

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara paling rawan bencana di dunia, di mana jutaan jiwa terancam setiap kali bencana alam terjadi [1]. Data dari Global Risk Index maupun Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) menunjukkan bahwa tingkat risiko bencana di Indonesia tergolong sangat tinggi. Dalam kondisi tersebut, proses pencarian dan penyelamatan korban sering kali menghadapi berbagai kendala, seperti cakupan area bencana yang luas, medan yang sulit dijangkau, serta keterbatasan jumlah personel penyelamat. Selain itu, tingginya risiko di lapangan juga dapat membahayakan keselamatan para petugas itu sendiri [2]. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem atau teknologi yang mampu meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses pencarian korban di wilayah bencana.

Seiring perkembangan teknologi, penggunaan robotik dalam berbagai bidang, termasuk misi penyelamatan, semakin meningkat [3]. Salah satu aplikasi yang bisa diterapkan adalah robot penyelamatan, yang memainkan peran dalam situasi darurat seperti bencana alam, kebakaran, atau kecelakaan industri [2]. Kecepatan dan ketepatan dalam melakukan operasi penyelamatan sangat krusial untuk menyelamatkan nyawa dan mencegah kerugian lebih lanjut [4]. Namun, lingkungan yang berbahaya sering kali mengancam keselamatan para petugas penyelamat. Disinilah teknologi robotik memainkan peran penting, memungkinkan robot untuk menggantikan atau membantu manusia dalam situasi yang berisiko tinggi [5].

*Gesture control* adalah suatu *sistem control* yang bentuk komunikasinya dengan aksi tubuh manusia yang memiliki tujuan untuk menyampaikan suatu pesan atau informasi, dengan menggunakan bahasa isyarat. *Gesture* mengikutkan pergerakan dari wajah, tangan atau bagian lainnya dari tubuh manusia dengan menggunakan *gesture control* akan memudahkan operator untuk mengoperasikan suatu alat atau benda yang akan digerakan sesuai isyarat tubuh terutama dalam kegiatan penyelamatan [6]. Hal ini memberikan fleksibilitas dan responsivitas yang lebih baik dalam pengoperasian robot, terutama dalam situasi darurat di mana

kecepatan dan ketepatan adalah faktor kritis.

Tugas akhir ini mengusulkan sebuah sistem kendali berbasis *gyroscope* untuk mengendalikan robot artikulasi secara alami dengan gestur tangan [7]. Dimana sensor *gyroscope* berfungsi untuk mengukur atau menentukan orientasi suatu benda berdasarkan momentum sudut, dari pengertian lain *gyroscope* berfungsi untuk menentukan gerakan sesuai dengan gravitasi yang dilakukan oleh pengguna [8]. Kelebihan dari sistem ini yaitu dapat menggerakkan robot artikulasi persis seperti menggerakkan tangan manusia itu sendiri tanpa harus membutuhkan *setup* terlebih dahulu sehingga lebih praktis dan juga memiliki akurasi yang lebih tinggi dibandingkan Solusi lain karena tingkat akurasi sensor *gyroscope* yang lebih baik dari kamera [7].

Namun dalam penggunaan sensor *gyroscope* sering kali mengalami masalah yakni *noise* yang dapat mempengaruhi akurasi data yang dihasilkan. *Noise* ini dapat berasal dari dari berbagai sumber, seperti getaran mekanis atau gangguan elektromagnetik, yang dapat mengurangi keandalan dan responsibilitas sistem [9]. Masalah utama yang dihadapi adalah bagaimana mengurangi *noise* pada sensor *gyroscope* agar data yang dihasilkan lebih akurat dan sistem simulator dapat merespons dengan baik. Untuk mengatasi masalah tersebut, digunakan Kalman Filter karena Kalman filter dikenal sebagai metode yang efektif dalam mengatasi masalah *noise* pada sinyal [10]. Kalman filter saat ini banyak digunakan untuk mengurangi *noise* pada gerakan robot [11].

