

**Implementasi *Sliding Mode Control* untuk Sistem Kendali  
Kestabilan Pergerakan Robot Mobile pada Lintasan Lurus  
di Area Persawahan**

**Tugas Akhir**

Disusun sebagai salah satu syarat untuk  
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Oleh

Satyo Septiyanto

221341043



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA MEKATRONIKA  
JURUSAN TEKNIK OTOMASI MANUFAKTUR DAN MEKATRONIKA  
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

**2025**

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Implementasi *Sliding Mode Control* untuk Sistem Kendali Kestabilan Pergerakan Robot Mobile pada Lintasan Lurus di Area Persawahan**

Oleh:

Satyo Septiyanto

221341043

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV) Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 7 Agustus 2025

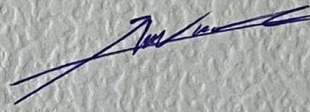
Disetujui,

Pembimbing I,



**Adhitya Sumardi Sunarya, S.Si., M.Si.**  
NIP. 198110052009121005

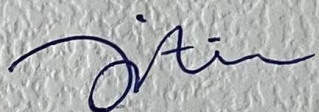
Pembimbing II,



**Nur Jamiludin Ramadhan, S.Tr., M.T.**  
NIP. 199402272020121005

Disahkan,

Penguji I,



**Fitria Suryatini, S.Pd., M.T.**  
NIP. 198804242018032001

Penguji II,



**Suharyadi Pancono,**  
**Dipl.EL.Ing.HTL,MT.**  
NIP. 196701171990031004

Pembimbing III,



**Danu Jaya Saputro, S.T., M.Sc.**  
NIP. 199204092025061005

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Satyo Septiyanto  
NIM : 221341043  
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika  
Jenjang Studi : Diploma 4  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : Implementasi *Sliding Mode Control* untuk Sistem Kendali KestabilanPergerakan Robot Mobile pada Lintasan Lurus di Area Persawahan

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung  
Pada tanggal : 01 – 08 – 2025  
Yang Menyatakan,

Satyo Septiyanto  
NIM 221341043

## PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Satyo Septiyanto  
NIM : 221341043  
Jurusan : Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Mekatronika  
Jenjang Studi : Diploma 4  
Jenis Karya : Tugas Akhir  
Judul Karya : Implementasi *Sliding Mode Control* untuk Sistem Kendali Kestabilan Pergerakan Robot Mobile pada Lintasan Lurus di Area Persawahan

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaanya berada dibawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung  
Pada tanggal : 01 – 08 – 2025  
Yang Menyatakan,

Satyo Septiyanto  
NIM 221341043

## **MOTO PRIBADI**

Setiap tetes keringat adalah doa yang tak terucap, setiap perjuangan adalah bukti ketulusanmu. Ingatlah, engkau tak sendiri; ada harapan dan doa yang mengalir dari hati-hati yang mencintaimu, serta mukjizat yang siap bersemi dari kehendak-Nya. Tugas akhir ini adalah saksi bisu akan kekuatan iman dan ketekunanmu.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya tercinta, kakak – kakak saya, teman – teman saya dan semua pihak yang telah membantu saya menyelesaikan tugas akhir ini. Jazakallahu Khairan

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepadaNya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon keampunan. Kami berlindung kepadaNya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalanNya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembahyan yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagiNya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hambaNya dan RasulNya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Implementasi *Sliding Mode Control* untuk Sistem Kendali Pergerakan Robot Mobile pada Lintasan Lurus di Area Persawahan”.

Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah U., S.ST., M.T.
2. Ketua Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Bapak Ridwan, S.ST., M.Eng.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika, Bapak Adhitya Sumardi Sunarya, S.Si., M.Si.
4. Para Pembimbing tugas akhir Bapak Adhitya Sumardi Sunarya, S.Si., M.Si., dan Bapak Nur Jamiludin Ramadhan, S.Tr., M.T.

