BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jagung (*Zea mays L.*) merupakan salah satu komoditas pertanian strategis di Indonesia yang memiliki peran penting sebagai bahan pangan maupun bahan baku industri pangan dan pakan ternak. Seiring meningkatnya kebutuhan industri pangan dan peternakan, peningkatan produktivitas tanaman jagung menjadi salah satu aspek yang perlu diperhatikan. Salah satu faktor agronomis yang memengaruhi produktivitas jagung adalah pengaturan jarak tanam [1].

Dalam penerapannya, mempertahankan jarak tanam yang konsisten masih menjadi masalah pada penanaman manual, karena ketepatan posisi dan jarak antarbenih sangat bergantung pada ketelitian dan konsistensi operator atau petani. Penelitian [2] melaporkan bahwa penanaman jagung secara manual menghasilkan jarak antarbenih yang tidak seragam, dan penelitian [3] menunjukkan bahwa penanaman manual menghasilkan distribusi jarak dan kepadatan tanaman yang tidak konsisten. Keseragaman jarak antarbenih juga telah lama menjadi indikator ketepatan penempatan benih pada penanam benih. Dengan demikian, ketidakseragaman jarak tanam merupakan masalah nyata yang mendorong perlunya otomatisasi.

Keseragaman jarak tanam perlu dijaga karena jarak tanam menentukan ruang tumbuh dan tingkat persaingan antartanaman. Jarak yang terlalu rapat meningkatkan persaingan terhadap cahaya, air, unsur hara, dan ruang perakaran sehingga pertumbuhan tertekan, batang lebih lemah, dan potensi hasil menurun. Sebaliknya, jarak yang terlalu renggang membuat sebagian lahan tidak termanfaatkan. Jarak yang seragam memberi setiap tanaman sumber daya yang proporsional dan fase pertumbuhan yang relatif serempak, serta membuat pemupukan dan irigasi lebih efisien karena kebutuhan hara per tanaman relatif sama dan sebarannya lebih merata. Tanaman yang tumbuh tidak seragam, misalnya muncul lebih lambat atau terlalu dekat dengan tanaman lain, dapat menjadi pesaing bagi tanaman di sekitarnya dan memengaruhi hasil. Karena itu, penanaman

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

membutuhkan kemampuan menempatkan benih pada jarak yang sama secara konsisten di setiap titik [4].

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan sistem yang mampu mengatur pergerakan robot penyemai benih jagung agar dapat berhenti pada jarak 30 cm secara presisi dan berulang. Penelitian ini merancang dan membangun prototipe robot penyemai benih jagung yang terdiri atas empat motor *Direct Current* (DC) sebagai penggerak utama, sensor, aktuator, dan mikrokontroler. Robot bergerak pada lintasan pengujian sepanjang 450 cm di lahan uji Panyileukan untuk mengevaluasi akurasi dan konsistensi posisi berhenti robot pada setiap jarak 30 cm.

Beberapa penelitian telah mengembangkan alat penanam jagung otomatis dengan sensor ultrasonik. Penelitian [5] mengembangkan alat *berbasis Internet of Things* dengan Arduino Uno, motor driver, sensor ultrasonik, LCD, dan kendali *smartphone* yang mampu membuat lubang, menjatuhkan benih, dan menutup tanah. Penelitian [6] membuat prototipe dengan motor DC sebagai penggerak, motor stepper sebagai penjatah benih, dan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mendeteksi kapasitas benih. Keduanya menunjukkan bahwa integrasi sensor, aktuator, dan mikrokontroler dapat diterapkan pada otomatisasi penanaman jagung, tetapi belum menitikberatkan pada pengendalian kecepatan roda untuk menjaga konsistensi jarak antarbenih.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

