

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Peningkatan penggunaan perangkat bergerak otomatis, baik pada transportasi, robot, maupun platform industri, menimbulkan risiko tabrakan yang disebabkan oleh faktor teknis maupun kesalahan operator [1]. Untuk mengurangi risiko tersebut, diperlukan mekanisme keselamatan aktif seperti Automatic Emergency Braking (AEB) yang dapat mendeteksi potensi benturan dan menghentikan laju secara otomatis tanpa keterlibatan langsung operator. Mekanisme ini umumnya mengandalkan mikrokontroler, kamera vision, dan aktuator untuk melaksanakan proses deteksi serta pengereman [3].

Prototipe yang dikembangkan dalam penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino UNO, linear aktuator 12V, dan kamera vision YOLO sebagai metode pendeteksian objek untuk mendukung mekanisme pengereman otomatis yang bersifat universal. Linear aktuator mulai digunakan untuk menggantikan mekanisme hidraulik atau pneumatik tradisional karena bentuknya yang ringkas, respons cepat, serta kemampuannya untuk dikendalikan secara presisi melalui mikrokontroler [4]. Tantangan utamanya adalah kebutuhan daya yang stabil serta pengendalian yang kompleks agar kinerjanya optimal dalam berbagai kondisi [5].

Seiring perkembangan teknologi otomasi di Indonesia, termasuk kendaraan listrik dan robot otonom, fitur rem otomatis masih dalam tahap awal pengembangan dan umumnya tersedia pada sistem kelas atas. Pemerintah mendorong penggunaan teknologi ramah lingkungan melalui berbagai program, namun pengembangan fitur keselamatan aktif seperti Automatic Emergency Braking masih terkendala biaya dan tingkat adopsi industry. Di luar negeri, teknologi ini telah diimplementasikan lebih awal, mulai dari Anti-lock Braking System (ABS) hingga berkembang menjadi Autonomous Emergency Braking (AEB) modern [4]. Fitur serupa kini digunakan tidak hanya pada kendaraan, tetapi juga pada robot industri, AGV, dan perangkat otonom lain dengan dukungan sensor seperti lidar, radar, dan kamera vision [7].

Dalam konteks model pengereman otomatis berbasis kamera vision, keberhasilan deteksi objek menjadi faktor krusial. Untuk mencapai deteksi yang cepat dan akurat, salah satu algoritma yang banyak digunakan adalah YOLO (*You Only Look Once*) [8]. YOLO merupakan algoritma berbasis *deep learning* yang bekerja dengan membagi citra masukan menjadi grid, lalu secara bersamaan memprediksi *bounding box* dan *class probability* untuk setiap grid dalam satu proses inferensi tunggal. Pendekatan ini berbeda dari metode deteksi tradisional yang memisahkan tahap ekstraksi fitur dan klasifikasi secara terpisah, sehingga YOLO mampu mencapai kecepatan tinggi tanpa mengorbankan akurasi [8].

Pada perkembangannya, YOLO terus mengalami peningkatan dari sisi arsitektur jaringan dan efisiensi komputasi. Versi terbarunya, YOLOv11, mengintegrasikan optimasi pada struktur *backbone* untuk ekstraksi fitur awal, *neck* untuk penggabungan informasi lintas skala, dan *head* untuk prediksi multi-level yang lebih presisi. Arsitektur ini memanfaatkan *Convolutional Neural Networks* (CNN) untuk mengenali pola visual mulai dari fitur sederhana seperti tepi dan tekstur, hingga fitur kompleks seperti bentuk dan konteks objek dalam suatu adegan. YOLOv11 juga mendukung teknik augmentasi data yang membantu sistem mengenali objek dalam kondisi pencahayaan rendah, latar belakang kompleks, atau sudut pandang yang bervariasi.

