

**SISTEM KENDALI TRAKTOR TANPA AWAK DENGAN MODE
REMOTE CONTROL DAN AUTOPILOT MENGGUNAKAN MATEK
FLIGHT CONTROL BERBASIS INAV**

(Skripsi)

Oleh :

**RAFLY RAHMAT DANI
NPM. 1915031052**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

SISTEM KENDALI TRAKTOR TANPA AWAK DENGAN MODE *REMOTE CONTROL* DAN *AUTOPILOT* MENGGUNAKAN MATEK *FLIGHT CONTROL* BERBASIS INAV

Oleh

Rafly Rahmat Dani

Pengolahan tanah merupakan tahapan awal yang dilakukan oleh petani dalam proses produksi beras. Traktor tangan adalah teknologi modern yang digunakan untuk membantu petani dalam melakukan proses pengolahan tanah/pembajakan sawah. Namun, tidak sedikit juga terjadi kecelakaan kerja dalam pengoperasian traktor tangan, sehingga dibutuhkan sebuah sistem yang mampu mengendalikan traktor tanpa awak, guna mengurangi kecelakaan pada saat pengoperasian traktor dan mempercepat proses pengolahan tanah. Pada penelitian ini dibuat sistem yang mampu mengontrol traktor dengan menggunakan *remote control* dan *autopilot*. Sistem yang dirancang dalam penelitian ini menggunakan komponen seperti baterai, modul GPS, telemetri, *flight control*, OLED, *buzzer*, *buck boost converter*, *bread board*, dan motor servo sebagai pengendali arah gerak traktor. Berdasarkan hasil pengujian lapangan, tegangan yang dibutuhkan oleh *buck boost converter* untuk menggerakkan motor servo adalah 8.4 volt. Traktor tangan dapat dikendalikan oleh *remote control* tanpa halangan adalah maksimal pada jarak 500 m dengan sinyal paling kecil 47 dB, dengan halangan pepohonan maksimal pada jarak 160 m, dengan halangan kayu maksimal pada jarak 140 m dan dengan halangan beton maksimal pada jarak 70 m. Pengujian jalan lurus menggunakan *waypoint*, menghasilkan rata – rata *error* sebesar 0.091 % pada titik *latitude* dan 0.528 % pada titik *longitude*. Dari analisis perhitungan yang dilakukan menggunakan metode *Haversine Formula* diketahui mode *autopilot* pada traktor saat berjalan memiliki tingkat keberhasilan sebesar 99.16 %.

Kata Kunci : Traktor tangan, *Remote Control*, *Autopilot*, INAV, *Haversine Formula*.

ABSTRACT

UNMANNED TRACTOR CONTROL SYSTEM WITH REMOTE CONTROL AND AUTOPILOT MODE USING MATEK FLIGHT CONTROL BASED ON INAV

By

Rafly Rahmat Dani

Tillage is the initial stage carried out by farmers in the rice production process. Hand tractors are modern technology used to assist farmers in carrying out the process of tillage. However, not a few work accidents also occur in the operation of hand tractors, so a system capable of controlling unmanned tractors is needed, in order to reduce accidents during tractor operation and speed up the tillage process. In this research, a system that is able to control the tractor using remote control and autopilot is made. The system designed in this research uses components such as batteries, GPS modules, telemetry, flight control, OLED, buzzer, buck boost converter, bread board, and servo motor as the tractor motion direction controller. Based on the results of field testing, the voltage required by the buck boost converter to move the servo motor is 8.4 volts. Hand tractors can be controlled by remote control without obstacles at a maximum distance of 500 m with the smallest signal of 47 dB, with maximum tree obstacles at a distance of 160 m, with maximum wooden obstacles at a distance of 140 m and with maximum concrete obstacles at a distance of 70 m. Straight road testing using waypoints, produces an average error of 0.091% at the latitude point and 0.528% at the longitude point. From the analysis of calculations carried out using the Haversine Formula method, it is known that the autopilot mode on the tractor when walking has a success rate of 99.16%.

Keywords: *Hand tractor, Remote Control, Autopilot, INAV, Haversine Formula.*

**SISTEM KENDALI TRAKTOR TANPA AWAK DENGAN MODE
REMOTE CONTROL DAN *AUTOPILOT* MENGGUNAKAN MATEK
FLIGHT CONTROL BERBASIS INAV**

Oleh

RAFLY RAHMAT DANI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapat Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi

: **SISTEM KENDALI TRAKTOR TANPA AWAK
DENGAN MODE REMOTE CONTROL DAN
AUTOPILOT MENGGUNAKAN MATEK
FLIGHT CONTROL BERBASIS INAV**

Nama Mahasiswa

: **Rafly Rahmat Dani**

Nomor Pokok Mahasiswa

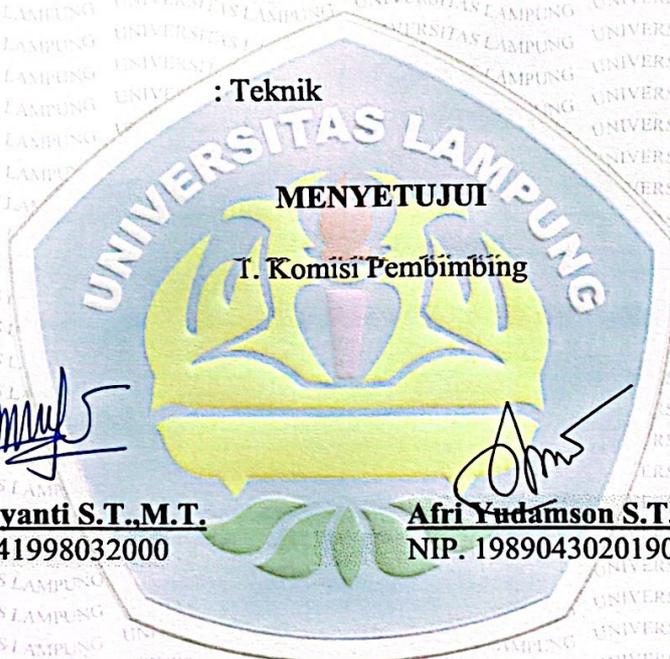
: **1915031052**

Program Studi

: **Teknik Elektro**

Fakultas

: **Teknik**



T. Komisi Pembimbing

Dr. Sri Purwiyanti S.T.,M.T.
NIP. 197310041998032000

Afri Yudamson S.T.,M.Eng.
NIP. 198904302019031011

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Herlinawati, S.T.,M.T.
NIP. 197103141999032001

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T.,M.T.
NIP. 197404222000122001

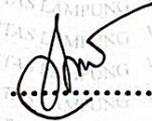
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

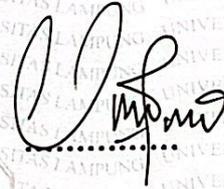
Ketua : Dr. Sri Purwiyanti S.T.,M.T.



Sekretaris : Afri Yudamson S.T.,M.Eng.



**Penguji Utama
Bukan Pembimbing : Umi Murdika, S.T.,M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik :

Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP. 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 13 September 2023

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi akademik sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 13 September 2023



Rafly Rahmat Dani

NPM. 1955031052

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di Prabumulih, pada tanggal 10 Desember 2001 sebagai anak pertama dari 3 bersaudara. Muhammad Umar dan Febriani adalah orang tua kebanggaan penulis. Pendidikan Sekolah Dasar di SD N 15 Prabumulih, Sekolah Menengah Pertama di SMP N 02 Prabumulih dan Sekolah Menengah Atas di SMA N 03 Prabumulih. Pada tahun 2019, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro sebagai Anggota Divisi Sosial dan Kewirausahaan yang diamanahkan sebagai penanggung jawab pada program kerja berbagi nasi, berbagi buku dan pernah diamanahkan menjadi Koordinator Sponsorship pada event Electrical Engineering in Action. Penulis juga aktif mengikuti organisasi FOSSI FT dan menjabat sebagai staff Hubungan Masyarakat. Penulis aktif dalam organisasi Ikatan Mahasiswa Sumatera Selatan Universitas Lampung dan menjabat sebagai staff di bidang Hubungan Masyarakat. Selain itu Penulis juga merupakan salah satu penerima beasiswa Karya Salemba Empat dan aktif dalam paguyuban KSE Unila pada bidang Pendidikan, Riset, dan Teknologi. Pada Semester 5 penulis mengambil konsentrasi Elektronika dan Kendali (Elkakend). Penulis menjadi asisten di Laboratorium Pengukuran Besaran Listrik pada tahun 2021 – 2023 dan diamanahkan menjadi Koordinator Asisten pada tahun 2022 – 2023. Penulis aktif di laboratorium sebagai asisten mata kuliah rangkaian listrik dan pengukuran besaran listrik. Penulis juga pernah mengikuti kegiatan Pengabdian Masyarakat ke SMA YP Unila dan mengikuti beberapa project pengukuran grounding. Penulis pernah mengikuti program MBKM di Perusahaan Alterra Academy sebagai Front End Developer. Penulis mengikuti kegiatan magang Riset Digitalisasi Museum Lampung pada tim Internet of Things Sensor. Penulis juga mengikuti event Technology For Indonesian bersama tim dari KSE Unila yang diadakan oleh Yayasan Karya Salemba Empat di Serang, Banten.



PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan Ridho Allah SWT
Teriring shalawat kepada Nabi Muhammad SAW
Karya Tulis ini ku persembahkan untuk:

Ayah dan Ibuku Tercinta

Muhammad Umar

Febriani

Serta Adikku Tersayang

Arif Budiman

Talitha Nabila Hasanah

Terimakasih untuk semua dukungan dan doa selama ini
Sehingga aku dapat menyelesaikan hasil karyaku ini



MOTTO

“Jika anda ingin mendapatkan yang belum pernah anda dapatkan, maka anda harus melakukan apa yang belum pernah anda lakukan.”—Rafly RD

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain), dan hanya kepada Tuhan-mu lah kamu berharap”

(Q.S Al-Insyirah: 6-8)

“Tidak ada balasan untuk kebaikan selain kebaikan”

(Q.S Ar-Rahman :60)

“...dan aku belum pernah kecewa dalam berdoa kepada Engkau ya Rabbku”

(Q.S Maryam : 4)

“Tidak penting seberapa pelan anda berjalan yang penting jangan pernah berhenti”

“Jika belum bisa menjadi matahari yang bisa menerangi semua orang, maka jadilah lilin yang mampu menerangi sekelilingnya”

SANWACANA

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala karunia, hidayah, serta inayah-Nya kepada penulis, sehingga laporan skripsi ini yang berjudul “ **Sistem Kendali Traktor Tanpa Awak Dengan Mode *Remote Control* dan *Autopilot* Menggunakan MATEK *Flight Control* Berbasis INAV**” dapat selesai tepat pada waktunya. Yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Shalawat serta salam selalu tercurah kepada junjungan seluruh alam, Nabi Muhammad SAW. sahabatnya, serta para pengikutnya yang selalu istiqomah diatas jalan agama islam hingga hari akhir zaman. Selama menjalani pengerjaan Skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan pemikiran maupun dorongan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr.Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung, sekaligus Dosen Pembimbing Pendamping.
3. Ibu Herlinawati,S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Eng. Nining Purwasih,S.T.,M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung
5. Bapak Dr. Sri Purwiyanti S.T.,M.T. selaku pembimbing utama tugas akhir, yang telah banyak membantu, membimbing, memberi dukungan dan memberikan banyak motivasi kepada penulis.
6. Bapak Afri Yudamson S.T.,M.Eng. selaku dosen pembimbing pendamping yang telah banyak memberikan kritik, saran, suasana yang ceria, ilmu selama kuliah dan motivasi yang bermanfaat bagi penulis.