Penelitian ini tidak memakai sensor ultrasonik sebagai dasar penentuan titik penyemaian karena beberapa alasan. Pertama, sensor ultrasonik hanya memberikan informasi jarak terhadap objek atau referensi berdasarkan pantulan gelombang. Sensor ini membutuhkan objek pantul di depan atau di belakang robot, dan hasilnya mudah terganggu oleh pantulan yang tidak rata, kemiringan permukaan, serta suhu dan kelembapan udara. Kedua, jangkauan sensor ultrasonik umum seperti HC-SR04 terbatas, sehingga kurang sesuai untuk lintasan pengujian 450 cm. Ketiga, informasi jarak dari sensor tersebut tidak menggambarkan kondisi penggerak. Perpindahan aktual robot dipengaruhi oleh karakteristik motor, putaran roda, beban, dan kondisi permukaan tanah. Perubahan permukaan memengaruhi traksi sehingga terjadi *slip*, yaitu putaran roda tidak menghasilkan perpindahan yang sebanding dan

posisi robot menyimpang. Robot yang hanya mengandalkan sensor jarak tidak dapat memperbaiki penyebab penyimpangan ini pada tiap roda [7].

Oleh karena itu, penelitian ini merancang robot yang mengendalikan kecepatan keempat motor DC menggunakan umpan balik *rotary encoder* yang dipasang pada masing-masing motor. *Rotary encoder* menghasilkan pulsa sesuai putaran poros, yang kemudian diolah mikrokontroler menjadi kecepatan putar (RPM) tiap roda [8]. Dengan empat *encoder*, kecepatan setiap motor dapat dipantau terus-menerus dan dibandingkan dengan *setpoint*. Selisih antara kecepatan aktual dan *setpoint* serta perubahannya menjadi masukan pengendali.

Metode kendali yang digunakan adalah *Fuzzy Logic Controller* (FLC) tipe Mamdani. FLC menangani ketidakpastian sistem tanpa model matematis yang kompleks, dengan aturan linguistik *IF–THEN* yang merepresentasikan pengetahuan manusia. Pada sistem ini, kecepatan gerak robot ditetapkan sebagai *setpoint*, lalu FLC Mamdani menghasilkan keluaran PWM untuk menyesuaikan putaran masing-masing motor sehingga perbedaan kecepatan antarroda akibat *slip* dapat diminimalkan. Dengan kecepatan yang stabil, jarak tempuh robot dapat dikendalikan dengan lebih akurat sehingga ketepatan posisi berhenti pada setiap 30 cm dapat ditingkatkan. Dengan demikian, meskipun terjadi *slip* atau perubahan kondisi lintasan, robot diharapkan mampu menjaga konsistensi jarak tempuh dan ketepatan posisi berhenti sesuai dengan nilai yang ditentukan.

UIN
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

1.2. Tinjauan Penelitian Terdahulu

Untuk memvalidasi penelitian yang akan dilakukan serta meningkatkan literasi dalam pembahasan, dilakukan peninjauan terhadap penelitian-penelitian sebelumnya yang disajikan pada Tabel 1.1 sebagai rujukan utama yang berkaitan dengan topik penelitian ini.

Tabel 1.1. Rujukan utama.

No	Judul	Peneliti	Tahun
1	*Model Fuzzy Social Force* Untuk Kendali Navigasi Robot Beroda Pada Bidang Miring [9].	Riansyah, Rici Purwiyanti, Sri Setyawan, Arinto	2025

No	Judul	Peneliti	Tahun
2	*Electronic Control Seed-Metering System For Precision Seeding Maize Based on Fuzzy PID* [10].	Zhao, Xiaoshun Zhao, Hongpeng Wang, Zehe Li, Jincai Yu, Huali Yan, Qing	2024
3	*Development of A Robotic Maize Seed Planter* [11].	Ayanniran, Felix O Adekunle, Adefemi A Bello, Segun R Adisa, Kehinde O	2024
4	Prototipe Robot Penanam Benih Jagung Berbasis ESP32-CAM [12].	Martani, Ahmad Junaedy Gogasa, Miahito	2023