Keunggulan utama YOLOv11 terletak pada kemampuannya melakukan deteksi real-time dengan *latency* rendah, sehingga sangat relevan untuk aplikasi pengereman otomatis yang membutuhkan respon cepat dalam hitungan milidetik. Dalam implementasi pada kamera vision, YOLOv11 mampu mengenali berbagai jenis objek seperti pejalan kaki, kendaraan, maupun hambatan lain dengan tingkat *confidence* yang tinggi. Hal ini memungkinkan sistem untuk membuat keputusan pengereman secara akurat dan tepat waktu, bahkan dalam skenario lingkungan yang dinamis.

Beberapa pabrikan otomotif besar seperti Tesla, Bosch, dan Continental telah memproduksi sistem pengereman otomatis berbasis linear aktuator dalam skala besar [5]. Perusahaan-perusahaan tersebut memimpin inovasi dengan memperkenalkan produk yang lebih andal dan terjangkau. Namun, pengembangan

sistem serupa di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan dari sisi biaya produksi, adopsi industri, serta ketergantungan pada komponen impor dan keterbatasan sumber daya teknis [1]. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini akan berfokus pada pengembangan sistem pendeteksian objek berbasis YOLOv11 menggunakan kamera vision, yang berfungsi sebagai masukan untuk sistem pengereman otomatis. Sistem ini menggunakan mikrokontroler Arduino UNO sebagai pengendali utama dan linear aktuator 12V sebagai aktuator pengereman, dengan tujuan utama meningkatkan akurasi deteksi objek secara real-time pada berbagai objek untuk mendukung keselamatan.

## 1.2 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Dalam tahap ini, penelitian akan diuraikan secara singkat sebagai bentuk memperkuat alasan mengapa penelitian ini dilakukan. Tabel 1.1 adalah referensi jurnal penelitian sejenis yang dilakukan beberapa peneliti sebelumnya.

Tabel 1. 1 Referensi Penelitian

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul
1.	Fei Xiao, Xiaoxiang Gong, Zhihang Lu, Lixia Qian, Yiwei Zhang, and Lifeng Wang	2021	<i>Design and Control of New Brake-by-Wire Actuator for Vehicle Based on Linear Motor and Lever Mechanism</i> [3].
2.	P. S. Ramaprabha, C. Anuradha, S. Vijayalakshmi, and R. Senthil Kumar	2022	<i>Autonomous Emergency Braking System Using Linear Electric Actuators</i> [4].
3.	Zhoudong Yan, Xinbo Chen, Min Yan, and Peng Hang	2023	<i>Design and Optimization of a Novel Electronic Mechanical Brake Actuator Based on Cam</i> [5].
4.	Pushkar Kadam, Gu Fang, and Ju Jia Zou	2024	<i>Object Tracking Using Computer Vision</i> [6].

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul
5.	Liang Liang, Haihua Ma, Le Zhao, Xiaopeng Xie, Chengxin Hua, Miao Zhang, and Yonghui Zhang	2024	<i>Vehicle Detection Algorithms for Autonomous Driving Vehicle Detection Algorithms for Autonomous Driving [7].</i>
6.	C. P. Thrupthi, K. Chitra, and M. H. V M,	2024	<i>Object Detection for Autonomous Vehicles Using YOLO Algorithm [8].</i>

Tahun 2021, sebuah penelitian dilakukan tentang sistem pengereman pada kendaraan konvensional dan kendaraan listrik (*EV*) [3]. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan pengembangan dalam aktuator (*brake-by-wire actuator*) generasi baru yang menggunakan motor *linier* khusus sebagai pengganti sistem hidrolik atau pneumatik konvensional, dimana penelitian ini mencakup aspek struktural, mekanisme kerja, sistem kontrol berbasis *platform dSPACE*, serta pengujian parameter elektromekanis untuk menghasilkan sistem pengereman yang lebih responsif, mudah dikontrol, dan memiliki akurasi yang sangat tinggi [3].

