

## **BAB II**

### **KERANGKA TEORITIS**

#### **A. Landasan Teori**

##### **1. Internet of Things (IoT)**

Internet of Things (IoT) adalah hasil kemajuan teknologi internet yang memungkinkan berbagai perangkat atau benda (things) yang dimiliki terhubung dengan jaringan internet. Hal ini memungkinkan pengguna untuk mengontrol perangkat tersebut dari jarak jauh menggunakan smartphone, atau bahkan melalui perintah suara (Amane et al., 2023, p. 5). Dalam (Budiman dkk. 2021) Dengan adanya IoT, segala jenis benda yang terhubung dapat berinteraksi satu sama lain dan memberikan kemudahan serta efisiensi dalam pengoperasiannya.

Menurut Monisha Macherla Vasu (2020) dalam (Ananna & Saifuzzaman, 2024, Chapter 1), IoT adalah jaringan perangkat fisik yang terhubung melalui internet untuk mengumpulkan dan berbagi data. IoT memungkinkan integrasi sensor, aktuator, dan platform data serta mendukung pengawasan dan pengendalian perangkat secara jarak jauh.

Konsep dasar Internet of Things yaitu memanfaatkan internet untuk membangun sebuah smart system yang dapat menghubungkan dan berkomunikasi dari suatu perangkat dengan perangkat lainnya. Internet of Things dapat digunakan dalam berbagai kehidupan seperti pada rumah tangga, lingkungan perkantoran, transportasi, kesehatan, pendidikan, dan dunia industry. (Amane et al., 2023, p. 11).

Dalam konteks penelitian ini, IoT berfungsi menghubungkan perangkat ESP32, GPS, dan ESP32-CAM dengan sistem monitoring berbasis web dan Telegram, sehingga pemilik kendaraan dapat menerima notifikasi secara real-time.

##### **2. NodeMCU ESP32**

Menurut (Imran & Rasul, 2020, p. 74) menjelaskan bahwa NodeMcu ESP32 adalah mikrokontroler yang diperkenalkan oleh Espressif System yang merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Mikrokontroler ini sudah dilengkapi dengan modul WiFi dalam perangkat, sehingga sangat mendukung pengembangan sistem aplikasi berbasis IoT. (Imran & Rasul, 2020) Adapun perbedaan ESP32 dengan modul lain yaitu, ESP32 memiliki *pin out* yang lebih banyak, *pin analog* lebih banyak, memori yang lebih besar, serta dilengkapi dengan bluetooth 4.0 *low energy* dan modul wifi yang memungkinkan untuk mengaplikasikan IoT dengan mikrokontroler ESP32.

Dalam penelitian ini NodeMCU ESP32 digunakan sebagai pusat kendali dan mengolah data dari sensor GPS, mengatur logika geofencing, mengendalikan

buzzer, serta mengirim perintah ke ESP32-CAM. Kelebihan ESP32 adalah mendukung komputasi ringan, hemat daya, dan kompatibel dengan berbagai protokol IoT seperti MQTT. Berikut ini merupakan gambar dari ESP32.

Gambar 2. 1 NodeMCU ESP32

Adapun menurut (Dodi Yudo Setyawan, 2022, p. 7) dalam bukunya menjelaskan bahwa ESP32 merupakan serangkaian mikrokontroler hemat daya yang mendukung konektivitas wifi dan Bluetooth dual-mode secara terintegrasi. (Dodi Yudo Setyawan, 2022, p. 7) Mikrokontroler ini menggunakan prosesor Tensilica Xtensa LX6, dengan dukungan komponen antena internal, RF balun, penguat daya, penguat penerima kebisingan rendah, filter, dan modul manajemen daya. (Dodi Yudo Setyawan, 2022, p. 7) Mikrokontroler ESP32 ini sangat cocok digunakan dalam pengembangan sistem IoT karena kompatibel dengan Arduino IDE dan memiliki efisiensi dalam pengolahan data dan komunikasi real-time.

(Benny Hardjono et al., 2020, p. 111) menjelaskan bahwa sensor GPS berfungsi untuk menentukan posisi secara geografis di permukaan bumi dengan memanfaatkan rangkaian/modul GPS dan membutuhkan akses ke area terbuka. (Hidayat & Ardiani, 2023) menjelaskan bahwa GPS (Global Positioning System) merupakan sebuah alat atau sistem yang dapat memberikan informasi mengenai keberadaan atau lokasi seseorang yang ada di permukaan bumi dengan bantuan sinyal satelit. Sistem ini menggunakan 24 satelit yang berfungsi untuk menentukan posisi, kecepatan, arah, dan waktu. Sinyal tersebut kemudian akan diterima oleh perangkat di permukaan untuk analisis lebih lanjut dengan menggunakan metode triangulasi.



Gambar 2. 2 GPS

Sumber: (Setyawan et al., 2024)

(Musfirah Putri Lukman et al., 2024, p. 300) Menjelaskan bahwa GPS memungkinkan perangkat untuk mengetahui Lokasi dengan akurasi tinggi, yang sangat berguna dalam aplikasi navigasi kendaraan, pelacakan barang, dan sistem IoT. (Musfirah Putri Lukman et al., 2024, p. 300) Sementara itu modul GPS seperti Neo-6M sering digunakan Bersama mikrokontroler seperti Arduino atau NodeMCU untuk mengumpulkan informasi Lokasi. (Musfirah Putri Lukman et al., 2024, p. 300) Modul GPS ini menerima sinyal dari satelit dan mengubahnya menjadi data dalam format NMEA, yang diproses oleh mikrokontroler kemudian diproses dan dikirim ke aplikasi.

Modul GPS NEO-6M digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan lokasi kendaraan secara real-time. Kendala utama GPS adalah error posisi yang disebabkan oleh multipath, gangguan atmosfer, atau kondisi lingkungan (gedung tinggi, terowongan). Untuk meningkatkan akurasi, digunakan algoritma Kalman Filter.

#### 4. Geofencing

Menurut (Zhao & Kumar, 2021, p. 80) menjelaskan bahwa *geofencing* adalah metode berbasis lokasi yang digunakan oleh organisasi untuk berinteraksi dengan audiens mereka dengan mengirimkan pesan yang sesuai kepada pengguna *smartphone* yang memasuki lokasi tertentu. Menurut (Zhao & Kumar, 2021, p. 80) Beberapa perusahaan cerdas mengirimkan penawaran produk atau promosi khusus Ketika konsumen berada di lokasi seperti pusat perbelanjaan atau toko. Dengan membentuk pagar virtual menggunakan koordinat lintang dan bujur di area tertentu, *geofencing* memungkinkan sistem mendeteksi kehadiran pengguna di Lokasi tertentu dan memicu respons otomatis.



Gambar 2. 3 *geofencing* technology

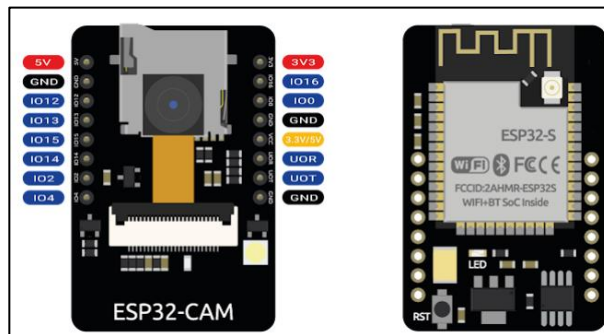
Sumber: (Zhao & Kumar, 2021, p. 80)

Menurut (Shevchenko & Reips, 2024, p. 1) *geofencing* adalah teknologi yang menggunakan geolokasi untuk menciptakan pagar virtual di sekitar Lokasi tertentu. Menurut (Shevchenko & Reips, 2024, p. 1) menjelaskan bahwa setiap kali partisipan melintas pagar virtual ini, sebuah peristiwa dapat terjadi di smartphone, seperti permintaan untuk mengisi survei. Dengan cara ini, *geofencing* memungkinkan interaksi yang lebih efektif berdasarkan Lokasi.

Menurut (Shevchenko & Reips, 2024, p. 1) teknologi *geofencing* memungkinkan penelitian yang peka terhadap lokasi dengan menetapkan batas virtual di sekitaran area geografis tertentu. Menurut (Shevchenko & Reips, 2024, p. 1) smartphone dapat mengenali Ketika seseorang memasuki atau keluar dari area tersebut, dan setiap kejadian ini dapat memicu suatu Tindakan. Tindakan yang dihasilkan tergantung pada aplikasi yang memanfaatkan *geofencing*. Penerapan geofencing pada penelitian ini dikombinasikan dengan buzzer, ESP32-CAM, dan Telegram agar sistem lebih responsif terhadap potensi pencurian.

## 5. ESP32-CAM

Menurut (Siswoyo et al., 2024, p. 1), ESP32-CAM adalah modul kamera kecil yang memiliki kemampuan untuk dapat mengambil gambar, merekam video, dan melakukan streaming video secara langsung. Menurut (Siswoyo et al., 2024, p. 1) Dengan adanya konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi, ESP32-CAM mendukung berbagai aplikasi inovatif, mulai dari kamera keamanan hingga robot berkemampuan visual. Menurut (Siswoyo et al., 2024, p. 1) modul ESP32-CAM dilengkapi dengan kamera OV2640 dengan resolusi hingga 1600x1200 piksel, ESP32-CAM juga dilengkapi dengan slot microSD untuk menyimpan gambar dan video. Berikut gambar dari ESP32-CAM.