Pada Tabel 1.1 ditunjukkan rujukan utama yang menjadi dasar perbandingan dalam penelitian ini, sehingga dapat mengidentifikasi perbedaan dari penelitian sebelumnya. Dengan adanya rujukan ini, dapat diketahui metode, algoritma, dan hasil yang telah dicapai dalam studi sebelumnya, serta bagaimana penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan atau peningkatan pada sistem pengaturan kecepatan maupun sistem deteksi jarak yang digunakan. Berdasarkan penelitian [9] mengembangkan sistem navigasi robot menggunakan metode *Model Fuzzy Social Force* (MFSF) yang mengombinasikan logika *fuzzy*, sensor *Light Detection and Ranging* (LiDAR), sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU), dan kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) untuk mengatur pergerakan robot secara adaptif pada medan miring. Sistem *fuzzy* digunakan untuk menentukan nilai *gain* gaya tolak berdasarkan informasi arah dan jarak rintangan. Pengujian dilakukan melalui simulasi CoppeliaSim pada kemiringan 10°, 15°, dan 20°. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode MFSF mampu meningkatkan efisiensi navigasi dengan waktu tempuh 51,71 hingga 59,24 detik, dibandingkan SFM konvensional

sebesar 79,61 hingga 88,59 detik, serta menghasilkan deviasi kecepatan lebih kecil sebesar 6,8% ± 0,7.