Untuk memastikan komunikasi antara pengendali dan robot, digunakan modul komunikasi nirkabel NRF24L01. Modul ini bekerja pada frekuensi 2.4 GHz, menawarkan kecepatan transmisi data yang tinggi dengan konsumsi daya rendah, sehingga cocok untuk aplikasi robotik berbasis *gesture control* [12].

Pengembangan robot penyelamatan dengan *gesture controlled* relevan dengan kondisi saat ini, di mana frekuensi bencana alam dan kejadian darurat lainnya meningkat. Teknologi ini memungkinkan operator untuk mengendalikan robot dari jarak aman, mengurangi risiko bagi petugas penyelamat dan meningkatkan peluang keberhasilan operasi penyelamatan.

## 1.2 Kajian Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini akan disampaikan uraian singkat mengenai penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian ini. Dengan menganalisis hasil-hasil sebelumnya, sebagian ini bertujuan untuk menunjukkan bagaimana penelitian yang dilakukan memiliki pendekatan yang berbeda atau melengkapi kekurangan dari penelitian terdahulu. Uraian ini sekaligus menjadi kontribusi terhadap pengembangan ilmu yang dibahas. Adapun tinjauan penelitian lainnya dijabarkan pada Tabel 1.1

Tabel 1.1 Referensi utama.

No	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian
1	Dekki Widiatmoko, Rokhim Utomo dan Hairani	2024	Analisis Metode Kalman Filter Pada <i>Gyroscope</i> Untuk Mengurangi <i>Noise</i> Guna Meningkatkan Responsibilitas dalam Simulator Menembak [10]
2	Ido Greenberg, Netanel Yannay dan Shie Mannor	2024	<i>Optimization or Architecture: How to Hack Kalman Filtering</i> [13]
3	Yair Stolero dan Itzik Klein	2024	<i>Rapid Gyroscope Calibration: A Deep Learning Approach</i> [14]
4	Faysal Ahmmed, Asef Rahman dan Amirul Islam	2024	<i>Arduino-Controlled MultiFunction Robot with Bluetooth and NRF24L01 + Communication</i> [15]
5	Chandra Herkariawan, Nur Rachman Supadmana Muda, dan Desyderius Minggu	2022	Rancang Bangun Sistem Kendali Menggunakan <i>Gesture control</i> Pada Robot Tempur Penyemprot Disinfektan Berbasis Arduino [6]

Referensi [10] membahas efektivitas Kalman filter dalam mengurangi *noise*

pada sinyal *gyroscope* untuk meningkatkan respons simulator menembak. Dengan menggunakan pendekatan eksperimental, hasil sinyal *gyroscope* yang lebih bersih dan akurat. Pengurangan *noise* ini meningkatkan kecepatan respons sistem dari rata-rata 0,45 detik menjadi 0,30 detik, serta meningkatkan akurasi estimasi orientasi. Teknologi ini memberikan manfaat signifikan dalam aplikasi militer dan keamanan, memungkinkan pelatihan yang lebih realistis dan *responsive*.

Referensi [13] membahas tentang pengenalan metode Kalman filter yang dioptimalkan (*Optimized Kalman Filter /OPK*) untuk mengatasi keterbatasan Kalman filter, terutama dalam kasus pelanggaran asumsi model linier dan *noise independent*. OKF menggunakan optimasi berbasis *mean square Error* dengan pendekatan *supervised learning*, menggantikan metode estimasi *noise* konvensional pada Kalman filter. Studi ini menunjukkan bahwa *Optimized Kalman filter* secara konsisten menggungguli Kalman filter standar dan bahkan metode Neural Kalman filter dan berbagai lainnya, termasuk pelacakan radar doppler dan prediksi video. Dengan hanya memodifikasi parameter *noise*, *Optimized Kalman filter* menawarkan peningkatan akurasi tanpa menambah kompleksitas atau waktu inferensi, menjadikannya solusi yang efisien untuk masalah filtrasi linier maupun non-linier.

