

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam era modern ini, kendaraan bermotor memegang peranan penting dalam mendukung aktivitas sehari-hari masyarakat modern. Kemajuan di bidang teknologi dan infrastruktur telah mendorong perkembangan berbagai kendaraan bermotor yang semakin efisien dan terjangkau. Kendaraan dibagi menjadi dua macam, yaitu kendaraan umum dan pribadi. Kendaraan umum merupakan kendaraan yang digunakan untuk angkutan masal, baik itu manusia maupun barang-barang. Contohnya bus, kereta api, dan angkutan kota adalah kendaraan yang bersifat umum dan sering dipergunakan sebagai alat transportasi massal. Kendaraan pribadi adalah kendaraan yang digunakan sehari-hari untuk kepentingan pribadi. Contohnya adalah kendaraan roda dua sepeda motor dan kendaraan roda empat mobil. Di antara kedua kendaraan pribadi yang tersedia, kendaraan roda dua sepeda motor menjadi pilihan utama bagi masyarakat dari berbagai lapisan.

Dengan karakteristiknya yang praktis, ekonomis, dan mudah dioperasikan, membuat sepeda motor memiliki peran yang sangat penting, terutama di negara berkembang seperti Indonesia. Keunggulan ini menjadikan kendaraan roda dua sebagai solusi mobilitas yang efisien, terutama di kawasan perkotaan yang sering menghadapi tantangan kemacetan lalu lintas. Namun, dibalik keunggulan yang ditawarkan, sepeda motor juga menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam aspek keselamatan berkendara. Tingkat kecelakaan lalu lintas yang melibatkan sepeda motor cukup tinggi, dengan berbagai faktor penyebab yang sering kali berasal dari kelalaian pengendara. Salah satu fenomena yang kerap terjadi adalah lupa menaikkan standar motor sebelum berkendara.

Gejala ini terlihat pada berbagai situasi di jalan raya, seperti standar motor yang bergesekan dengan permukaan jalan hingga menyebabkan ketidakstabilan kendaraan. Dalam kasus tertentu, pengendara bahkan mengalami kecelakaan akibat kehilangan kontrol.

Ketika standar motor menyentuh jalan saat kendaraan melaju. Meskipun masalah ini terlihat sederhana, tetapi dampaknya cukup serius, terutama bagi pengendara pemula yang belum sepenuhnya memahami risiko tersebut.

Meningkatnya angka kecelakaan yang disebabkan oleh kelalaian pengguna sepeda motor yang dapat menyebabkan kendaraan terguling saat diparkir di lokasi yang tidak rata. Kondisi ini sering kali dialami oleh pengendara pemula yang belum terbiasa memeriksa kondisi kendaraan sebelum digunakan. Pengendara pemula cenderung kurang teliti dalam memastikan posisi standar motor, baik sebelum memulai perjalanan maupun setelah memarkir kendaraan.

Selain meningkatkan risiko kecelakaan, kelalaian dalam menaikkan dan menurunkan standar motor juga dapat menyebabkan kerusakan pada komponen kendaraan pada bagian rangka motor. Selain itu, standar yang lupa diturunkan saat kendaraan diparkir dapat menyebabkan motor terguling, merusak bodi kendaraan, dan dapat mengakibatkan komponen mekanis seperti suspensi mengalami tekanan yang tidak semestinya.

Meski demikian, banyak pengguna sepeda motor yang menganggap masalah ini sebagai hal sepele. Rendahnya kesadaran terhadap pentingnya memeriksa posisi standar motor sering kali membuat pengguna tidak menyadari dampak kumulatif dari kebiasaan ini. Padahal, kerusakan yang terjadi tidak hanya meningkatkan biaya perawatan kendaraan, tetapi juga dapat mengurangi umur pakai komponen penting lainnya.

Biaya perbaikan kendaraan akibat kerusakan yang disebabkan dapat menjadi beban yang signifikan bagi pengguna. Menurut penelitian (Mukherjee & Roy, 2019), biaya perbaikan akibat kelalaian kecil pada kendaraan roda dua dapat mencapai hingga 20% dari total biaya perawatan tahunan kendaraan, tergantung pada tingkat kerusakan yang terjadi. Meski terlihat kecil, pengeluaran ini dapat menjadi beban tambahan, terutama bagi pengguna yang mengandalkan sepeda motor untuk kebutuhan sehari-hari.

