

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Individu yang berkelompok memiliki kemampuan melakukan pekerjaan lebih baik dengan permasalahan kompleks secara mudah, dibandingkan satu individu yang sama tidak akan mampu melakukan pekerjaan tersebut. Dengan membuat kawanan, informasi yang diperoleh pemimpin walaupun sedikit dapat mengarahkan kawanan untuk melakukan pekerjaan secara tepat sesuai formasi dengan akurasi, efisiensi, dan waktu yang lebih baik dibandingkan dengan melakukan pekerjaan secara individu, dengan kesimpulan bahwasanya melakukan pekerjaan dengan berkelompok dan terkoordinir mampu menyelesaikan pekerjaan lebih baik daripada secara individu [1]. Perilaku koordinasi dan kerjasama antar individu dalam kawanan tersebut dapat diterapkan pada kawanan *mobile robot* untuk membuat formasi dalam pekerjaan tertentu.

Penggunaan *mobile robot* pada zaman ini seringkali diteliti untuk mengembangkan alat tertentu agar bekerja otomatis terutama dalam hal navigasi, dengan tujuan utamanya untuk mengurangi beban kerja dan kecelakaan kerja yang terjadi pada manusia [2]. Bidang pertanian misalnya, menggunakan *mobile robot* untuk mengembangkan traktor pembajak lahan, *combine harvester* untuk melakukan proses pemanenan, robot penanam dan penyebaran benih [3]. *Mobile robot* juga digunakan dalam bidang industri contohnya pada gudang penyimpanan barang, untuk pengembangan *forklift* otomatis sebagai pemindah barang [4]. Bidang transportasi misalnya, digunakan *mobile robot* untuk mengembangkan bus listrik otomatis yang bertujuan agar bus beroperasi penuh tanpa jam kerja dengan mengurangi beban biaya karyawan [5]. Pertahanan militer menggunakan *mobile robot* untuk mengembangkan *tank* tanpa awak untuk mengurangi kematian dari prajurit [6]. *Mobile robot* juga berperan penting dalam perkembangan industri hiburan seperti penggunaan *mobile robot* untuk penyelenggaraan perayaan seperti pawai atau konvoi [7].

Semakin kedepan *mobile robot* tidak bisa bekerja secara individu untuk menyelesaikan permasalahan kompleks yang membutuhkan pekerja lebih dari satu, contohnya membuat formasi tertentu dalam melakukan sebuah proses pemanenan

dan pengangkutan pada lahan pertanian yang luas, memindahkan objek besar, penambahan armada bus tanpa sopir tambahan, dan melakukan formasi *tank* untuk pertahanan militer, selain itu dibutuhkan formasi dari robot untuk melakukan parade dalam suatu perayaan tertentu [8].

Masalah yang dijelaskan tersebut pada dasarnya mempunyai solusi yang sama yaitu bagaimana mengatur *mobile robot* satu sama lain untuk berkoordinasi membentuk formasi sesuai pekerjaan yang diperintahkan, solusi tersebut masuk dalam bidang keilmuan robotika yaitu kontrol formasi [9]. Penting untuk melakukan penelitian lebih lanjut terkait kontrol formasi pada multi *mobile robot* yang salah satunya menggunakan pendekatan *leader follower*.