Gambar 2. 4 ESP-32 CAM

Sumber: (Pardosi et al., 2024, p. 19)

Menurut (Pardosi et al., 2024, p. 17) ESP32-CAM adalah modul yang menggabungkan wifi dan bluetooth yang memungkinkan pengguna melakukan streaming video secara langsung melalui jaringan internet. (Pardosi et al., 2024, p. 18) Modul ini juga memiliki slot mikro sd yang memungkinkan menyimpan data gambar atau video secara lokal. (Pardosi et al., 2024, p. 18) Integrasi sensor tambahan melalui GPIO memungkinkan mengirim data secara real-time, serta kemampuan dalam penenalan objek menjadikan ESP32-CAM sangat cocok untuk aplikasi robotika. (Pardosi et al., 2024, p. 19) Meskipun memiliki keterbatasan seperti konsumsi daya tinggi dan keterbatasan resolusi kamera, ESP32-CAM tetap menjadi Solusi efisien untuk proyek IoT dan robotika karena mudah dan fleksibel.

Selain berfungsi sebagai modul kamera, ESP32-CAM pada penelitian ini juga berperan sebagai subscriber MQTT. ESP32-CAM terhubung ke broker MQTT dengan topik tertentu (motor/camera) untuk menerima perintah dari web monitoring. Ketika perintah diterima melalui MQTT, ESP32-CAM mengeksekusi fungsi kamera untuk mengambil gambar, kemudian mengirim hasil tangkapan tersebut ke pengguna melalui bot Telegram. Integrasi ini menjadikan ESP32-CAM tidak hanya bekerja secara lokal, tetapi juga terhubung penuh dalam ekosistem IoT melalui protokol MQTT.

## 6. Mobile Computing

Mobile computing merujuk pada serangkaian operasi komputasi yang memungkinkan akses informasi melalui perangkat portable, seperti notebook dan smartphone yang mendukung komunikasi, menurut Setyono & Astuti, 2013 dalam buku (Iskandar, 2024, p. 1). Saat ini, mobile computing menjadi bagian penting dalam kehidupan sehari-hari, dengan aplikasi yang beralih dari PC ke perangkat

mobile, dan memberikan peluang penelitian lebih lanjut untuk pengembangan sistem cerdas dalam menyelesaikan masalah sehari-hari (Iskandar, 2024, p. 2).

Menurut Setyono & Astuti, 2013 dalam buku (Iskandar, 2024, p. 3) Teknologi *mobile computing* untuk mendukung komunikasi menggunakan gelombang radio memiliki beberapa kelompok seperti wifi, satelit dan selular. Teknologi selular yang memiliki jangkauan yang luas, murah dan cukup menggunakan *mobile phone* untuk bisa memanfaatkan teknologi ini, membuat teknologi ini terus diminati pengguna dan paling populer.

## **7. Prototyping**

Dalam buku (Prabowo, n.d.) ada beberapa penjelasan mengenai prototyping dari beberapa sumber. Menurut (Noor Santi, 2018, dalam buku (Prabowo, n.d., p. 52)) Prototyping merupakan suatu metode pengembangan sistem yang menggunakan pendekatan untuk membuat suatu program dengan cepat dan bertahap agar segera dapat dievaluasi oleh pemakai. Adapun menurut (Purnomo, 2017 dalam buku (Prabowo, n.d., p. 52)) prototyping mewakili model produk yang akan dibangun atau mensimulasikan struktur, fungsionalitas dan operasi sistem. Prototype menggambarkan versi awal dari sistem untuk kelanjutan sistem sesungguhnya yang lebih besar.

Prototyping juga memiliki beberapa kelebihan, menurut (Mubarak & Hadijah, 2015 dalam (Prabowo, n.d., p. 55) kelebihan utama dalam prototyping yang paling utama adalah salah satu jenis metode pengembangan sistem yang sangat sifatnya sangat cepat dan dapat menghemat waktu. Adapun kelemahan prototyping yaitu, untuk menghemat waktu pengembang biasanya menggunakan Bahasa pemrograman sederhana yang rentan dari segi keamanan dan kualitas aplikasi belum teruji serta blm mencantumkan pemeliharaan jangka panjang.

## **8. Algoritma Kalman Filter**

Kalman filter merupakan algoritma yang digunakan untuk memperkirakan variabel-variabel yang tidak diketahui berdasarkan data pengamatan yang diperoleh secara berkala. Algoritma ini terbukti efektif dalam berbagai bidang aplikasi karena strukturnya yang sederhana dan kebutuhan komputasinya yang ringan, sehingga sangat cocok diterapkan pada perangkat dengan kemampuan terbatas seperti sistem berbasis IoT (P-7 Introduction and Implementations of the Kalman Filter, 2021, Introduction).

(Chen et al., 2023, p. 2) Filter Kalman (KF) digunakan sebagai metode penyaringan berulang pada sistem dinamis, baik yang bersifat stasioner maupun nonstasioner, meskipun versi lanjutannya seperti EKF dan UKF masih memiliki keterbatasan terhadap noise non-Gaussian. Untuk mengatasi hal tersebut,

dikembangkan filter Kalman adaptif (AKF) yang mampu memperbarui matriks koovarian noise secara real-time guna meningkatkan ketahanan sistem dalam kondisi gangguan yang berat.

Secara umum, Kalman filter terdiri dari dua tahap utama: prediksi dan update (korelasi). (Jwo et al., 2025, p. 4)

(1) Prediksi

Pada tahap ini, sistem memperkirakan keadaan berikutnya berdasarkan model transisi:

$$\begin{aligned}x_{(k|k-1)} &= F \cdot x_{(k-1|k-1)} + B \cdot u_k \\P_{(k|k-1)} &= F \cdot P_{(k-1|k-1)} \cdot F^T + Q\end{aligned}$$

dengan:

$x$  = state (estimasi posisi),

$P$  = kovarian error,

$F$  = matriks transisi,

$B$  = matriks kontrol,

$u$  = input kontrol,

$Q$  = kovarian noise proses.

(2) Update

Data hasil prediksi kemudian dikoreksi dengan data pengukuran sensor:

$$\begin{aligned}K_k &= \frac{P_{(k|k-1)} \cdot H^T}{H \cdot P_{(k|k-1)} \cdot H^T + R} \\x_{(k|k)} &= x_{(k|k-1)} + K_k \cdot (z_k - H \cdot x_{(k|k-1)}) \\P_{(k|k)} &= (I - K_k \cdot H) \cdot P_{(k|k-1)}\end{aligned}$$

dengan:

$K_k$  = Kalman gain,

$z_k$  = hasil pengukuran sensor,

$R$  = kovarian *noise* pengukuran,

$H$  = matriks *observasi*.

Implementasi di sistem ini menggunakan variasi sederhana dari Kalman Filter, yaitu langsung melakukan update estimasi berdasarkan data pengukuran, tanpa tahap prediksi yang kompleks. Proses ini tetap efektif karena tujuan utama penelitian adalah mengurangi deviasi koordinat GPS dan bukan memprediksi pergerakan kendaraan. Kode program yang digunakan dalam implementasi ditunjukkan sebagai berikut:

```

// ===== Variabel Kalman Filter =====
double lat_est = 0.0, lng_est = 0.0; // Estimasi lokasi
double err_est_lat = 1.0, err_est_lng = 1.0;
const double q = 0.0001; // Process noise
const double r = 0.01; // Measurement noise

// ===== Fungsi Kalman Filter =====
double kalmanUpdate(double measurement, double& estimate,
double& err_est) {
    double k_gain = err_est / (err_est + r);
    estimate += k_gain * (measurement - estimate);
    err_est = (1.0 - k_gain) * err_est + fabs(estimate - measurement) * q;
    return estimate; }

```

Fungsi kalmanUpdate di atas melakukan langkah-langkah berikut:

- (1) Menghitung Kalman Gain ( $k_{\text{gain}}$ ) untuk menimbang seberapa besar pengaruh data sensor baru dibandingkan estimasi sebelumnya.
- (2) Meng-update estimasi posisi (estimate) dengan memperhitungkan selisih antara pengukuran sensor (measurement) dan estimasi sebelumnya.
- (3) Meng-update error kovarian (err\_est) agar sistem dapat menyesuaikan tingkat ketidakpastian estimasi pada iterasi berikutnya.

Dengan mekanisme ini, koordinat latitude dan longitude yang semula berfluktuasi akan lebih stabil. Hasil penerapan Kalman Filter kemudian diuji menggunakan perhitungan Root Mean Square Error (RMSE) untuk mengukur peningkatan akurasi dibandingkan data GPS mentah.

## 9. JavaScript

(Irvan, 2023, p. 2) JavaScript merupakan bahasa pemrograman berjenis interpreter atau bahasa scripting yang dikembangkan berdasarkan standar ECMAScript. Secara umum, terdapat dua cara eksekusi bahasa pemrograman, yaitu compiled (dikompilasi) dan interpreted (diinterpretasi). Bahasa yang dikompilasi akan diproses oleh compiler untuk menerjemahkan seluruh kode menjadi bentuk yang dapat dipahami komputer, lalu hasil kompilasi itulah yang dijalankan. Jika terdapat perubahan, program harus dikompilasi ulang sebelum dijalankan. Sementara itu, bahasa yang diinterpretasi akan langsung menerjemahkan dan mengeksekusi perintah baris demi baris saat program dijalankan.