Referensi [14] membahas tentang pengembangan metode kalibrasi cepat untuk *gyroscope* dengan memanfaatkan pendekatan pembelajaran mendalam (*deep learning*). Metode ini bertujuan untuk mengurangi waktu hingga 89 % dibandingkan pendekatan berbasis model tradisional, yang memerlukan durasi lebih lama. Dengan menggunakan kombinasi data nyata dari 24 *gyroscope* berbagai merek dan data *virtual*, penelitian ini melatih jaringan saraf konvolusional untuk mengoreksi bias *gyroscope* secara efisien. Pendekatan ini menunjukkan peningkatan akurasi hingga 57 % hanya dalam 10 detik kalibrasi untuk tiga *gyroscope*, dan hingga 88 % dengan menambahkan data virtual dari 12 *gyroscope* tambahan. Hasil ini memberikan solusi praktis untuk aplikasi waktu nyata seperti operasi penyelamatan kendaraan udara, dan robotika, Dimana kalibrasi cepat sangat penting.

Referensi [15] membahas pengembangan sistem robot multifungsi berbasis Arduino yang mengintegrasikan berbagai teknologi komunikasi seperti *Bluetooth*

dan NRF24L01. Sistem ini dirancang untuk mendukung berbagai fitur seperti penghindaran rintangan, pengikut garis, pengendalian gerakan dengan *gesture*, serta lengan robotik untuk manipulasi objek. Pendekatan yang digunakan bersifat *eksperimental* dan *implementatif*, dengan menguji performa robot baik dalam simulasi maupun kondisi nyata. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan modul NRF24L01 memungkinkan komunikasi nirkabel jarak jauh hingga 902 meter dengan kecepatan respons dan kestabilan yang tinggi. Selain itu, integrasi sensor seperti MPU6050, HC-SR04, dan Flex sensor memberikan akurasi kontrol gerakan dan deteksi lingkungan yang memadai. Penerapan teknologi ini menunjukkan potensi besar dalam bidang industri, pelayanan kesehatan, hingga sektor militer, karena memungkinkan kendali robotik yang responsif, fleksibel, dan hemat biaya.

Referensi [6] membahas tentang perancangan sistem kendali *gesture* untuk robot tempur berbasis Arduino menggunakan sensor MPU6050, modul komunikasi NRF24L01, dan Motor DC. Sistem bekerja dengan membaca Gerakan tangan melalui akselerometer dan *gyroscope* mengirim data ke robot untuk mengontrol pergerakan seperti maju, mundur, belok, dan kendali senjata. Pengujian menunjukkan bahwa robot berfungsi optimal hingga jarak 100 meter di ruang terbuka, sementara jarak maksimal di ruang tertutup adalah 40 meter. Teknologi *gesture control* ini memberikan efisiensi tinggi dalam pengoperasian, cocok untuk aplikasi militer seperti yang dirancang untuk TNI AD.

Dalam tugas akhir ini, diusulkan suatu pendekatan inovatif untuk pengendalian robot berbasis *gesture control* yang mengintegrasikan Kalman Filter, sensor *gyroscope* MPU6050, dan modul komunikasi nirkabel NRF24L01+. Pemilihan komponen-komponen ini didasarkan pada kebutuhan sistem pengendali yang akurat, responsif, dan efisien untuk aplikasi robot *rescue* di lingkungan bencana.

Kalman Filter digunakan untuk mengatasi masalah *noise* yang sering terjadi pada data sensor *gyroscope*, sehingga mampu meningkatkan akurasi estimasi orientasi dan posisi robot. Penggunaan Kalman Filter mengacu pada berbagai penelitian sebelumnya yang menunjukkan peningkatan stabilitas dan akurasi sistem pengendali ketika algoritma ini diimplementasikan.

Sensor gyroscope MPU6050 dipilih karena kemampuannya menyediakan data rotasi dan stabilitas secara *real-time*, dengan integrasi *accelerometer* yang memungkinkan pengolahan data *gesture* secara lebih presisi. Hal ini memungkinkan sistem robot untuk beradaptasi dengan cepat terhadap perubahan gerakan operator di lingkungan dinamis.

Modul komunikasi NRF24L01 digunakan karena memiliki keunggulan *latency* rendah, konsumsi daya rendah, dan kemampuan komunikasi jarak jauh yang andal, bahkan di area yang tidak memiliki infrastruktur jaringan yang stabil. Dengan modul ini, sistem pengendalian robot dapat tetap beroperasi secara efektif dalam kondisi medan bencana yang umumnya penuh dengan hambatan fisik dan minim sinyal komunikasi.