Oleh karena itu, diperlukan solusi berbasis teknologi yang dapat mencegah kelalaian ini sekaligus mengurangi potensi kerusakan dan biaya perawatan kendaraan.

Tabel 1. 1 Perbandingan Biaya Perawatan dan Kelalaian

Jenis Biaya	Persentase (%)
Biaya perawatan tahunan	100
Biaya akibat kelalaian	20

Lupa menaikkan atau menurunkan standar motor tidak hanya meningkatkan risiko kecelakaan, tetapi juga berpotensi menyebabkan kecelakaan yang berulang jika tidak ada tindakan nyata untuk mengatasinya. Standar motor

yang dibiarkan dalam posisi tidak semestinya dapat mengganggu stabilitas kendaraan, terutama saat menikung atau melaju dengan kecepatan tinggi. Dalam banyak kasus, pengendara yang terburu-buru sering kali mengulangi kesalahan ini tanpa menyadari risiko yang ditimbulkan. Menurut (Mukherjee & Roy, 2019), perilaku berulang yang tidak diimbangi dengan edukasi dan solusi teknologi dapat memperburuk risiko kecelakaan pada kendaraan roda dua. Kondisi ini menuntut perhatian lebih dari pengendara untuk memahami dampaknya, baik pada keselamatan diri maupun pengguna jalan lainnya.

Selain itu, kurangnya kolaborasi antara pengembang teknologi keselamatan dan produsen otomotif sering kali menyebabkan sistem tambahan tidak terintegrasi dengan desain awal kendaraan. Pada kendaraan roda dua, komponen seperti standar motor biasanya dirancang secara manual tanpa mempertimbangkan kemungkinan integrasi teknologi cerdas yang dapat meningkatkan keselamatan. Hal ini membuat perangkat tambahan, seperti sensor atau aktuator, sulit diaplikasikan secara optimal karena keterbatasan desain bawaan kendaraan. (Mukherjee & Roy, 2019) mencatat bahwa minimnya sinergi antara pengembang teknologi dan produsen kendaraan menghambat adopsi fitur keselamatan modern, terutama pada kendaraan roda dua. Akibatnya, pengendara tetap bergantung pada kebiasaan manual yang rawan kesalahan, seperti lupa menaikkan atau menurunkan standar motor, yang dapat meningkatkan risiko kecelakaan.

Masyarakat Indonesia, sebagai pengguna kendaraan roda dua terbesar, sangat membutuhkan solusi yang sederhana dan terjangkau untuk meningkatkan keselamatan berkendara. Tingginya angka kecelakaan lalu lintas, terutama akibat kelalaian seperti lupa menaikkan atau menurunkan standar motor, menunjukkan perlunya langkah nyata yang dapat diakses oleh semua kalangan. Menurut (Mukherjee & Roy, 2019), solusi yang efektif dalam meningkatkan keselamatan harus memperhatikan faktor kemudahan penggunaan dan keterjangkauan biaya, terutama di negara berkembang seperti Indonesia.

Mengingat sebagian besar pengguna kendaraan roda dua berasal dari kalangan menengah ke bawah, yang mengandalkan sepeda motor untuk aktivitas sehari-hari. Tanpa adanya solusi yang sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan masyarakat, risiko kecelakaan akibat kelalaian sederhana akan terus meningkat.

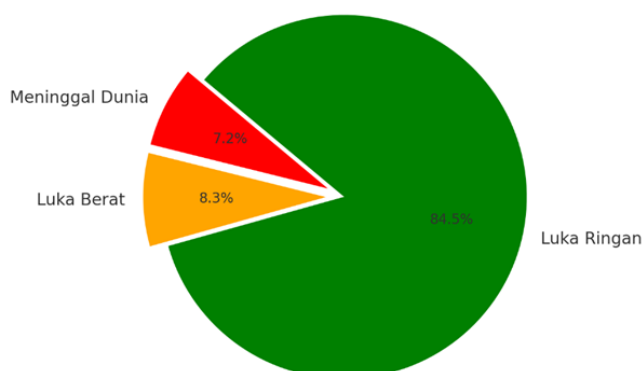
Lee dan Lee (2015) menjelaskan bahwa kendaraan roda dua menawarkan fleksibilitas yang sulit ditandingi oleh kendaraan roda empat, terutama dalam kondisi jalan yang sempit atau macet. Biaya operasional yang relatif rendah, termasuk konsumsi bahan bakar yang hemat, menjadi alasan utama mengapa

sepeda motor dianggap sebagai kendaraan yang tepat untuk digunakan. Selain itu, kemampuannya untuk menjangkau daerah yang sulit diakses, seperti jalan-jalan kecil di pedesaan, membuat sepeda motor menjadi solusi yang ideal untuk mobilitas harian.