(Irvan, 2023, p. 2) Untuk menguji program, pengembang hanya memerlukan browser tanpa harus menginstal server environment, mengunggah file, ataupun melakukan proses kompilasi. Sintaks JavaScript memiliki kemiripan dengan bahasa C, walaupun konvensinya dipengaruhi oleh bahasa Java. Namun, perlu ditegaskan bahwa Java dan JavaScript berbeda baik dari sisi tujuan maupun semantiknya. Jika HTML berfungsi untuk mengatur tampilan atau format konten (seperti membuat teks tebal atau tombol), maka JavaScript berperan dalam menambahkan interaktivitas, misalnya menampilkan pesan ketika tombol ditekan atau mengubah teks secara dinamis.

#### **10. Cascading Style Sheets (CSS)**

(H. S. Wibowo, 2023, p. 8) Cascading Style Sheets (CSS) berfungsi untuk memperindah tampilan halaman web. CSS menyediakan berbagai properti dan nilai yang bisa digunakan dalam desain. Properti adalah karakteristik elemen HTML yang diubah tampilannya, seperti color untuk warna teks, background-color untuk warna latar belakang, dan font-size untuk ukuran huruf. Sementara itu, nilai merupakan parameter yang diberikan pada properti, misalnya warna red, blue, green, atau menggunakan kode hexadecimal seperti #000000.

(Rohman, 2024, p. 145) CSS digunakan untuk mengatur tata letak elemen web. Melalui CSS, pengembang dapat menata posisi dan susunan elemen-elemen HTML di halaman web. Beberapa properti yang umum digunakan dalam pengaturan tata letak antara lain float, position, flexbox, dan grid, yang membantu menciptakan tampilan lebih rapi dan terstruktur.

(Zen & Saragih, 2024, p. 19) CSS dapat digunakan untuk memperindah halaman website melalui pengaturan ukuran, warna, gambar, font, maupun elemen visual lainnya. CSS dibagi menjadi tiga jenis berdasarkan fungsinya, yaitu:

- (1) Inline Style CSS, yaitu kode yang ditulis langsung di dalam elemen HTML menggunakan atribut atau tag <style>.
- (2) internal CSS, yaitu kode CSS yang ditempatkan pada bagian <head> dalam file HTML.
- (3) Eksternal CSS, yaitu kode CSS yang disimpan pada file terpisah dengan ekstensi .css dan dipanggil ke dalam dokumen HTML.

#### **11. Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)**

(Caniago et al., 2024, pp. 58–59) Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) merupakan protokol komunikasi yang pertama kali diperkenalkan oleh IBM pada tahun 1999 dengan tujuan menghubungkan perangkat tertanam (embedded devices) ke dalam jaringan. MQTT kemudian menjadi standar protokol pengiriman pesan OASIS untuk mendukung Internet of Things (IoT). Protokol ini

dirancang dengan sifat yang ringan, efisien, serta mampu beroperasi pada koneksi dengan bandwidth rendah maupun kondisi jaringan yang tidak stabil. Karena kelebihanannya tersebut, MQTT banyak digunakan pada berbagai industri seperti otomotif, manufaktur, telekomunikasi, hingga energi dan migas.

(Caniago et al ., 2024, pp. 58–59) MQTT menggunakan model komunikasi publish–subscribe, di mana perangkat dapat berperan sebagai publisher (pengirim pesan) maupun subscriber (penerima pesan). Publisher umumnya berupa perangkat yang terhubung dengan sensor, sedangkan subscriber bisa berupa aplikasi atau perangkat lain yang menerima data dari publisher. Proses pertukaran data ini difasilitasi oleh broker yang berfungsi menangani semua data publish dan subscribe dari berbagai perangkat. Broker MQTT dapat diibaratkan sebagai server dengan alamat IP tertentu. Contoh broker yang umum digunakan antara lain Mosquitto, HiveMQ, dan Mosca.

MQTT banyak digunakan dalam aplikasi IoT karena efisien, dapat berjalan pada bandwidth rendah, dan tetap stabil pada jaringan yang tidak selalu konsisten. Dalam model MQTT terdapat tiga komponen utama:

- (a) Publisher: perangkat yang mengirim pesan ke broker pada topik tertentu.
- (b) Subscriber: perangkat yang berlangganan (subscribe) pada topik sehingga bisa menerima pesan dari broker.
- (c) Broker: server yang mengatur distribusi pesan antara publisher dan subscriber.

Penerapan pada penelitian ini ESP32 bertindak sebagai publisher, mengirimkan data lokasi GPS, status geofencing, serta perintah untuk menyalakan alarm atau memicu kamera, ESP32-CAM bertindak sebagai subscriber, yang terhubung ke topik motor/camera. Saat menerima perintah trigger melalui MQTT, ESP32-CAM mengambil gambar dan mengirimkannya ke pengguna lewat bot Telegram, dan Web monitoring juga terhubung dengan broker MQTT sebagai publisher (mengirim perintah ke ESP32 atau ESP32-CAM) sekaligus subscriber (menerima data lokasi dan status kendaraan untuk ditampilkan ke dashboard).

Dengan mekanisme ini, semua perangkat dalam sistem IoT dapat saling berkomunikasi secara real-time melalui broker MQTT, sehingga sistem lebih responsif dan dapat diakses dari berbagai platform.

## **B. Tinjauan Studi**

Penelitian ini mengacu pada penelitian sebelumnya, antara lain:

- (1) Penelitian dilakukan oleh (Ramadhan Ardiansyah & Bachri, 2022) dengan judul "Rancang Bangun Sistem Keamanan Dan Pengendali Jarak Jauh Sepeda Motor Menggunakan Android Berbasis NodeMCU ESP32 dan GPS".**

Berdasarkan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa sistem keamanan efektif dalam mengurangi risiko pencurian sepeda motor. Sistem ini menggabungkan perangkat keras dan perangkat lunak, mengirimkan peringatan melalui aplikasi *Blynk* saat terjadi getaran paksa. Pengguna dapat menghidupkan atau mematikan mesin dari jarak jauh menggunakan aplikasi tersebut. Dengan sensor GPS Neo6mv2, sistem dapat melacak lokasi sepeda motor secara *real-time* dengan akurasi sekitar 8,31 meter. Penelitian ini menunjukkan potensi teknologi IoT dalam meningkatkan keamanan kendaraan.

**(2) Penelitian dilakukan oleh (Wahyudi dkk., 2023) dengan judul "Deteksi Lokasi Kendaraan Menggunakan GPS dan GSM Berbasis Mikrokontroler".**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa sistem deteksi lokasi kendaraan ini efektif dalam mengatasi masalah pencurian kendaraan. Sistem ini memanfaatkan teknologi GPS untuk menentukan posisi kendaraan dan teknologi GSM untuk mengirimkan informasi lokasi ke *smartphone* pengguna melalui jaringan internet. Dalam penelitian ini, data lokasi yang diperoleh dari modul GPS dikirimkan oleh mikrokontroler melalui jaringan GSM dan disimpan dalam database untuk ditampilkan melalui antarmuka berbasis *web*. Uji coba menunjukkan bahwa informasi lokasi dapat diperoleh dengan baik menggunakan mikrokontroler ESP32 dan ESP8266, dengan respons yang cepat dan akurasi yang memadai. Sistem ini dapat membantu pengguna dalam memantau dan mengetahui lokasi kendaraan mereka secara *real-time*.

**(3) Penelitian dilakukan oleh (Edham dkk., 2024) dengan judul "GPS and GSM-Based Vehicle Tracking System".**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa sistem pelacakan kendaraan *real-time* yang dikembangkan menggunakan Arduino Uno R3, modul GPS Neo-6m, dan modul GSM SIM900A, memungkinkan pengguna untuk memantau lokasi kendaraan secara akurat. Sistem ini mengintegrasikan data dari GPS untuk menentukan koordinat lokasi kendaraan dan menggunakan GSM untuk mengirimkan data tersebut ke server atau perangkat pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini dapat memberikan informasi lokasi dengan akurasi yang baik, dengan jarak deviasi rata-rata yang berkisar antara 1 hingga 20 meter tergantung pada lokasi pengujian. Selain itu, sistem ini juga menunjukkan kemampuan untuk mengirimkan data lokasi secara *real-time*, yang sangat berguna dalam manajemen armada kendaraan dan keamanan.

**(4) Penelitian dilakukan oleh (Maldini, 2022) dengan judul "Rancang Bangun Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor Roda Dua Berbasis Internet of Things dengan Modul NodeMCU ESP8266 V3 dan ESP32-CAM".**

penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa sistem keamanan ini efektif dalam melindungi kendaraan dari pencurian. Sistem menggunakan mikrokontroler NodeMCU, modul GPS, sensor getar, dan ESP32-CAM untuk mengambil gambar pelaku pencurian. Data lokasi dikirim dan ditampilkan melalui aplikasi Blynk di smartphone pemilik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat berkomunikasi melalui internet tanpa batasan jarak, memberikan notifikasi saat mendeteksi getaran, dan memungkinkan pemilik menonaktifkan kontak kendaraan.

