

Desiminasi Perangkat Kendali *Hand tractor* Dengan Menggunakan *Remote control* dan *Autonomous system* Untuk Lahan Persawahan Di Desa Cipocok Jaya, Serang, Banten

Aryanto¹, Irfan Mirda¹, Muhammad Rafif Musyaffa¹, Bilqis Nabilla Fatin Tirtayasa²

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

² Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

Email: ¹Aryanto@eng.unila.ac.id, ²Irfanmirda2210@gmail.com,

³muhammad.rafifmusyaffa2092@students.unila.ac.id, ⁴Bilqisn123@gmail.com

(Irfan Mirda* : coresponding author)

Abstrak- Desa Cipocok Jaya, Kabupaten Serang, Provinsi Banten, memiliki potensi besar dalam pengembangan wilayah persawahan, khususnya dalam pengembangan areal tanaman padi. Lebih dari seperempat wilayah desa ini merupakan lahan persawahan. Namun, salah satu kendala utama dalam pengolahan tanah di lahan persawahan adalah keterlibatan manusia secara langsung. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan sistem perangkat pengolahan tanah berupa hand tractor yang dapat dikendalikan tanpa melibatkan manusia secara langsung. Dalam hal ini, penulis akan mengembangkan perangkat kendali hand tractor dengan menggunakan remote control dan autonomous system. Metode pengembangan yang akan digunakan meliputi perancangan perangkat skala laboratorium, penentuan posisi optimal perangkat, uji perangkat pada hand tractor di lahan kering, pengujian pada lahan persawahan, implementasi dan sosialisasi pada masyarakat. Hasil pengabdian menunjukkan bahwa perangkat ini berhasil diimplementasikan dan disosialisasikan kepada masyarakat, yang secara signifikan memperkuat integrasi teknologi terkini dalam sektor pertanian. Dengan keberhasilan implementasi ini, masyarakat dapat mengakses teknologi yang membantu meningkatkan efisiensi pertanian tanpa mengorbankan integritas operasional perangkat.

Kata Kunci: Pengolahan Tanah, *Hand Tractor*, Persawahan, *Remote Control*, *Autonomous system*

Abstract- Cipocok Jaya Village, Serang Regency, Banten Province, has significant potential for rice field development, particularly in the development of rice cultivation areas. More than a quarter of the village area is rice fields. However, one of the main challenges in rice field soil processing is direct human involvement. Therefore, the development of a soil processing system in the form of a hand tractor that can be controlled without direct human involvement is required. In this case, the author will develop a hand tractor control system using remote control and autonomous systems. The development method to be used includes designing laboratory-scale equipment, determining the optimal equipment position, testing the equipment on a dry land tractor, testing on rice fields, implementation, and socialization to the community. The results of the community service show that this equipment was successfully implemented and socialized to the community, significantly strengthening the integration of current technology in the agricultural sector. With the success of this implementation, the community can access technology that helps to increase agricultural efficiency without compromising the integrity of the equipment's operational integrity.

Keywords: Soil Processing, Hand Tractor, Paddy Fields, Remote Control, *Autonomous system*

1. PENDAHULUAN

Ketahanan pangan dan pertanian berkelanjutan menduduki posisi utama dalam agenda global, terutama yang tercantum dalam *Sustainable Development Goals* (SDGs). SDGs ini melibatkan komitmen untuk mengakhiri kelaparan, meningkatkan ketahanan pangan, memperbaiki status gizi, dan mendukung pertanian yang berkelanjutan. Peran vital pertanian di Indonesia tergambar jelas melalui kontribusinya sebagai kontributor terbesar terhadap Produk Domestik Bruto (PDB), berperan sebagai pendorong utama pertumbuhan ekonomi nasional (Ariani, dkk, 2023 & Hidayatun, dkk, 2023).

Pada tahun 2022, sekitar 12,40 persen dari struktur perekonomian Indonesia berasal dari sektor pertanian, kehutanan, dan perikanan. Meskipun terjadi kontraksi ekonomi selama pandemi Covid-19, sektor pertanian tetap menunjukkan pertumbuhan yang positif secara berkelanjutan. Dalam rentang waktu tiga tahun terakhir, sektor ini terus berkembang dengan gembira, mencatat pertumbuhan sekitar 1,77 persen pada tahun 2020, diikuti oleh kenaikan

sebesar 1,87 persen pada tahun 2021, dan akhirnya meraih pencapaian luar biasa sekitar 2,25 persen pada tahun 2022 (BPS, 2023).