Dari beberapa penelitian sebelumnya terkait kontrol formasi dengan pendekatan robot *leader follower*, masalah yang dihadapi dalam kontrol formasi adalah pelacakan posisi robot yang membutuhkan waktu yang cukup lama, sehingga akan menimbulkan masalah lain yaitu formasi yang diinginkan tidak tercapai [10]. Masalah dalam penelitian yang lain yaitu kekacauan formasi dalam gerak robot saat menuju titik tujuan yang diakibatkan oleh gangguan komunikasi antar robot [11]. Selain itu dalam penelitian yang lain ada beberapa gangguan yang lain seperti kecepatan robot pengikut lebih lambat dibandingkan kecepatan dari robot pemimpin, yang mengakibatkan terjadinya kekacauan formasi [12]. Permasalahan yang lain adalah tingginya nilai *error* posisi robot pengikut terhadap posisi robot pemimpin dikarenakan masih menggunakan metode yang eksperimental. Selain itu keterlibatan sensor eksternal yang kurang presisi pada kondisi tertentu seperti sensor kamera yang memerlukan lingkungan cukup cahaya dan kondisi wilayah yang mungkin untuk dipasang kamera, sensor GPS yang memerlukan kondisi diluar ruangan dan sensor kompas yang kutub utaranya seringkali terganggu oleh medan magnet yang dihasilkan listrik dengan arus tinggi, pada akhirnya pelacakan posisi dan arah hadap robot kurang efektif dikarenakan keterbatasan proses *sensing* yang dilakukan sensor eksternal [13].

Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, maka penelitian ini akan mengatasi beberapa masalah dari penelitian sebelumnya dengan melakukan kontrol formasi multi *mobile robot* menggunakan pendekatan *leader follower* yang akan diaplikasikan di salah satu permasalahan di bidang pertanian yaitu untuk

mengkombinasikan *combine harvester* dengan traktor pengangkut untuk proses pemanenan, proses ini dinilai efektif karena hasil panen akan langsung diangkut oleh traktor pengangkut yang berada di belakang *combine harvester*, Jadi tidak memerlukan pekerja tambahan untuk mengumpulkan hasil panen. *Combine harvester* diposisikan sebagai pemimpin dan traktor pengangkut sebagai pengikut. Pengikut dikontrol untuk mengikuti posisi Pemimpin. Formasi yang dipertahankan antar robot yaitu membentuk garis vertikal sesuai arah hadap robot dengan jarak 50 cm antar titik tengah robot atau secara linguistik posisi robot pengikut akan di belakang robot pemimpin sesuai arah hadap dengan jarak 50 cm berdasarkan titik tengah robot.

Penelitian akan dilakukan dengan skenario percobaan robot pemimpin bergerak sesuai jalur persegi panjang panjang, diikuti dengan robot pengikut. Komunikasi antar robot menggunakan protokol *peer-to-peer* dengan koneksi WiFi menggunakan ESP32 dengan Arduino Uno sebagai mikrokontrolernya. Kontrol formasi dirancang sesuai dengan model kinematika robot dengan tipe *differential drive*. Kombinasi metode odometri dan metode PID digunakan untuk mengetahui posisi, mengatur posisi dan mengatur kecepatan robot dengan peran yaitu metode odometri digunakan untuk mengetahui posisi robot dengan kombinasi dua sensor internal yaitu sensor enkoder yang tertanam di kedua roda *mobile robot*. Kontrol kinematik digunakan untuk mengetahui model kinematika robot sedangkan metode PID untuk mengatur kecepatan robot pengikut dengan *setpoint* jarak referensi antar robot yang bertujuan mempertahankan formasi, selain itu kombinasi metode PID dan metode odometri dengan sensor enkoder digunakan dalam robot pemimpin untuk memperbaiki arah hadap robot agar tetap pada jalur, dan pada robot pengikut digunakan untuk memperbaiki arah hadap robot supaya tetap mempertahankan formasi.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Beberapa rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian kontrol formasi multi *mobile robot* dengan pendekatan *leader follower* adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana membuat robot pemimpin dan robot pengikut?

2. Bagaimana robot pemimpin mengetahui dan mengatur posisi serta arah hadap agar mengikuti lintasan?
3. Bagaimana robot pengikut mengetahui dan mengatur posisi serta arah hadap untuk mempertahankan formasi?
4. Bagaimana mengkomunikasikan robot pemimpin dengan robot pengikut?