- (5) **Penelitian oleh Hidayat dan (Hidayat & Ardiani, 2023) berjudul "Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor Berbasis IoT dan Web dengan Fitur Pelacakan GPS dan Pemutusan Aliran Listrik Secara Otomatis"** meninjau penggunaan teknologi Internet of Things (IoT) dan perangkat GPS untuk meningkatkan keamanan sepeda motor. Sistem ini dirancang untuk memantau keberadaan kendaraan secara *real-time* dan dapat mematikan mesin kendaraan dari jarak jauh. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perangkat dapat melacak kendaraan dengan tingkat keberhasilan 80%. Waktu respon dalam menerima data satelit berkisar antara 1-5 detik, sedangkan waktu respon untuk mematikan kendaraan adalah sekitar 5-10 detik. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi angka pencurian kendaraan dengan menerapkan sistem keamanan yang lebih efektif dibandingkan dengan kunci pengaman konvensional.
- (6) **Penelitian dilakukan oleh Abram (Jabastian dkk., 2023) dengan judul "Monitoring Anti Maling Sepeda Motor Menggunakan IoT Berbasis NodeMCU"**. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pemantauan sepeda motor yang ada masih kurang efektif, sehingga diperlukan sistem pemantauan anti maling berbasis IoT. Sistem ini menggunakan NodeMCU dan sensor HC-SR04 untuk mendeteksi objek. Data dikirimkan ke aplikasi *Blynk* melalui WiFi, memberikan notifikasi *real-time* kepada pemilik. Meskipun hanya dapat mendeteksi objek dekat, sistem ini meningkatkan rasa aman bagi pemilik sepeda motor.
- (7) **Penelitian dilakukan oleh (Oladimeji dkk., 2023) dengan judul "Smart Transportation: An Overview of Technologies and Applications"**. Dalam penelitian ini, disimpulkan bahwa IoT telah merevolusi sistem transportasi cerdas dengan meningkatkan efisiensi dan keselamatan melalui manajemen lalu lintas dan sistem parkir yang lebih baik. Namun, tantangan seperti privasi data dan interoperabilitas perangkat IoT masih perlu diatasi. Metodologi penelitian mencakup penyaringan 103 artikel dari database besar, menunjukkan potensi

besar aplikasi transportasi cerdas untuk menciptakan sistem yang lebih responsif dan berkelanjutan dalam menghadapi urbanisasi.

**(8) Penelitian dilakukan oleh (Sai & Lokanadha Manikanta, 2023) dengan judul "IoT Based Smart Embedded System for Vehicle Safety and Driver Security".**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan keselamatan kendaraan dan keamanan pengemudi melalui pemantauan *real-time*. Sistem ini menggunakan berbagai sensor, termasuk sensor ultrasonik untuk menghindari tabrakan, sensor IR untuk mendeteksi mengantuk, dan sensor alkohol untuk memastikan pengemudi tidak dalam keadaan mabuk. Semua sensor terintegrasi dengan mikrokontroler Arduino yang mengirimkan data ke *server* IoT untuk pemantauan dan respons dalam situasi darurat. Dengan desain ini, sistem dapat secara otomatis memperlambat kendaraan bila terdeteksi adanya kondisi berbahaya. Pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan peringatan tepat waktu dan meningkatkan keselamatan berkendara secara signifikan.

**(9) Penelitian dilakukan oleh (Moumen dkk., 2023) dengan judul "Real-time GPS Tracking System for IoT-Enabled Connected Vehicles".**

Berdasarkan penelitian ini, sistem pelacakan GPS *real-time* yang menggunakan Arduino Uno R3, SIM800L, dan NEO6M GPS terbukti efektif untuk jaringan kendaraan terhubung. Sistem memungkinkan pengguna memantau data GPS melalui antarmuka *web*, dengan Node.js dan Firebase untuk komunikasi dan penyimpanan data. Hasil pengujian menunjukkan akurasi dalam pelacakan lokasi dan aplikasi dalam manajemen lalu lintas serta pengurangan emisi armada, menjadikannya platform yang efisien untuk pelacakan kendaraan.

**(10) Penelitian dilakukan oleh (Setyawan dkk., 2024) dengan judul "Rancang Bangun Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis Internet Of Things".**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa sistem keamanan sepeda motor yang dirancang mampu mengatasi masalah pencurian motor yang semakin meningkat, terutama di Madura. Sistem ini menggunakan modul GPS untuk mendeteksi lokasi sepeda motor dan NodeMCU sebagai penghubung antara perangkat dan aplikasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki akurasi jarak rata-rata 10.37 meter.

**(11) Penelitian dilakukan oleh (Trisianto, 2020) dengan judul "Penerapan Metode Kalman Filter untuk Sistem Penjemputan Anak Sekolah Berbasis Mikrokontroler".**

Berdasarkan penelitian ini, sistem memanfaatkan Bluetooth HM-10, GPS, dan Arduino Mega 2560 untuk mengirim data lokasi anak secara *real-time* kepada penjemput. Penerapan metode Kalman Filter terbukti mampu

meminimalisir error pengukuran jarak maupun koordinat latitude dibandingkan tanpa filter, dengan tingkat error kurang dari 0,1%. Kontribusi penelitian ini bagi skripsi adalah menunjukkan efektivitas Kalman Filter dalam meningkatkan akurasi data GPS dan meminimalkan error, sehingga dapat diterapkan pada sistem pelacakan kendaraan bermotor berbasis IoT.

Namun, penelitian ini mengembangkan sistem dengan mengintegrasikan GPS, *geofencing*, kamera, dan alarm. Kombinasi fitur ini tidak hanya mendeteksi pergerakan kendaraan tetapi juga memicu alarm dan mengirimkan gambar melalui Telegram ke pemilik kendaraan, sehingga memungkinkan respon cepat. Inovasi ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas sistem keamanan kendaraan secara lebih optimal. Berikut ini merupakan Tabel 2.1 jurnal rujukan dari penelitian sebelumnya.

Tabel 2. 1 Jurnal Rujukan

No	Peneliti	Judul	Jurnal	Kontribusi
1	(Romadlon Ardliyansyah & Bachri, 2022)	Rancang Bangun Sistem Keamanan Dan Pengendalian Jarak Jauh Sepeda Motor Menggunakan Android Berbasis NodeMCU ESP32 dan GPS	FORTECH, Forum Pendidikan tinggi Teknik Elektro Indonesia Regional VII <a href="https://journal.fortei7.org/index.php/fortech/article/view/343">https://journal.fortei7.org/index.php/fortech/article/view/343</a>	Penggunaan modul GPS dan NodeMCU ESP32.
2	(Wahyudi et al., 2023)	Deteksi Lokasi Kendaraan Menggunakan GPS dan GSM Berbasis Mikrokontroler	Program Administrasi Server dan Jaringan Komputer. Akademi Komunikasi Negeri Putra Sang Fajar Blitar. <a href="https://journal.akb.ac.id/index.php/jami/article/view/143">https://journal.akb.ac.id/index.php/jami/article/view/143</a>	Kontribusi penelitian ini yaitu penggunaan modul GSM untuk mengirim informasi ke server.
3	(Edham et al., 2024)	GPS and GSM-Based Vehicle Tracking System	Department of Electrical Engineering Technology, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, 84600, Pagoh, Johor, MALAYSIA <a href="https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/peat/article/view/14763">https://publisher.uthm.edu.my/periodicals/index.php/peat/article/view/14763</a>	Kontribusi dari penelitian ini yaitu referensi penggunaan GPS.

No	Peneliti	Judul	Jurnal	Kontribusi
4	(Maldini, 2022)	Rancang Bangun Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor Roda Dua Berbasis Internet of Things dengan Modul NodeMCU ESP8266 V3 dan ESP32-CAM	Rekayasa dan Teknologi Elektro <a href="https://electrician.unila.ac.id/index.php/ojs/article/view/2291">https://electrician.unila.ac.id/index.php/ojs/article/view/2291</a>	Referensi penggunaan ESP-32CAM dan pemantauan secara <i>real-time</i> .
5	(Hidayat & Ardiani, 2023)	Sistem Keamanan Kendaraan Bermotor Berbasis IoT dan Web dengan Fitur Pelacakan GPS dan Pemutusan Aliran Listrik Secara Otomatis	Jurnal Sistem Komputer dan Informatika (JSON) <a href="https://www.researchgate.net/publication/382629308_Sistem_Keamanan_Kendaraan_Bermotor_Berbasis_IoT_dan_Web_dengan_Fitur_Pelacakan_GPS_dan_Pemutusan_Aliran_Listrik_Secara_Otomatis">https://www.researchgate.net/publication/382629308_Sistem_Keamanan_Kendaraan_Bermotor_Berbasis_IoT_dan_Web_dengan_Fitur_Pelacakan_GPS_dan_Pemutusan_Aliran_Listrik_Secara_Otomatis</a>	Penggunaan tampilan UX dengan website.
6	(Jabastian et al., 2023)	Monitoring Anti Maling Sepeda Motor Menggunakan IoT Berbasis NodeMCU	Jurnal Sistem Komputer TGD <a href="https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom/article/view/7045">https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom/article/view/7045</a>	penggunaan buzzer atau alarm.
7	(Oladimeji et al., 2023)	Smart Transportation: An Overview of Technologies and Applications	Department of Computer Science, Sam Houston State University, Huntsville, AL 77340, USA School of Computer Science, Columbus State University, Columbus, GA 31907, USA <a href="https://www.mdpi.com/1424-8220/23/8/3880">https://www.mdpi.com/1424-8220/23/8/3880</a>	pentingnya iot di era digital.
8	(Sai & Lokanadhama nikanta, 2023)	IoT Based Smart Embedded System For Vehicle Safety and Driver Security	Journal of Engineering Sciences <a href="https://jespublication.mlsoft.in/upload/2023-V14I4011.pdf">https://jespublication.mlsoft.in/upload/2023-V14I4011.pdf</a>	penerapan iot dalam keamanan berkendara.