Menurut (Mukherjee & Roy, 2019) penggunaan standar motor secara konvensional sering kali menjadi salah satu aspek yang tidak mendapatkan perhatian cukup dari pengendara. Aktivitas menaikkan dan menurunkan standar motor secara konvensional, meskipun terlihat sederhana, dapat memicu kelalaian yang berdampak pada keselamatan berkendara. Pengendara yang terburu-buru sering kali melupakan posisi standar motor, baik saat akan berkendara maupun saat memarkir kendaraan, sehingga meningkatkan risiko kecelakaan atau kerusakan pada kendaraan.

Gambar 1. 1 Persentase Korban Kecelakaan Sepeda Motor

Proporsi Korban Kecelakaan Sepeda Motor di Indonesia 2024



Sumber: Korlantas Polri. (2024). *Kecelakaan Lalu Lintas di Indonesia Didominasi Oleh Kendaraan Roda Dua*. Diakses dari <https://korlantas.polri.go.id/artikel/kecelakaan-lalu-lintas-di-indonesia-didominasi-oleh-kendaraan-roda-dua/>

Oleh karena itu, dibutuhkan sistem pengendalian standar sepeda motor yang lebih efisien dari sisi keamanan, kenyamanan, dan kepraktisan dalam berkendara (Mukherjee & Roy, 2019). Salah satu pendekatan yang memungkinkan adalah dengan menerapkan teknologi pengendalian otomatis yang dapat mengurangi kelalaian pengendara serta memastikan posisi standar motor selalu aman sebelum digunakan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa sistem otomatis dapat mengurangi risiko kecelakaan hingga 60% dibandingkan dengan pengendalian konvensional (Lee & Lee, 2015).

B. Permasalahan

Menurut (Jhon & Doe 2020), kelalaian pengguna sepeda motor, khususnya dalam memastikan posisi standar motor, dapat menyebabkan berbagai dampak negatif, seperti kecelakaan tunggal saat pengendara lupa menaikkan standar samping. Hal ini sering kali terjadi karena pengendara terburu-buru atau

kurang fokus. Selain itu, akibat dari kelalaian ini dapat menimbulkan kerusakan pada sepeda motor, cedera pada pengendara, hingga potensi kecelakaan yang melibatkan pengguna jalan lainnya. Akibat dari kelalaian ini, tingkat kecelakaan yang disebabkan oleh posisi standar motor yang tidak sesuai masih tergolong tinggi, meskipun sering kali tidak tercatat secara khusus dalam statistik kecelakaan lalu lintas. Hal ini menunjukkan perlunya perhatian lebih terhadap aspek keselamatan yang terkait dengan penggunaan standar motor.

Masalah keselamatan lalu lintas menjadi perhatian utama dalam transportasi jalan raya, terutama yang melibatkan sepeda motor sebagai salah satu kendaraan yang paling banyak digunakan. Salah satu penyebab kecelakaan yang sering diabaikan adalah kelalaian pengendara dalam menaikkan atau menurunkan standar motor. Situasi ini dapat menimbulkan berbagai konsekuensi serius, termasuk terjatuhnya pengendara saat berbelok dan mulai dikendarai atau saat motor akan diparkirkan.

Pencegahan terhadap kelalaian pengguna sepeda motor terkait posisi standar motor menjadi tantangan yang membutuhkan perhatian lebih. Meskipun beberapa pengendara berupaya lebih teliti, faktor kebiasaan dan kurangnya edukasi terkait keselamatan sering kali menjadi hambatan utama dalam mengurangi risiko ini. Selain itu, sepeda motor yang tidak dilengkapi dengan fitur pendeteksi posisi standar semakin memperbesar peluang terjadinya kelalaian (Smith, 2021).