Sinergi antara komponen-komponen tersebut menghasilkan sistem pengendali robot yang lebih akurat, responsif, hemat daya, dan *user-friendly*. Berbeda dari penelitian terdahulu yang banyak berfokus pada aplikasi militer atau robot *indoor*, tugas akhir ini secara khusus mengembangkan sistem yang ditujukan untuk aplikasi robot penyelamatan di area bencana, sehingga memberikan kontribusi baru dalam pengembangan teknologi interaksi manusia-robot untuk skenario yang lebih kompleks.

### **1.3 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, berikut rumusan masalah dalam tugas akhir ini.

1. Bagaimana rancangan dan implementasi kalman Filter dapat meningkatkan akurasi kontrol *gesture* pada robot menggunakan sensor *gyroscope* dan NRF24L01?
2. Bagaimana kinerja robot dalam mengikuti perintah *gesture* dengan memanfaatkan sensor *gyroscope* dan modul NRF24L01?

### **1.4 Tujuan**

Berdasarkan latar belakang serta rumusan masalah, berikut adalah tujuan dalam tugas akhir ini.

1. Merancang dan mengimplementasikan kalman filter pada robot yang *gesture* kontrol nya menggunakan sensor *gyroscope*.

2. Menganalisis performa robot dalam menerima dan menjalankan perintah *gesture* kontrol robot menggunakan komunikasi nirkabel berbasis modul NRF24L01.

### 1.5 Manfaat

Pada tugas akhir ini terdapat dua manfaat, yakni manfaat akademik dan manfaat praktis.

1. Manfaat Akademik

Tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan kontribusi akademis dalam pengembangan ilmu pengetahuan kendali robot.

2. Manfaat Praktis

Dengan adanya tugas akhir ini, diharapkan dapat ditemukan metode yang lebih efisien dan akurat dalam meningkatkan kinerja dan responsivitas robot terhadap kontrol gestur, serta membuka peluang inovasi baru dalam teknologi komunikasi nirkabel dan optimasi sensor dalam aplikasi robotik

### 1.6 Batasan Masalah

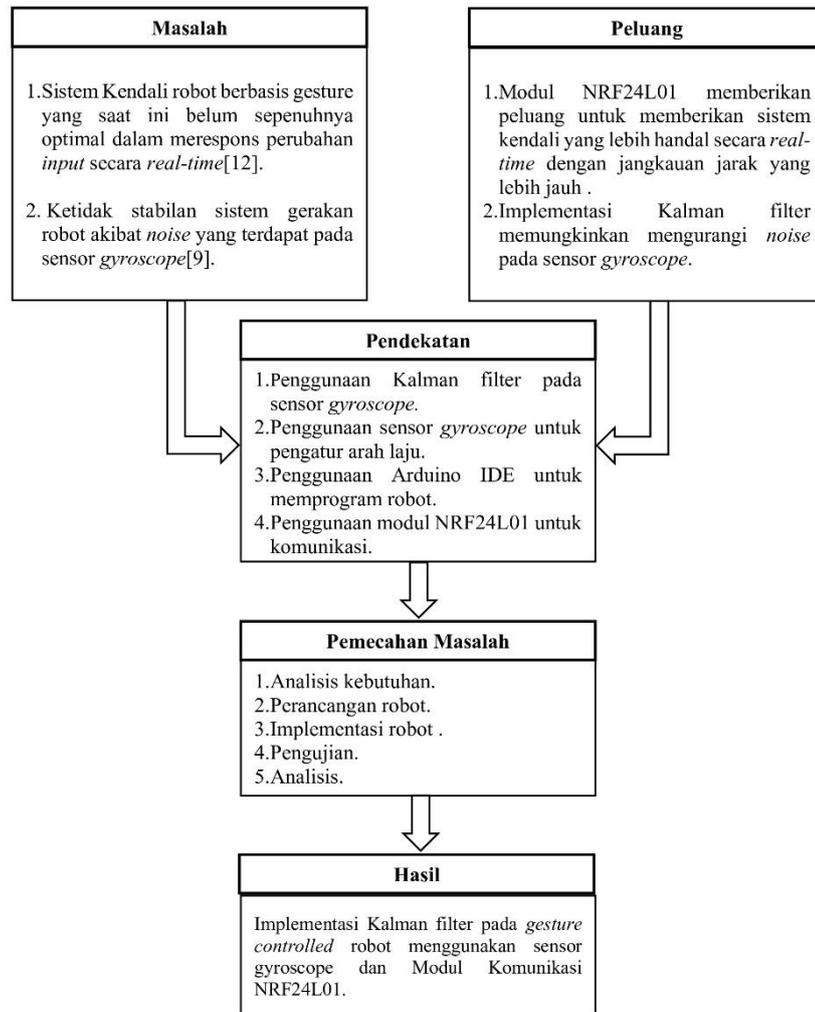
Tugas akhir ini diharapkan mempunyai fokus tugas akhir yang jelas, maka dari itu perlu adanya batasan masalah dalam tugas akhir ini, agar yang didapatkan lebih spesifik dan terarah.