5. Para Penguji siding tugas akhir Ibu Fitria Suryatini, S.Pd., M.T., Bapak Suharyadi Pancono, Dipl.Ing.HTL., M.T., dan Bapak Danu Jaya Saputro, S.T., M.Sc.
6. Panitia tugas akhir Ibu Fitria Suryatini, S.Pd., M.T., Ibu Hilda Khoirunnisa, S.Tr.T., M.Sc.Eng., Bapak Muhammad Nursyam Rizal, S.Tr.T., M.Sc., dan Bapak Rizqi Aji Pratama, S.Pd., M.Pd.
7. Guru kehidupanku, Bapak Saryono, beliau memang tidak bergelar sarjana namun beliau mampu mendidik kami anak – anaknya, memberikan semangat, motivasi, dan tenaga yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan studinya sampai sarjana.
8. Pintu surgaku, Ibu Suparyati, terimakasih sebesar – besarnya penulis berikan kepada beliau atas segala bentuk bantuan, semangat dan doa yang diberikan selama ini. Terimakasih selalu menjadi alasan penulis bertahan meski di tengah keputusasaan. Setiap doa yang ibu panjatkan, setiap pengorbanan yang ibu lakukan, selalu menjadi cahaya yang menerangi langkah penulis. Maafkan penulis jika perjuangan ini terasa begitu lama, begitu sulit, dan penuh dengan air mata. Terimakasih atas nasihat yang selalu diberikan meski terkadang penulis sulit untuk menjelaskan kesulitannya, terimakasih atas kesabaran dan kebesaran hati menghadapi penulis yang cengeng, keras kepala, dan mudah tersulut emosi. Ibu menjadi penguat dan pengingat paling hebat. Terimakasih sudah menjadi tempat penulis untuk pulang.
9. Untuk kakak-kakakku tercinta, Mba Elly Noviyanti dan Mas Herry Cahyanto, terima kasih atas pelukan hangat dalam bentuk semangat, nasihat bijak, dan telinga yang selalu siap mendengar setiap keluh kesah. Kehadiran kalian bukan hanya sebagai saudara, tetapi juga sebagai tempat berpulang ketika semangat mulai runtuh. Dukungan kalian adalah pelita yang menerangi saat-saat tergelap dalam perjalanan in.
10. Untuk rekan-rekanku AE'21, terkhusus keluarga AEB'21 dan “Barudak Kost”, terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan luar biasa ini. Bersama kalian, setiap detik di kampus menjadi lebih bermakna dan penuh tawa, pelajaran hidup, dan semangat yang menular. Di tengah tekanan dan lelahnya perjuangan,

kalian hadir sebagai pelepas penat dan penguat langkah. Persaudaraan ini adalah kenangan indah yang akan selalu tertanam dalam hati, bahkan setelah kita melangkah ke jalan masing – masing.

11. Kepada seseorang yang selalu mendukung dalam perjalanan ini. Kehadiranmu memberi semangat, arah, dan kekuatan. Terima kasih sudah selalu ada, meskipun tanpa banyak kata.
12. *Last but not least*, terimakasih untuk diriku sendiri karena telah mampu berusaha keras dan berjuang sejauh ini, mampu mengendalikan diri dari berbagai tekanan diluar keadaan dan tidak pernah memutuskan untuk menyerah sesulit apapun prosesnya. Ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri sendiri. *Thanks for just being me all the time.*

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 01 Agustus 2025

Penulis

## ABSTRAK

Sistem pertanian tradisional menghadapi kendala produktivitas akibat keterbatasan tenaga kerja dan risiko kerusakan tanaman saat mekanisasi. Modernisasi melalui robot *mobile* menjadi solusi potensial, namun navigasi di lahan sempit seperti sawah menimbulkan tantangan dalam pengendalian gerak yang presisi. Penelitian ini mengusulkan penerapan *Sliding Mode Control* (SMC) untuk meningkatkan kestabilan dan ketahanan sistem kendali robot *mobile* terhadap gangguan dan variasi permukaan. Algoritma *trajectory tracking* diterapkan agar robot dapat mengikuti lintasan secara akurat dan adaptif. Sistem dirancang dalam kerangka kontrol closed-loop, yang memungkinkan penyesuaian kecepatan dan percepatan secara *real-time* untuk meminimalkan deviasi posisi. Validasi dilakukan melalui simulasi menggunakan ROS2, dengan visualisasi di *Gazebo* dan *RViz*. Hasil simulasi menunjukkan skenario 1 dan 8 memiliki performa terbaik dengan error posisi 0 cm, sementara skenario lainnya tetap akurat dengan error maksimal 0,1 cm. Sistem juga mampu menolak gangguan lateral dengan respon korektif < 1,5 detik. Namun, pada implementasi fisik, motor hanya menghasilkan 14,4 Nm, jauh di bawah kebutuhan 43 Nm, sehingga robot tidak dapat bergerak. Ini membuktikan efektivitas SMC dalam simulasi, namun diperlukan penyesuaian desain mekanik untuk aplikasi nyata.