Namun, pengendara sepeda motor pemula di jalan raya sering kali lupa memastikan standar motor dalam posisi aman. Akibatnya, banyak pengendara pemula yang akhirnya mengalami kecelakaan tunggal atau kesulitan dalam berkendara karena posisi standar motor yang tidak sesuai. Hal ini menunjukkan perlunya pendekatan yang lebih terarah dalam mencegah kelalaian ini dan meningkatkan keselamatan pengendara dalam berkendara di jalan raya.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan suatu sistem otomatis yang dapat mendeteksi posisi standar samping motor dan memberikan peringatan kepada pengendara secara real-time. Konsep penelitian ini memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) dengan ESP32 sebagai pengendali utama yang terhubung ke sensor posisi dan servo motor. Sistem ini dirancang agar mampu menggerakkan standar secara otomatis ketika mesin motor menyala, serta mengirimkan notifikasi status melalui aplikasi Blynk, sehingga dapat meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengendara.

Sumber: Data Primer – Hasil Wawancara dengan 3 responden pengguna motor manual (1 pengguna berpengalaman dan 2 pengguna pemula), 2025.

Tabel 1. 2 Masalah Pengendalian Standar Motor

No	Pertanyaan	Pengguna	Pengguna pemula 1	Pengguna pemula 2	Hasil
1	Apakah sering menyadari risiko kecelakaan yang dapat terjadi jika standar motor tidak dinaikkan dan diturunkan?	Ya	Ya	Ya	Kendaraan menjadi tidak stabil
2	Apakah pengendalian standar motor saat ini memerlukan usaha fisik yang signifikan?	Tidak	Tidak	Tidak	Kendaraan mudah untuk dioperasikan
3	Apakah terburu-buru merupakan kelalaian utama dalam pengendalian standar motor?	Ya	Ya	Ya	Menyebabkan kecelakaan pada pengendara
4	Apakah ada edukasi khusus mengenai keselamatan penggunaan standar motor?	Tidak	Tidak	Tidak	Menyebabkan kelalaian pada pengguna
5	Apakah biaya perbaikan kendaraan yang disebabkan karena kelalaian pengendalian standar motor memengaruhi biaya perawatan?	Ya	Ya	Ya	Biaya perawatan menjadi lebih besar

Berdasarkan pemaparan berupa data fakta di atas, permasalahan terkait pengendalian standar motor masih menjadi isu penting yang sering kali diabaikan oleh pengendara, baik pemula maupun yang sudah berpengalaman. Faktor lain yang turut

berkontribusi adalah minimnya edukasi khusus mengenai keselamatan penggunaan standar motor, yang mengakibatkan kurangnya kesadaran dan kebiasaan preventif. Hal ini menunjukkan perlunya perhatian lebih terhadap aspek teknis standar motor untuk mengurangi risiko kecelakaan dan dampak yang ditimbulkannya.

1. Identifikasi Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah disampaikan sebelumnya, terdapat beberapa isu utama dalam mengoperasikan pengendalian standar motor secara akurat, yaitu:

- a. Kelalaian pengendara, terutama pemula, yang sering lupa menaikkan atau menurunkan standar motor. Kondisi ini menimbulkan risiko kecelakaan tunggal maupun gangguan stabilitas kendaraan
- b. Minimnya edukasi keselamatan mengenai penggunaan dan pengendalian standar motor secara baik dan benar, tanpa adanya upaya pencegahan yang efektif
- c. Potensi kerusakan pada komponen motor, seperti rangka atau suspensi, akibat standar yang lupa diturunkan saat parkir atau menyentuh jalan saat berkendara. Hal ini menambah beban biaya perawatan
- d. Keterbatasan teknologi pada motor dengan transmisi manual, karena belum tersedia sistem otomatis yang dapat mengendalikan posisi standar, sehingga seluruh kendali masih bergantung pada kewaspadaan pengendara.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa inti permasalahan yang dihadapi adalah belum akurat serta efektif dalam pengendalian standar motor. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pengendalian standar sepeda motor berbasis IoT (Internet of Things) yang mengintegrasikan sensor dan mikrokontroler. Berdasarkan penjelasan di atas, terdapat beberapa rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana penerapan Internet of Things dalam pengendalian standar motor agar dapat menaikkan dan menurunkan secara otomatis sesuai dengan kondisi kendaraan sepeda motor?