Tahun 2022, *P. S. Ramaprabha*, dkk. melakukan penelitian tentang implementasi sistem pengereman otomatis yang memanfaatkan gelombang ultrasonik sebagai sensor pendeteksi hambatan, dimana sistem ini mengintegrasikan komponen mekatronik yang terdiri dari pemancar dan penerima gelombang ultrasonik untuk menghitung jarak hambatan, yang kemudian diproses oleh mikroprosesor untuk mengaktifkan mekanisme pengereman secara otomatis berdasarkan parameter jarak dan kecepatan kendaraan yang telah ditentukan [4]. Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem keselamatan aktif kendaraan melalui implementasi sistem pengereman otomatis berbasis sensor ultrasonik, dengan tujuan utama untuk meminimalisir risiko tabrakan akibat hambatan tidak terduga, dimana penelitian ini mencakup aspek perancangan sistem deteksi

hambatan, pengolahan data jarak, mekanisme kontrol pengereman, serta analisis efektivitas sistem berdasarkan parameter jarak pengereman pada variasi kecepatan kendaraan yang berbeda [4].

Tahun 2023, *Zhoudong Yan*, dkk. melakukan penelitian tentang *Design and Optimization of a Novel Electronic Mechanical Brake Actuator Based on Cam* [5]. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode desain yang inovatif dan efektif untuk profil *cam* radius negatif pada mekanisme penjepit *Linear Parking Brake (LPB)* yang digunakan dalam sistem *brake-by-wire* berbasis *Electronic Mechanical Brake (EMB)*. Dengan mengusulkan pendekatan analisis profil *cam* yang baru dan mengintegrasikannya dengan algoritma *particle swarm optimization (PSO)* yang ditingkatkan [5].

Tahun 2024, *Pushkar Kadam*, dkk. melakukan penelitian tentang Pelacakan objek menggunakan teknologi *Computer Vision* [6]. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan tinjauan komprehensif mengenai perangkat keras sensor, kumpulan data, metode, dan aplikasi yang digunakan dalam pelacakan objek, terutama dalam konteks *vision* komputer seperti robotika terapan, kendaraan otonom, dan analisis pergerakan pejalan kaki. Dengan menganalisis kekuatan dan keterbatasan berbagai pendekatan, penelitian ini menyusun taksonomi literatur yang bertujuan untuk memandu peneliti dalam memilih peralatan, algoritma, dan aplikasi yang sesuai untuk pelacakan objek. Selain itu, penelitian ini mengidentifikasi tantangan yang belum terselesaikan dan memberikan pedoman untuk arah penelitian di masa depan, sehingga dapat mendorong pengembangan metode pelacakan objek yang lebih efektif, efisien, dan akurat dengan memanfaatkan kemajuan dalam pemrosesan gambar dan pembelajaran mendalam [6].

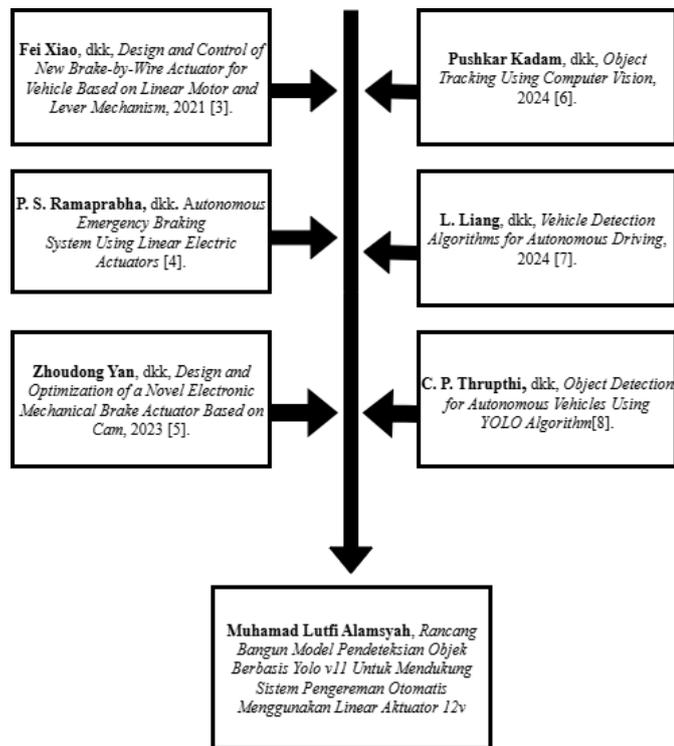
Tahun 2024, *Liang*, dkk. melakukan penelitian yang dilakukan terkait dengan pengembangan algoritma pendeteksian objek, membahas tentang *Vehicle Detection Algorithms for Autonomous Driving* [7]. Penelitian ini bertujuan untuk menyajikan tinjauan komprehensif terhadap algoritma deteksi kendaraan yang ada, dengan fokus pada aplikasi praktis dalam domain mengemudi otonom. Melalui analisis mendalam, penelitian ini mengkaji lebih dari 200 algoritma deteksi kendaraan, mencakup pendekatan berbasis visi mesin, *LiDAR*, *radar* gelombang