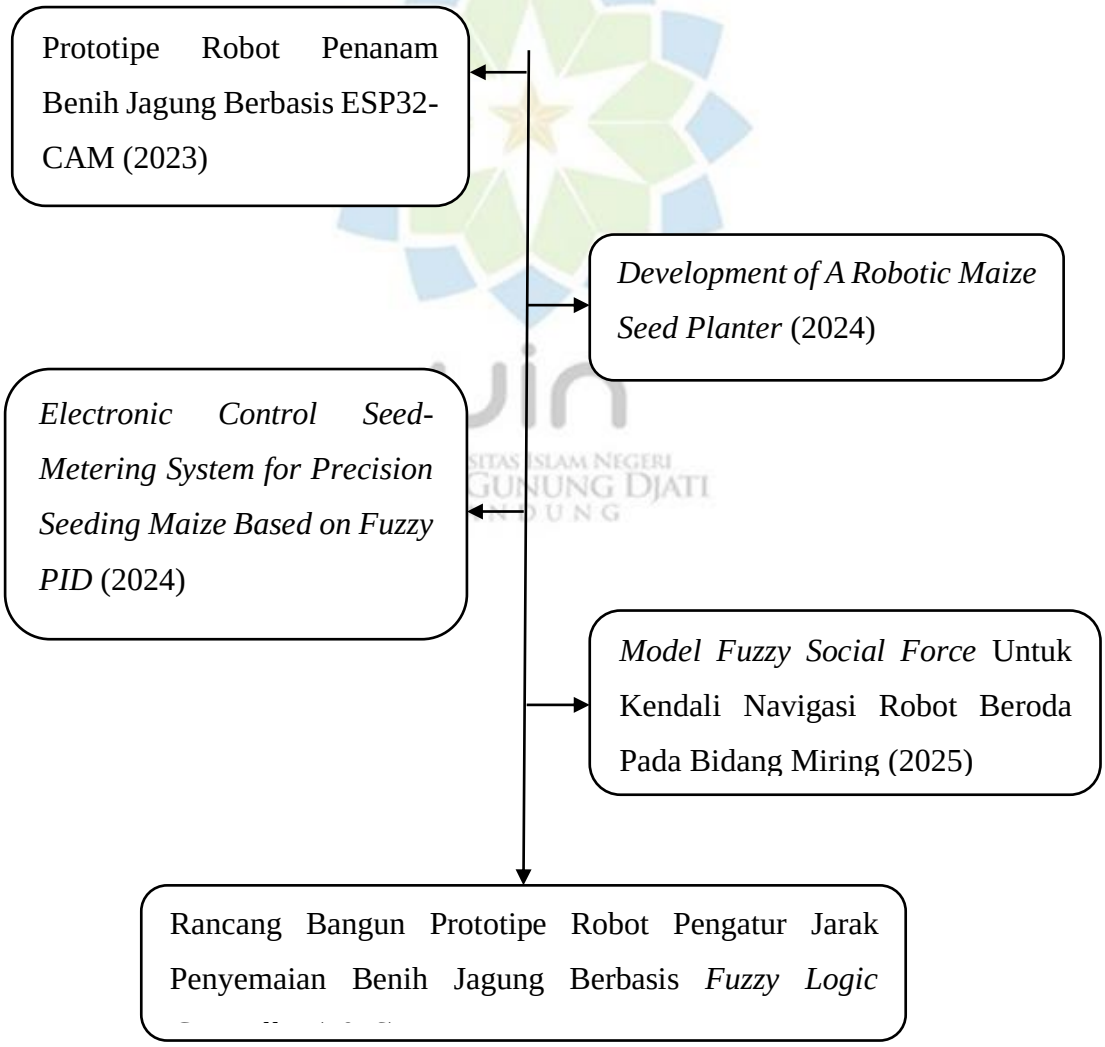
Penelitian [10] mengembangkan sistem pengaturan penjatah benih jagung berbasis *Electronic Control Seed-Metering System* (ECSMS) menggunakan metode *Fuzzy PID Control* untuk meningkatkan keseragaman penyemaian akibat permasalahan *wheel slip* pada planter konvensional. Sistem menggunakan mikrokontroler STC89C52RC, motor DC *brushless*, *motor driver*, dan *rotary encoder* untuk mendeteksi kecepatan aktual motor serta mengatur kecepatan melalui sinyal PWM. Algoritma *fuzzy* digunakan untuk melakukan penyesuaian parameter PID secara adaptif berdasarkan nilai *error* dan perubahan *error* sehingga respons sistem lebih cepat dan stabil. Hasil simulasi menunjukkan bahwa metode Fuzzy PID mampu mempercepat waktu respons sistem menjadi 0,15 detik, lebih cepat 0,23 detik dibandingkan PID konvensional. Pengujian pada alat penjatah benih menunjukkan peningkatan *Quality Index* (QI) sebesar 4,47%, penurunan *Multiple Index* (MI) sebesar 1,96%, *Miss Index* (MIX) sebesar 2,81%, serta penurunan *Coefficient of Variation* (CV) sebesar 5,06% dibandingkan sistem tanpa ECSMS.

Kemudian, pada penelitian [11] mengembangkan robot penyemai jagung otomatis untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi proses penanaman. Sistem dirancang dengan integrasi komponen mekanik, elektronik, dan perangkat lunak menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler, motor DC sebagai penggerak, serta sensor ultrasonik, inframerah, dan GPS untuk mendukung navigasi serta proses penyemaian. Mekanisme kerja robot dilakukan dengan mendeteksi hambatan, mengatur pergerakan robot, dan mengaktifkan sistem penjatah benih pada jarak tertentu. Hasil pengujian menunjukkan robot mampu mencapai akurasi penempatan benih sebesar 98,6% dan menyelesaikan proses penyemaian kurang dari setengah waktu dibandingkan metode manual.

Selanjutnya, pada penelitian [12] ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan ADDIE yang meliputi tahap analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Sistem robot menggunakan ESP32-CAM sebagai pengendali utama, kamera untuk pemantauan,

motor driver L298N untuk mengatur motor DC sebagai penggerak roda, serta motor servo untuk mekanisme pengeluaran benih. Kendali robot dilakukan secara nirkabel melalui koneksi *WiFi* menggunakan *smartphone*, sehingga pengguna dapat mengatur pergerakan robot dan proses penanaman. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe mampu melakukan proses penanaman secara terkomputerisasi, dengan mekanisme corong yang dapat mengeluarkan 2–5 biji jagung dan kedalaman lubang tanam sekitar 1–2 cm dari permukaan tanah.