7. Ibu Umi Murdika, S.T.,M.T., selaku penguji atau pembahas utama yang telah banyak membantu, memberikan kritik, saran dan ilmu selama kuliah kepada penulis.
8. Bapak Syaiful Alam, S.T.,M.T. sebagai Dosen Pembimbing Akademik, yang telah banyak membimbing dan membantu penulis selama menjalani kuliah.
9. Seluruh Dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, berkat ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama penulis menjalani masa studi di perkuliahan
10. Ibu Yetti S.T., M.T., selaku Kepala Laboratorium Pengukuran Besaran Listrik yang turut berperan dalam memberikan motivasi, semangat dan bantuan ide kepada penulis.
11. Bapak Baiqodar S.T. selaku PLP Laboratorium Pengukuran Besaran Listrik yang membantu penulis dalam proses pengerjaan skripsi.
12. Papa Muhammad Umar, sebagai orangtua yang sudah membantu banyak kepada penulis tentang cara menyikapi kehidupan, motivasi untuk selalu maju, dan orang yang selalu mendoakan serta support penulis dalam kehidupan rantau selama kuliah.
13. Mama Febriani, sebagai orangtua yang sudah memberikan motivasi kepada penulis sehingga skripsi ini selesai, orang yang selalu mendoakan penulis dan selalu memberikan support untuk selalu maju.
14. Arif Budiman dan Talitha Nabila Hasanah, kedua adikku yang membantu banyak dalam memberikan semangat, dukungan dan hiburan dalam proses pengerjaan skripsi.
15. Zahwa Dinda Aulia sebagai orang spesial bagi penulis, orang yang senantiasa menemani selama masa perkuliahan yang membantu banyak sekali, baik dalam menuangkan pikiran maupun motivasi yang diberikan sampai skripsi ini selesai.
16. Teman – teman Riset Digitalisasi Museum Lampung, sudah menjadi rekan dalam belajar mengembangkan ilmu dan memberikan motivasi kepada penulis.
17. Rekan Laboratorium Pengukuran Besaran Listrik, Zahwa, Zaki, Joseph, Hari, Feri, dan Murti yang telah menemani hari – hari penulis selama di Laboratorium.

18. Beasiswa Karya Salemba Empat, sebagai yayasan yang banyak membantu penulis dalam hal finansial, relasi, dan wadah tempat penulis melakukan pengembangan diri khususnya TFI.
19. Eternity 19, sebagai keluarga satu angkatan teknik elektro yang sudah banyak memberikan pengalaman berharga selama masa perkuliahan.
20. Keluarga Besar Himatro Unila, sebagai wadah untuk mengembangkan *softskill* dan memberikan pengalaman berharga kepada penulis.

Semoga Allah SWT membalas semua perbuatan dan kebaikan yang telah diberikan kepada Penulis sampai dengan terselesaikannya Skripsi ini. Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan, baik dari segi penyusunan maupun pemilihan kata. Maka dari itu penulis terbuka untuk menerima masukan kritik dan saran yang dapat membangun Penulis kedepannya. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, September 2023

Penulis,

Rafly Rahmat Dani

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
SANWACANA	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GRAFIK.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Hipotesis.....	5
1.7 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian terdahulu.....	7
2.2 Pengolahan Tanah	8
2.3 Traktor.....	9
2.4 Autopilot	10
2.5 Flight Controll.....	11
2.6 Radio Control	12
2.7 DC PCB Boost Buck.....	13
2.8 OLED	14
2.9 Buzzer	14
2.10 Telemetry	15
2.11GPS	16

2.12 Servo	17
2.13 Box Control.....	18
2.14 Firmware Inav	19
2.15 Metode Haversine Formula.....	20
BAB III METODOLOGI	22
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.2 Alat dan Bahan.....	22
3.3 Prosedur Penelitian.....	23
3.4 Skema Peletakan Alat	25
3.5 Blok Diagram Sistem	25
3.5.1 Mode Remot Kontrol	26
3.5.2 Mode <i>Autopilot</i>	27
3.6 Pengujian Sistem.....	27
3.6.1 Pengujian GPS	27
3.6.2 Pengujian Servo	28
3.6.3 Pengujian Jarak Optimal <i>Remote Control</i> dan <i>Box Control</i>	28
3.7 Pengujian Tingkat Keakurasian Jarak.....	28
3.8 Pengujian Efisiensi Waktu Dalam Mengolah Tanah	30
BAB IV DATA HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Perancangan Rangkaian Sistem	31
4.2 Implementasi Alat	32
4.3 Konfigurasi Sistem.....	35
4.3.1 Instalasi Firmware INAV.....	35
4.3.2 Konfigurasi <i>Flight Control</i>	36
4.3.3 Konfigurasi Setelan <i>Output</i>	37
4.3.4 Setelan <i>Configuration</i>	39
4.3.5 Setelan <i>Ports</i>	40
4.3.6 Konfigurasi <i>Advance Tuning</i>	42
4.3.7 <i>Configuration Receiver</i>	43
4.3.8 Konfigurasi GPS	44
4.3.9 Konfigurasi <i>Mission Control</i>	45
4.3.10 Konfigurasi Sensor.....	46
4.3.11 Menghubungkan <i>Flight Control</i> dengan <i>Remote Control</i>	47

4.4 Pengujian Sistem	49
4.4.1 Penentuan Satelit Pada GPS.....	49
4.4.2 Pengujian Menggunakan Motor Servo	52
4.4.3 Pemasangan Alat ke Traktor	60
4.4.3.1 Pemasangan Box Control	61
4.4.3.2 Pemasangan Motor Servo.....	61
4.4.3.3 Pemasangan Beban Pemberat.....	62
4.4.4 Pengujian Sistem Traktor Menggunakan Mode Remote Control.....	64
4.4.4.1 Menentukan Jarak <i>Remote</i> dan <i>Box</i>	64
a. Pengujian Sinyal Tanpa Halangan.....	64
b. Pengujian Sinyal Dengan Gangguan (Halangan).....	70
4.4.5 Pengujian Sistem Kendali Menggunakan Autopilot.....	72
4.4.5.1 Memberikan Misi Autopilot	73
4.5 Pengujian Keakurasian Jarak Metode Haversine	75
4.5.1 Titik Koordinat Misi Perjalanan	75
4.5.2 Titik Koordinat Hasil Perjalanan	79
4.5.3 Tingkat Keakurasian Jarak.....	82
4.5.4 Tingkat Keakurasian Traktor Berdasarkan Waypoint	84
4.6 Efisiensi Waktu Pengolahan Tanah	85
BAB V PENUTUP.....	89
5.1 Kesimpulan	90
5.2 Saran.....	91

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Traktor Tangan	9
Gambar 2.2 MATEK <i>Flightcontroll</i>	11
Gambar 2.3 Radio Control	13
Gambar 2.4 DC PCB <i>Boost Buck</i>	13
Gambar 2.5 OLED	14
Gambar 2.6 Buzzer.....	15
Gambar 2.7 Telemetry	16
Gambar 2.8 Modul GPS	16
Gambar 2.9 Servo.....	17
Gambar 2.10 <i>Box Control</i>	18
Gambar 2.11 Logo INAV	19
Gambar 2.12 Metode Haversine Formula.....	20
Gambar 3.1 Prosedur Penelitian.....	24
Gambar 3.2 Skematik Peletakan Alat	25
Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem	26
Gambar 4.1 Skema Rangkaian Sistem.....	30
Gambar 4.2 Rangkaian Implementasi Alat	32
Gambar 4.3 Implementasi Alat di Traktor	33
Gambar 4.4 Tampilan Awal <i>Firmware</i> INAV.....	35
Gambar 4.5 Tampilan Konfigurasi <i>Flight Control</i>	36
Gambar 4.6 Konfigurasi <i>Output</i>	37
Gambar 4.7 Konfigurasi Output Servo	37
Gambar 4.8 Setting Configuration	38
Gambar 4.9 Setting Configuration	39
Gambar 4.10 Setelan <i>Ports</i>	40
Gambar 4.11 Advance Tuning	41
Gambar 4.12 Configuration Receiver	42
Gambar 4.13 Konfigurasi GPS	43
Gambar 4.14 Konfigurasi <i>Mission Control</i>	44

Gambar 4.15 Konfigurasi Sensor	45
Gambar 4.16 Tampilan Informasi Telemetri di <i>Remote Control</i>	46
Gambar 4.17 Remote Control dan Fungsinya	47
Gambar 4.18 Keterangan Jumlah Satelit	49
Gambar 4.19 Pengujian Servo	53
Gambar 4.20 Pemasangan Box Control	62
Gambar 4.21 Pemasangan Aktuator Servo	63
Gambar 4.22 Pemasangan Beban Pemberat	63
Gambar 4.23 <i>Mission Control</i> Perjalanan	74
Gambar 4.24 Medan Sawah	74
Gambar 4.25 Titik Koordinat Misi Perjalanan	76
Gambar 4.26 Titik Koordinat Hasil Perjalanan	79
Gambar 4.27 Perbandingan Jarak <i>Mission Control</i> dan <i>Autopilot</i>	83