- b. Seberapa akurat dan efektif penerapan Internet of Things untuk pengendalian standar motor secara otomatis sesuai dengan kondisi kendaraan sepeda motor?
- c. Bagaimana persepsi pengguna terhadap kemudahan dan efektivitas penggunaan sistem standar otomatis ini?

C. Maksud dan Tujuan

1. Maksud

Maksud dari penelitian ini adalah menerapkan metode Internet of Things yang dimaksudkan untuk merancang dan mengembangkan sebuah sistem pengendalian standar sepeda motor yang mampu menaikkan dan menurunkan standar motor secara otomatis berdasarkan kondisi mesin kendaraan. Dengan sistem ini, kelalaian pengendara dalam mengoperasikan standar motor dapat diminimalkan, sehingga keselamatan berkendara meningkat dan risiko kecelakaan dapat ditekan.

2. Tujuan

- a. Merancang sistem pengendalian standar sepeda motor berbasis IoT yang mampu menggerakkan standar sesuai kondisi mesin motor (menyala atau mati) sebagai pemicu untuk menaikkan atau menurunkan standar secara otomatis
- b. Mendapatkan proses yang efektif dalam penerapan Internet of Things untuk pengendalian standar motor otomatis
- c. Mengukur tingkat akurasi di kendaraan roda dua tanpa mengganggu desain, fungsi, dan kenyamanan kendaraan.
- d. Menghasilkan data yang menunjukkan efektivitas sistem dalam menekan angka kecelakaan
- d. Mendapatkan hasil evaluasi sistem yang menunjukkan efisiensi energi dan daya tahan.

D. Spesifikasi Hasil

Terciptanya produk yang dapat meningkatkan kinerja sistem otomatisasi dan juga dapat meningkatkan produktivitas pengguna sepeda motor dengan

menerapkan servo motor MG996R dan NodeMCU ESP32/ESP8266 dengan spesifikasi:

1. Sistem pengendalian standar yang secara otomatis menaikkan standar motor saat mesin menyala dan menurunkannya saat mesin dimatikan
2. Sistem pendeteksi kondisi mesin (On/Off) untuk mengaktifkan atau menonaktifkan mekanisme pengendalian standar motor menggunakan relay engine detection atau input dari kunci kontak tambahan
3. Sistem penggerak standar motor yang beroperasi secara otomatis menggunakan Servo motor MG966R yang memberikan mekanisme stabil dan presisi
4. Menggunakan mikrokontroler Arduino atau NodeMCU ESP32 yang dapat mengontrol seluruh sistem, mulai dari menerima data sensor hingga menggerakkan aktuator
5. Sistem Internet of Things yang menghubungkan sistem ke aplikasi smartphone untuk memonitor status dan memberikan notifikasi
6. Menggunakan aplikasi *blynk* sebagai pemberi notifikasi posisi standar motor sudah tepat atau belum tepat.

E. Signifikasi Penelitian dan Kegunaan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan dalam bidang teknologi transportasi, khususnya untuk kendaraan roda dua. Dengan mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT), penelitian ini memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan keselamatan berkendara melalui sistem pengendalian standar motor yang otomatis dengan menggunakan sensor dan internet. Adapun manfaat dari penelitian ini di antaranya:

1. Manfaat teoritis, penelitian ini memberikan kontribusi penting tentang penerapan teknologi IoT di bidang transportasi, khususnya untuk keselamatan roda dua. Hasilnya dapat menjadi referensi bagi penelitian lanjutan yang ingin mengembangkan sistem otomatisasi serupa
2. Manfaat praktis, penelitian ini dapat memberikan solusi langsung untuk mengatasi kelalaian pengendara dalam mengoperasikan standar motor, sehingga meningkatkan keselamatan dan kenyamanan berkendara
3. Manfaat sosial, penelitian ini mendukung upaya pengurangan angka kecelakaan di masyarakat sekaligus meningkatkan kesadaran akan pentingnya teknologi dalam mendukung keselamatan berkendara.

F. Asumsi dan Keterbatasan

1. Asumsi

- a. Penelitian hanya difokuskan pada sepeda motor yang bertransmisi manual
- b. Aki motor dalam kondisi baik dan mampu menyuplai daya sistem
- c. Koneksi internet tersedia dan stabil selama pengujian
- d. Servo motor terpasang dengan bracket yang sesuai, sehingga dapat menggerakkan standar tanpa hambatan.