Kajian penelitian terdahulu dalam penelitian ini disusun berdasarkan telaah terhadap dua jurnal nasional dan dua jurnal internasional yang memiliki keterkaitan langsung dengan topik yang diangkat. dengan penelitian ini. Hubungan penelitian diperlihatkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Hubungan penelitian.

Pada penelitian ini dirancang sistem kendali berbasis *Fuzzy Logic Controller* (FLC) untuk mengatur kecepatan motor robot penyemai benih jagung agar tetap mendekati nilai *setpoint* yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan pada lahan pertanian jagung dengan kondisi relatif datar, sedikit bergelombang, dan memiliki karakteristik tanah berpasir. Pada kondisi tersebut, salah satu permasalahan yang dapat terjadi adalah *slip* roda yang menyebabkan kecepatan putaran antar roda tidak sama dan memengaruhi kestabilan gerak robot. FLC digunakan untuk memberikan koreksi terhadap kecepatan motor berdasarkan selisih antara nilai *setpoint* dan kecepatan aktual, melalui aturan linguistik *IF–THEN*. *Rotary encoder* digunakan untuk membaca kecepatan putaran roda serta memperoleh informasi jarak tempuh robot yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan jarak penyemaian benih. Data dari *rotary encoder* kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk menghasilkan nilai kendali berupa PWM yang diberikan kepada motor. Dengan sistem tersebut, kecepatan gerak robot diharapkan tetap stabil meskipun terjadi *slip* pada roda, sehingga proses penyemaian dapat menghasilkan jarak tanam benih jagung yang lebih konsisten sesuai dengan jarak tanam yang telah ditetapkan.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan latar belakang, berikut rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana rancangan dan implementasi prototipe robot pengatur jarak penyemaian benih jagung berbasis *Fuzzy Logic Controller*?
2. Bagaimana kinerja prototipe robot pengatur jarak penyemaian benih jagung berbasis *Fuzzy Logic Controller* dalam menghasilkan jarak tanam yang konsisten pada kondisi lahan pertanian yang telah ditentukan?

1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, penelitian ini memiliki beberapa tujuan dan manfaat penelitian dalam sistem pengatur jarak penyemaian benih jagung menggunakan robot berbasis *Fuzzy Logic Controller.*

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI

1.4.1. Tujuan Penelitian

Berdasarkan pemaparan latar belakang dan rumusan masalah, berikut rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Merancang dan mengimplentasikan prototipe robot pengatur jarak penyemaian benih jagung berbasis *Fuzzy Logic Controller*.
2. Menganalisis dan mengevaluasi kinerja prototipe robot pengatur jarak penyemaian benih jagung berbasis *Fuzzy Logic Controller* dalam menghasilkan jarak tanam yang konsisten pada kondisi lahan pertanian yang telah ditentukan.

1.4.2. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dan dapat diperoleh dari penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Manfaat Akademis

Manfaat akademis dari penelitian ini adalah memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang Teknik Elektro, khususnya pada mata kuliah seperti sistem kendali dan kecerdasan buatan melalui penerapan metode *Fuzzy Logic Controller* pada sistem kendali robotika pertanian.