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Spesifikasi <i>Flight Control</i>	12
Tabel 2.2 Spesifikasi Servo.....	18
Tabel 2.3 Spesifikasi <i>Box Control</i>	18
Tabel 3.1 Alat dan Bahan Penelitian.....	22
Tabel 4.1 Keterangan Penomoran Rangkaian Implementasi Alat	34
Tabel 4.3 Putaran Pengendalian Servo Menggunakan RC	39
Tabel 4.4 Fungsi masing-masing <i>chanell</i> pada <i>remote control</i>	48
Tabel 4.5 Data Hasil Jumlah Satelit dalam waktu berbeda - beda.....	51
Tabel 4.6 Inisiasi Tegangan <i>Buck Boost Converter</i>	53
Tabel 4.7 Pengujian Menggunakan RC Terhadap Kondisi Traktor.....	55
Tabel 4.8 Data Pengujian <i>Delay</i> Jarak 1-100 m.....	56
Tabel 4.9 Data Pengujian <i>Delay</i> Waktu Jarak 100 m	58
Tabel 4.10 Data Pengujian Jarak Optimal RC dan <i>Box</i>	65
Tabel 4.11 Data Pengujian Sinyal Dengan Gangguan	70
Tabel 4.12 Titik Koordinat <i>La/Lo</i> Traktor yang diberikan	76
Tabel 4.13 Titik Koordinat <i>La/Lo</i> Traktor dalam radian	77
Tabel 4.14 Jarak Titik Koordinat awal dan tujuan Metode Haversine	78
Tabel 4.15 Titik Koordinat <i>La/Lo</i> Traktor Saat Berjalan.....	79
Tabel 4.16 Titik Koordinat <i>La/Lo</i> Traktor dalam radian	80
Tabel 4.17 Jarak Titik Koordinat awal dan tujuan hasil perjalanan.....	81
Tabel 4.18 Tingkat Keakurasian	82
Tabel 4.19 Data Pengujian Tingkat Keakurasian.....	84
Tabel 4.20 Durasi Pengolahan Tanah Menggunakan 3 Mode	86

DAFTAR GRAFIK

Halaman

Grafik 4.1 Hubungan antara <i>delay</i> waktu terhadap jarak berjalan.....	58
Grafik 4.2 Hubungan antara <i>delay</i> waktu terhadap jarak tetap (100 m)	61
Grafik 4.3 Hubungan antara sinyal RSSI dengan jarak	69
Grafik 4.4 Hubungan antara sinyal RSSI terhadap jarak dan gangguan.....	72
Grafik 4.5 Hubungan antara jarak tempuh dengan waktu tempuh.....	87

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai negara penghasil beras atau padi yang cukup besar. Sejarah pertanian padi di Indonesia telah dimulai sejak zaman dahulu kala, dan menjadi salah satu sumber makanan utama bagi masyarakat Indonesia. Menurut data Kementerian Pertanian, pada tahun 2021 Indonesia berhasil memproduksi sekitar 31.36 juta ton beras [1].

Pada tahap awal proses penanaman komoditas pertanian, diperlukan pengolahan tanah pada lahan yang akan ditanami. Pengolahan tanah persawahan adalah suatu proses yang meliputi berbagai aktivitas untuk mempersiapkan lahan untuk budidaya tanaman padi, seperti penggemburan tanah, pemupukan, pengaturan air, dan pengendalian gulma. Pengolahan tanah persawahan sangat penting untuk meningkatkan produktivitas pertanian dan menghasilkan hasil panen yang optimal [2].

Namun disamping itu terdapat beberapa permasalahan yang sering dihadapi oleh petani di Indonesia dalam mengolah tanah, terutama dalam melakukan kegiatan membajak sawah, diantaranya yaitu keterbatasan peralatan yang memadai. Petani sering menggunakan alat sederhana seperti cangkul atau bajak tradisional yang kurang efektif dan membutuhkan waktu yang lama. Karena kurangnya akses terhadap teknologi pertanian modern dan kondisi fisik petani yang kurang prima, terutama pada petani lanjut usia mengakibatkan para petani kesulitan untuk melakukan pekerjaan yang memerlukan tenaga yang kuat seperti membajak lahan sawah.

Saat ini, tidak sedikit petani yang sudah menggunakan traktor dalam melakukan pembajakan sawah. Traktor yang banyak digunakan oleh petani di Indonesia untuk

mengolah lahan adalah jenis traktor tangan (*hand tractor*), karena fleksibel untuk dioperasikan di lahan yang sempit. Namun, tidak sedikit pula terjadi kecelakaan kerja dikarenakan kurangnya kesadaran petani dalam pengoperasian traktor. Menurut penelitian yang dilakukan, tingkat getaran mekanis yang dihasilkan oleh traktor tangan mencapai 24,20 meter/detik. Penelitian yang dilakukan oleh Suryaningrat dan Frans (2011), menyebutkan bahwa getaran mekanis tersebut tergolong pada kategori berbahaya yang mempengaruhi pendengaran dan dapat menyebabkan pusing saat penggunaan lebih dari 2 jam. Selain itu, terdapat juga cedera berupa luka pada kaki operator akibat dari menginjak cangkang kerang di lahan persawahan [3].

Risiko dalam penggunaan traktor tangan ini menuntut adanya inovasi teknologi yang dapat mengatasi permasalahan tersebut, salah satu upaya adalah dengan menciptakan teknologi pengendalian dalam pengoperasian traktor tangan. Beberapa upaya telah dilakukan dalam pembuatan desain sistem pengendalian traktor tangan, salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan membuat sistem kendali traktor tangan yang dapat bekerja secara autopilot. Autopilot adalah teknologi dengan konsep *self driving* atau sistem yang dapat mengendalikan kendaraan tanpa manusia, namun dalam kondisi tertentu masih perlu pengemudi untuk mengambil alih pada saat kondisi tertentu [4].

Berdasarkan permasalahan di atas, maka diperlukan sebuah sistem kontrol/kendali traktor tanpa awak (*autopilot*) yang dapat mengendalikan sebuah traktor dengan dua cara. Cara yang pertama adalah dengan memberikan misi dengan fitur yang ada di INAV dengan bantuan navigasi dari modul GPS pada *flight control* melalui firmware Inav, kemudian traktor akan bergerak sesuai dengan jalur yang telah ditetapkan. Cara yang kedua adalah dengan melakukan kemudi traktor melalui *remote control*, di mana para petani/pembajak sawah dapat menggerakkan traktor hanya dengan menggunakan *remote* dari jarak jauh. Sehingga, para petani/pembajak sawah tidak perlu turun ke sawah untuk mengendalikan traktor secara konvensional (langsung), dan akan mengurangi kecelakaan kerja saat membajak sawah/mengolah tanah.

Penelitian sebelumnya yang membahas tentang sistem kendali traktor tangan menggunakan *Smartphone Android* yang berjudul “Pengendalian Kemudi Traktor Tangan (*Hand Tractor*) Dengan Menggunakan *Smartphone Android* Berbasis Jaringan *Wireless Fidelity* (WiFi)” oleh Yandi Aryansyah pada tahun 2020. Penelitian ini menggunakan *smartphone android* untuk mengendalikan traktor dari jarak jauh dengan memanfaatkan Wifi dan Hotspot sebagai pengirim sinyalnya.

Penelitian sebelumnya yang membahas tentang uji kinerja traktor tangan dengan memanfaatkan bluetooth yang berjudul “Uji Kinerja Traktor Tangan Dengan Sistem Kendali Nirkabel Menggunakan *Remote Control Bluetooth Android*” oleh Nugraha D.W.A pada tahun 2019. Penelitian ini menggunakan bluetooth sebagai alat komunikasi HP dengan *box control* yang ada di traktor.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah penelitian ini menggunakan *controller MATEK flight control*, telemetri sebagai komunikasi pengontrol dan informasi ke *remote control*, motor servo sebagai penggerak traktor dan GPS sebagai navigasi. Pada penelitian ini traktor didesain agar bisa dikendalikan melalui *remote control* dari jarak jauh dan *autopilot*, yaitu dengan memberikan misi ke *flight control* menggunakan INAV, sehingga traktor dapat dikontrol/dikendalikan dari jarak jauh tanpa tenaga petani langsung yang turun ke sawah.

Saat ini INAV telah banyak digunakan dalam penelitian *otomatisasi* wahana pesawat terbang maupun mobil tanpa awak. Berdasarkan permasalahan di atas, penulis melakukan sebuah penelitian untuk merancang sebuah sistem kendali traktor tanpa awak menggunakan *remote control* dan mode *autopilot* dengan MATEK *flight control* berbasis INAV. Penelitian tersebut bertujuan agar petani dapat mengendalikan pergerakan traktor tangan secara *autopilot* atau tanpa awak, dan memiliki jangkauan pengendalian yang jauh. Dengan demikian petani dapat memperluas daerah penjelajahan sistem kendali traktor tangan, serta dapat meningkatkan efisiensi tenaga manusia dan mempercepat waktu pengolahan tanah.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Membuat sistem kendali/kontrol traktor tangan yang dapat dikendalikan dengan 2 mode, mode *remote control* dan mode *autopilot*.
2. Mengetahui karakteristik dari sistem yang dibuat
3. Mempercepat waktu proses pengolahan tanah.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana cara membuat sistem kontrol/kendali traktor *autopilot* menggunakan mikrokontroler MATEK *flight control* berbasis INAV dan *remote control*.
2. Bagaimana cara memberikan misi pada traktor agar bergerak *autopilot*.
3. Bagaimana cara kerja dari alat tersebut.

1.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian Tugas Akhir ini agar dapat lebih terarah adalah sebagai berikut.

1. Penelitian ini hanya membahas sistem kendali traktor tanpa awak menggunakan mikrokontroler Matek *flight control* F277-SE, Telemetry, GPS, *buzzer*, dan aktuator servo sebagai penggerak.
2. Penelitian hanya terfokus pada pembuatan sistem kendali kemudi traktor tangan yaitu pengendalian tuas kopling dan gas traktor.
3. Sistem yang dibuat hanya fokus pada traktor tangan yang dikendalikan dengan memberikan misi dan *remote control*.
4. Tidak ada pengujian yang membahas prinsip kerja traktor secara detail
5. Lahan diasumsikan tanpa halangan.
6. Metode yang digunakan untuk mengukur jarak adalah Haversine Formula

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Membantu memudahkan petani dalam mengolah tanah.
2. Memudahkan orang yang ingin membajak sawah/mengolah tanah karena petani/pembajak sawah tidak perlu turun ke sawah secara langsung dalam membajak.
3. Mengurangi kecelakaan kerja
4. Mengurangi biaya produksi dan efisiensi tenaga kerja.
5. Meningkatkan motivasi untuk mengembangkan teknologi di bidang pertanian.