Padi menjadi tanaman pokok dalam rantai pangan Indonesia, dan tingkat konsumsinya tetap tinggi. Fakta ini mencerminkan tingginya kebutuhan harian akan padi, yang sebagai komponen vital dalam sektor pertanian, memegang peran dan manfaat yang sangat krusial dalam mendukung keberlanjutan hidup. Tanaman padi tumbuh meluas di berbagai konteks lingkungan, terutama di wilayah pedesaan. (Sitaresmi, dkk, 2023). Tren pertumbuhan produksi beras yang menunjukkan stagnasi di Indonesia dari tahun 2010 hingga 2022 dapat diatributkan pada beberapa faktor krusial. Diantara-Nya adalah keterbatasan dan rendahnya ekstensifikasi lahan, kejenuhan dalam penerapan teknologi pertanian, dan persaingan yang ketat dengan komoditas bernilai tinggi (Mardianto, dkk, 2019).

Ekspansi area, peningkatan produksi secara maksimal, dan peningkatan efisiensi pemanfaatan lahan menjadi permasalahan menarik yang membutuhkan perbaikan segera di Indonesia. Isu ini memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi dan tantangan yang sulit untuk diatasi. Salah satu elemen krusial yang memengaruhi situasi ini adalah kualitas tanah. Tingkat kualitas tanah ditandai oleh sejumlah permasalahan, seperti defisiensi nutrisi yang krusial, rendahnya tingkat bahan organik, tingkat keasaman tanah yang tinggi, adanya unsur-unsur beracun, dan karakteristik fisik tanah yang tidak mendukung pertumbuhan tanaman. Rendahnya kualitas tanah dapat berasal dari sifat alami tanah itu sendiri atau dipengaruhi oleh peristiwa alam, namun sering kali juga dipengaruhi oleh intervensi manusia, terutama dalam hal manajemen yang belum optimal. Di samping itu, penguasaan lahan yang intensif juga menjadi faktor utama yang turut berkontribusi terhadap rendahnya kualitas tanah (Nuryanto, 2018 & Herniwati, dkk, 2018).

Kecamatan Cipocok Jaya, yang berjarak sekitar 4 km dari pusat Kota Serang, didominasi oleh dataran dengan ketinggian rata-rata di bawah 500 m dari permukaan laut. Wilayah ini meliputi luas sebesar 805,8 ha lahan persawahan yang subur, yang merupakan lebih dari seperempat dari total wilayah desa. Secara administratif, Kecamatan Cipocok Jaya terbagi menjadi 8 kelurahan, 90 Rukun Warga (RW), dan 351 Rukun Tetangga (RT), dengan jumlah penduduk mencapai 98.907 jiwa, terdiri dari 50.674 jiwa laki-laki dan 48.233 jiwa perempuan. Dalam konteks pembangunan Kota Serang, Kecamatan Cipocok Jaya termasuk Wilayah Pengembangan (WP) Tengah, yang diperuntukkan sebagai pusat pemerintahan, perdagangan, jasa, perumahan, pendidikan, kesehatan, serta fasilitas sosial dan umum. Meskipun tidak secara khusus ditujukan untuk pengembangan pertanian, potensi pertanian kawasan ini, khususnya di bagian barat seperti Tembung, Dalung, dan Gelam, tetap tinggi, terutama dalam pengembangan tanaman padi (BPS, 2021).

Pada lahan persawahan saat ini pengolahan lahan masih banyak menggunakan cara tradisional seperti kerbau dan gerobaknya namun ada juga masyarakat yang mulai memanfaatkan teknologi. Traktor merupakan sebuah alat bermesin yang memiliki kemampuan untuk bisa mengolah tanah. Fungsi-fungsi traktor sekarang telah menggantikan fungsi-fungsi tenaga hewan seperti sapi dan kerbau dalam pengolahan tanah. Pengolahan tanah merupakan proses terberat dari keseluruhan proses budi daya, dimana lebih dari 1/3 energi yang digunakan untuk seluruh proses budi daya terserap pada kegiatan pengolahan tanah (Karimah, dkk, 2020)

Meskipun demikian masih banyak sekali risiko yang dapat terjadi pada sistem pengolahan tanah dengan traktor karena masih melibatkan manusia secara langsung. Tingginya human eror, kecelakaan kerja, dan prosedur pengolahan tanah yang tidak sesuai standar akan menimbulkan masalah baru. Penelitian sebelumnya tentang cedera dalam pertanian padi menunjukkan bahwa bekerja dengan traktor tangan dapat menjadi salah satu penyebab utama cedera. Penelitian ini menginvestigasi sejauh mana cedera yang terkait dengan penggunaan traktor tangan, faktor risiko yang terkait, dan karakteristik cedera tersebut. Data dikumpulkan melalui wawancara tatap muka dengan 377 petani dari hampir semua distrik di Provinsi Phra Nakhon Si Ayutthaya, Thailand. Di antara para petani padi ini, prevalensi cedera mencapai 41%. Jenis cedera paling umum adalah luka sayatan (43,9%) dan sumber cedera utama adalah terinjak cangkang siput (33,1%) (Tangtong, dkk, 2022).