### **1.3. Tujuan Dan Manfaat**

#### **1.3.1. Tujuan**

Tujuan yang akan dicapai dengan dilakukannya penelitian kontrol formasi multi *mobile robot* dengan pendekatan *leader follower* adalah sebagai berikut :

1. Membuat robot pemimpin dan pengikut dengan menggunakan jenis *mobile robot differential drive*.
2. Mengkomunikasikan robot secara *peer-to-peer* dengan protokol ESP-NOW menggunakan perangkat ESP32 untuk melakukan pengiriman data berupa posisi robot.
3. Menggunakan kombinasi metode odometri dan metode PID untuk mengetahui dan mengatur posisi dan arah hadap robot pemimpin supaya tetap mengikuti lintasan.
4. Menggunakan kombinasi metode odometri dan metode PID untuk mengetahui dan mengatur posisi dan arah hadap robot pengikut agar robot tetap mempertahankan formasi.
5. Menghitung nilai *error* robot pemimpin terhadap lintasan dengan menghitung arah hadap robot dan posisi pemimpin terhadap lintasan.
6. Menghitung nilai *error* formasi dengan cara menghitung arah hadap dan jarak posisi *error* antara robot pemimpin terhadap robot pengikut.

#### **1.3.2. Manfaat**

Penelitian ini diharapkan bermanfaat untuk diaplikasikan dalam bidang otomatisasi pertanian yaitu untuk melakukan proses optimalisasi pemanenan dengan mengkombinasikan dua alat kerja yaitu *combine harvester* dan traktor pengangkut. Kombinasi kerja yang diharapkan yaitu dalam posisi berjalan dan sedang melakukan proses pemanenan, *combine harvester* langsung menyalurkan

hasil panen menuju traktor pengangkut yang posisinya selalu mengikuti dan berada di belakang *combine harvester*. Dalam penelitian ini *combine harvester* sebagai robot pemimpin dan traktor pengangkut sebagai robot pengikut.

#### 1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah diberikan agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan harapan, berikut merupakan beberapa hal yang dibatasi untuk memberikan fokus pada rumusan masalah dan tujuan yang akan dikerjakan.

1. Menggunakan jenis robot *differential drive* terdiri dari 3 roda berkomposisi 1 penggerak kanan, 1 penggerak kiri dan 1 roda bebas yang ditempatkan di belakang robot dengan maksimal diameter roda penggerak yang digunakan pada robot yaitu 6 cm.
2. Robot pemimpin dan pengikut menggunakan jenis dan model kinematika yang sama. Jarak antar robot diukur dari titik tengah robot, sebesar 50 cm pada formasi robot.
3. Media yang akan dilintasi adalah bidang rata tanpa halangan dengan bentuk persegi panjang dengan panjang maksimal 1 meter dan lebar maksimal 1 meter.
4. Robot pemimpin mempunyai maksimal kecepatan linier yaitu 0,1 m/s dan maksimal kecepatan sudut yaitu 2,5 rad/s.
5. Robot pengikut mempunyai maksimal kecepatan linier yaitu 0,2 m/s dan maksimal kecepatan sudut yaitu 5 rad/s.
6. Komunikasi hanya dilakukan dengan robot pemimpin mengirimkan posisi referensi kepada robot pengikut, tanpa robot pengikut mengirimkan posisi kepada robot pemimpin.
7. Formasi yang diatur yaitu robot pengikut selalu di belakang robot pemimpin dengan jarak yang sudah ditentukan dengan arah hadap yang sama.
8. Robot pemimpin dan pengikut sebelum beroperasi harus ditempatkan sesuai dengan koordinat posisi dan arah hadap awal yang telah ditentukan baik sesuai formasi ataupun diacak.

### 1.5. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan pendekatan sistematis yang digunakan peneliti untuk merencanakan, melaksanakan, dan mengevaluasi suatu penelitian. Adapun metodologi penulisan skripsi dijelaskan secara singkat pada uraian berikut:

#### 1. Pendefinisian Permasalahan Kontrol Formasi Multi *Mobile Robot*

Pendefinisian masalah merupakan langkah awal dalam upaya mendefinisikan suatu permasalahan. Pendefinisian masalah digunakan untuk menyelesaikan permasalahan terkait metode yang digunakan untuk kontrol formasi *multi mobile robot*, metode yang digunakan untuk mengatur robot pemimpin agar berjalan sesuai lintasan, metode yang digunakan untuk mengkomunikasikan robot pengikut dan pemimpin untuk tetap mempertahankan formasi.

