

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan komoditas pangan strategis kedua setelah padi di Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik terkini, luas panen jagung nasional mencapai tingkat yang luas dengan produktivitas rata-rata tertentu. Angka tersebut masih berada jauh di bawah potensi maksimal varietas hibrida modern yang mampu menghasilkan hasil lebih tinggi [1]. Salah satu faktor penting untuk memperkecil selisih produktivitas tersebut adalah penerapan teknologi pertanian presisi, khususnya pada tahap penanaman yang membutuhkan tingkat ketelitian tinggi.

Dalam konsep pertanian presisi, penanaman jagung idealnya dilakukan dengan jarak tanam yang seragam, yakni dengan standar rekomendasi sekitar 70–80 cm antar baris dan 20–35 cm dalam baris, dengan satu bibit per lubang. Ketidaktepatan jarak akan meningkatkan kompetisi antartanaman terhadap cahaya, nutrisi, dan air, yang dapat menurunkan hasil panen secara signifikan [2]. Namun, sebagian besar lahan jagung tadah hujan di Indonesia bersifat bergelombang dan berbatu [3]. Kondisi ini menimbulkan gangguan dinamika pada robot penyemai, seperti selip roda, guncangan, dan variasi beban motor secara tiba-tiba. Akibatnya, kecepatan gerak robot berubah dari nilai referensi, menyebabkan jarak antar lubang tanam menjadi tidak konsisten, meskipun *setpoint* telah ditetapkan.

Kontroler PID (*Proportional-Integral-Derivative*) merupakan salah satu solusi dalam aplikasi pertanian presisi, karena kemampuannya meredam gangguan, menghilangkan *error* jangka panjang, serta menjaga kecepatan dan posisi dengan akurasi tinggi. Penerapan PID yang tepat pada robot penyemai dapat menurunkan *error* jarak tempuh menjadi sangat kecil, bahkan pada kondisi lahan yang tidak rata [4].

Untuk mengatasi tantangan tersebut secara lebih optimal, penelitian ini mengusulkan integrasikan sistem penggerak *Four-Wheel Drive* (4WD) dengan kendali PID. Sensor *rotary encoder* memungkinkan deteksi selip, sehingga PID dapat menghasilkan koreksi kecepatan roda, sementara 4WD membantu mengatasi selip pada roda di permukaan tidak rata tanpa kehilangan momentum. Kombinasi

ini diharapkan menghasilkan sistem yang lebih presisi, dan sesuai dengan kondisi lahan pertanian Indonesia yang dominan tidak rata namun tidak selalu berlereng ekstrem. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan sistem penggerak robot penyemai bibit jagung otomatis dengan integrasi metode kendali PID untuk mendukung implementasi pertanian presisi yang sesuai dengan karakteristik lahan tidak rata di Indonesia. Sistem ini diharapkan dapat menjadi inovasi yang ekonomis, meningkatkan efisiensi penanaman, mendorong peningkatan produktivitas jagung nasional, serta mendukung transformasi pertanian Indonesia menuju era Agriculture 4.0.

## 1.2. Kajian Riset Terdahulu

Untuk menunjukkan bahwa penelitian ini tidak ada unsur plagiat terhadap penelitian peneliti lain. Dalam hal ini, tinjauan penelitian menjelaskan perbandingan terhadap riset yang telah dilakukan sebelumnya, dan menjadi acuan pembuatan Tugas Akhir ini. Perbandingan tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Tinjauan Penelitian