*milimeter*, dan *fusi* sensor, serta membahas tugas, metrik evaluasi, dan kumpulan data yang relevan untuk deteksi kendaraan [7].

Tahun 2024, C. P. Thrupthi, dkk. melakukan penelitian terkait dengan penerapan algoritma YOLO dalam sistem kendaraan otonom, yang berjudul Object Detection for Autonomous Vehicles Using YOLO Algorithm [8]. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas algoritma YOLO dalam mendeteksi objek di sekitar kendaraan secara real-time. Dengan fokus pada aplikasi kendaraan otonom, penelitian ini mengkaji kinerja YOLO dalam mengenali berbagai objek seperti pejalan kaki, kendaraan lain, dan rintangan jalan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma YOLO mampu memberikan deteksi dengan akurasi tinggi dan waktu inferensi yang cepat, menjadikannya solusi yang efisien untuk sistem keselamatan aktif pada kendaraan otonom [8].

Berdasarkan uraian di atas, berbagai penelitian yang membahas mengenai sistem pengereman *linear* aktuator untuk pengereman otomatis pada kendaraan listrik telah banyak dilakukan. Penelitian tugas akhir ini akan menekankan pada integrasi dengan teknologi pendeteksian objek yang berbasis kamera *vision* dengan mikrokontroler *Arduino Uno* dan *linear* aktuator *12V* untuk merancang sistem pengereman otomatis. Penelitian ini menyoroti implementasi teknologi *vision* dalam mendeteksi dan merespons keberadaan objek secara *real-time*, di mana data *visual* diolah untuk menghasilkan sinyal pengereman melalui aktuator. Fokus utama adalah mengoptimalkan respons sistem dalam hal kecepatan dan akurasi, serta mengevaluasi kinerja keseluruhan sistem dalam skenario simulasi kendaraan. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi inovatif terhadap kebutuhan sistem pengereman otomatis yang efisien dan terjangkau.

Penelitian yang di usulkan diperlihatkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Penelitian yang diusulkan

Penelitian yang diusulkan diperlihatkan dalam Gambar 1.1. Tinjauan penelitian terdahulu dengan menggunakan lima rujukan jurnal internasional yang berhubungan dengan penelitian sebelumnya mengenai pengereman menggunakan linear aktuator dan pendeteksian objek pada kendaraan listrik.

### 1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang ada, Penelitian ini mencoba menjawab beberapa pertanyaan penelitian, di antaranya:

1. Bagaimana merancang sistem pendeteksian objek secara real-time menggunakan kamera vision dengan algoritma *YOLOv11*?
2. Bagaimana menganalisis performa sistem terhadap berbagai kondisi objek?

### 1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan menguji sistem pendeteksian objek untuk model pengereman otomatis menggunakan *linear* aktuator berbasis kamera *vision* YOLO:

1. Merancang sistem pendeteksian objek menggunakan kamera *vision* berbasis *YOLOv11* secara *realtime*.
2. Menguji dan menganalisis kinerja sistem pada berbagai objek pendeteksian.