**Kata kunci:** SMC, *Mobile Robot*, *Trajectory Tracking*, IMU, *Agricultural Robot*

## ABSTRACT

*Traditional agricultural systems face productivity challenges due to labor shortages and the risk of crop damage during mechanization. Modernization through mobile robots offers a promising solution; however, navigation in narrow fields such as rice paddies presents challenges in precise motion control. This study proposes the application of Sliding Mode Control (SMC) to enhance the stability and robustness of mobile robot control systems against disturbances and uneven terrain. A trajectory tracking algorithm is implemented to enable the robot to follow a predefined path accurately and adaptively. The system is designed within a closed-loop control framework, allowing real-time adjustment of speed and acceleration to minimize positional deviation. Validation is carried out through simulations using the ROS2 platform, with visualization in Gazebo and RViz. Simulation results show that scenarios 1 and 8 achieved the best performance with zero positional error, while other scenarios maintained high accuracy with a maximum error of 0.1 cm. The system also responded effectively to lateral disturbances with a corrective response time under 1.5 seconds. However, in physical implementation, the robot's total mass increased to 250.92 kg, requiring a minimum torque of 43 Nm, whereas the motor could only provide 14.4 Nm, rendering it unable to move under load. These results confirm the effectiveness of the SMC algorithm in simulation, though mechanical adjustments are necessary for real-world deployment.*

**Keywords:** SMC, Mobile Robot, Trajectory Tracking, IMU, Agricultural Robot

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)</b> .....	<b>iii</b>
<b>MOTO PRIBADI</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN</b> .....	<b>xvii</b>
<b>I BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>I-1</b>
I.1 Latar Belakang .....	I-1
I.2 Rumusan Masalah .....	I-3
I.3 Batasan Masalah.....	I-3
I.4 Tujuan dan Manfaat.....	I-3
I.5 Sistematika Penulisan.....	I-4
<b>II BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>II-1</b>
II.1 Tinjauan Teori .....	II-1
II.1.1 Mobile Robot .....	II-1
II.1.2 Kinematika Roda Diferensial.....	II-1
II.1.3 Sliding Mode Control.....	II-3
II.1.4 6 DoF Inertial Measurement Unit (IMU).....	II-5
II.2 Tinjauan Alat.....	II-6

II.2.1	ROS.....	II-6
II.2.2	Gazebo.....	II-8
II.2.3	<i>RViz</i> .....	II-10
II.2.4	Mini PC.....	II-10
II.2.5	Arduino Mega 2560.....	II-11
II.2.6	ESP8266.....	II-12
II.2.7	Motor DC.....	II-12
II.2.8	Driver BTS-7960.....	II-13
II.2.9	Rotary Encoder.....	II-14
II.2.10	Inertial Measurment Unit (IMU).....	II-15
II.3	Studi Penelitian Terdahulu.....	II-17
<b>III</b>	<b>BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH.....</b>	<b>III-1</b>
III.1	Metodologi Penelitian.....	III-1
III.2	<i>Requirement List</i> .....	III-3
III.3	System Design.....	III-6
III.3.1	Overall Function.....	III-6
III.3.2	Gambaran Umum Sistem.....	III-7
III.4	Modelling and Model Analysis.....	III-8
III.4.1	Pemodelan Sistem.....	III-8
III.5	Domain-specific Design.....	III-11
III.5.1	Perancangan Mekanik.....	III-11
III.5.2	Perancangan Elektrik.....	III-12
III.5.3	Perancangan Informatik.....	III-16
III.6	System Integration.....	III-21
III.7	Product.....	III-21
<b>IV</b>	<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>IV-1</b>