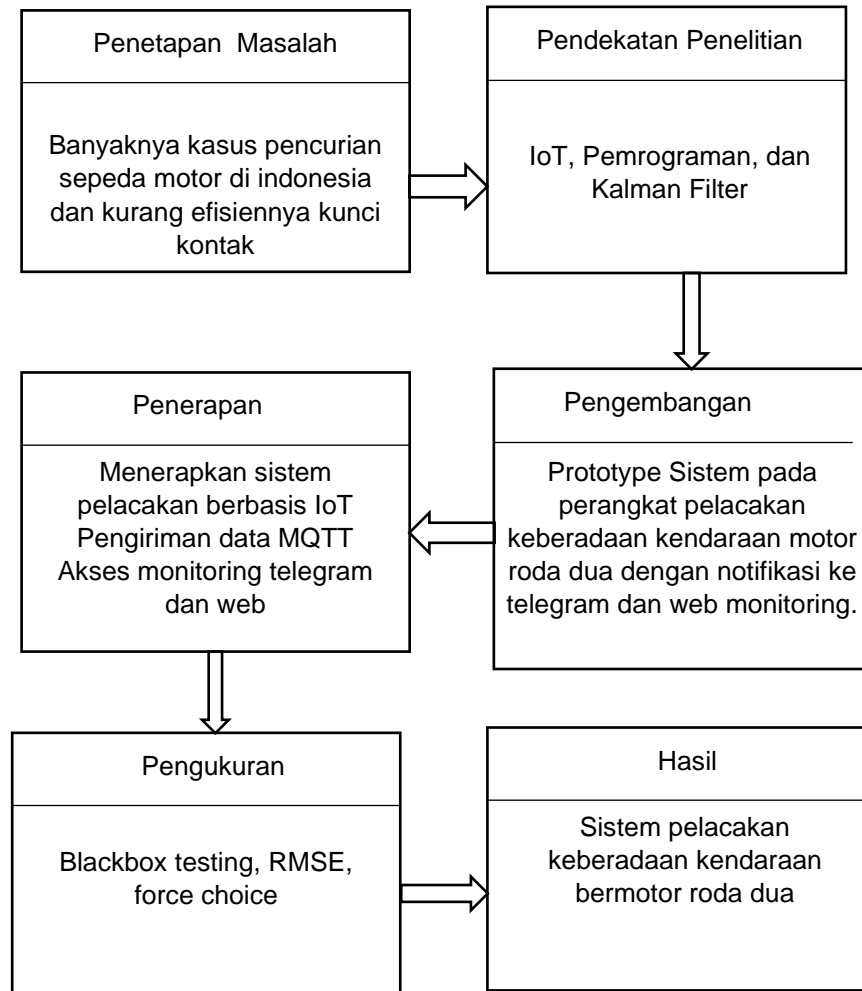
No	Peneliti	Judul	Jurnal	Kontribusi
9	(Moumen et al., 2023)	<i>Real-time</i> GPS Tracking System for IoT-Enabled Connected Vehicles	E3S Web Conf. Volume 412, 2023 International Conference on Innovation in Modern Applied Science, Environment, Energy and Earth Studies (ICIES'11 2023) <a href="https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2023/49/e3sconf_icies2023_01095/e3sconf_icies2023_01095.html">https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2023/49/e3sconf_icies2023_01095/e3sconf_icies2023_01095.html</a>	keefektifan pelacakan GPS menggunakan NEO6M.
10	(Setyawan et al., 2024)	Rancang Bangun Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis Internet of Things	Techno Bahari, Maret 2024 <a href="https://www.jurnal.polteknologi.ac.id/index.php/technobahari/article/view/139">https://www.jurnal.polteknologi.ac.id/index.php/technobahari/article/view/139</a>	Referensi teori dasar mengenai GPS.
11	(Trisianto, 2020)	Penerapan Metode Kalman Filter untuk Sistem penjemputan Anak Sekolah Berbasis Mikrokontroler	Jurnal Sistem Cerdas dan Rekayasa (JSCR), Oktober 2020 <a href="https://ojs.widyakartika.ac.id/index.php/jscr/article/view/176/164">https://ojs.widyakartika.ac.id/index.php/jscr/article/view/176/164</a>	Penerapan Kalman Filter untuk meningkatkan akurasi data GPS.

Berdasarkan tinjauan terhadap jurnal yang telah dikaji, terdapat beberapa persamaan yang menjadi dasar dalam pengembangan sistem pelacakan kendaraan roda dua berbasis IoT. Adapun pembeda dari penelitian sebelumnya yaitu integrasi beberapa fitur tambahan dalam satu sistem seperti kamera, alarm, dan geofencing untuk menetapkan zona aman. Penelitian ini juga memanfaatkan algoritma Kalman filter untuk meningkatkan akurasi pelacakan GPS.



### C. Kerangka Berpikir

Penelitian ini mengintegrasikan IoT, GPS, *geofencing*, kamera, alarm, mobile computing, dan Telegram API untuk menciptakan sistem keamanan sepeda motor.



Gambar 2. 5 Kerangka Berpikir

- (1) **Penetapan Masalah**; Mengidentifikasi permasalahan utama berupa banyaknya kasus pencurian sepeda motor di Indonesia dan kurang efisiennya penggunaan kunci kontak konvensional.
- (2) **Pendekatan Penelitian**; Menggunakan pendekatan teori IoT, GPS, geofencing, ESP32, ESP32-CAM, serta komunikasi MQTT. Algoritma Kalman Filter digunakan untuk menyaring data GPS sehingga menghasilkan koordinat yang lebih akurat.
- (3) **Pengembangan**; mengembangkan prototipe sistem menggunakan ESP32 sebagai pusat kendali (mikrokontroler), modul GPS NEO-6M untuk pelacakan lokasi, ESP32-CAM untuk mengambil gambar, buzzer untuk alarm, serta integrasi dengan aplikasi Telegram dan web monitoring.

- (4) Penerapan; Mengimplementasikan sistem dengan menerapkan teknologi Internet of Things (IoT) pada sepeda motor menggunakan bahasa pemrograman seperti JavaScript, HTML, dan css. Data pelacakan kendaraan dikumpulkan dan dikirimkan melalui mqtt untuk ditampilkan dalam aplikasi/web. Dengan penerapan ini, pengguna dapat memantau kendaraan melalui aplikasi atau antarmuka web.
- (5) Pengukuran; mengevaluasi sistem dengan menggunakan metode Root Mean Square Error (RMSE) untuk mengukur akurasi data gps, melakukan pengujian fungsional, uji ahli, serta uji prngguna untuk menilai efektivitas dan kemudahan pengguna sistem.
- (6) Hasil; sistem keamanan kendaraan roda dua berbasis IoT yang dikembangkan mampu memberikan notifikasi real-time, mendeteksi kendaraan saat keluar dari zona aman (geofencing), menyediakan bukti visual melalui kamera, dan secara keseluruhan meningkatkan keamanan kendaraan.

#### **D. Hipotesis**

IoT telah berkembang pesat dalam berbagai bidang, termasuk keamanan dan pelacakan kendaraan, dengan memungkinkan perangkat saling terhubung dan berbagi data secara *real-time*. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan IoT dalam sistem keamanan kendaraan dapat meningkatkan efektivitas pemantauan lokasi dan mempercepat respons terhadap ancaman pencurian. Dalam penelitian ini, IoT diterapkan untuk mengintegrasikan sistem pelacakan kendaraan dengan fitur *geofencing*, kamera, alarm, berbasis web guna meningkatkan keamanan kendaraan bermotor. Berdasarkan pemahaman konsep diatas, maka hipotesis penelitian **Penerapan Internet of Things (IoT) Untuk Pelacakan Keberadaan Kendaraan Bermotor Roda Dua** ini diduga dapat meningkatkan akurasi pemantauan serta mempercepat respons pengguna terhadap potensi pencurian.

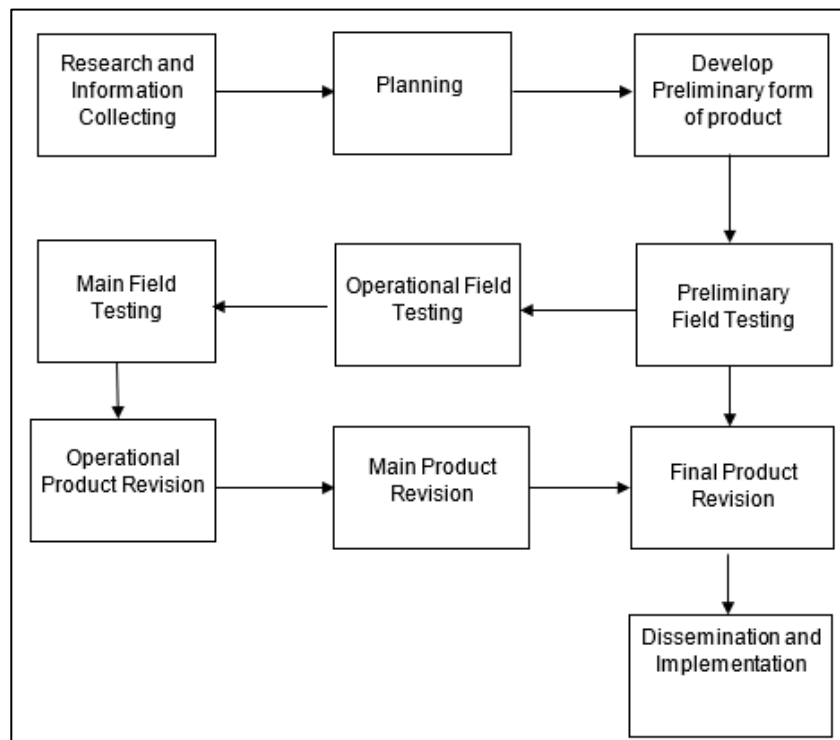
### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN

### A. Metode Penelitian & Pengembangan

Pengertian Research and Development (R&D) yaitu metode penelitian yang digunakan untuk meneliti produk baru dan menguji keefektifan produk tersebut. (Sugiyono, 2020, p. 297). Dalam prosesnya, penelitian ini diawali dengan analisis kebutuhan untuk merancang produk, kemudian dilanjutkan dengan tahapan pengujian agar produk yang dikembangkan dapat berfungsi dan diterima oleh Masyarakat (Sugiyono, 2020, p. 297). Metode ini merupakan metode penelitian yang bersifat longitudinal atau bertahap, bahkan dapat berlangsung dalam jangka waktu yang panjang, tergantung kompleksitas dan cakupan produk yang dikembangkan (Sugiyono, 2020, p. 297).