Disamping itu saat ini banyak pula dikembangkan sistem kendali baik manual dan *autonomous*. System semacam ini banyak sekali digunakan di berbagai perlengkapan seperti drone, rover, dan jenis kendaraan tanpa awak lainnya. Sistem kendali manual memungkinkan pengendalian jarak jauh tanpa sentuhan user sedangkan Keberadaan teknologi otonomi untuk

menjalankan tugas-tugas tertentu tanpa perlu campur tangan manusia dalam pengendalian yang terus-menerus. System *autonomous* dilengkapi dengan sistem navigasi canggih, sensor-sensor, dan kecerdasan buatan yang memungkinkannya untuk mengumpulkan dan menganalisis informasi dari lingkungan sekitarnya, membuat keputusan, dan menyesuaikan perilakunya sesuai dengan situasi yang dihadapi (Mademlis, dkk, 2018).

Dengan diperkenalkannya konsep inovatif ini, penulis bertujuan memperkenalkan sebuah perangkat pengendali yang menggabungkan sistem manual kontrol dengan *remote control* atau FBWA (*fly by wire augmented*) dan sistem otonom untuk hand tractor, dengan tujuan utama meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam pengolahan tanah, khususnya di lingkungan persawahan di Indonesia. Pendekatan ini mengintegrasikan teknologi kontrol manual FBWA untuk memberikan respons presisi dan adaptabilitas tinggi terhadap kondisi lapangan, sementara kemampuan otonom diharapkan memberikan solusi lebih lanjut terhadap tantangan pengolahan tanah. Rencana pengujian sistem melibatkan implementasi langsung pada traktor tangan dan uji lapangan di persawahan untuk memastikan kelayakan dan kinerja optimal perangkat kontrol dalam kondisi lingkungan yang sesungguhnya. Dengan fokus pada peningkatan efisiensi operasional, keberlanjutan, dan keselamatan kerja petani, inovasi ini diharapkan membawa dampak positif pada sektor pertanian di Indonesia dan menciptakan suatu paradigma baru dalam budidaya tanaman terutama di Desa Cipocok Jaya, Serang, Banten.

2. METODE PELAKSANAAN

2.1. Tempat Implementasi

Tahap implementasi lapangan diarahkan untuk memvalidasi kinerja sistem secara praktis dan relevan di lapangan yang sebenarnya. Implementasi akan dilakukan di persawahan rakyat yang terletak di Desa Cipocok Jaya, Serang, Banten. Lokasi ini dipilih dengan cermat sebagai representasi kondisi nyata yang dapat menguji daya tahan dan adaptabilitas sistem dalam lingkungan pertanian yang beragam. Dengan menggabungkan pendekatan laboratorium dan lapangan, penelitian ini tidak hanya menghasilkan kontribusi teknis yang kokoh, tetapi juga mengukuhkan aplikabilitas praktis dari inovasi yang dikembangkan dalam situasi penggunaan yang sebenarnya. Sehingga dapat benar benar dipergunakan oleh masyarakat nantinya.

2.2. Kegiatan Pengabdian

Pengabdian masyarakat yang dilakukan dalam program ini dilakukan di Desa Cipocok Jaya, Kecamatan Cipocok Jaya, Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Dalam melakukan pengabdian di des ini tim kami melakukan berbagai kegiatan yaitu:

1. Perancangan perangkat skala laboratorium
2. Penentuan posisi optimal perangkat
3. Uji perangkat pada *hand tractor* pada lahan kering
4. Pengujian pada lahan persawahan
5. Implementasi dan sosialisasi pada masyarakat

2.3. Perancangan Spesifikasi Perangkat

Perangkat sistem kendali dengan FBWA dan *autonomous* ini akan di rancang dengan bahan dan komponen pada table 1.

