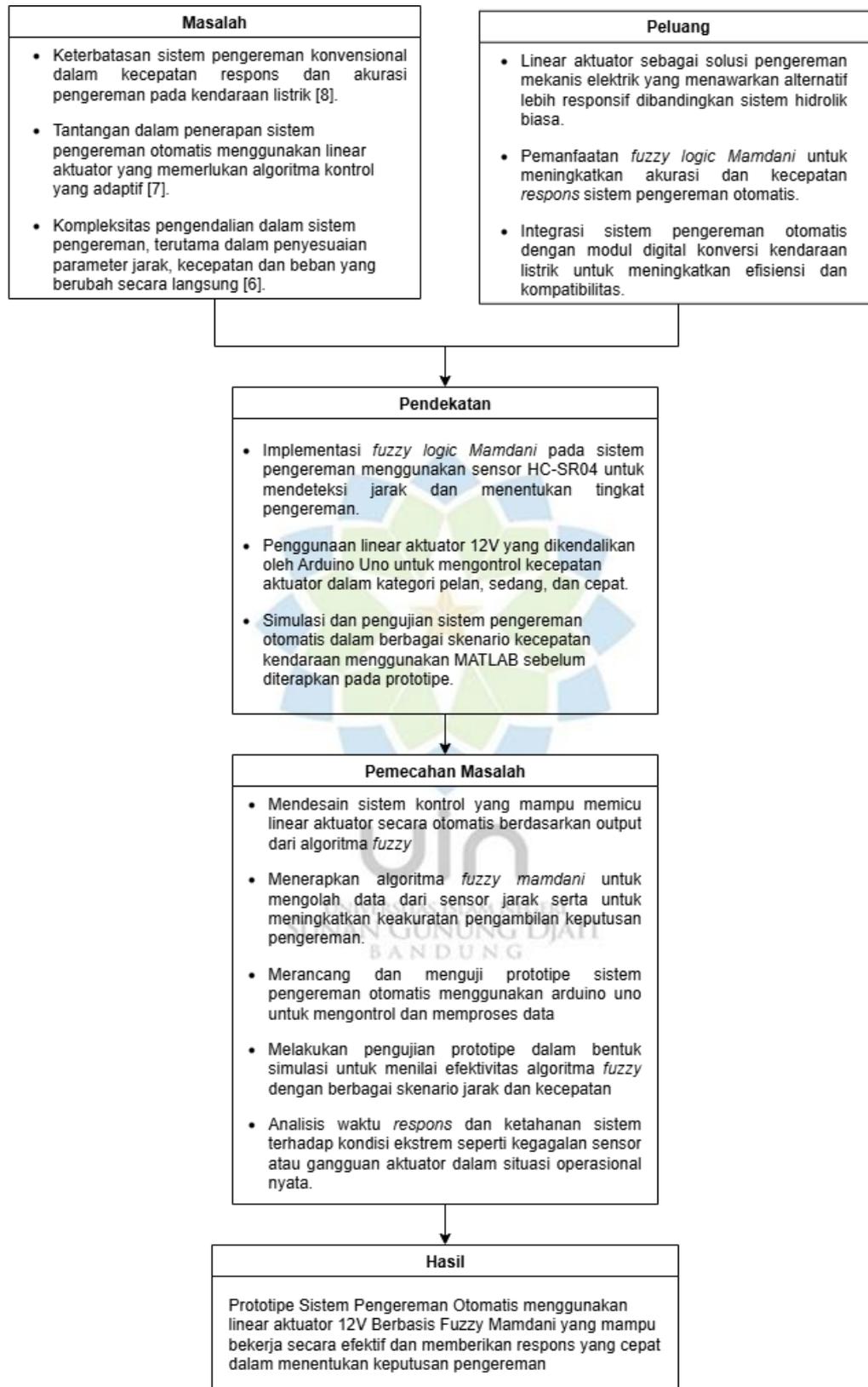
1.6 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Lingkup Simulasi
 - a. Simulasi dilakukan di *MATLAB* untuk merancang dan memvalidasi logika *fuzzy* Mamdani.
 - b. Objek yang dideteksi sensor jarak dalam kondisi statis yang berarti objek tidak bergerak
 - c. Masukan berupa data jarak dari sensor ultrasonik, kecepatan dan beban yang disimulasikan.
 - d. Pengujian dilakukan dalam asumsi permukaan yang rata dan datar.
 - e. Pengujian tidak memperhatikan gaya gesek antara kendaraan dan permukaan jalan.
 - f. Keluaran berupa tingkat pengereman yang diterjemahkan menjadi posisi linear aktuator.
2. Implementasi Fisik
 - a. Sistem fisik menggunakan *Arduino Uno* untuk membaca *sensor HC-SR04* dan mengontrol pergerakan linear aktuator.
 - b. Pengujian dilakukan pada prototipe sistem pengereman berbasis meja kerja, bukan pada kendaraan listrik nyata.
3. Fokus Pengujian
 - a. Menilai kinerja aktuator dalam merespons perubahan jarak.
 - b. Membandingkan hasil simulasi dan implementasi langsung untuk memvalidasi metode *fuzzy*.

1.7 Kerangka Berfikir

Kerangka berpikir membahas tentang alur pemikiran yang memuat uraian sistematis, informasi hasil perumusan masalah penelitian, dan hasil penelusuran yang disajikan dengan pendekatan alur logis penelitian, dengan grand design struktur penelitian yang akan dilakukan dengan pendekatan untuk menyelesaikan suatu masalah. Kerangka berpikir penelitian ini dapat dijelaskan pada Gambar 1.2.



Gambar 1. 2 Kerangka berpikir.

1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan suatu tahap penyusunan data dan penulisan dalam suatu laporan yang terdiri dari 6 bab agar dapat menghasilkan penulisan yang baik, diantaranya sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, tinjauan penelitian terdahulu, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, kerangka pemikiran, dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Bab ini menjelaskan tentang hal-hal pokok sebelum melakukan penelitian. menyangkut dengan penelitian perlu adanya penguasaan teori yang berhubungan dan menunjang dalam penelitian mengenai rancang bangun model pengereman untuk kendaraan menggunakan metode *fuzzy* Mamdani.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini penelitian menjelaskan metode dan tahapan-tahapan yang dilakukan ketika melakukan penelitian mengenai rancang bangun model pengereman untuk kendaraan menggunakan metode *fuzzy* Mamdani.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan tahapan dan implementasi prototipe terkait rancang bangun model pengereman otomatis untuk kendaraan menggunakan linear aktuator 12V berbasis metode *Fuzzy* Mamdani.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini membahas hasil pengujian dan analisis model pengereman otomatis untuk kendaraan menggunakan linear aktuator 12V berbasis metode *Fuzzy* Mamdani.

BAB VI KESIMPULAN

Bab ini berisi penutup yang mencakup kesimpulan dari hasil penelitian serta saran untuk pengembangan atau penelitian selanjutnya.