1.6 Hipotesis

Sistem kendali traktor tanpa awak menggunakan MATEK *flight control* sebagai kontrol, Telemetri sebagai komunikasi antara *remote control* dengan traktor, GPS sebagai navigasi dengan memberikan titik koordinat untuk jalan traktor dan servo sebagai kendali traktor untuk maju dan belok yang dapat dikendalikan dengan menggunakan *remote control* dan mode *autopilot* dengan cara memberikan misi perjalanan di mission control INAV berupa titik *waypoint* yang akan dilewati oleh traktor. Diharapkan penelitian ini dapat membantu petani meningkatkan efisiensi waktu dalam mengolah tanah, memperluas lahan dalam pengolahan tanah dan efisiensi tenaga kerja karena tidak memerlukan tenaga manusia dalam membajak sawah secara langsung

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan terdapat latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berisi teori-teori yang mendukung rancang bangun sistem yang akan dibuat, referensi yang diambil dari segala sumber terpercaya baik itu Peraturan Pemerintah, jurnal, buku dan Penelitian ilmiah.

BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian berisi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, garis besar metode yang diusulkan, serta diagram alir penelitian dan metode yang diusulkan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan menjelaskan hasil penelitian, mulai dari mengambil data, analisis dan pembahasan hasil penelitian.

BAB V PENUTUP

Penutup berisi tentang kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian serta saran untuk pengembangan penelitian ini lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian mengenai sistem kendali traktor tanpa awak/*autopilot* menggunakan *remote control* diantaranya adalah:

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Yandi Aryansah pada tahun 2020 dari program studi teknologi pertanian, Universitas Sriwijaya yang berjudul “Pengendalian Kemudi Traktor Tangan (*Hand Tractor*) Dengan Menggunakan *Smartphone Android* Berbasis Jaringan *Wireless Fidelity (WiFi)*”. Penelitian ini membahas terkait mengendalikan traktor menggunakan teknologi NodeMCU ESP8266 sebagai receiver dan HP android sebagai pengirim sinyal. Pada penelitian yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa, kendali traktor tangan menggunakan HP berjalan dengan lancar. Dengan hasil yang didapat yaitu waktu respon rata rata yang dibutuhkan untuk menekan brake handle kanan adalah 4,25 detik dan kiri adalah 4,15 detik [5].

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh He Bin dan Amahah Justice pada tahun 2009 dari *Beijing University of Chemical Technology*, yang berjudul “*The design of an unmanned aerial vehicle based on the ArduPilot*”. Penelitian ini membahas perancangan UAV dengan menggunakan firmware ardupilot dan Atmega168 untuk komunikasi dengan remote control dan kontrol autopilot. Pada penelitian ini, GPS digunakan sebagai penunjuk arah untuk mengikuti misi autopilot yang diberikan oleh ardupilot dan menggunakan fitur-fitur seperti pendaratan otomatis dan return to home [6].

Kemudian penelitian yang dilakukan oleh Serhii Lienkov, Alexander Myasishev, Oksana Banzak, Yuri Hunsak, Ivan Starynski dari *Research Center Military Institute of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine* pada tahun 2020. Penelitian yang berjudul “*Use of rescue mode for UAV on the basis of STM32*”.

microcontrollers” membahas tentang penggunaan GPS sebagai penyelamat atau keamanan UAV. Pada penelitian ini GPS dihubungkan dengan mikrokontroler STM32 yang terhubung/koneksi dengan firmware Inav, disetting fitur kembali ke titik awal (*return to home*) apabila, antara remot kontrol dan UAV kehilangan sinyal dalam berkomunikasi. Fitur ini akan aktif otomatis apabila UAV kehilangan sinyal dan otomatis akan kembali ke titik awal mulai dia terbang. Hasil dari penelitian ini adalah diperlukannya spesifikasi GPS yang lebih akurat dalam penentuan posisi [7].

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya yaitu, pada penelitian ini akan dibuat sebuah sistem kendali traktor tangan (*hand tractor*) menggunakan MATEK *Flight Control F772* sebagai kontrol untuk menentukan jalannya traktor. Telemetri digunakan sebagai komunikasi nirkabel antara *remote* dan *box control* yang dipasang pada traktor, dan GPS sebagai informasi posisi dan petunjuk arah traktor berjalan dengan mode *autopilot*. Pada penelitian ini sistem kendali menggunakan *remote control* untuk mengendalikan kecepatan traktor serta arah traktor berbelok.

2.2 Pengolahan Tanah

Pengolahan tanah adalah proses mempersiapkan lahan pertanian sebelum penanaman tanaman atau proses pengolahan lahan untuk konstruksi. Secara umum tujuan dari pengolahan tanah adalah untuk menggemburkan massa tanah sehingga menyediakan cukup ruang bagi pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman di dalam tanah. Pengolahan tanah meliputi serangkaian tindakan untuk membuat tanah menjadi subur dan cocok untuk menanam tanaman, seperti membersihkan tanah dari gulma atau sampah, meratakan permukaan tanah, menggemburkan tanah, menambahkan pupuk atau bahan organik untuk meningkatkan kesuburan tanah, serta memperbaiki sirkulasi air dan udara di dalam tanah [8].

Pengolahan tanah dapat dilakukan dengan menggunakan alat-alat seperti traktor, bajak, cangkul, dan lain-lain. Tujuan pengolahan tanah adalah untuk memperbaiki struktur tanah, menyediakan nutrisi dan aerasi yang cukup untuk tanaman, dan membantu mengontrol hama dan penyakit tanaman.

2.3 Traktor

Traktor adalah sebuah alat berat yang digunakan untuk mengolah tanah di lahan pertanian atau konstruksi. Alat ini biasanya digunakan untuk membajak, menggemburkan, atau meratakan tanah. Alat ini sangat penting dalam pertanian modern dan konstruksi karena kemampuannya dalam mempermudah dan mempercepat proses pengolahan tanah.

Traktor tangan (*hand tractor*) merupakan sumber penggerak yang digunakan untuk menarik peralatan (*implement*) sebagai pengolah tanah seperti bajak. Sebagai alat pengolah tanah, traktor tangan memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi dengan kondisi lahan di Indonesia. Dilihat dari segi teknis, penggunaan cangkul dan garu untuk alat pengolahan tanah memberikan kapasitas kerja dan tingkat kenyamanan kerja sangat rendah dibandingkan dengan penggunaan traktor tangan. Salah satu bagian traktor tangan yaitu komponen penggerak berupa roda besi traktor. Roda besi traktor memiliki beberapa komponen diantaranya lingkaran roda, sirip roda besi, flens, terali lingkaran roda, baut dan mur [9].



Gambar 2.1 Traktor Tangan.

Dapat dilihat traktor tangan pada Gambar 2.1, adapun bagian bagian traktor tangan adalah sebagai berikut:

1. Mesin traktor

Traktor tangan tipe tarik biasanya menggunakan mesin diesel berpendingin udara, sedangkan traktor tangan tipe penggerak dan tipe kombinasi mempergunakan mesin diesel berpendingin air.

2. Sistem transmisi

Ada tiga bagian utama sistem transmisi pada traktor tangan:

- a. Gigi transmisi, berfungsi untuk merubah torsi dan kecepatan oleh mesin yang kemudian tenaga disalurkan ke roda penggerak.
- b. *V-belt*, adalah sabuk penghubung yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga dari poros mesin ke poros utama.
- c. Kopling, berfungsi untuk memutus dan menyalurkan tenaga yang disalurkan oleh *v-belt*.

3. Roda

Roda traktor tangan memiliki beberapa jenis roda, roda ban karet biasanya digunakan saat traktor sedang dioperasikan di jalan umum. Ada pula jenis roda bukan ban yang digunakan saat traktor dioperasikan untuk membajak tanah di lahan, antara lain: pipe wheels, float wheels, cage wheel, dan lain sebagainya.

2.4 Autopilot

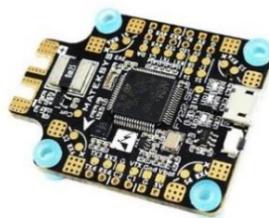
Autopilot adalah sistem yang mengontrol pesawat, kapal, mobil, atau kendaraan lainnya secara otomatis, dengan tujuan untuk mengurangi beban kerja pada pengemudi atau awak kapal, serta meningkatkan efisiensi dan keselamatan dalam pengoperasian kendaraan tersebut. Sistem *autopilot* ini bekerja dengan menggunakan sensor dan komputer untuk mengumpulkan data dan memproses informasi tentang kondisi lingkungan sekitar, kecepatan kendaraan, arah, dan posisi relatif terhadap obyek lainnya. Sistem *autopilot* bekerja dengan cara mencari koordinat posisi yang dituju kemudian kembali lagi ke posisi awal [10].

Dalam penerbangan, *autopilot* membantu mengontrol pesawat dari *takeoff* hingga *landing*, termasuk pergerakan pesawat dalam udara dan penggunaan mesin pesawat. Sistem *autopilot* pada pesawat dirancang untuk mengurangi beban kerja pilot dan memastikan bahwa pesawat terbang secara stabil dan aman. Namun, meskipun *autopilot* sangat membantu dalam mengontrol kendaraan dan pesawat, pengemudi atau pilot tetap perlu memperhatikan situasi dan kondisi di sekitar kendaraan atau pesawat, serta siap untuk mengambil kendali jika diperlukan. *Autopilot* tidak sepenuhnya menggantikan peran manusia dalam mengemudikan kendaraan atau mengendalikan pesawat.

Pada traktor tangan, sistem *autopilot* memungkinkan pilot untuk memasukkan koordinat dan rute jalan traktor, yang akan dipantau dan dijalankan secara otomatis oleh *autopilot*. Pilot disini dapat mengatur pergerakan traktor dari jarak jauh menggunakan remot kontrol.

2.5 Flight Control

Matek F722-SE adalah salah satu jenis *flight controller* untuk *drone* yang didesain untuk memberikan performa dan kemampuan yang lebih tinggi bagi pengguna. Matek F722-SE memiliki prosesor STM32F722RET6 yang sangat cepat dengan clock speed 216MHz dan RAM 256KB, sehingga mampu menangani banyak data dan memberikan respon yang cepat dan akurat. *Flight controller* ini dilengkapi dengan beberapa sensor, seperti *accelerometer*, *gyro*, *magnetometer*, dan *barometer*, sehingga mampu memberikan informasi yang akurat tentang kecepatan, posisi, dan ketinggian drone [11]. Dapat dilihat lebih jelas Matek *Flight control* pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 MATEK *Flight Controller* F722-SE

Tabel 2.1 Spesifikasi *flight control*

Spesifikasi	Keterangan
MCU	216 MHz
<i>Firmware</i>	Beta Flight / INAV
Berat	10g
Dimensi	36 x 46 mm

2.6 Radio Control

Radio control (RC) adalah teknologi yang memungkinkan pengguna untuk mengontrol perangkat atau kendaraan dari jarak jauh melalui penggunaan sinyal radio. Pada umumnya, perangkat yang dikontrol menggunakan teknologi ini terdiri dari kendaraan, pesawat terbang, dan perangkat elektronik lainnya yang memiliki kemampuan untuk menerima sinyal radio dan mengubahnya menjadi perintah yang dapat dijalankan.