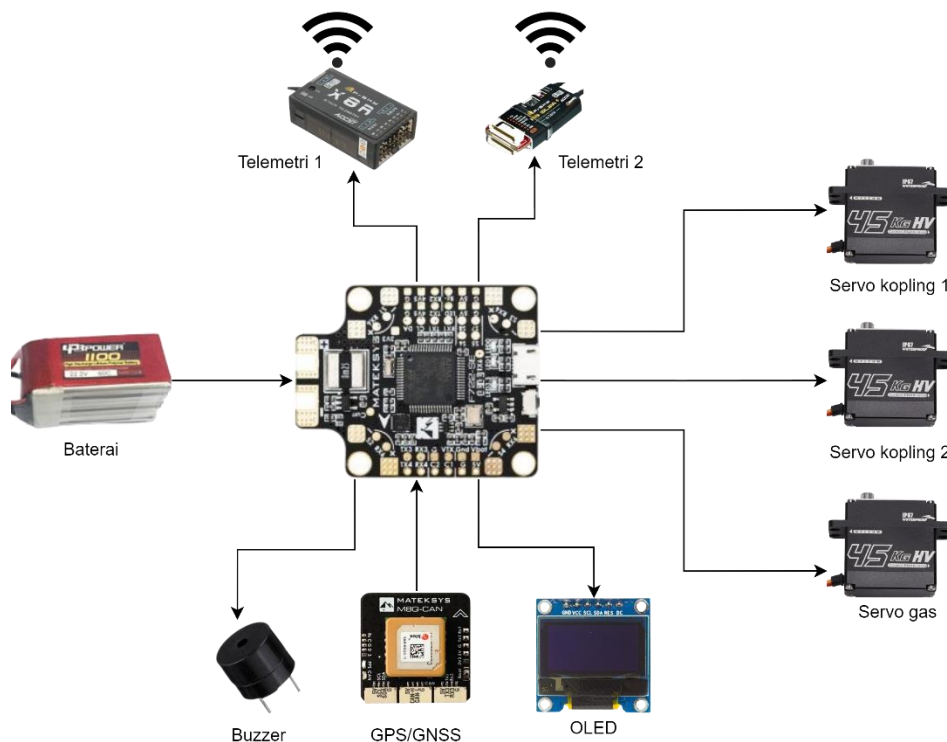
Table 1. Bahan dan Komponen Perangkat

No	Komponen	Fungsi
1	<i>Flight control</i>	<i>Controller system</i>
2	OLED	Penampil informasi system
3	Baterai li ion 4s 4p	Sumber energi system
4	Telemetry	Perangkat komunikasi data
5	Remote control	Perangkat TX control FBWA
6	<i>Ground control station</i>	Stasiun pemantauan perangkat
7	GPS/GNSS	Sensor posisi
8	Buckboost DC converter	Pengatur tegangan
9	Motor servo	Sistem untuk kendali kopling dan gas traktor
10	Buzzer	Sistem pensinyalan audio

11	Box control	Pelindung sistem
----	-------------	------------------

2.4. Skema Perangkat

Dalam perancangan skematis sistem perangkat maka sistem akan menggunakan perancangan yang dijelaskan pada gambar 1.



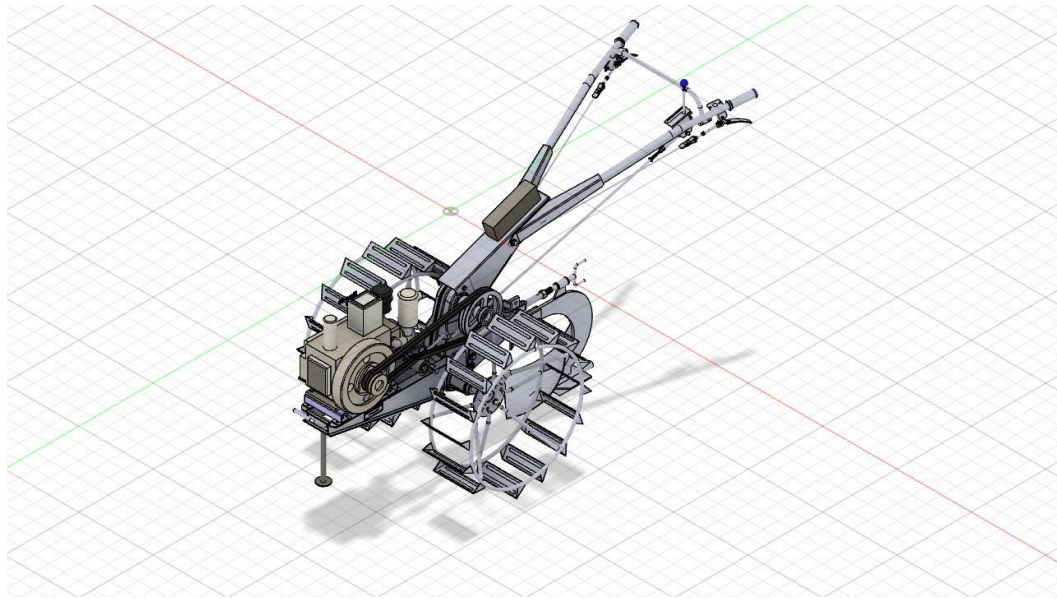
Gambar 1. Semata diagram sistem perangkat

Dalam pengoperasian sistem ini, dukungan vital diberikan oleh *Flight control* yang mendapat suplai daya dari baterai *lithium-ion*. *Flight control* ini, yang memainkan peran sentral dalam mengelola operasi, didukung oleh sensor GPS/GNSS yang bertugas menentukan posisi perangkat dan sistem secara akurat. Saat menjalankan sistem, output yang dihasilkan oleh *Flight control* disampaikan dengan presisi melalui mekanisme servo sesuai dengan instruksi dari pengguna.