IV.1	Hasil Implementasi Perancangan Sistem.....	IV-1
IV.1.1	Hasil Perancangan Subsistem Mekanik .....	IV-1
IV.1.2	Hasil Perancangan Subsistem Elektrik.....	IV-2
IV.1.3	Hasil Perancangan Subsistem Informatik .....	IV-2
IV.2	Hasil Implementasi Perancangan Pengujian.....	IV-4
IV.2.1	Penerapan SMC pada Koreksi Pergerakan Robot.....	IV-4
IV.2.2	Hasil Simulasi pada ROS2 menggunakan Gazebo dan RViz .....	IV-7
IV.2.3	Penerapan SMC dalam Kondisi Aktual .....	IV-10
<b>V</b>	<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>V-1</b>
V.1	Kesimpulan.....	V-1
V.2	Saran.....	V-1
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xvi</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>xxi</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Jenis-jenis ROS2 dan perkembangannya [23].....	II-6
Tabel II. 2 Penelitian terdahulu.....	II-18
Tabel IV. 1 Tabel Pengujian Tuning SMC Berbeda.....	IV-9

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Skema Kinematika Robot.....	II-2
Gambar II. 2 3-DOF of <i>Accelerometer and gyroscope</i> [20]......	II-6
Gambar II. 3 Robot Operating Sistem [23]......	II-6
Gambar II. 4 Industrial Mini PC .....	II-11
Gambar II. 5 Arduino Mega 2560 [27]. .....	II-11
Gambar II. 6 ESP8266 [30]......	II-12
Gambar II. 7 Motor DC 24V 500W .....	II-13
Gambar II. 8 BTS-7960 dan konfigurasinya [34]. .....	II-14
Gambar II. 9 Rotary Encoder [22]. .....	II-14
Gambar II. 10 Inertial Measurement Unit [40]. .....	II-16
Gambar III. 1 V-Model Diagram [43]......	III-1
Gambar III. 2 Alur Pengerjaan Tugas Akhir.....	III-2
Gambar III. 3 <i>Overall Function</i> .....	III-6
Gambar III. 4 Gambaran Umum Sistem .....	III-7
Gambar III. 5 Robot <i>Mobile</i> .....	III-11
Gambar III. 6 Posisi Enkoder.....	III-11
Gambar III. 7 Rangkaian elektrik arduino mega 2560 pada PCB .....	III-13
Gambar III. 8 Rangkaian elektrik ESP 32 pada PCB .....	III-14
Gambar III. 9 Rangkaian elektrik kontrol dan daya.....	III-15
Gambar III. 10 <i>Wiring</i> Daya Mini PC.....	III-15
Gambar III. 11 <i>Wiring</i> Daya <i>Motor Driver</i> .....	III-16
Gambar III. 12 Diagram alir sistem <i>trajectory tracking</i> .....	III-18
Gambar III. 13. Tampilan URDF Robot .....	III-20
Gambar III. 14 Sistem integrasi .....	III-21
Gambar IV. 1. Gambar Keseluruhan Robot.....	IV-1
Gambar IV. 2 PCB Rangkaian Kontrol .....	IV-2
Gambar IV. 3 Implementasi Perancangan Informatik .....	IV-3
Gambar IV. 4. Simulasi Gazebo .....	IV-7
Gambar IV. 5. Visualisasi dari Robot di RViz .....	IV-8
Gambar IV. 6. Kecepatan Motor saat Robot tidak terkena gangguan .....	IV-13
Gambar IV. 7. Kecepatan Motor setelah ada gangguan di sebelah kanan.....	IV-14

Gambar IV. 8. Kecepatan Motor setelah ada gangguan di sebelah kiri.....IV-14

## DAFTAR LAMPIRAN

**Lampiran 1** Gambar Teknik Konstruksi Mekanik Robot Padi

**Lampiran 2** Gambar Skematik *Wiring* Kendali

## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

SMC	= Sliding Mode Control
PID	= Proportional Integral Derivative
PISMC	= <u>Proportional Integral Sliding Mode Control</u>
IMU	= <u>Inertial Measurement Unit</u>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### **I.1 Latar Belakang**