Tahapan model pengembangan menurut Borg & Gall (1983) dalam (Waruwu, 2024, p. 1224) meliputi beberapa tahap yaitu : Research and Information Collecting, Planning, Develop preliminary form of product, Preliminary field testing, main product revision, main field testing, operational product revision, operational field testing, final product revision, dissemination and implementation. Gambar 3.1 menggambarkan tahapan pengembangan R&D.



Gambar 3. 1 Tahap Pengembangan R&D

Adapun langkah dalam penelitian ini dengan 3 metode yaitu:

- (a) Metode Deskriptif, metode ini memuat langkah dari tahap 1 dan 2 sebagai berikut:
  - (1) Research and Information Collecting, Mengidentifikasi dan mengumpulkan data dari literatur, studi terkait, dan observasi lapangan mengenai sistem pelacakan kendaraan berbasis IoT.
  - (2) Planning, Merancang sistem keamanan kendaraan yang terintegrasi dengan modul NodeMCU ESP32, GPS, *geofencing*, ESP32-CAM, dan aplikasi Telegram untuk notifikasi.
- (b) Metode Evaluatif, metode ini memuat langkah dari tahapan 3, sampai dengan 7 sebagai berikut:
  - (3) Develop Preliminary Form of Product, Membangun prototipe awal sistem keamanan kendaraan berbasis IoT, mencakup pengaturan modul GPS untuk pelacakan, pengintegrasian ESP32-CAM untuk pengambilan gambar, dan pengaturan notifikasi melalui Telegram.
  - (4) Preliminary Field Testing, Menguji prototipe awal pada skala kecil, yaitu sepeda motor dalam lingkungan terbatas, untuk mengidentifikasi kelemahan sistem.
  - (5) Main Product Revision, Melakukan perbaikan pada sistem berdasarkan hasil pengujian awal, termasuk meningkatkan responsivitas GPS dan pengaturan zona aman *geofencing*.
  - (6) Main Field Testing, Menguji prototipe di lingkungan operasional nyata, seperti area publik atau lokasi tertentu, untuk mengukur efisiensi dan efektivitas sistem.
  - (7) Operational Product Revision, Melakukan penyempurnaan akhir sistem berdasarkan hasil pengujian lapangan, termasuk peningkatan fitur alarm, dan pengiriman gambar melalui Telegram.
- (c) Metode Eksperimental, metode ini memuat langkah dari tahapan 8 sampai dengan 10 sebagai berikut:
  - (8) Final Product Revision, Menyempurnakan sistem menjadi versi final yang siap digunakan.
  - (9) Operational Field Testing, Mengaplikasikan produk dalam skala lebih luas untuk mengukur efektivitas dan efisiensi sistem secara komprehensif.
  - (10) Dissemination and Implementation, Mengimplementasikan sistem secara luas, mendokumentasikan hasil, dan menyediakan panduan penggunaan untuk pengguna akhir.

## B. Model yang diusulkan

Penelitian ini terdapat tiga model yang digunakan, yaitu model teoritis, model konseptual, dan model prosedural.

### 1. Model Kalman Filter

Model teoritis dalam penelitian ini yaitu algoritma Kalman filter yang digunakan untuk memperkirakan kondisi sistem dinamis dari ruang keadaan (state-space) berdasarkan data pengukuran yang mengandung noise. Berdasarkan buku (Felix Govaers, n.d., p. 7) *Introduction and Implementations of the Kalman Filter*, algoritma ini menjelaskan mengenai perkembangan keadaan dari waktu ke waktu. Kalman filter berjalan dalam dua tahap, yaitu tahap prediksi (prediction) dan tahap koreksi (update). Formulasi umum dari Kalman filter tertera di bab II.

Dalam penelitian ini, Kalman filter digunakan untuk menyaring data gps neo-6m yang sering mengalami perubahan posisi yang tidak stabil dan error. Dengan Kalman filter, data posisi kendaraan menjadi lebih akurat, sehingga sistem pelacakan kendaraan berbasis iot dapat berjalan dengan lebih optimal. Berikut ini merupakan Pseudocode dan flowchart dari sistem IoT yang dikembangkan dengan model Kalman Filter.

Pseudocode
<pre>Start Inisialisasi Modul GPS Inisialisasi ESP32 dan ESP32-CAM Inisialisasi Buzzer Inisialisasi Koneksi Wi-Fi dan MQTT Inisialisasi Bot Telegram  While True:     // Step 1: Input Data     lat_raw, lon_raw = BacaDataGPS()      // Step 2: Kalman Filter - Prediksi     state_prediksi = F * state_sebelumnya     cov_prediksi = F * cov_sebelumnya * F^T + Q      // Step 3: Kalman Filter - Update     z = [lat_raw, lon_raw]     y = z - (H * state_prediksi)     K = cov_prediksi * H^T * inverse(H * cov_prediksi * H^T + R)     state = state_prediksi + K * y     cov = (I - K * H) * cov_prediksi     lat_filter, lon_filter = state[0], state[1]      // Step 4: Geofencing     jarak = HitungJarak(lat_filter, lon_filter, pusat_zona_aman)     If (jarak &gt; radius_zona_aman) Then         Status = "Bahaya"         AktifkanBuzzer()</pre>

```

Foto = AmbilGambar(ESP32-CAM)
KirimNotifikasiTelegram(Status, lat_filter, lon_filter, Foto)
Else
    Status = "Aman"

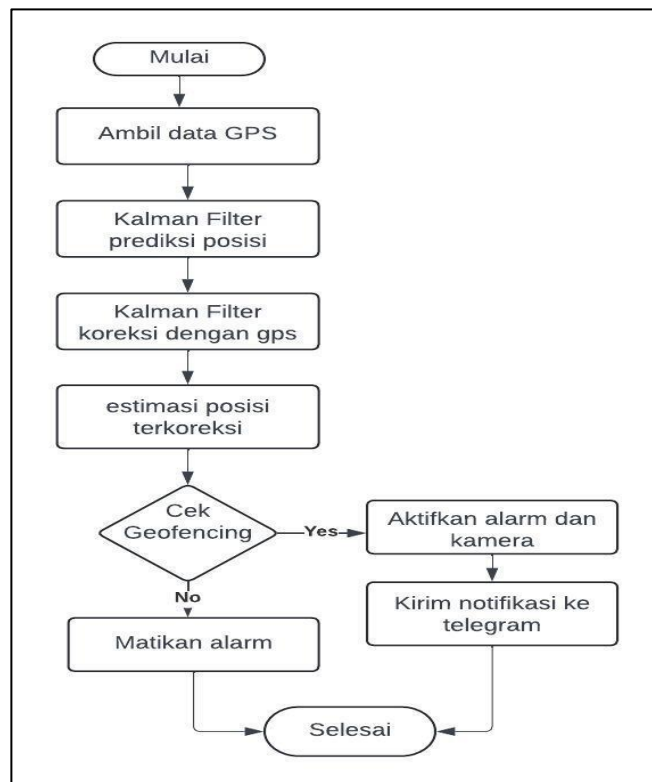
// Step 5: Simpan Data
SimpanKeWeb(lat_filter, lon_filter, Status, Timestamp())

Delay(1000) // jeda 1 detik
EndWhile

```

End

Gambar 3. 2 pseudocode



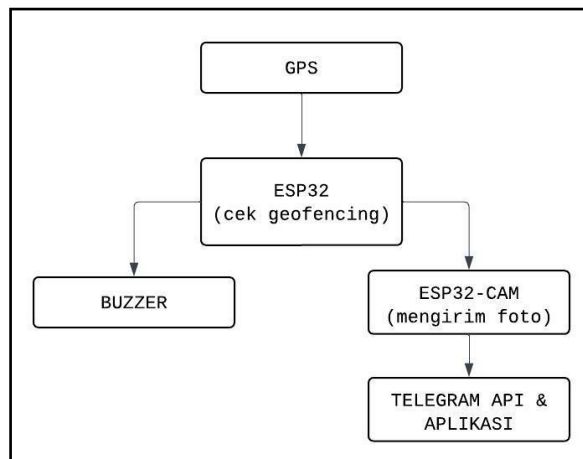
Gambar 3. 3 flowchart

Adapun penjelasan dari gambar diatas yaitu:

- (1) Sistem mengambil data dari gps
- (2) Kalman filter: menginput data mentah gps lalu menghasilkan output berupa posisi terkoreksi dengan noise tersaring.
- (3) *Geofencing* menghitung jarak Euclidean antara posisi motor dan titik zona aman. Jika jarak lebih dari radius, maka alarm dan kamera akan menyala, lalu sistem akan mengirimkan notifikasi ke telegram.