Tidak hanya itu, untuk menyediakan antarmuka informasi yang efisien, sinyal dan data vital disampaikan melalui layar OLED dan pengguna mendapat umpan balik melalui penggunaan buzzer. Sistem pemberitahuan juga diimplementasikan melalui kanal telemetri yang tersambung secara langsung dengan perangkat *remote control* dan *ground control station*. Dengan pendekatan ini, sistem tidak hanya memastikan operasional yang andal tetapi juga menyediakan saluran komunikasi yang terpadu untuk pemantauan dan kendali yang efektif.

2.5. Perancangan Posisi Peletakan Perangkat Pada Hand tractor

Perancangan penentuan posisi perangkat pada *hand tractor* ditentukan seefisien mungkin untuk tidak mengganggu sistem kendali yang dibuat. Gambar 2. Merupakan desain peletakan posisi peletakan perangkat.



Gambar 2. Desain peletakan posisi perangkat

Desain penempatan perangkat diupayakan dengan cermat untuk menentukan posisi optimal agar tidak memberikan dampak fatal terhadap kinerja sistem. Kotak kontrol, sebagai pusat pengendalian, akan diposisikan pada kerangka utama *hand tractor* dengan penuh pertimbangan agar tidak mengganggu fungsi keseluruhan sistem. Motor servo kopling akan ditempatkan secara strategis pada bagian setang *hand tractor*, sementara servo gas direncanakan untuk ditempatkan di antara kotak kontrol dan unit mesin penggerak. Desain ini dikonsepsikan dengan harapan dapat menghasilkan operasional yang optimal dan efisien, memastikan bahwa setiap komponen saling berinteraksi tanpa kendala yang signifikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perangkaian Perangkat Skala Laboratorium

Perangkaian perangkat difungsikan dalam menentukan sistem terbaik dari perangkat. Sistem diuji dengan tanpa diletakan pada *hand tractor* secara langsung. Gambar 3 menunjukkan sistem perangkat skala laboratorium.



Gambar 3. Sistem Skala Laboratorium

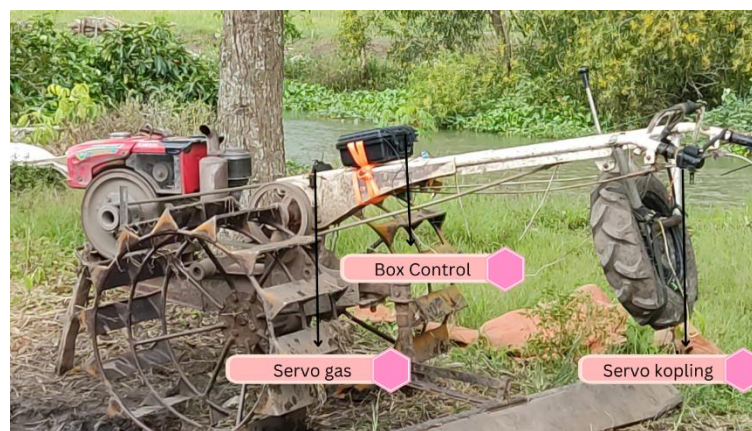
Berdasarkan hasil uji coba, sistem secara konsisten mencapai kinerja optimal sesuai dengan perancangan yang telah diimplementasikan. Penggunaan baterai *lithium-ion* sebagai sumber daya untuk *Flight control* memberikan dukungan daya yang optimal. Sistem *Flight*

control itu sendiri diperkaya dengan pemanfaatan teknologi GPS/GNSS untuk penentuan posisi yang akurat.

Pengendalian motor servo dan perpindahan informasi juga terbukti berlangsung dengan sempurna, di mana daya servo mencukupi untuk mengendalikan kopling *hand tractor* tanpa kendala signifikan. Dengan demikian, konsep perancangan ini berhasil menghasilkan sistem yang tidak hanya sesuai dengan ekspektasi awal, tetapi juga mencapai tingkat kinerja yang memenuhi standar keandalan dan efisiensi yang diharapkan. Pengembangan sistem ini juga dilakukan pada software INAV dengan seting parameter menyesuaikan sistem dan kemungkinan pada *hand tractor*.