RC biasanya digunakan dalam hobi dan industri, seperti model mobil, pesawat terbang, kapal, helikopter, dan *drone*. Teknologi ini juga digunakan dalam aplikasi industri seperti kendali mesin, robotika, dan jaringan sensor nirkabel [12].

Radio Master TX16S MkII V4.02 Hall Gimbal adalah jenis *remote control* yang digunakan untuk mengontrol drone atau pesawat tanpa awak (UAV). *Remote control* ini memiliki fitur-fitur canggih yang dirancang untuk memberikan kontrol yang lebih presisi dan efektif atas UAV. Radio Master TX16S MkII V4.02 Hall Gimbal juga mendukung fitur telemetri, yang memungkinkan pengguna untuk mendapatkan informasi yang lebih detail tentang status dan performa dari *drone* atau UAV yang dikontrol. Untuk tampilan remot kontrol dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Radio Control

2.7 DC PCB Buck Boost

DC PCB *buck boost* adalah sebuah modul elektronik yang dapat mengubah tegangan listrik DC menjadi lebih tinggi atau lebih rendah dengan efisiensi yang tinggi. DC PCB *step-up step-down* biasanya digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan tegangan listrik yang lebih tinggi atau lebih rendah daripada tegangan baterai atau sumber daya DC lainnya yang tersedia. Contohnya adalah pada sistem pembangkit listrik tenaga surya atau sistem pengisian baterai, di mana tegangan output dari panel surya atau pengisi baterai mungkin perlu diubah agar sesuai dengan kebutuhan sistem [7]. DC *step-up step-down* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 DC PCB Boost Buck

2.8 OLED

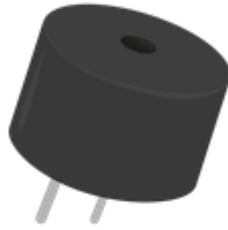
OLED singkatan dari *Organic Light Emitting Diode*, adalah teknologi layar yang digunakan dalam berbagai perangkat elektronik seperti *smartphone*, *smartwatch*, televisi, dan sebagainya. OLED merupakan salah satu media yang digunakan untuk display output untuk modul arduino atau *controller* lainnya. OLED (*Organic Light Emitting Diode*) adalah teknologi layar yang menggunakan bahan organik untuk menghasilkan cahaya. OLED memungkinkan setiap piksel layar untuk memancarkan cahaya sendiri, tanpa memerlukan sumber cahaya tambahan seperti lampu latar (*backlight*) pada layar LCD (*Liquid Crystal Display*). OLED berbeda dengan teknologi layar tradisional seperti LCD yang menggunakan *backlight* untuk menerangi layar, Pada penelitian ini digunakan OLED dengan ukuran 3,5 x 3,45 cm dengan resolusi 128 x 64 pixel [13]. Display OLED dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 OLED

2.9 Buzzer

Buzzer adalah jenis alat elektronik yang berfungsi untuk menghasilkan suara atau bunyi tertentu ketika diberi sinyal listrik. Cara kerja *buzzer* cukup sederhana, yaitu ketika sinyal listrik diberikan pada elemen *piezoelektrik*, maka elemen tersebut akan bergetar dengan frekuensi tertentu [13]. Getaran inilah yang kemudian ditransfer ke membran *buzzer* dan diubah menjadi suara atau bunyi yang dihasilkan. Untuk lebih jelasnya gambar komponen *buzzer* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Buzzer*

2.10 Telemetry

Telemetry adalah teknologi pengiriman data dari suatu objek atau sistem jarak jauh ke suatu lokasi pusat pemantauan dan pengendalian. Data yang dikirimkan melalui telemetry biasanya berupa informasi atau parameter mengenai kondisi dan kinerja objek atau sistem tersebut, seperti suhu, kecepatan, tekanan, arah, dan sebagainya. Telemetry merupakan salah satu jenis perangkat dari merek Spektrum yang digunakan dalam sistem remote control atau pengendali jarak jauh pada pesawat terbang atau *drone*. Perangkat ini berfungsi sebagai alat penerima sinyal radio pada sistem *remote control* yang dapat menerima sinyal dari pengendali jarak jauh dan mengirimkannya ke kontroler pesawat atau *drone*.

Telemetry dilengkapi dengan teknologi 2,4 GHz yang memungkinkan komunikasi nirkabel dengan jangkauan yang lebih jauh dan lebih stabil dibandingkan dengan teknologi radio lainnya. Perangkat ini juga dilengkapi dengan fitur *Smart Port Telemetry*, yang memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi pesawat atau *drone* secara *real-time* [7]. Telemetry dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Telemetri

2.11 *Global Positioning System (GPS)*

GPS adalah modul GPS (*Global Positioning System*) dan kompas digital yang dikembangkan oleh *Matek Systems*. Modul ini dirancang untuk digunakan dalam aplikasi pengendalian penerbangan (*flight control*) pada pesawat terbang atau drone, dan mampu memberikan data posisi yang akurat dengan tingkat presisi yang tinggi [2].

Modul ini mendukung penggunaan satelit navigasi GLONASS, BeiDou, dan GPS, serta dilengkapi dengan kompas digital berteknologi tinggi yang mampu mengukur arah magnetik dengan akurasi yang tinggi. Selain itu, modul ini juga memiliki sistem *filtering* dan pengolahan sinyal yang baik, sehingga mampu memberikan data yang stabil dan akurat. Kelebihan *Matek GNSS & Compass M10 5883 GPS* adalah kemampuannya dalam memberikan data posisi yang akurat dan stabil, serta kemampuan untuk mendukung beberapa sistem satelit navigasi. Modul GPS dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Modul GPS

2.12 Servo

Servo adalah sebuah komponen elektronik yang digunakan untuk mengontrol pergerakan mekanik pada suatu sistem, seperti robot, kendaraan, atau peralatan industri. Servo biasanya terdiri dari motor DC, *gearbox*, dan sistem kontrol yang terintegrasi, yang bekerja secara bersama-sama untuk memindahkan sebuah poros output dengan presisi tinggi sesuai dengan sinyal input yang diberikan [11].

Servo sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan pengaturan posisi yang akurat, seperti di industri manufaktur, sistem kontrol industri, dan robotika. Dalam robotika, servo digunakan untuk menggerakkan berbagai bagian robot, seperti lengan robot, kaki robot, dan gripper. Servo juga ditemukan dalam aplikasi sehari-hari, seperti dalam kendaraan *remote control* dan pesawat terbang *remote control*, di mana servo digunakan untuk menggerakkan kemudi, aileron, dan elevator. Pada traktor tanpa awak, servo digunakan untuk mengendalikan gas, pengendali kopling kanan dan kiri untuk berbelok arah. Tampilan servo dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Servo

Tabel 2.2 Spesifikasi Servo 9imod 45 Kg

Spesifikasi	Keterangan
Model	DSC45MG (45Kg)
Warna	Hitam
Tegangan Operasi	6.0 V – 8.4 V
Sudut Putar	180 derajat
Tipe Motor	Coreless
Dimensi	40 * 20 * 48.6 mm

2.13 Box Control

Box control adalah *box* yang berisi komponen – komponen yang digunakan untuk mengontrol suatu sistem. Komponen yang ada di dalam *box control* digunakan untuk mengoperasikan berbagai fungsi dan sistem di traktor. Pada penelitian ini, *box control* berisikan komponen berupa telemetri, baterai, *flight control*, OLED, GPS, buzzer, buck boost converter, dan kabel yang terhubung dengan servo untuk mengendalikan pergerakan traktor.



Gambar 2.10 Box Control

Tabel 2.3 Spesifikasi *Box Control*

Spesifikasi	Keterangan
Nama Alat	<i>Box Control</i> Krisbow
Ukuran	265 * 225 * 125 mm
Warna	Hitam
Kelebihan	Anti panas dan anti air

2.14 *Firmware Inav*

Inav (*Intelligent Navigation System*) adalah sistem navigasi yang dikembangkan untuk digunakan pada pesawat tanpa awak (*drone*) atau kendaraan otonom. Inav menggunakan teknologi GPS (*Global Positioning System*) untuk menentukan posisi dan orientasi kendaraan, serta sensor lainnya seperti kompas, giroskop, dan akselerometer untuk memperbaiki ketepatan dan kestabilan navigasi [11].

Inav dilengkapi dengan berbagai fitur yang memungkinkan kendaraan untuk melakukan navigasi dengan lebih cerdas dan efisien, seperti fitur penghindaran hambatan dan pengenalan lingkungan. Selain itu, Inav juga dapat diatur untuk melakukan misi tertentu, seperti survei udara atau pengiriman paket.

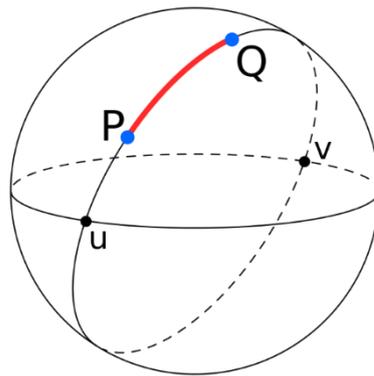
Inav biasanya digunakan oleh penggemar drone, peneliti, dan perusahaan yang bergerak di bidang pengiriman dan logistik. Dengan teknologi yang semakin berkembang, Inav diharapkan dapat menjadi lebih canggih dan dapat digunakan pada berbagai jenis kendaraan otonom di masa depan. Pada penelitian ini Inav digunakan untuk menentukan jalan traktor dalam mengolah tanah. Logo Inav dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.11 Logo Inav

2.15 Metode *Haversine Formula*

Haversine Formula merupakan metode untuk mengetahui jarak antar dua titik dengan memperhitungkan bahwa bumi bukanlah sebuah bidang datar namun adalah sebuah bidang yang memiliki derajat kelengkungan. Metode *Haversine Formula* menghitung jarak antara 2 titik dengan berdasarkan panjang garis lurus antara 2 titik pada garis bujur dan lintang [14].



Gambar 2.12 Metode *Haversine Formula*

Metode *Haversine* memperhitungkan kelengkungan bumi dan menghitung jarak pada skala kecil, seperti perjalanan antara dua lokasi di permukaan bumi. Rumus *Haversine* menggambarkan jarak di dalam bentuk lingkaran besar di bola bumi dan digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti sistem navigasi, peta digital, dan perencanaan rute, untuk menentukan jarak terpendek antara dua lokasi geografis tanpa memperhatikan elevasi permukaan bumi.