Penelitian ini difokuskan pada pengembangan dan penerapan sistem untuk mengendalikan posisi standar motor pada kendaraan roda dua berbasis teknologi Internet of Things (IoT). Fokus utama sistem adalah deteksi posisi dan pergerakan otomatis standar motor, yang bekerja berdasarkan kondisi kendaraan, khususnya status mesin (ON/OFF). Sistem ini tidak mencakup fungsi tambahan di luar pengendalian standar motor, seperti sistem navigasi, kontrol lampu, atau manajemen kendaraan secara menyeluruh.

Penelitian ini berasumsi bahwa infrastruktur pendukung seperti koneksi listrik dari kendaraan dan jaringan Wi-Fi (jika diperlukan untuk integrasi IoT) tersedia dan dapat dimanfaatkan secara optimal dalam implementasi sistem. Selain itu, perangkat keras utama seperti servo motor MG996R, dan mikrokontroler (NodeMCU ESP32) diasumsikan tersedia dan dapat berfungsi sesuai spesifikasi teknis yang umum digunakan di lingkungan penelitian.

Data kondisi mesin kendaraan (hidup atau mati) dianggap dapat diwakili secara akurat oleh sensor yang terpasang, dan skenario pengujian sistem menggunakan kendaraan roda dua yang telah dimodifikasi secara aman sesuai kebutuhan prototipe.

Dari sisi keselamatan, penelitian ini mengasumsikan bahwa rancangan sistem tidak akan mengganggu sistem utama kendaraan atau membahayakan pengguna selama proses pengujian. Sistem juga diharapkan dapat bekerja secara otomatis, andal, dan responsif sesuai perubahan kondisi kendaraan tanpa intervensi manual dari pengendara.

2. Keterbatasan

- a. Penelitian ini memiliki ketergantungan pada sumber daya listrik, sistem ini memanfaatkan daya aki kendaraan, yang berarti performa sistem dapat terganggu jika aki lemah atau tidak dalam kondisi optimal
- b. Desain sistem yang dikembangkan dirancang untuk kendaraan roda dua dengan spesifikasi seperti motor bebek dan motor kopling berkapasitas mesin di bawah 150cc, sehingga mungkin tidak kompatibel dengan semua jenis sepeda motor
- c. Modul Internet of Things masih menjadi kendala dalam penerapan sistem ini yang akan tidak membaca dan memberikan notifikasi pada pengguna jika posisi standar sudah naik atau turun, sehingga sistem dapat terganggu jika sinyal internet buruk.

G. Definisi Istilah dan Definisi Operasional

Adapun definisi istilah dalam penelitian ini, antara lain:

1. *Servo motor MG996R* adalah aktuator elektrik yang dapat bergerak pada sudut tertentu secara presisi berdasarkan sinyal PWM dari mikrokontroler, sehingga dapat digunakan untuk menggerakkan mekanisme mekanis seperti standar samping motor
2. *Otomatisasi* adalah proses pengoperasian sistem yang dilakukan melalui perangkat atau teknologi tertentu tanpa campur tangan manusia secara langsung
3. *Internet* adalah jaringan global yang menghubungkan perangkat di seluruh dunia untuk bertukar data dari informasi
4. *Microcontroller* adalah komponen berupa chip kecil yang berfungsi sebagai otak sistem otomatisasi, mengendalikan perangkat lain berdasarkan program yang ditanamkan.
5. *Internet of Things* adalah suatu modul konsep teknologi di mana perangkat fisik dapat saling terhubung melalui internet untuk berbagi data dan menjalankan fungsi otomatis
6. *NodeMCU ESP32* merupakan modul mikrokontroler berbasis Wi-Fi yang dirancang untuk mendukung pengembangan proyek IoT dengan fitur konektivitas yang canggih

Adapun definisi operasional dalam penelitian ini, antara lain:

1. *Servo Motor MG996R* dioperasikan sebagai aktuator utama yang berfungsi menggerakkan standar samping motor secara otomatis dengan menerima sinyal perintah dari mikrokontroler
2. *Mikrokontroler* dioperasikan sebagai pusat pengendali sistem yang memproses data dari sensor dan memberikan perintah ke aktuator
3. *NodeMCU ESP32* melakukan pengoperasian mikrokontroler yang menangani konektivitas Wi-Fi untuk mendukung pengendalian sistem berbasis IoT dalam penelitian ini.