2. Manfaat Aplikatif

Diharapkan implementasi sistem pengatur kecepatan ini dapat membantu meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses penyemaian benih jagung, khususnya dalam menjaga kestabilan kecepatan robot secara otomatis. Selain itu, sistem ini juga dapat membantu pengguna dalam memastikan ketepatan jarak tanam melalui pembacaan sensor secara *real-time*, sehingga robot mampu menghasilkan pola penyemaian benih yang lebih konsisten sesuai dengan parameter jarak tanam yang telah ditentukan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi inovatif dalam otomasi pertanian modern, serta memberikan inspirasi pengembangan alat serupa yang dapat diterapkan pada skala yang lebih luas di sektor pertanian berbasis robotika.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah yang berhubungan dengan penelitian ini memiliki cakupan yang sangat luas. Oleh karena itu, diperlukan batasan masalah agar penelitian lebih spesifik dan terarah. Batasan masalah ini menitikberatkan pada:

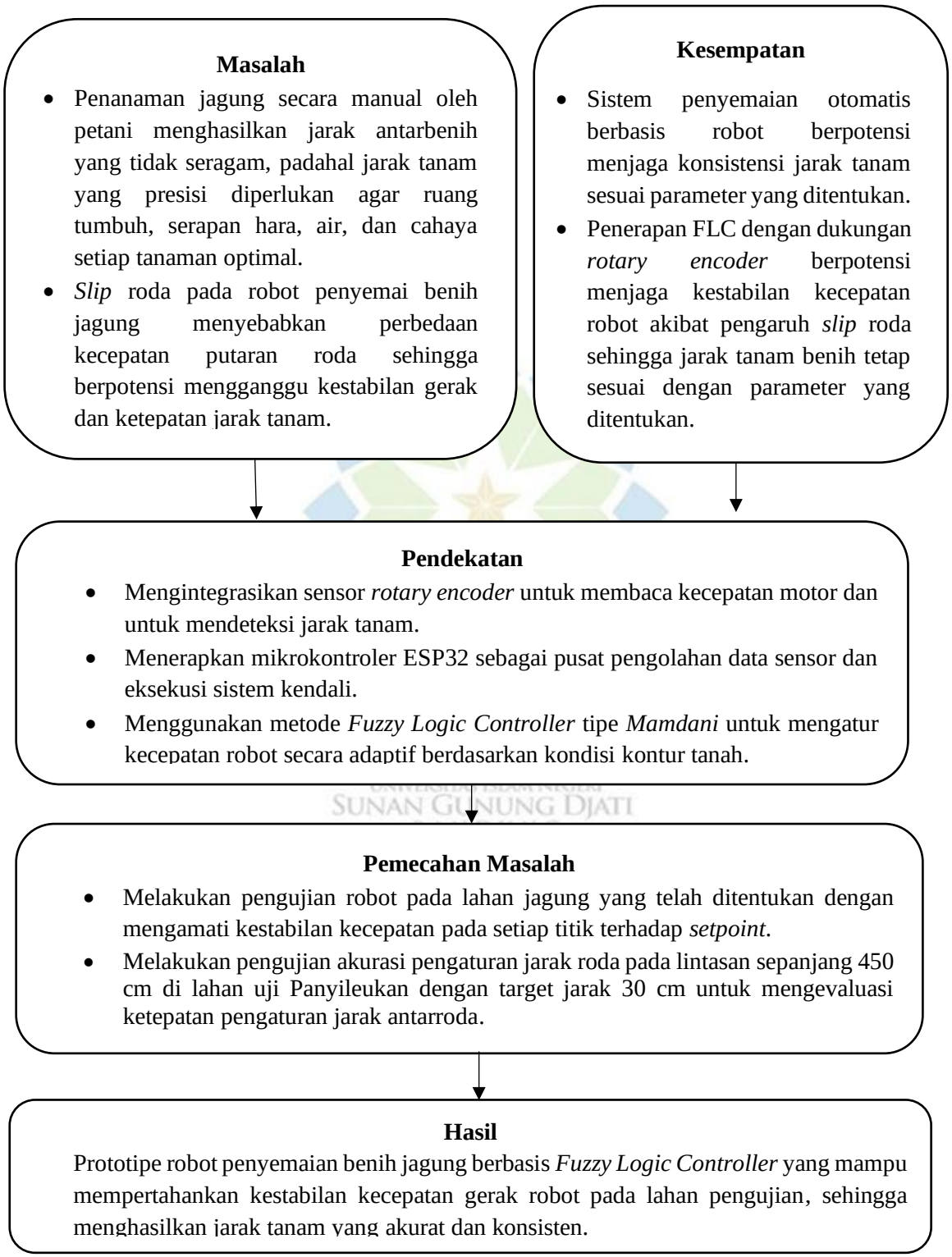
1. Metode kontrol yang digunakan adalah *Fuzzy Logic Controller* (FLC) dengan tipe Mamdani untuk mengatur respons kecepatan motor penggerak.
2. Sistem logika *fuzzy* dibatasi menggunakan dua variabel *input*, yaitu *error* RPM dan *delta error* yang diperoleh dari pembacaan *rotary encoder*, dengan *output* berupa nilai PWM untuk mengatur kecepatan motor penggerak.
3. Penentuan jarak tanam benih jagung dilakukan berdasarkan jarak tempuh robot yang dihitung menggunakan *rotary encoder*.
4. Penelitian ini hanya menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pemrosesan sistem kendali dan pengolahan data sensor.
5. Sistem penyemaian dirancang dengan parameter jarak tanam tetap sebesar 30 cm sebagai acuan pengendalian jarak antarbenih pada proses pengujian.
6. Sistem penggerak yang dikaji menggunakan konfigurasi penggerak empat roda *(Four-Wheel Drive)* dengan 4 motor DC, di mana pembacaan *rotary encoder* dan eksekusi kontrol *fuzzy* dilakukan secara independen untuk masing-masing roda.
7. Pengujian lapangan hanya mencakup satu baris (450 cm) penanaman jagung pada lahan uji di wilayah Panyileukan.
8. Pengujian sistem difokuskan pada performa pengendalian kecepatan motor dan akurasi posisi berhenti robot berdasarkan jarak tempuh roda, tanpa membahas parameter agronomi seperti pertumbuhan bibit, hama, dan hasil panen.
9. Pengendalian difokuskan pada kecepatan (RPM) motor, bukan percepatan, dan analisis performa dilakukan pada kondisi *steady state*.