Sistem pertanian tradisional kerap diwarnai aktivitas manual yang berulang, menyita waktu, dan rawan kesalahan manusia, sehingga menghambat produktivitas lahan secara maksimal. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, modernisasi pertanian melalui penerapan teknologi seperti otomatisasi dan robotika kini menjadi krusial untuk menjawab tantangan permintaan pangan global, kekurangan tenaga kerja, serta isu lingkungan. Implementasi teknologi di pertanian bertujuan untuk mengoptimalkan hasil, efisiensi, dan keberlanjutan dengan menggunakan teknologi canggih seperti robotik, kecerdasan buatan, dan Internet of Things (IoT). Salah satu tantangan besar yang dihadapi ketika mengadopsi teknologi robotik di lahan pertanian, terutama pada tanaman padi yang memiliki jarak tanam sempit, adalah risiko kerusakan tanaman akibat tumbukan saat navigasi robot. [1]. Dalam hal ini, penggunaan robot mobile berpotensi besar untuk mendukung efisiensi kerja pertanian melalui fungsi seperti pemantauan tanaman, penyemprotan presisi, hingga penyiangan otomatis, yang dilakukan dengan gangguan minimal terhadap pertumbuhan tanaman [2]. Agar tujuan ini dapat tercapai, diperlukan sistem kendali dan navigasi otonom yang akurat untuk memastikan robot mampu bergerak secara adaptif di lingkungan dinamis tanpa menabrak atau merusak tanaman [3], [4].

Salah satu tantangan utama yang perlu ditangani sebelum robot dapat bergerak secara mandiri dan menjelajahi area yang sulit adalah memastikan kestabilan dan ketepatan meskipun terdapat gangguan yaitu permukaan sawah yang bervariasi [5]. *Trajectory control* memiliki peran penting dalam sistem pengendalian otomatis traktor dan menjadi salah satu kunci kemajuan agar terciptanya pertanian presisi [6]. Agar robot dapat berjalan dengan lancar dan sesuai rute maka harus diterapkan metode kendali yang sesuai dan stabil. Desain mekanis dan sistem kendali yang stabil berperan penting dalam performa dan efisiensi robot. Perhitungan massa dan torsi motor yang tepat memengaruhi kelancaran, memastikan robot dapat bergerak

optimal di berbagai permukaan. Kombinasi desain dan kendali yang andal diperlukan untuk mobilisasi yang optimal [7].

Beberapa metode telah diterapkan untuk menstabilkan pergerakan robot otomatis ini, dengan tujuan utama untuk meningkatkan kinerja dan kestabilan pergerakan robot pada lintasan yang telah ditentukan serta untuk meminimalkan kesalahan dalam pengendalian pergerakan robot [3]. Studi penelitian sebelumnya membahas macam—macam metode kendali dan penerapan sensor tunggal hingga multi-sensor [2], [3], [5], [8]. Akselerometer digunakan untuk mengukur percepatan linear dan sudut namun rentan terhadap akumulasi kesalahan sehingga memerlukan sensor tambahan untuk konfirmasi posisi absolut serta dapat terpengaruh oleh *noise* [9]. *Wheel encoder* memberikan pembacaan kecepatan *angular* dan *noise* rendah pada kondisi ideal, namun sensitif terhadap kondisi permukaan seperti akurasi yang dipengaruhi oleh slip roda [10]. Namun, ada penelitian yang menjelaskan bahwa penggunaan akselerometer dan *gyroscope* yang menerapkan metode pengendalian *Sliding Mode Control* (SMC) menunjukkan keberhasilan pada pengendalian sistem nonlinear. *Sliding Mode Control* (SMC) memiliki keunggulan dibandingkan dengan teknik kontrol linear seperti *Proportional Integral Derivatif* (PID), terutama dalam aspek kestabilan dan ketahanan terhadap ketidakpastian lingkungan [11]. Lin dan Hsiao membuktikan bahwa penerapan metode *Proportional-Integral Sliding Mode Control* (PISMC) yang merupakan penggabungan antara *Proportional-Integral* dan *Sliding Mode Control* (SMC) memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap gangguan eksternal [12]. Ada juga peneliti yang menggunakan PID dengan metode *Dahlin selftuning* yang dapat menyesuaikan parameter kontrol otomatis [13]. Penambahan sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) dan kontrol PID berhasil meningkatkan performa robot [14].