3.2. Penentuan Posisi Perangkat

Penentuan efektivitas posisi perangkat dilakukan dalam pemenuhan keberhasilan sistem kendali. Posisi perangkat yang tidak sesuai menyebabkan anomali kinerja perangkat yang tidak sesuai keinginan pengguna. Gambar 4 dalam posisi optimal perangkat dalam pengujian.



Gambar 4. Posisi optimal perangkat

Penempatan perangkat diatur sesuai dengan perancangan awal, di mana kotak kontrol ditempatkan pada kerangka utama *hand tractor* dan motor servo ditempatkan pada kedua kopling *hand tractor*. Lebih lanjut, motor servo gas diposisikan dengan strategis antara mekanisme gas dan kotak kontrol. Konfigurasi ini tidak hanya mengoptimalkan pengendalian sistem, tetapi juga mengeliminasi potensi gangguan pada komponen lain dalam sistem *hand tractor*.

Walau demikian, untuk memastikan keseimbangan optimal pada berbagai medan, diperlukan penyeimbang setara yang sejajar dengan ban karet tractor. Langkah ini dirancang untuk memberikan stabilitas tambahan pada *hand tractor*, mengamankan kinerjanya dalam kondisi lingkungan yang beragam. Dengan pendekatan ini, sistem pengendalian *hand tractor* tidak hanya terbebas dari gangguan potensial, tetapi juga didukung oleh elemen penyeimbang yang mengamankan kinerja seimbang dan andal pada setiap kondisi operasional.

3.3. Uji perangkat pada *hand tractor* pada lahan kering

Pengujian perangkat pada *hand tractor* sebelum terjun langsung ke persawahan terlebih dahulu dilakukan pada tanah kering dimana pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem sebelum terjun langsung ke persawahan. Gambar 5 merupakan pengujian perangkat di Tanah kering.



Gambar 5. Pengujian perangkat di tanah kering

Pengujian perangkat pada kondisi tanah kering dilaksanakan sesuai dengan perencanaan, dengan hasil menunjukkan ketiadaan kendala berarti dalam sistem dan menjaga kestabilan sistem hand tractor. Pengujian sistem dilakukan melalui pengaplikasian *fly by wire augmented* (FBWA), yang menghasilkan penilaian positif bahwa *hand tractor* mampu dikendalikan secara langsung melalui remote control.

Dengan demikian, hasil pengujian mencerminkan ketepatan implementasi perangkat, dan kesesuaian sistem pada *hand tractor* terjaga tanpa terpengaruh secara signifikan oleh variabel-variabel lingkungan, memverifikasi keandalan dan ketangguhan sistem dalam kondisi operasional pada tanah kering.

3.4. Pengujian Pada Lahan Persawahan

Pengujian perangkat *hand tractor* dilakukan pada medan sesungguhnya dimana dilakukan di areal persawahan. Pengujian ini dimaksudkan untuk melihat keandalan sistem kendali *hand tractor* di medan aslinya. Gambar 6 menunjukkan pengujian sistem perangkat di lahan persawahan.



Gambar 6. Pengujian sistem kendali di areal persawahan

Pengujian sistem di wilayah persawahan berhasil mengindikasikan keberhasilan, di mana sistem menunjukkan kemampuan untuk dikendalikan melalui FBWA dan modus autonom. Pencapaian ini sejalan dengan perancangan sistem yang telah disusun sebelumnya. Integritas sistem kendali tidak menunjukkan kelambatan, baik pada penggunaan FBWA maupun dalam mode *autonomous*. Hasil pengujian menegaskan bahwa sistem kendali mampu

mempertahankan kendali tractor sesuai dengan instruksi dari pengguna dan way point yang telah ditetapkan.

Observasi ini bukan hanya mencerminkan kecocokan antara implementasi aktual dan perancangan sistem, tetapi juga menunjukkan ketangguhan sistem kendali dalam menghadapi variabilitas kondisi lapangan persawahan. Keberhasilan ini secara positif memberikan keyakinan terhadap kemampuan sistem untuk menjawab secara adaptif terhadap dinamika lingkungan pertanian.