| No | Judul Penelitian                                                                                                                                 | Nama Peneliti                                         | Tahun |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------|
| 1  | Penyemai Benih Otomatis Untuk Rover Pertanian Pintar [1]                                                                                         | Imam Darmawan, Angga Rusdinar, Fiky Y. Suratman       | 2022  |
| 2  | Sistem Positioning Pada <i>Four-Wheeled Omnidirectional Mobile Robot</i> Menggunakan Metode <i>Gyrodometry</i> Berbasis PI- Fuzzy Controller [5] | Kris Nurariyanto et al.                               | 2022  |
| 3  | GAPSO-Optimized Fuzzy PID Controller for Electric-Driven Seeding [6]                                                                             | Song Wang, Bin Zhao, Shujuan Yi, Zheng Zhou, Xue Zhao | 2022  |
| 4  | Key Technologies in Intelligent Seeding Machinery for Cereals: Recent Advances and Future Perspectives [7]                                       | Wei Liu, Jinhao Zhou, Tengfei Zhang et al.            | 2025  |

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan teknologi otomasi pada sektor pertanian memiliki potensi yang besar dalam meningkatkan efisiensi dan

kualitas proses budidaya tanaman. Salah satu penerapan yang banyak dikembangkan adalah sistem penyemaian benih otomatis yang memanfaatkan kendaraan bergerak sebagai media tanam. Penggunaan sistem tersebut memungkinkan proses penanaman dilakukan secara lebih terukur, konsisten, dan efisien. Selain itu, integrasi antara sistem mekanik, aktuator, dan perangkat elektronik menjadi faktor penting dalam mendukung keberhasilan proses penyemaian secara otomatis.

Seiring dengan perkembangan teknologi, berbagai penelitian telah mengimplementasikan sistem kendali dan teknologi sensor untuk meningkatkan performa kendaraan bergerak pada lingkungan yang dinamis. Pemanfaatan sensor *encoder* sebagai sumber data umpan balik terbukti mampu meningkatkan akurasi pemantauan kondisi pergerakan secara *real-time*. Data yang diperoleh kemudian digunakan oleh sistem kendali untuk melakukan koreksi terhadap perubahan kondisi operasional yang terjadi selama proses berjalan. Berbagai metode kendali, termasuk PID dan pengembangannya, telah menunjukkan kemampuan yang baik dalam menjaga kestabilan kecepatan, meningkatkan akurasi pergerakan, serta meminimalkan pengaruh gangguan yang berasal dari kondisi medan maupun perubahan beban kerja.

Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan hasil yang menjanjikan, tantangan dalam menjaga kestabilan pergerakan dan ketepatan jarak tanam pada lahan tidak rata masih menjadi permasalahan yang perlu dikaji lebih lanjut. Kondisi permukaan tanah yang bergelombang, berbatu, atau memiliki kemiringan tertentu dapat menyebabkan terjadinya selip roda yang berpengaruh terhadap akurasi proses penanaman. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan sistem penyemai benih jagung otomatis yang mengintegrasikan sistem penggerak empat roda (4WD), *rotary encoder*, dan metode kendali PID. Integrasi komponen tersebut diharapkan mampu meningkatkan kemampuan sistem dalam mempertahankan kestabilan pergerakan, mengurangi selip roda, serta menghasilkan jarak tanam yang lebih presisi untuk kondisi lahan tanah pertanian.

### **1.3. Rumusan Masalah**

Dari latar belakang masalah yang sudah diuraikan maka rumusan masalah

yang perlu dirumuskan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana desain dan implementasi sistem penggerak roda 4WD pada penyemai benih otomatis berbasis kontrol PID?
2. Bagaimana performa sistem penggerak roda 4WD berbasis kontrol PID dalam mempertahankan kecepatan linier dan jarak tempuh aktual robot penyemai bibit jagung ketika mengalami gangguan selip pada lahan tadah hujan berbatu dan bergelombang?

#### **1.4. Tujuan dan Manfaat**

##### **1.4.1. Tujuan**

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis rancang bangun dari desain dan implementasi sistem penggerak 4WD pada alat penyemai benih otomatis berkendali PID.
2. Mengukur performa sistem penggerak roda 4WD berbasis kontrol PID dalam mempertahankan kecepatan linier aktual dan jarak tempuh alat penyemai bibit jagung pada kondisi gangguan selip, guncangan, dan perubahan beban di lahan berbatu dan bergelombang.