1. Sensor *gyroscope* digunakan untuk mendeteksi *gesture control*.
2. Modul komunikasi yang digunakan untuk mengirimkan data *gesture* dari pengendali ke robot adalah modul NRF24L01.
3. Kontrol gerakan robot yang dihasilkan oleh sensor *gyroscope* seperti maju, mundur, berhenti, berbelok ke kanan, dan berbelok ke kiri.
4. Implementasi Kalman filter dirancang untuk mengurangi *noise* yang ada pada sensor *gyroscope*.
5. Platform mikrokontroler yang digunakan untuk pengolahan data adalah Arduino Uno.

### 1.7 Kerangka Berfikir

Kerangka berfikir merupakan struktur sistematis yang menjelaskan

langkah-langkah dalam merumuskan dan menyelesaikan masalah tugas akhir. Kerangka berfikir memberikan pemahaman mendalam tentang dasar konseptual dan teoritis yang mendasari perancangan, pelaksanaan, dan analisis tugas akhir yang disajikan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Kerangka berpikir.

## 1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari enam bab yang menguraikan permasalahan yang dibahas. Berikut sistematika penulisan tugas akhir ini.

### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini dimulai dengan latar belakang yang mendalam, meninjau penelitian terdahulu, merumuskan masalah, dan menguraikan manfaat tugas akhir. Batasan

masalah dan kerangka berpikir diperjelas untuk memberikan panduan dalam penyusunan metodologi. Sistematika penulisan untuk memberikan gambaran ringkas struktur penulisan keseluruhan.

## **BAB II TEORI DASAR**

Bab ini membahas hal-hal penting yang harus dipahami sebelum memulai penelitian. Bab ini menjelaskan dasar dan pemahaman tentang konsep-konsep teoritis yang menjadi dasar sebelum melakukan penelitian. Pemahaman mendalam tentang teori akan membantu dalam mengembangkan langkah penelitian didasarkan pada dasar konseptual yang kuat.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini, diuraikan mengenai metode dan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian serta, terkait perancangan sistem. Tahapan tersebut mencakup studi literatur, identifikasi masalah, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, analisis, dan penarikan kesimpulan.

## **BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ALAT**

Bab ini menjelaskan alur tahap- tahap perancangan mulai dari analisis kebutuhan hingga implementasi baik dalam segi *software* maupun *hardware* untuk implementasi Kalman filter pada *gesture-controlled* obot menggunakan sensor *gyroscope* dan NRF24L01.

## **BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Bab ini memaparkan hasil pengujian-pengujian yang telah dilakukan serta menganalisis data yang diperoleh pada saat pengujian implementasi Kalman filter pada *gesture-controlled* robot menggunakan sensor *gyroscope* dan NRF24L01.

## **BAB VI PENUTUP**

Bab ini menjelaskan tentang bagian penutup dari penelitian. Bagian ini berisi mengenai kesimpulan dari penelitian, serta saran untuk penelitian-penelitian selanjutnya.