#### 2. Pencarian Sumber Referensi Kontrol Formasi *Multi Mobile Robot*

Pencarian sumber referensi adalah menambah informasi secara mendalam kepada pembaca mengenai permasalahan kontrol formasi *multi mobile robot* dengan pendekatan *leader follower* dengan metode PID, permasalahan robot yang harus mengikuti lintasan dengan metode odometri dan metode PID, penggunaan sensor enkoder dan sensor mpu6050 untuk mengetahui posisi dan arah hadap robot dan permasalahan komunikasi antar robot agar robot pengikut tetap bisa mempertahankan formasi.

#### 3. Perancangan Robot Pemimpin dan Pengikut

Perancangan robot pemimpin dan pengikut bertujuan untuk memberikan gambaran rancang bangun dengan sistem yang lengkap seperti perancangan mekanik robot pemimpin dan pengikut dan rangkaian elektronika dengan pendekatan dan metode yang telah digagas.

#### 4. Pembuatan Robot Pemimpin dan Pengikut

Pembuatan robot pemimpin dan pengikut bertujuan untuk membuat robot pemimpin dan pengikut berdasarkan hasil perancangan robot dan hasil perancangan sistem.

#### 5. Pengujian Robot Pemimpin dan Pengikut

Pengujian robot pemimpin dan pengikut adalah sarana untuk mengukur tingkat keberhasilan suatu sistem yang telah dibuat. Sehingga sistem yang dibuat dapat bekerja sesuai dengan target dan kebutuhan.

6. Pengumpulan Data Penelitian

Pengumpulan data penelitian bertujuan untuk memperoleh data informasi yang dibutuhkan dari pengujian untuk mencapai tujuan penelitian.

7. Pengolahan Data dan Analisis Penelitian

Setelah beberapa data telah dikumpulkan, dilakukan pengolahan data dan analisis penelitian untuk dapat memanipulasi data kedalam bentuk informasi lain.

8. Pembuatan Laporan Penelitian

Pembuatan laporan penelitian merupakan sarana untuk memberitahukan kegiatan penelitian mulai dari proses pengumpulan data menggunakan pendekatan dan metode tertentu hingga menggabungkan seluruh data yang didapat untuk mendapatkan sebuah jawaban atas penelitian tersebut.

**1.6. Jadwal Pelaksanaan Penelitian**

Dalam melaksanakan penelitian dibutuhkan jadwal rencana untuk kegiatan, agar penelitian dapat berjalan sesuai dengan jadwal yang diharapkan. Berikut merupakan jadwal pelaksanaan dari penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Pelaksanaan Tugas Akhir

| No | Nama Kegiatan                                                              | Bulan |    |     |    |   |    |
|----|----------------------------------------------------------------------------|-------|----|-----|----|---|----|
|    |                                                                            | I     | II | III | IV | V | VI |
| 1. | Pendefinisian<br>Permasalahan Kontrol<br>Formasi <i>Multi Mobile Robot</i> |       |    |     |    |   |    |
| 2. | Pencarian Sumber<br>Referensi Kontrol<br>Formasi <i>Multi Mobile Robot</i> |       |    |     |    |   |    |
| 3. | Perancangan Robot<br>Pemimpin dan Pengikut                                 |       |    |     |    |   |    |
| 4. | Pembuatan Robot<br>Pemimpin dan Pengikut                                   |       |    |     |    |   |    |
| 5. | Pengujian Robot<br>Pemimpin dan Pengikut                                   |       |    |     |    |   |    |
| 6. | Pengumpulan Data<br>Penelitian                                             |       |    |     |    |   |    |
| 7. | Pengolahan Data dan<br>Analisis Penelitian                                 |       |    |     |    |   |    |
| 8. | Pembuatan Laporan<br>Penelitian                                            |       |    |     |    |   |    |