1.6. Kerangka Pemikiran

Kerangka berpikir merupakan gambaran alur pemikiran penelitian yang menghubungkan teori, variabel, dan konsep yang digunakan untuk menjelaskan

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG

permasalahan penelitian secara sistematis. Pada Gambar 1.2 menunjukan bagan kerangka berpikir penelitian yang akan dilakukan



Gambar 1.2. Kerangka berpikir penelitian.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan untuk penelitian ini terdiri dari 6 bab agar dapat menghasilkan penulisan yang baik, diantaranya sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, penelitian terkait, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, kerangka berpikir, dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Pada bab ini berisi tentang teori dasar yang digunakan dalam penelitian, seperti sistem kendali, *Fuzzy Logic Controller*, perhitungan data yang dibutuhkan, serta gambar komponen digunakan dalam penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan metode dan tahapan-tahapan yang dilakukan ketika melakukan penelitian sistem kendali robot penanam benih jagung berbasis metode *Fuzzy Logic*.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan tahap-tahap perancangan, mulai dari perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak, hingga implementasi sistem baik implementasi perangkat keras maupun implementasi perangkat lunak.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini memaparkan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap sistem yang telah dirancang dan direalisasikan. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengevaluasi performa sistem kendali motor penggerak robot penanam benih jagung menggunakan metode *Fuzzy Logic* Mamdani berdasarkan parameter yang telah ditentukan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bab terakhir di dalam penulisan tugas akhir, bab ini menjelaskan tentang bagian penutup dari penelitian yang telah dilakukan. Bagian ini berisi mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan, serta saran yang bisa dilakukan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUNAN GUNUNG DJATI
BANDUNG