## 2. Model Konseptual Arsitektur System

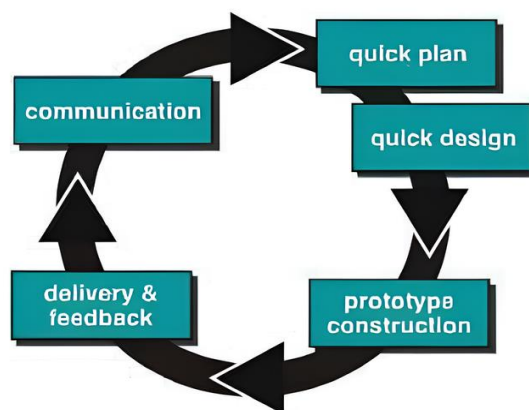
Model konseptual arsitektur sistem adalah representasi abstrak yang menggambarkan hubungan antar komponen dalam sistem sebelum implementasi teknis yang dilakukan. Pada sistem pelacakan kendaraan berbasis IoT, model ini menjelaskan bagaimana sensor, jaringan, server, dan antarmuka pengguna berinteraksi dalam proses pelacakan kendaraan motor secara *real-time* untuk meningkatkan keamanan. Model arsitektur sistem pelacakan kendaraan berbasis IoT terdiri dari beberapa komponen utama yang saling berhubungan dan mendukung fungsi sistem. Berikut diagram alur dari model ini.



Gambar 3. 4 Diagram alur dari Arsitektur Sistem

## 3. Model Prosedural

Model prosedural dalam penelitian ini mengacu pada metode prototyping. Dasar pemikirannya adalah membuat prototipe secepat mungkin lalu memperoleh umpan balik dari pengguna yang akan memungkinkan prototipe tersebut diperbaiki kembali dengan sangat cepat. Berikut Gambar 3.5 tahapan dari prototyping.



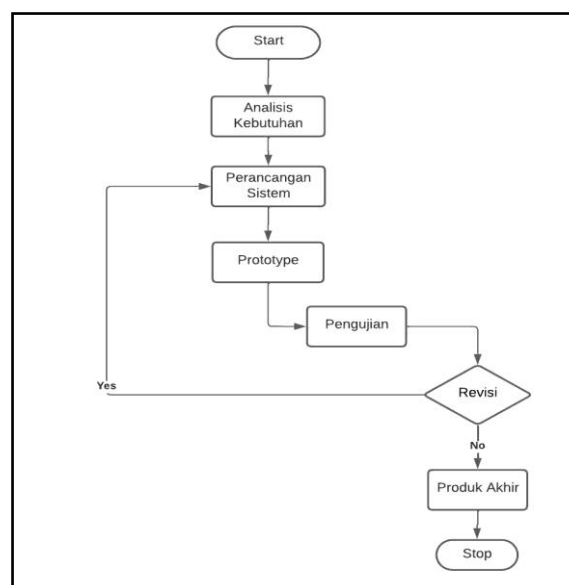
Gambar 3. 5 Tahap Prototyping

Adapun penjelasan dari tahapan dari gambar diatas yaitu:

- (1) *Communication*, Tahap communication dilakukan dengan mengidentifikasi kebutuhan pengguna, yaitu pemilik kendaraan bermotor yang membutuhkan sistem pelacakan akurat dengan fitur geofencing dan notifikasi real-time.
- (2) *Quick Plan*, Tahap perencanaan cepat, Menentukan komponen utama (ESP32, GPS Neo-6M, ESP32-CAM, buzzer) serta alur sistem dari akuisisi data GPS, penyaringan dengan Kalman Filter, geofencing, hingga notifikasi Telegram.
- (3) *Quick Design*, Tahap ini tahap pembuatan sketsa. Membuat diagram arsitektur, flowchart, dan perancangan algoritma Kalman Filter serta logika geofencing untuk menentukan status aman/bahaya.
- (4) *Construction*, Merakit perangkat keras, mengembangkan program ESP32 untuk GPS, Kalman Filter, geofencing, notifikasi Telegram, dan fitur kamera manual. Dilakukan uji coba awal di lingkungan terkontrol.
- (5) *Delivery & Feedback*, Menguji sistem di lapangan dengan skenario kendaraan masuk/keluar zona aman. Mengumpulkan data error GPS, status zona, waktu respon, serta masukan pengguna untuk perbaikan hingga produk akhir.

### C. Prosedur Pengembangan

Prosedur pengembangan sistem dalam penelitian ini dilakukan secara bertahap mengikuti alur yang ditunjukkan pada Gambar 3.6. Setiap tahap saling berkaitan dan berfungsi sebagai pedoman agar sistem pelacakan kendaraan bermotor roda dua berbasis IoT dapat dikembangkan secara terstruktur dan sesuai dengan tujuan penelitian.



Gambar 3. 6 Tahap Pengembangan



Dalam Prosedur Pengembangan ada beberapa tahap, yaitu :

- (1) Analisis Kebutuhan, Pada tahap analisis kebutuhan, dilakukan dengan mengidentifikasi permasalahan keamanan kendaraan bermotor dan menentukan kebutuhan perangkat keras (ESP32, GPS, ESP32-CAM, buzzer) serta perangkat lunak (Arduino IDE, Visual code, MQTT, Telegram API).
- (2) Perancangan Sistem, Merancang sistem yang akan dibuat seperti arsitektur, alur kerja, penerapan algoritma, dan integrasi perangkat.
- (3) Prototipe, Membuat awal sistem yang telah dirancang yang mencakup semua komponen yang dibutuhkan.
- (4) Pengujian, Menguji system untuk melihat apakah sistem berjalan dengan baik.
- (5) Revisi, Jika saat pengujian ada bagian yang tidak bekerja dengan baik, maka perbaikan dilakukan di tahap ini.
- (6) Produk Akhir, Setelah semua sistem berjalan dan telah melewati tahap uji kelayakan, maka system akan dianggap berhasil.

#### **D. Uji Coba Produk**

Uji coba produk dilakukan untuk mengevaluasi fungsionalitas, responsivitas, dan keakuratan sistem yang dibuat dan sebagai penetapan tingkat kelayakan dari produk yang dihasilkan.

##### **1. Desain Uji Coba**

Pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan dari produk yang dihasilkan. Ada dua tahap pengujian yaitu:

###### **(a) Uji Coba Ahli Materi**

Pengujian dilakukan oleh ahli untuk memastikan apakah sistem yang dirancang telah sesuai dengan desain dan sistem dapat berjalan untuk memonitor lokasi kendaraan serta fitur berjalan dengan lancar.

###### **(b) Uji Coba Pengguna**

Uji coba pengguna melibatkan pengguna pemilik kendaraan motor roda dua untuk dapat mengetahui apakah sistem yang dibangun dapat digunakan dengan mudah.

##### **2. Subjek Uji Coba**

Subjek uji coba dalam penelitian ini terdiri dari dua kelompok, yaitu ahli materi dan pengguna sistem. Ahli materi meliputi dosen atau praktisi yang memiliki kompetensi di bidang Internet of Things (IoT) dan sistem keamanan. Uji coba oleh ahli materi bertujuan untuk menilai kesesuaian rancangan sistem serta kelayakan fungsi utama dari sistem yang dikembangkan.

Sementara itu, subjek uji coba pengguna adalah pemilik kendaraan roda dua yang menjadi responden uji coba lapangan. Dalam penelitian ini, uji coba

pengguna ditentukan secara terbatas agar dapat memberikan gambaran awal mengenai penerimaan sistem oleh pengguna. Uji coba ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kemudahan penggunaan, kejelasan tampilan antarmuka web monitoring, kecepatan respon sistem, serta kepuasan terhadap fitur notifikasi real-time. Hasil uji coba dari kedua subjek ini digunakan sebagai dasar evaluasi dan perbaikan sistem agar sesuai dengan kebutuhan teknis maupun kenyamanan pengguna.

### **3. Jenis Data**

Pada penelitian ini ada dua jenis data yaitu, kuantitatif dan kualitatif. kuantitatif adalah penyelidikan sistematis menggunakan teknik statistik atau komputasi untuk mengumpulkan dan menganalisis data numerik, dengan fokus pada objektivitas dan generalisasi kesimpulan. Sedangkan penelitian kualitatif berfokus pada pemahaman mendalam tentang pertemuan manusia, perilaku, dan kejadian sosial, menggunakan data non numerik seperti wawancara, observasi, dan analisis tekstual untuk mengeksplorasi makna dan konteks sosial. (Ardyan et al., 2023, pp. 9–11) Jenis data yang akan dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi:

#### **(a) Data Kuantitatif:**

- (1) Data koordinat GPS (latitude, longitude) dari modul GPS Neo-6M, baik data mentah maupun hasil perbaikan dengan Kalman Filter yang dicatat dalam format CSV.
- (2) Data error GPS, yaitu selisih antara data raw GPS dengan hasil Kalman Filter yang akan dihitung menggunakan Root Mean Square Error (RMSE).
- (3) Data geofencing: status kendaraan dalam kondisi “aman” atau “bahaya” berdasarkan posisi relatif terhadap zona yang ditentukan.

#### **(b) Data Kualitatif:**

- (1) Validasi ahli materi, berupa penilaian ahli terhadap rancangan sistem, instrumen, dan metode. Data ini diukur dengan skala Guttman untuk mendapatkan validitas.
- (2) Respon pengguna, berupa umpan balik pengguna mengenai kemudahan penggunaan, efektivitas, serta kepuasan terhadap sistem melalui kuesioner forced choice.