##### **1.4.2. Manfaat**

Berdasarkan rumusan masalah, diharapkan penelitian ini memiliki manfaat, diantaranya :

3. Manfaat Akademik
  - a. Memberikan kontribusi data eksperimental di Indonesia mengenai efektivitas penerapan kontrol PID langsung pada sistem penggerak roda 4WD robot penyemai bibit jagung di lahan tadah hujan berbatu dan bergelombang.
  - b. Menyediakan referensi empiris tentang hubungan tuning parameter PID ( $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ ) dengan performa traksi dan akurasi jarak tanam pada rover pertanian skala kecil.
  - c. Menjadi bahan ajar dan rujukan bagi mata kuliah Sistem Kendali dan Rangkaian Elektronika di perguruan tinggi.
4. Manfaat Aplikatif
  - a. Menghasilkan rover penyemai bibit jagung dengan biaya total yang

terjangkau yang mampu mencapai akurasi jarak tanam yang tinggi pada lahan tidak rata, sehingga dapat direplikasi dan dikembangkan oleh petani, kelompok tani, atau UMKM penyedia alat pertanian.

- b. Meningkatkan keseragaman tanam, dan berpotensi meningkatkan hasil panen secara signifikan karena kepadatan dan jarak tanam yang lebih optimal.

### **1.5. Batasan Masalah**

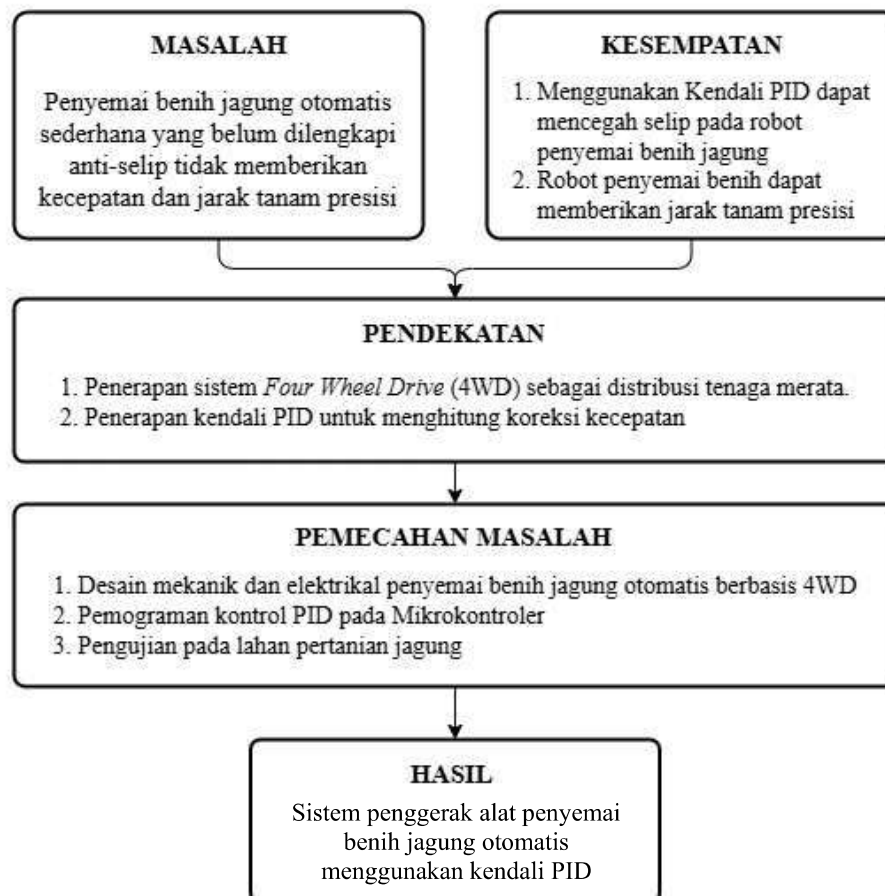
Agar penelitian tetap terfokus dan hasilnya dapat diukur secara jelas, maka diberlakukan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Objek tanaman yang digunakan hanya bibit jagung hibrida, yaitu varietas umum yang banyak ditanam petani tadah hujan di Indonesia, dengan jarak tanam tetap sesuai standar rekomendasi.
2. Sistem penggerak yang dikaji adalah konfigurasi penggerak empat roda dengan motor DC dan sensor *rotary encoder* sebagai sensor umpan balik kecepatan atau posisi aktual tiap roda.
3. Sistem penyemai yang dikaji hanya menggunakan servo untuk membuka dan menutup katup penyemai.
4. Kontrol yang diimplementasikan hanya metode PID Ziegler-Nichols yang diterapkan langsung pada jarak tempuh roda dalam bentuk RPM.
5. Pengujian performa dan akurasi jarak tanam dilakukan pada lahan datar tidak rata dengan karakteristik permukaan berbatu dan bergelombang, batu-batu berukuran sedang.
6. Target akurasi yang diukur adalah *error* putaran roda aktual untuk ke empat roda.
7. Pengujian dilakukan hanya dengan 1 baris penanaman jagung pada kebun didaerah panyileukan.
8. Pengujian tidak mencakup aspek agronomi jangka panjang seperti tingkat kemunculan bibit, serangan hama, atau hasil panen akhir, melainkan hanya sampai pada presisi mekanis jarak tanam yang dihasilkan.