Rumus yang digunakan dalam metode *Haversine Formula* adalah :

$$X = (\text{lon}2 - \text{lon}1) \times \cos\left(\frac{\text{lat}1 + \text{lat}2}{2}\right) \quad (2.1)$$

$$y = (\text{lat}2 - \text{lat}1) \quad (2.2)$$

$$d = \sqrt{(x \times x + y \times y)} \times R \quad (2.3)$$

Keterangan :

R = jari-jari bumi sebesar 6371(km)

Δlat = besaran perubahan latitude

Δlong = besaran perubahan longitude

d = jarak (km)

1 derajat = 0.0174532925 radian

Untuk menggunakan metode tersebut, langkah awal yang harus dilakukan adalah menentukan titik koordinat yang akan di ukur dan menentukan titik koordinat tujuan. Titik koordinat yang dicari adalah dalam bentuk derajat, titik latitude (garis lintang) dan longitude (garis bujur). Kemudian nilai dari latitude dan longitude yang didapatkan dalam bentuk derajat akan dikonversikan terlebih dahulu ke dalam radian (1 derajat = 0.0174532925 radian). Apabila sudah di konversi dalam bentuk radian maka dapat digunakan persamaan 2.1 untuk menghitung x , kemudian persamaan 2.2 untuk mencari nilai y , dan menggunakan persamaan 2.3 untuk mencari jarak antara kedua titik tersebut.

BAB III

METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dimulai dari Februari 2023 sampai dengan Juli 2023. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pengukuran Besaran Listrik, Sekretariat KSE Universitas Lampung dan Persawahan Cipocok Jaya, Serang, Banten.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan	Keterangan
<i>Flight control</i>	Mikrokontroler atau kontrol dari sistem yang akan dibuat
GPS	Komponen yang memberikan data posisi
Telemetri	Komponen yang berfungsi untuk komunikasi <i>remote</i> dan traktor
DC <i>Buck Boost</i>	Sebagai pengatur naik/turun tegangan
Kabel <i>Jumper</i>	Penghubung antar komponen
<i>Project Board</i>	Papan untuk merangkai
Baterai	Sumber listrik alat
Servo	Komponen yang mengatur pergerakan mekanik.
OLED	<i>Display LCD</i>
<i>Remote Control</i>	Radio kontrol yang berfungsi untuk komunikasi dengan traktor
<i>Box Control</i>	Sebagai wadah/tempat komponen yang akan dipasang pada traktor
Solder dan timah	Alat yang digunakan untuk menghubungkan 2 komponen.

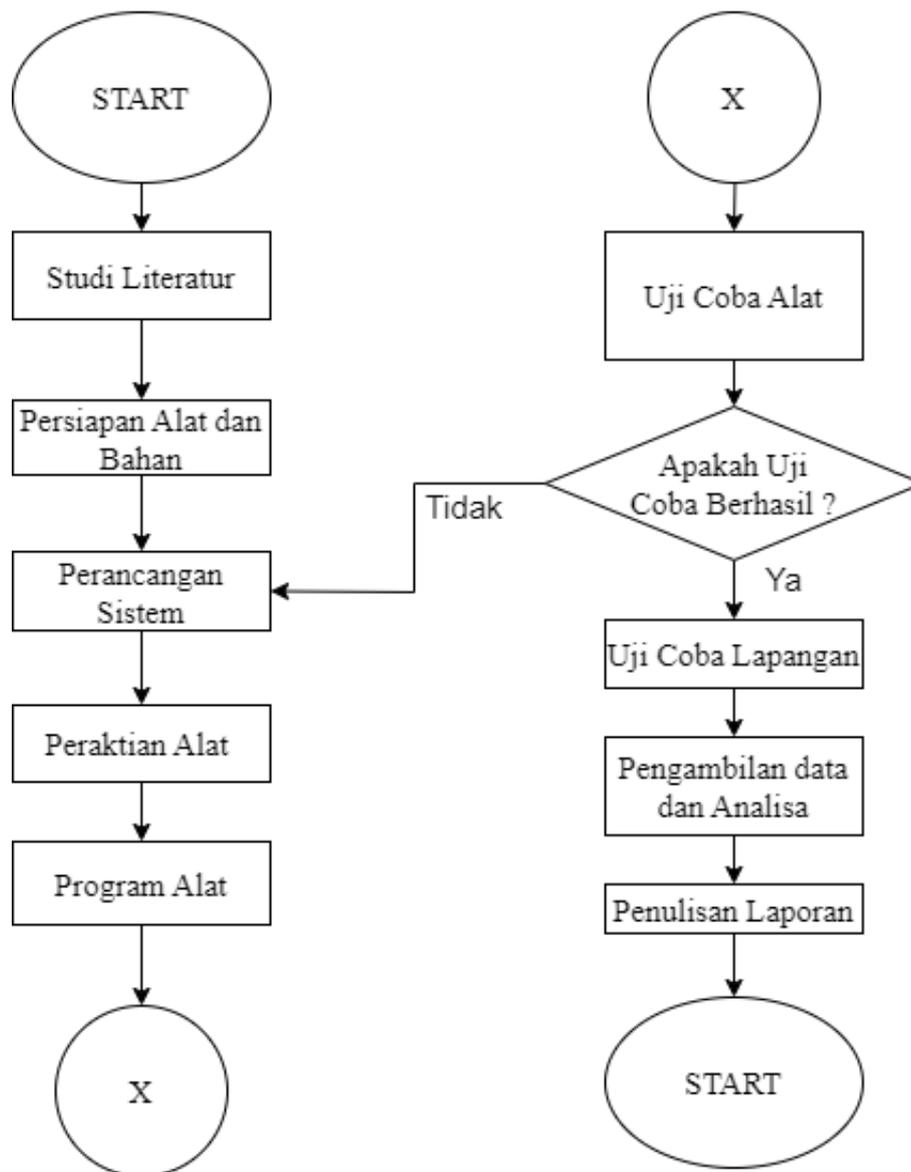
Alat dan bahan	Keterangan
Obeng, kunci pas dan tang	Alat yang digunakan untuk melepas pasang baut
Baut dan mur	Sebagai pengerat atau pengencang antara alat dengan traktor
Sling	Sebagai penghubung antara servo dengan kopling.
Software Inav	<i>Firmware</i>

3.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur yaitu tahap mencari referensi dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, internet, penelitian – penelitian sebelumnya dan sebagainya yang berhubungan dengan tema penelitian sebagai bahan acuan tentang kendali traktor menggunakan remot kontrol dan dengan cara memberikan misi ke *flight control* melalui firmware inav agar traktor dapat berjalan sesuai dengan misi yang diberikan. Kemudian persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan mulai dari perangkat lunak dan perangkat keras seperti FC, telemetri, GPS, servo dan bahan bahan seperti obeng, besi penyangga sebagai pemberat pada traktor. Tahap selanjutnya adalah desain alat, yaitu desain bentuk alat berupa *box control* yang akan digunakan dan desain servo agar stabil. Selanjutnya adalah tahap perakitan alat, pada tahap ini akan dipasang alat alat yang telah disiapkan sebelumnya ke *box control*. Apabila telah terpasang maka langkah selanjutnya adalah program remot dan inav, pada tahap ini remot di setting/program agar terhubung dengan telemetri yang mengontrol servo pada *box control* dan inav disetting untuk memberikan misi pada *flight control* berupa titik – titik yang akan dilewati oleh traktor melalui petunjuk arah GPS. Langkah selanjutnya adalah melakukan uji coba alat, yaitu *box control* dan servo dipasangkan ke traktor untuk melakukan uji coba apakah alat yang telah didesain dan dirancang sesuai program berfungsi dengan semestinya. Jika belum maka akan dilakukan desain ulang karena ada kesalahan dalam desain dan akan melakukan program/*setting* ulang. Jika telah sesuai maka akan dilakukan uji coba di lapangan, pertama akan dilakukan di daratan dan kedua turun ke persawahan. Jika telah selesai, maka alat siap digunakan dan tahap akhir adalah pengambilan data untuk dianalisis lebih lanjut untuk

mendapatkan hasil efisiensi penggunaan traktor tanpa awak atau dengan awak secara konvensional.

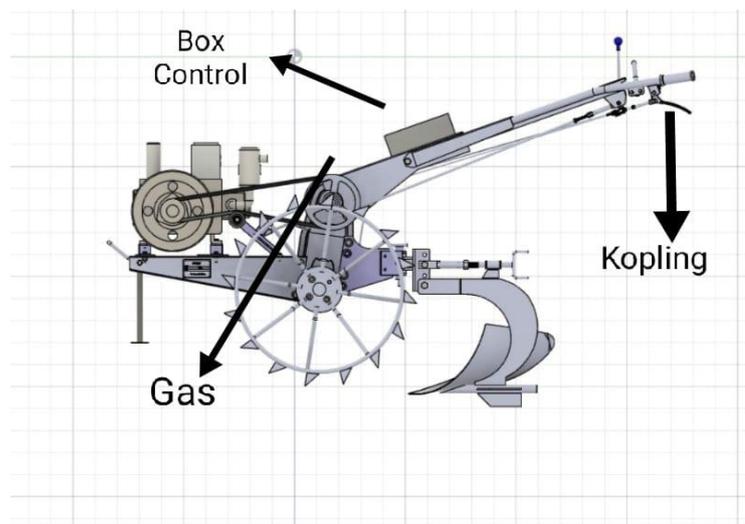
Adapun prosedur pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Prosedur Penelitian

3.3 Skema Peletakan Alat

Desain traktor dilengkapi dengan mesin *diesel* 2200 HP dengan sistem penggerak berupa transmisi penggerak berupa kopling. Traktor ini akan dibuatkan sistem kontrol dengan bantuan GPS dan telemetri berbasis pada sistem. Pada bagian atas traktor akan diletakkan *box control* di mana *box* ini berisi komponen *flight control*, GPS dan telemetri yang akan disambungkan ke masing masing servo yaitu gas, kopling kanan dan kopling kiri. Pada saat tuas kopling kanan ditarik oleh servo maka roda sebelah kanan akan berhenti bekerja dan roda kiri tetap berjalan sehingga traktor akan berbelok arah ke sebelah kanan. Pada saat tuas kopling kiri yang di tarik maka roda sebelah kiri akan stop berjalan dan roda sebelah kanan terus berjalan sehingga traktor berbelok ke sebelah kanan. Adapun skema peletakan alat yang dirancang ke traktor pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.