Dalam penelitian ini, metode *Sliding Mode Control* (SMC) digunakan untuk meningkatkan ketangguhan kendali pergerakan robot mobile pada lahan pertanian terbuka, terutama dalam menghadapi gangguan lingkungan. Penerapan *trajectory tracking* berbasis SMC memungkinkan robot mengikuti lintasan presisi, meminimalkan risiko tumbukan dengan tanaman. Dari segi ekonomis, penggunaan IMU lebih terjangkau dan lebih mudah diintegrasikan dibandingkan GNSS, yang membutuhkan perangkat tambahan dan biaya lebih tinggi. Meskipun GNSS

memberikan akurasi posisi lebih baik, IMU sudah cukup efektif untuk *trajectory tracking* di lahan pertanian dengan biaya dan kompleksitas sistem yang lebih rendah.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Dari uraian latar belakang diatas, maka didapatkan masalah yang menjadi dasar penelitian untuk dicari solusinya. Permasalahan dalam penelitian ini dapat diuraikan sebgai berikut:

1. Bagaimana algoritma yang sesuai untuk mengendalikan pergerakan robot mobile di area persawahan?
2. Bagaimana pengaruh sistem kendali terhadap kestabilan dan akurasi pergerakan robot mobile di permukaan sawah?

## **I.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan permasalahan yang didapatkan, agar ruang lingkup pembahasan lebih terarah dan spesifik, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut.

1. Evaluasi kinerja sistem kendali akan dilakukan dengan menguji pergerakan robot dari titik A lurus ke titik B.
2. Pergerakan robot sudah ditentukan dan ditanamkan pada program.
3. Penelitian ini difokuskan pada penerapan sensor IMU untuk mendeteksi kestabilan arah pergerakan robot dan memastikan pergerakan robot kembali ke lintasannya.
4. Roda yang digunakan pada saat pengujian dan pengambilan data menggunakan roda traktor.
5. Simulasi pergerakan robot dilakukan secara virtual menggunakan ROS2 dengan lingkungan simulasi *Gazebo* dan visualisasi melalui *RViz*.
6. Model robot yang digunakan dalam simulasi dibuat dalam format URDF (Unified Robot Description Format) dengan parameter fisik seperti massa, dimensi, dan inersia disesuaikan dengan spesifikasi robot aktual di lapangan.
7. Lingkungan simulasi di *Gazebo* merepresentasikan permukaan tanah, dan tambahan gangguan berupa batu atau objek lainnya disisipkan sebagai *disturbance* untuk menguji ketangguhan kendali terhadap kondisi lingkungan tidak ideal.

## **I.4 Tujuan dan Manfaat**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan algoritma pengendalian yang dapat mengatasi kesalahan pergerakan akibat dari kontur tanah yang berbeda—beda pada lahan persawahan.
2. Mengevaluasi kinerja sistem kendali mobile robot yang bergerak lurus melalui pengujian di berbagai kondisi tanah.
3. Meningkatkan akurasi pergerakan robot dalam menghadapi berbagai tantangan yang dihadapi di lingkungan persawahan.
4. Melakukan simulasi sistem kendali *robot mobile* menggunakan ROS2 untuk memverifikasi performa dan kestabilan sistem secara virtual.

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi pertanian yang lebih efisien dan efektif melalui penggunaan robot dalam pengolahan lahan.
2. Meningkatkan produktivitas pertanian dengan mengurangi waktu dan tenaga kerja yang diperlukan untuk pergerakan robot di lahan persawahan.
3. Menjadi dasar penelitian lebih lanjut dalam pengembangan sistem kendali robot adaptif terhadap berbagai kondisi tanah dengan konfigurasi roda yang sesuai.
4. Memberikan referensi penggunaan ROS2 dan simulasi 3D menggunakan *Gazebo* dan *RViz* dalam pengembangan sistem kendali robot mobile di bidang pertanian.

## **I.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika proposal Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut.

**BAB I PENDAHULUAN**, berisi uraian mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**, berisi gambaran umum tentang landasan teori untuk menjelaskan beberapa istilah dan ilmu terkait serta melihat hasil pencapaian penelitian terdahulu dengan kajian yang sama.

**BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH**, berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum sistem serta perancangan sistem.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, berisi jawaban permasalahan yang dirumuskan, dan penjelasan mengenai hasil-hasil TA.

BAB V PENUTUP, berisi kesimpulan dan saran dari TA dan juga Karya Tulis Ilmiah.