### **4. Instrumen Pengumpulan Data**

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini mencakup:

#### **(a) Instrumen untuk Ahli Materi**

Pada pengujian ahli materi Instrument yang digunakan adalah black-box testing. Pengujian ini digunakan untuk memvalidasi fungsionalitas kelayakan sistem yang ditujukan. Berikut tabel instrumen untuk ahli.

Tabel 3. 1 Instrumen Untuk Ahli Materi

No	Proses yang diuji	Hasil pengujian	
		Valid	Tidak Valid
1	Sistem dapat menampilkan lokasi kendaraan secara real time.		
2	<i>Geofencing</i> berfungsi dengan baik dan memberikan peringatan saat kendaraan keluar dari zona aman.		
3	Sensor GPS dapat mendeteksi lokasi dengan akurat.		
4	Alarm otomatis aktif saat kendaraan keluar dari zona aman.		
5	Integrasi komponen IoT berjalan lancar.		

**(b) Instrumen untuk pengguna**

Instrumen untuk pengguna dilakukan untuk uji kelayakan dan kemudahan sistem. Pengujian dilakukan menggunakan metode force choice, dimana setiap pertanyaan memiliki dua pilihan jawaban berbeda yang mewakili dua aspek berbeda. Jumlah responden pada pengujian ini ditetapkan sebanyak 6 orang. Pemilihan jumlah responden disesuaikan dengan pendekatan usability testing yang digunakan dalam tahap pengujian awal. Menurut (Wikanta et al., 2023) pengujian dengan jumlah lima responden sudah mampu mengidentifikasi sekitar 85% masalah utama yang muncul dalam sistem. Dengan demikian penggunaan jumlah responden yang terbatas ini cukup untuk mengevaluasi efektivitas dan pengalaman pengguna terhadap sistem pada tahap awal pengembangan. Berikut ini tabel dari instrumen uji kelayakan pengguna.

Tabel 3. 2 Instrumen Untuk Pengguna

No	Pertanyaan		Aspek A	Aspek B
	Pilihan A	Pilihan B		
1	Sistem mudah digunakan untuk memantau lokasi kendaraan.	Sistem memiliki tampilan yang menarik dan nyaman digunakan.	Usability	UI/UX
2	Notifikasi saat kendaraan keluar dari zona aman sangat membantu.	Notifikasi dari sistem mudah dipahami dan tidak membingungkan.	Notification	Informational

No	Pertanyaan		Aspek A	Aspek B
	Pilihan A	Pilihan B		
3	Alarm otomatis meningkatkan keamanan kendaraan.	Kamera dapat mengambil gambar saat kendaraan keluar dari zona aman.	Security	Camera
4	Fitur geofencing berjalan dengan baik dan akurat.	Informasi yang diberikan sistem akurat dan mudah dipahami.	Geofencing	Informational
5	Pengaturan zona aman mudah dilakukan.	Web monitoring mudah diakses di berbagai perangkat.	Usability	Accessibility
6	Desain antarmuka web mudah dipahami.	Proses instalasi sistem pada kendaraan mudah dilakukan.	UI/UX	Installation
7	Sistem memberikan rasa aman yang lebih bagi pengguna.	Saya puas secara keseluruhan terhadap sistem pelacakan kendaraan ini.	Security	Satisfaction
8	Waktu respon sistem terhadap perubahan lokasi kendaraan cukup cepat.	Integrasi antara GPS, kamera, dan alarm berjalan dengan lancar.	Responsiveness	Integration
9	Sistem mudah digunakan untuk mengatur fitur-fitur pelacakan.	Sistem memberikan data pelacakan yang lengkap dan jelas.	Usability	Informational
10	Notifikasi dikirimkan tepat waktu saat kendaraan keluar zona.	Kamera mengambil gambar kendaraan saat keluar dari zona aman.	Notification	Camera
11	Antarmuka web sangat bersih dan tidak membingungkan.	Sistem dapat digunakan langsung tanpa perlu pelatihan.	UI/UX	Usability
12	Pengguna merasa tenang karena alarm langsung aktif saat kendaraan keluar zona.	Sistem mempermudah pengguna dalam mengetahui posisi terkini kendaraan.	Security	Informational
13	Proses instalasi sistem cepat dan tanpa kendala.	Pengaturan sistem tidak memerlukan pengetahuan teknis tinggi.	Installation	Accessibility

No	Pertanyaan		Aspek A	Aspek B
	Pilihan A	Pilihan B		
14	Data pelacakan yang diberikan oleh sistem sangat akurat.	Web dapat digunakan secara real-time tanpa lag.	Accuracy	Responsiveness
15	Saya puas dengan kinerja sistem selama digunakan.	Saya akan merekomendasikan sistem ini ke orang lain.	Satisfaction	Recommendation
16	Sistem sangat responsif terhadap setiap perubahan lokasi kendaraan.	Sistem memberi kontrol penuh kepada pengguna atas semua fitur.	Responsiveness	Control

### (c) Skala Penilaian

#### (1) Skala Force Choice

Skala *force choice* atau bisa disebut dengan pilihan paksa, adalah teknik yang digunakan dalam pendekatan penelitian karena mampu menggalikan preferensi dan sikap asli dari responden. Dengan memaksa responden memilih salah satu dari dua opsi yang telah ditentukan, metode ini secara efektif menghindarkan respon dari bias karena kecenderungan seseorang dalam memberikan jawaban berdasarkan apa yang dianggap lebih dapat diterima secara sosial (Alam et al., 2025, p. 309).

#### (2) Skala Guttman

Skala ini tipe yang memiliki jawaban tegas, seperti jawaban benar-salah, ya-tidak, pernah-tidak pernah, positif-negatif, tinggi-rendah, baik-buruk, dan seterusnya. (Sugiyono, 2020, p. 96)

Tabel 3. 3 Skala Guttman

Alternatif Jawaban	Skor alternatif	
	Positif	Negatif
Valid	1	0
Tidak Valid	0	1

## 5. Teknik Analisis Data

### (a) Uji Produk

Uji kelayan produk dilakukan menggunakan metode black-box testing, yaitu pengujian berdasarkan input dan output tanpa memerhatikan kode program di dalamnya. Setiap fitur diuji satu per satu untuk melihat apakah

berfungsi dengan baik atau tidak. Untuk memberikan hasil yang terukur, maka kelayakan sistem dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Tingkat Kelayakan (\%)} = \frac{\text{Skor yang diobservasi}}{\text{Skor yang diharapkan}} \times 100\%$$

Rumus tersebut digunakan untuk menghitung presentase Tingkat keberhasilan dari semua fitur yang diuji. Apabila hasil yang diperoleh  $\geq 80\%$ , maka sistem dianggap layak digunakan.

(b) Uji Akurasi

Untuk mengukur akurasi Kalman Filter menggunakan RMSE, RMSE ini digunakan untuk mengukur selisih jarak antara menggunakan Kalman Filter dan tidak menggunakan Kalman Filter. Menurut (Ibnu Daqiqil Id, n.d., p. 118) menggunakan RMSE. Root Mean Square Error (RMSE) merupakan metode yang digunakan untuk mengukur selisih antara nilai prediksi suatu model dan nilai observasi. RMSE diperoleh dari akar kuadrat Mean Square Error, Dimana nilai yang lebih rendah mencerminkan Tingkat akurasi yang lebih baik. Dengan demikian, model dengan rmse kecil dianggap lebih akurat dibandingkan yang memiliki RMSE lebih tinggi.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}}$$

Keterangan dari rumus diatas :

y = nilai hasil observasi

$\hat{y}$  = nilai hasil prediksi

i = urutan data pada dataset

n = jumlah data

(c) Uji Hasil

Uji efektivitas dilakukan untuk menilai kepuasan dan persepsi pengguna terhadap sistem berdasarkan hasil pertanyaan yang diberikan (ada pada Tabel 3.2 Instrumen untuk pengguna) yang disusun dalam format force choice. Pengukuran dilakukan menggunakan force choice yang terdiri dari dua pilihan jawaban positif (A dan B) yang mewakili aspek berbeda, yang mewakili: usability, ui/ux, security, accuracy, dan lain-lain. Pengguna diminta untuk memilih salah satu dari dua opsi yang paling mewakili persepsi mereka terhadap sistem, dihitung dengan rumus.

$$\text{Presentase} = \frac{\text{jumlah pemilih aspek}}{\text{Total responden}} \times 100\%$$

Jadi untuk menghitung presentase setiap aspek maka akan dihitung seperti contoh berikut :

jika ada 5 responden dan 16 pertanyaan, maka jawaban dari setiap aspek adalah :

Pemilih aspek A = 3

$$presentase A = \frac{3}{5} \times 100\% = 60\%$$

Pemilih aspek B = 2

$$presentase B = \frac{2}{5} \times 100\% = 40\%$$

maka pada 1 pertanyaan yang memilih aspek A sebanyak 60% dan yang memilih aspek B sebanyak 40%.

Untuk menghitung total jawaban:

Jumlah jawaban pertanyaan = jumlah pertanyaan x jumlah responden

$$Presentase Total Jawaban = \frac{jumlah jawaban aspek}{jumlah jawaban pertanyaan} \times 100\%$$

Setiap pertanyaan dianalisis berdasarkan jumlah responden yang memilih antara pernyataan A atau B dan presentase dihitung dari total responden pada setiap pertanyaan kemudian jumlah total seluruh pilihan dihitung untuk melihat aspek mana yang paling dominan secara keseluruhan.