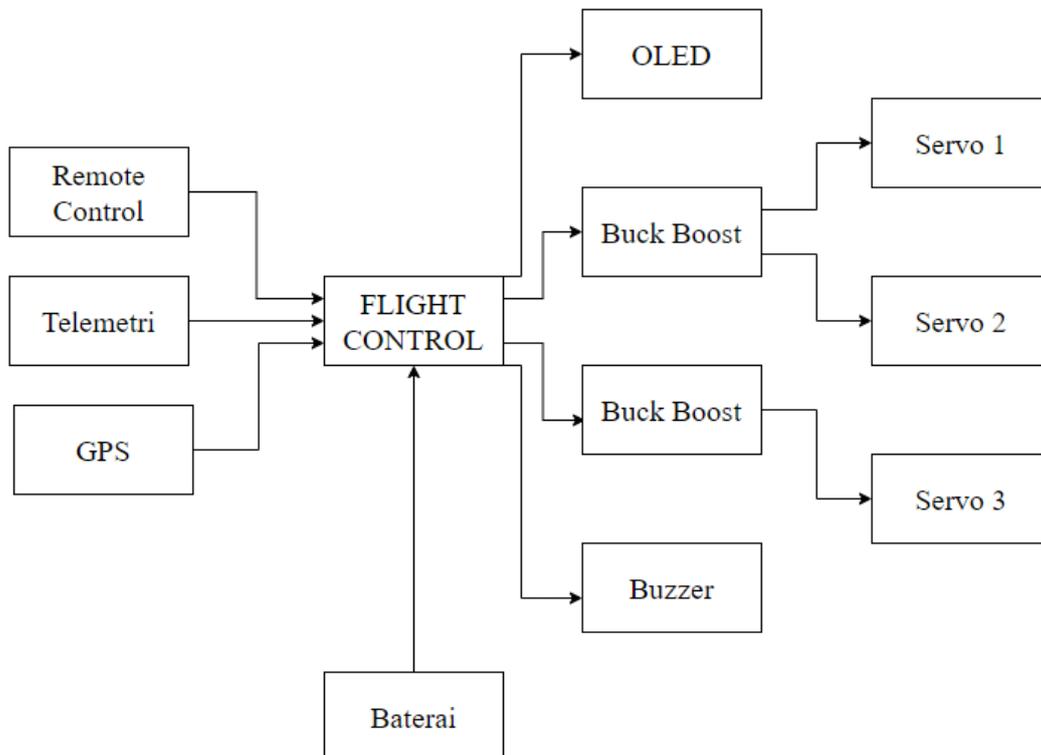


Gambar 3.2 Skematik peletakan alat

3.5 Blok Diagram Sistem

Pada tahap ini sistem penggerak traktor autopilot akan dibuat menyesuaikan desain dan kebutuhan. Sistem kontrol menggunakan *flight control* sebagai *controller* penyelesaian misi pengolahan tanah persawahan. Pada penyelesaian misi akan menggunakan GPS dalam penentuan koordinat misi. Pada tractor ini juga akan diterapkan sistem *autopilot* dan kontrol menggunakan *remote control*. Spesifikasi

perangkat: tractor, mesin diesel, motor servo, GPS, *flight control*, *box control*, radio *controller*, telemetri, kabel sling, dan baterai bec li ion 3s 3p. Gambar 3.2. menunjukkan blok diagram sistem kontrol traktor *autopilot*.



Gambar 3.3 Blok diagram sistem

Pada Gambar 3.3 dapat dilihat blok diagram sistem yang dihubungkan menjadi satu untuk mengendalikan traktor, sistem yang dibangun akan dibagi dalam 2 mode yaitu mode remot kontrol dan *autopilot*.

3.5.1 Mode *Remote Control*

Pada mode ini *box control* yang ada di traktor dapat dikendalikan oleh *remote control*. Baterai LiPo sebagai *power* untuk menyalakan alat, kemudian *remote control* dan telemetri yang dihubungkan ke *flight control* sebagai komunikasi nirkabel antara traktor dan *remote control*. *Flight control* sebagai pemroses yang berisi perintah atau instruksi yang sudah disetting sebelumnya di inav, kemudian akan mengeluarkan *output* berupa OLED dan *buzzer* sebagai indikator alat hidup, lalu DC *buck boost* sebagai komponen yang mengatur tegangan agar stabil ke servo. Servo 3 buah sebagai penggerak traktor yang akan dipasang pada gas, kopling kanan untuk belok kanan dan kopling kiri untuk belok kiri.

3.5.2 Mode *Autopilot*

Pada mode ini sama seperti mode sebelumnya hanya saja ada komponen yang diperlukan yaitu GPS, di mana GPS ini sebagai input ke *flight control* sebagai penunjuk arah di mana traktor ini berada, *flight control* yang sebelumnya sudah di program melalui firmware inav dan sudah terhubung dengan GPS, sehingga *flight control* dapat diberikan misi berupa titik (*waypoint*) atau tujuan traktor akan berjalan. Mode ini dapat diaktifkan dengan menekan salah satu tombol yang ada di remot kontrol (*arming*), apabila mode telah aktif maka OLED dan *buzzer* akan mengeluarkan *output* berupa bunyi dan OLED akan menampilkan *display* yang menandakan bahwa traktor sudah dalam mode *autopilot*, sebagai indikator bahwa *flight control* sudah mengetahui titik koordinat berada, dan traktor sudah bisa berjalan secara *autopilot* ke titik (*waypoint*) yang diberikan sebelumnya tanpa perlu dikendalikan melalui *remote control*.

3.6 Pengujian Sistem

Pada tahap ini traktor akan diuji dengan diaplikasikan langsung pada persawahan. Pengujian akan dilakukan pada areal persawahan masyarakat di Cipocok raya, Serang, Banten. Pada tahap ini pengujian akan difokuskan kepada kenyamanan pengguna, efisiensi waktu dalam mengolah tanah dan karakteristik komponen .

3.6.1 Pengujian GPS

Pengujian GPS adalah pengujian yang dilakukan dengan tujuan mencari nilai satelit yang terhubung dengan GPS. Pengujian ini dilakukan untuk mencari tahu waktu yang dibutuhkan oleh GPS agar dapat memberikan informasi titik *latitude* dan *longitude* yang akurat. Pengujian dilakukan dengan cara melakukan 10 kali percobaan dengan rentang waktu yang berbeda – beda untuk mencari nilai rata – rata jumlah satelit yang terhubung dengan GPS.

3.6.2 Pengujian Motor Servo

Pada pengujian menggunakan motor servo ada beberapa variabel yang diambil. Pengujian pertama adalah efek tegangan, yaitu mencari nilai tegangan yang digunakan untuk keluaran servo. Servo yang digunakan adalah jenis servo *coreless* dengan beban torsi 45 kg dan tegangan yang dibutuhkan adalah 6 volt – 9 volt. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan komponen *buck boost converter*, dengan cara mengatur tegangan yang cukup untuk menggerakkan servo tersebut.

Pengujian selanjutnya adalah untuk mencari tahu *delay time* servo terhadap jarak kerja. Pada pengujian ini traktor akan dijalankan pada jarak 1 – 100 m dan mencari *delay* waktunya tiap 10 m. Kemudian Pengujian terakhir adalah mencari *delay time* servo pada jarak tetap, pada penelitian ini digunakan jarak 100 m untuk mencari nilai rata – rata *delay* servo untuk mengetahui jarak *optimal remote control* dapat menggerakkan servo.

$$\text{Nilai Rata – Rata} = \frac{\text{Jumlah Data}}{\text{Jumlah Percobaan}}$$

3.6.3 Pengujian Jarak Optimal Remote Control dan Box Control

Pengujian jarak optimal adalah pengujian yang dilakukan untuk mencari jarak optimal antara *remote control* dan *box control*. Pengujian ini dilakukan dengan cara melihat kualitas sinyal yang diterima oleh telemetri yang dapat dilihat pada *display remote control*. Pengujian dilakukan 2 kali, pengujian pertama dilakukan tanpa halangan dengan jarak 1 m – 500 m. Pengujian kedua dilakukan dengan halangan berupa kayu, pepohonan dan besi. Tujuan pengujian kedua adalah untuk mencari tahu sinyal komunikasi yang baik antar *remote* dan *box* pada jarak berapa m, sehingga dapat meminimalisir kehilangan sinyal ketika digunakan.

3.7 Pengujian Tingkat Keakurasian Jarak

Jarak adalah ukuran fisik yang menggambarkan seberapa jauh dua titik atau lokasi berbeda satu sama lain. Keakurasian jarak yaitu tingkat kesesuaian antara titik awal dengan titik tujuan. Pada penelitian ini menghitung keakurasian jarak diperlukan untuk mengetahui tingkat akurasi traktor dalam berjalan dalam mode *autopilot*.

Pada mode *autopilot*, traktor akan berjalan mengikuti titik-titik (*waypoint*) yang diberikan. Titik-titik tersebut berisikan data *latitude* (garis lintang) dan *longitude* (garis bujur).

Persamaan yang digunakan untuk mencari nilai Jarak jika diketahui nilai *latitude* dan *longitude*

$$Error = Koordinat Mission Control - Koordinat \quad (3.1)$$

$$Jarak = Error Koordinat \times 113319 \text{ m} \quad (3.2)$$

Pada penelitian ini digunakan metode Haversine Formula, yaitu metode yang biasa digunakan untuk mengukur jarak antara 2 titik koordinat menggunakan data *latitude* dan *longitude*. Metode ini digunakan untuk mengetahui tingkat keakurasian jarak traktor dalam berjalan menggunakan mode *autopilot*.

Adapun langkah yang dilakukan untuk menggunakan metode ini adalah sebagai berikut :

1. Mencari titik koordinat awal berupa data *latitude* dan *longitude*.
2. Mencari titik koordinat tujuan berupa data *latitude* dan *longitude*
3. Melakukan konversi nilai titik koordinat *latitude* dan *longitude* yang didapat dalam bentuk derajat (*deg*) menjadi dalam bentuk radian (1 derajat = 0.0174533)
4. Mencari nilai x, yaitu menghitung selisih antara *longitude* 1 dan *longitude* 2 kemudian dikalikan dengan nilai cos dari penjumlahan *latitude* 1 dan *latitude* 2 yang dibagi 2.
5. Selanjutnya adalah mencari nilai y, yaitu dengan mencari selisih antara *latitude* 1 dengan *latitude* 2.
6. Kemudian mencari nilai d (jarak), yaitu dengan menghitung nilai akar dari $x^2 + y^2$
7. Setelah mendapat nilai dari akar tersebut adalah mengalikannya dengan nilai R (radius bumi = 6371 km)
8. Kemudian jika sudah mendapat nilai d, maka diketahui jarak titik koordinat awal dengan koordinat tujuan (*waypoint 1 ke waypoint 2*).