### **1.5 Manfaat**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

#### **1. Manfaat Akademis**

Manfaat Akademis pada penelitian ini memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang mikrokontroler dan pemrosesan citra. Dengan menyediakan solusi prototipe untuk sistem pengereman otomatis berbasis mikrokontroler, penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi studi lanjutan yang berfokus pada pengintegrasian teknologi mikrokontroler dalam sistem keselamatan kendaraan. Selain itu, penelitian ini juga membuka peluang untuk mengembangkan algoritma pemrosesan citra yang lebih efisien, yang dapat diterapkan dalam berbagai bidang teknologi lainnya.

#### **2. Manfaat Praktis**

Secara praktis, penelitian ini memberikan solusi inovatif dalam meningkatkan keselamatan kendaraan dengan sistem pengereman otomatis berbasis teknologi mikrokontroler. Sistem yang diusulkan tidak hanya diharapkan dapat mempercepat proses pengereman, tetapi juga mengurangi risiko kecelakaan akibat kelalaian pengemudi. Manfaat lainnya adalah peningkatan efisiensi dan keamanan sistem kendaraan secara keseluruhan, yang dapat diterapkan dalam berbagai jenis kendaraan, baik untuk penggunaan pribadi maupun kendaraan komersial.

### **1.6 Batasan Masalah**

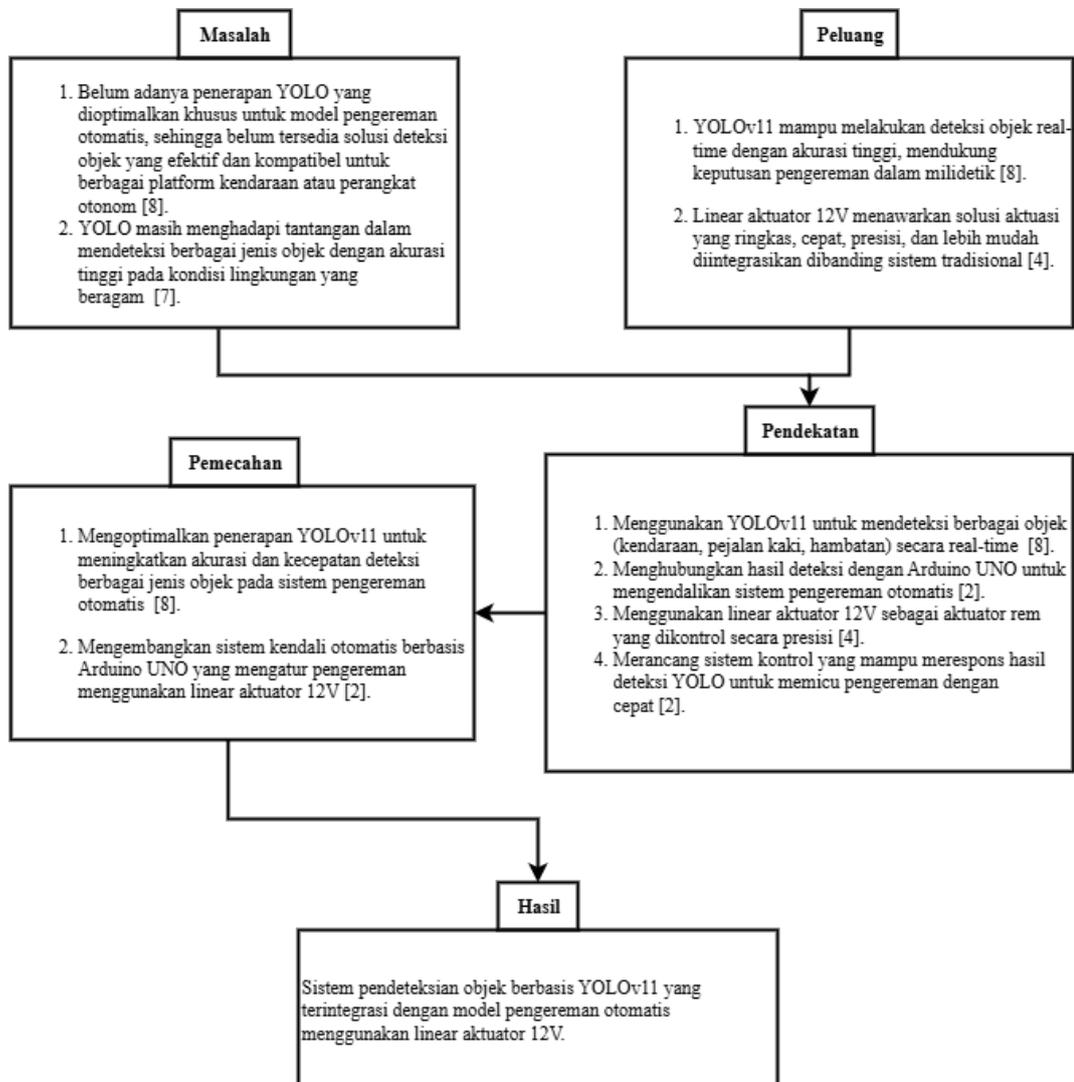
Batasan yang berhubungan dengan masalah ini sangat luas, agar yang akan didapat lebih spesifik dan terarah. Batasan masalah ini menitik beratkan pada:

1. Sistem pendeteksian objek dibatasi pada jarak 0,3 hingga 3 meter, tergantung pada karakteristik jika kamera dan algoritma pemrosesan citra yang digunakan.

2. Penelitian ini hanya terbatas pada perancangan dan pembuatan prototipe untuk mendukung sistem pengereman otomatis, bukan implementasi pada kendaraan sebenarnya.
3. Keluaran sistem pengereman terbatas pada pengaktifan linear aktuator 12V sebagai simulasi pengereman, tanpa melibatkan sistem pengereman kendaraan asli.
4. Prototipe alat dibuat dalam skala kecil, dan tidak mempertimbangkan kondisi nyata seperti kecepatan tinggi, cuaca ekstrem, malam hari atau medan jalan yang bervariasi.
5. Model *YOLO v11* digunakan dalam bentuk *pre-trained* model dan tidak dilakukan pelatihan ulang (training) secara mendalam terhadap dataset baru.
6. Sistem hanya diuji dalam lingkungan terbatas dan terkendali, seperti ruangan atau lintasan sederhana, bukan di jalan umum.
7. Menggunakan webcam 720p/30 fps yang memiliki keterbatasan dalam kualitas dan respons waktu.

### **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 Berfikir Penelitian

Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan penerapan YOLOv11 untuk meningkatkan akurasi dan kecepatan deteksi berbagai jenis objek secara *real-time* pada sistem pengereman otomatis. Hasil deteksi YOLOv11 diintegrasikan dengan mikrokontroler *Arduino Uno* untuk mengendalikan aktuator linear 12V sebagai sistem pengereman yang responsif. Dataset telah dilatih untuk memastikan sistem bekerja andal pada beragam kondisi objek.

### 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 berisi penjelasan mengenai latar belakang, tinjauan penelitian terdahulu, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, kerangka pemikiran, dan sistematika penulisan.

## **BAB II TEORI DASAR**

Bab ini menjelaskan teori-teori yang berkaitan dan menunjang penelitian, seperti konsep pendeteksian objek, prinsip kerja YOLOv11, Arduino UNO, serta linear aktuator 12V yang digunakan dalam sistem pengereman otomatis.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini memaparkan metode dan tahapan-tahapan yang dilakukan selama proses penelitian, mulai dari perancangan, pengumpulan data, implementasi sistem, hingga evaluasi.

## **BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI**

Bab ini menjelaskan proses perancangan dan implementasi sistem, baik perangkat keras maupun perangkat lunak, termasuk integrasi kamera, YOLOv11, mikrokontroler Arduino, dan aktuator linear.

## **BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Bab ini membahas hasil pengujian sistem serta analisis kinerjanya, khususnya dalam mendeteksi objek dan mengaktifkan sistem pengereman otomatis menggunakan aktuator linear.

## **BAB VI KESIMPULAN**

Bab terakhir berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk pengembangan atau penelitian selanjutnya.