3.5. Implementasi dan Sosialisasi Pada Masyarakat

Implementasi dan sosialisasi proyek dilakukan secara langsung di Desa Cipocok Jaya, Kabupaten Serang, Provinsi Banten, dengan partisipasi aktif dari masyarakat setempat. Dalam acara tersebut, masyarakat diperkenalkan dengan perangkat yang akan diimplementasikan dan diberikan informasi mendetail mengenai Standar Operasional Prosedur (SOP) yang terkait dengan penggunaannya. Selain mendapatkan penjelasan secara teoritis, masyarakat juga diberi kesempatan untuk langsung mencoba praktek penggunaan perangkat tersebut, yang diawasi oleh para pengembang perangkat. Melalui pendekatan ini, diharapkan masyarakat dapat memperoleh pemahaman yang mendalam dan keterampilan praktis dalam menggunakan perangkat tersebut, sehingga implementasi proyek dapat berjalan dengan lancar dan efektif.



Gambar 7. Sosialisasi dan implementasi dengan masyarakat

Pada saat implementasi dilapangan didapatkan pula system traktor yang relatif stabil yang dibuktikan dengan data gryoscopemeter hasil dari flight controller yang digunakan. Tabel 2 merupakan data gryscopemeter perangkat.

Tabel 2. Data gryoscopemeter

Entry_id	Gyro X (deg/s)	Gyro Y (deg/s)	Gyro Z (deg/s)
0	0.2	0.1	0.0
1	0.3	0.2	0.1
2	0.1	0.3	-0.1
3	-0.1	0.2	-0.2

4	-0.2	0.1	-0.3
5	-0.1	0.0	-0.1
6	0.1	-0.1	0.0
7	0.2	-0.2	0.1
8	0.3	-0.1	0.2
9	0.2	0.0	0.3
10	0.1	0.1	0.2
11	0.0	0.2	0.1
12	-0.1	0.1	0.0
13	-0.2	0.0	-0.1
14	-0.1	-0.1	-0.2
15	0.1	-0.2	-0.1
16	0.2	-0.1	0.0
17	0.3	0.0	0.1
18	0.2	0.1	0.2
19	0.1	0.2	0.1
20	0.0	0.1	0.0

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji coba dan analisis yang telah dilakukan, implementasi sistem kendali *hand tractor* dalam modus Fly-By-Wire with *Autonomous* (FBWA) dan *autonomous* terbukti berhasil dan sinergis dengan desain yang telah direncanakan. Investigasi ini menegaskan bahwa penggunaan sistem kendali tersebut dapat dilakukan tanpa mengganggu integritas operasional *hand tractor* itu sendiri, menjaga efisiensi dan keberlanjutan operasional kendaraan pertanian. Proses integrasi berhasil dilakukan dengan menyusun dan mengonfigurasi parameter uji coba yang telah diverifikasi pada flight controller, menciptakan sistem terpadu yang menggabungkan FBWA dan *autonomous*, mencatat pencapaian signifikan dalam membangun kesatuan fungsi kendali yang terkoordinasi. Pengujian tidak menunjukkan adanya dampak berarti pada performa *hand tractor* baik dalam modus FBWA maupun *autonomous*. Meskipun demikian, perlu dicatat bahwa ada kebutuhan untuk memberikan beban tambahan pada lengan untuk menjaga keseimbangan *hand tractor*, yang menunjukkan perlunya pertimbangan lebih lanjut terkait dengan distribusi beban dan optimalisasi struktural untuk meminimalkan dampak pada kinerja sistem secara keseluruhan.

Perangkat ini berhasil diimplementasikan dan disosialisasikan kepada masyarakat, memperkuat integrasi teknologi terkini dalam sektor pertanian. Dengan keberhasilan implementasi ini, masyarakat dapat mengakses teknologi yang membantu dalam meningkatkan efisiensi pertanian tanpa mengorbankan integritas operasional alat. Ini merupakan langkah penting menuju pertanian yang lebih modern, berkelanjutan, dan adaptif terhadap perkembangan teknologi. Dengan demikian, alat ini tidak hanya memberikan manfaat langsung dalam meningkatkan produktivitas pertanian, tetapi juga memberikan kontribusi positif dalam mempercepat adopsi teknologi dalam sektor pertanian secara luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariani, M., & Suryana, A. (2023). Kinerja Ketahanan Pangan Indonesia: Pembelajaran dari Penilaian dengan Kriteria Global dan Nasional. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 21(1), 1-20.
- Astanakulov, K., Shovazov, K., Borotov, A., Turdibekov, A., & Ibrokhimov, S. (2021). Wheat harvesting by combine with GPS receiver and grain sensor. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 227). EDP Sciences.
- Bahtiar, B. W., Wahyudi, R., Wicara, C., & Riyanto, A. (2023). Restorasi Diesel Traktor Untuk Membantu Pertanian Padi di Wilayah Kebumen. *JURPIKAT (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 4(1), 22-30.