9. Langkah selanjutnya adalah melakukan percobaan yang sama sehingga mendapatkan hasil berupa jarak antar masing – masing *waypoint*.
10. Selanjutnya adalah membandingkan jarak yang diberikan pada mission control untuk traktor lalui, dengan jarak tempuh (hasil perjalanan) yang dilalui oleh traktor dalam mode *autopilot*.
11. Mencari nilai error antara kedua data jarak tersebut dengan menggunakan rumus :
$$\frac{\text{Jarak Mission Control} - \text{Jarak Hasil Perjalanan}}{\text{Jarak Mission Control}} \times 100$$
12. Langkah terakhir adalah mencari nilai tingkat keberhasilan dari error tersebut.

3.8 Pengujian Efisiensi Waktu dalam Mengolah Tanah

Pengujian efisiensi waktu adalah pengujian yang dilakukan untuk mencari tahu waktu yang digunakan dalam mengolah tanah. Pada pengujian ini digunakan 3 mode sebagai parameter efisiensi waktu yang paling baik. Mode yang digunakan adalah mode remote control, mode autopilot, dan mode konvensional (manual). Pada pengujian ini traktor akan berjalan pada jarak 1 m – 200 m dan dicatat waktu tempuh tiap perjalanan bertambah 10 m.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Telah dilakukan perancangan sistem yang mampu mengendalikan traktor tangan dalam dua mode, yaitu mode *remote control* dan mode *autopilot*.
2. *Buck boost converter* digunakan untuk memberikan tegangan output untuk servo pada rentang tegangan 6.5 volt – 9 volt, servo akan bekerja dengan maksimal pada tegangan 8.4 volt. Rata-rata *delay* yang terjadi pada masing-masing servo yaitu pada servo sebelah kanan sebesar 0,288 s, pada servo sebelah kiri sebesar 0,283 s, pada servo gas sebesar 0,28 s dan rata-rata *delay* servo saat bergerak secara bersamaan sebesar 0,262 s.
3. Dari hasil pengujian lapangan untuk mencari lokasi navigasi GPS, sinyal satelit yang diperoleh dalam rentang waktu 10 sampai 25 menit sebesar 16.6 sats.
4. Pengujian sinyal telemetri dilakukan dengan mengukur jarak antara *remote control* dengan traktor, diketahui bahwa kondisi lingkungan dapat mempengaruhi jarak komunikasi antara *remote* dengan traktor. Hal ini dapat dibuktikan saat kondisi tanpa halangan, diketahui bahwa *remote control* dapat mengontrol *box control* pada jarak 1 m – 700 m dengan rentang sinyal dari baik ke lemah sebesar 93 dB hingga 37 dB. Saat kondisi dengan halangan berupa pepohonan didapatkan sinyal sebesar 48 dB pada rentang jarak 1 m – 160 m. Saat kondisi dengan halangan berupa gubuk atau kayu didapatkan sinyal sebesar 48 dB pada rentang jarak 1 m – 140 m. Saat kondisi dengan

halangan berupa bangunan atau beton didapatkan sinyal sebesar 58 *dB* pada rentang jarak 1m – 70m.

5. Analisis perhitungan yang telah dilakukan menggunakan metode *Haversine Formula*, diketahui jarak misi yang diberikan ke traktor dengan jarak yang dilewati oleh traktor (*mode autopilot*) memiliki nilai rata-rata error sebesar 0.84% dan tingkat keberhasilan sebesar 99.16 %.
6. Pengujian menggunakan waypoint pada jalan lurus dilakukan sebanyak 12 kali dan menghasilkan *error* rata-rata sebesar 0.091 m pada titik *latitude* dan 0.528 m pada titik *longitude*.
7. Pengolahan tanah dilakukan dengan 3 metode yang berbeda dan dihasilkan efisiensi waktu yang berbeda dengan jarak 200 m. Diketahui dengan menggunakan *remote control* dapat meningkatkan efisiensi waktu kerja sebesar 52,49%. Saat menggunakan *autopilot* dapat meningkatkan efisiensi waktu kerja sebesar 36,65%.

5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan PLTS (*solar cell*) sebagai tenaga/daya untuk menggunakan traktor tanpa awak.
2. Menambahkan fitur *starter* untuk menghidupkan traktor dengan *remote control*.
3. Difokuskan pada sistem kendali kecepatan traktor saat mode *autopilot*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Isnawati, "Analisis Kebutuhan dan Konsumsi Beras Masyarakat Indonesia Tahun 2021," *Journal of Economics and Social Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 42-48, 2022.
- [2] P. Anggit, "Desain Sistem Kendali *Autopilot* Kemudi Traktor Tangan Menggunakan GPS dan Telemetri Berbasis Ardupilot Mega 2.8," Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2022.
- [3] W. Sukrisno and dkk, "Studi Ergonomi Pada Power Tiller (Aspek Antropometri dan Kebisingan pada Operator)," in *Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia*, Jember, 2011.
- [4] W. A. Dominicius, "Desain Kendali *Remote Control* untuk Setir Traktor Tangan Berbasis Aplikasi Bluetooth Android," Universitas Lampung, Bandar Lampung, 2019.
- [5] Y. Aryansyah, "Pengendalian Kemudi Traktor Tangan (Hand Tractor) Dengan Menggunakan Smartphone Android Berbasis Jaringan Wirelles Fidelity," Universitas Sriwijaya, Indralaya, 2020.
- [6] B. He and J. Amahah, "The Design of an Unmanned Aerial Vehicle Based on the Ardupilot," *Indian Journal of Science and Technology*, vol. 2 , no. 4, pp. 12-15, 2009.
- [7] L. Serhii and dkk, "Use Of Rescue Mode For UAV on the basis of STM32 Microcontrollers," *International Journal of Advanced Trends In Computer Science and Engineering*, vol. 9, no. 3, pp. 3506-3513, 2020.
- [8] A. N. Priyo, "Pengolahan Tanah Dalam Penyiapan Lahan Untuk Tanaman Karet," *Jurnal Perspektif*, vol. 17, no. 2, pp. 129-138, 2018.
- [9] A. S. Muhammad, "Rancang Bangun Prototipe Alat Metal Forming Sirip Roda Besi Traktor Tangan," *Jurnal SINERGI*, vol. 13, no. 1, pp. 62-74, 2015.
- [10] B. Agus, "Perancangan Sistem Tele-Navigation Pada Pesawat Tanpa Awak (Micro UAV)," *Jurnal Simetris*, vol. 7, no. 1, pp. 105-110, 2016.

- [11] R. A. Auriza and I. Ali, "Penerbangan Otomatis Pesawat Tanpa Awak Sayap Tetap Menggunakan Flight Controller Berbasis iNav," *Jurnal Ilmu Komputer Agri-Informatika*, vol. 9, no. 1, pp. 90 -100, 2022.
- [12] R. Putri and H. A. Muhammad, "Sistem Kontrol Pesawat Tanpa Awak Untuk Menentukan Waypoint Berbasis Ardupilot," *Jurnal Quantum Teknika*, vol. 2, no. 2, pp. 80-86, 2021.
- [13] R. H. Arif and dkk, "Rancang Bangun Alat Pengukur Suhu Tubuh Pintar Berbasis Internet of Things," *Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 5, no. 1, pp. 117-127, 2022.
- [14] N. Abadi and dkk, "Penerapan Metode Haversine Formula Untuk Penentuan Titik Kumpul Pada Aplikasi Tanggap Bencana," *Jurnal Metik Volume*, vol. 4, no. 2, pp. 69-75, 2020.
- [15] P. Sigit, "Analisis Kebisingan dan Getaran Mekanis Pada Traktor Tangan," *AGRITECH*, vol. 29, no. 2, pp. 103-107, 2009.
- [16] U. D. Annisa and dkk, "Sistem Telemetry Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Berbasis Inertial Measurement," *Electrician Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 6, no. 3, pp. 169-177, 2012.
- [17] T. H. Endin and dkk, "Rancang Bangun Drone Solar Cell Untuk Pengintaian Dalam Mendukung Operasi Keamanan Laut," *Jurnal of Science and Technology*, vol. 15, no. 1, pp. 8-14, 2022.
- [18] d. Juanda Rahimatullah, "Rancang Bangun Autonomous Robot Tank dengan Metode Waypoint Berbasis Raspberry Pi," *Jurnal TELKA*, vol. 6, no. 1, pp. 29-39, 2020.
- [19] E. Apriaskar and M. H. Ariesta, "Purwarupa Sistem Pendeteksi Jarak Antar Quadrotor Dengan Sensor GPS," *Jurnal Inovtek Polbeng*, vol. 8, no. 2, pp. 250-256, 2018.
- [20] H. D. P. Ryan and dkk, "Penerapan Metode Haversine Formula Pada Sistem Informasi Geografis Pengukuran Luas Tanah," *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 1, pp. 1-6, 2015.
- [21] A. P. Dedi and A. Kharisma, "Rancang Bangun Prototype Traktor Dengan Kendali Jarak Jauh Menggunakan Smart Phone," *Jurnal Simposium Nasional*, pp. 106-113, 2019.
- [22] H. Edy and F. Rahmat, "Rancangan Aplikasi Pencarian Toko Handphone Murah dan Terdekat di Kota Batam Berbasis Android," *Jurnal Comasie*, vol. 4, no. 5, pp. 30-37, 2021.

- [23] D. P. Dimas and I. W. Mohammad, "Implementasi Algoritma Haversine Formula dan Location Based Service pada Aplikasi Pencarian Lokasi Bird Contest Berbasis Android," *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 6, no. 1, pp. 663-671, 2022.
- [24] K. Winda and dkk, "Perancangan Sistem Pengendali kemudi Otomatis Traktor Roda Dua dengan Penerapan FPV," *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, vol. 7, no. 2, pp. 207-216, 2021.
- [25] S. Ariyono and dkk, "Perancangan Sistem Kontrol Pesawat Model Tanpa Awak (UAV) Berbasis Arduino," in *Politeknik Penerbangan*, Surabaya, 2017.
- [26] S. S. Hardy and dkk, "Rancang Bangun Wahana Pesawat Tanpa Awak (Fixed Wing) Berbasis Ardupilot," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 7, no. 1, pp. 73-84, 2018.
- [27] H. Armadeo and dkk, "Kontrol Posisi Pada Drifting Buoy di Sungai Menggunakan Metode Fuzzy Logic," *proceeding of Engineering*, vol. 06, no. 03, pp. 10076-10090, 2019.
- [28] P. K. Abdi and D. O. Ananda, "Analisis Metode Euclidean Distance dalam Menentukan Koordinat Peta pada Alamat Rumah," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika*, vol. 08, no. 02, pp. 108-115, 2022.