### **1.6. Kerangka Berfikir**

Kerangka berpikir yaitu berisi alur pemikiran yang memuat uraian sistematis

tentang hasil perumusan masalah penelitian yang diperkirakan dapat diselesaikan melalui pendekatan yang dibutuhkan untuk sistem penggerak robot penyemai benih otomatis menggunakan PID. Untuk mengatasi masalah tersebut, Kerangka berpikir penelitian ini dapat dijelaskan pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Kerangka berpikir

## 1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari 6 bab yang menguraikan permasalahan yang dibahas. Berikut sistematika penulisan tugas akhir.

### BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini meliputi latar belakang, penelitian terdahulu, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, karangka berpikir dan sistematika penulisan.

### BAB II TEORI DASAR

Pada bab ini menjelaskan tentang hal-hal pokok sebelum melakukan penelitian. karena menyangkut dengan penelitian perlu adanya penguasaan teori yang

berhubungan dengan penelitian yang dilakukan.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini menguraikan tentang metode penelitian yang digunakan pada penyusunan tugas akhir ini diantaranya studi literatur, identifikasi masalah, analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, analisis dan kesimpulan.

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

Bab ini membahas proses perancangan dan implementasi sistem penyemai benih jagung otomatis berbasis kendali PID pada lahan tidak rata. Pembahasan meliputi perancangan mekanik, sistem elektrik, sistem penggerak 4WD, penempatan sensor, serta perancangan sistem kendali PID yang digunakan dalam pengaturan kecepatan motor dan pencegahan selip roda. Selain itu, pada bab ini juga dijelaskan proses implementasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan pada sistem.

### **BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS**

Bab ini membahas hasil pengujian dan analisis performa sistem yang telah dirancang dan diimplementasikan. Pengujian dilakukan pada beberapa kondisi permukaan lahan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menjaga kestabilan pergerakan, mengurangi selip roda, dan mempertahankan akurasi jarak tanam. Selain itu, pada bab ini juga dilakukan analisis terhadap performa kendali PID berdasarkan parameter respon sistem seperti rise time, *overshoot*, settling time, dan steady-state error.

### **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan proses perancangan, implementasi, dan pengujian sistem. Kesimpulan disusun untuk menjawab tujuan penelitian serta mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam menjaga kestabilan gerak dan akurasi jarak tanam pada lahan tidak rata.