- Badan Pusat Statistik. 2023. *Ekonomi Indonesia Tahun 2022 Tumbuh 5,31 Persen*. URL: <https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2023/02/06/1997/ekonomi-indonesia-tahun-2022-tumbuh-5-31-persen.html>. Diakses tanggal 2 Mei 2024.
- Badan Pusat Statistik. 2021. *Kecamatan Cipocok Jaya Dalam Angka 2021*. URL: <https://serangkota.bps.go.id/publication/2021/09/24/6323ed5be468ad36fbdf22c3/kecamatan-cipocok-jaya-dalam-angka-2021.html>. Diakses tanggal 2 Mei 2024.
- Ebeid, E., Skriver, M., Terkildsen, K. H., Jensen, K., & Schultz, U. P. (2018). A survey of open-source UAV flight controllers and flight simulators. *Microprocessors and Microsystems*, 61, 11-20.
- Haque, S. R., Kormokar, R., & Zaman, A. U. (2017, April). Drone *ground control station* with enhanced safety features. In 2017 2nd International Conference for Convergence in Technology (I2CT) (pp. 1207-1210). IEEE.
- Herniwati, H., & Nappu, M. B. (2018). Analisis Efisiensi Penggunaan Pupuk Nitrogen (N) Tanaman Padi Sawah Pada Tanah Inceptisols: Analysis Of Nitrogen Fertilizer Use Efficiency On Rice In Irrigated Land Of South Sulawesi. *Jurnal Agrisistem*, 14(1), 55-64.
- Hidayatun, N., Sabran, M., Susilowati, D., Kurniawan, H., Herlina, L., & Dewi, N. (2023). Conservation of agricultural genetic resources as an indicator of the Sustainable Development Goals (SDGs) in Indonesia. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1160, No. 1, p. 012068). IOP Publishing.
- Jawang, U. P. (2021). Penilaian Status Kesuburan dan Pengelolaan Tanah Sawah Tadah Hujan di Desa Umbu Pabal Selatan, Kecamatan Umbu Ratu Nggay Barat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(3), 421-427.
- Karimah, N., Sugandi, W. K., Thoriq, A., & Yusuf, A. (2020). Analisis efisiensi kinerja pada aktivitas pengolahan tanah sawah secara manual dan mekanis. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 8(1), 1-13.
- Ma, N., Mantri, A., Bough, G., Patnaik, A., Yadav, S., Nansen, C., & Kong, Z. (2022). Data-driven vermiculite distribution modelling for UAV-based precision pest management. *Frontiers in Robotics and AI*, 9, 854381.
- Mademlis, I., Mygdalis, V., Nikolaidis, N., & Pitas, I. (2018, July). Challenges in *autonomous* UAV cinematography: An overview. In 2018 IEEE international conference on multimedia and expo (ICME) (pp. 1-6). IEEE.
- Mardianto, M. F. F., Tjahjono, E., & Rifada, M. (2019). Statistical modelling for prediction of rice production in Indonesia using semiparametric regression based on three forms of fourier series estimator. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 14(15).
- Masganti, A. M. A., Agustina, R., Alwi, M., Noor, M., Rina, Y., Pangan, P. R. T., & Pangan, B. R. (2022). Pengelolaan Lahan dan Tanaman Padi di Lahan Salin. *Jurnal Sumberdaya Lahan* Vol, 16(2), 83-95.
- Nida, H. S., Faiqurahman, M., & Sari, Z. (2017). Prototype Sistem Multi-Telemetri Wireless Untuk Mengukur Suhu Udara Berbasis Mikrokontroler ESP8266 Pada Greenhouse. *Kinetik: Game Technology, Information System, Computer Network, Computing, Electronics, and Control*, 217-226.
- Nuryanto, B. (2018). Pengendalian penyakit tanaman padi berwawasan lingkungan melalui pengelolaan komponen epidemik. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 37(1), 1-12.
- Pärilin, K., Alam, M. M., & Le Moullec, Y. (2018). Jamming of UAV *remote control* systems using software defined radio. In 2018 International Conference on Military Communications and Information Systems (ICMCIS) (pp. 1-6). IEEE.
- Putra, K. (2019). Analysis of factors Affecting rice imports in Indonesia. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 91(7), 97-101.
- Sitairesmi, T., Hairmansis, A., Widyastuti, Y., Susanto, U., Wibowo, B. P., Widiastuti, M. L., ... & Nugraha, Y. (2023). Advances in the development of rice varieties with better nutritional quality in Indonesia. *Journal of Agriculture and Food Research*, 12, 100602.
- Tangtong, C., Yoosook, W., Kongtip, P., & Woskie, S. (2022). Risk factors associated with *hand tractor* related injuries among rice farmers in Thailand. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 28(1), 43-57.