

Fisibilitas Finansial Pengendalian Traktor Tangan dengan Sistem Android Berbasis Jaringan WiFi di Agroindustri Lahan Basah

Financial Feasibility Assessment of Hand Tractor Controlled by Android System WiFi Network Based in Wetland Agroindustry

Widi Handoko¹, **Amin Rejo**^{2*)}, Tamaria Panggabean²

¹Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, Indonesia

²Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Indralaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan, Indonesia

*)Penulis untuk korespondensi: aminrejo@unsri.ac.id

Sitasi: Handoko, W., Rejo, A., & Panggabean, T. (2024). Financial feasibility assessment of hand tractor controlled by android system wifi network based in wetland agroindustry. In: Herlinda S *et al.* (Eds.), *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-12 Tahun 2024, Palembang 21 Oktober 2024*. (pp. 895–905). Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI).

ABSTRACT

The advancement of agricultural practices in Indonesia, particularly in wetland tillage, through the introduction of Android-controlled hand tractors is essential to tackle the challenges posed by diminishing labor and agricultural land. This study aimed to evaluate the financial viability of implementing a Wi-Fi-based Android-controlled hand tractor in comparison to manual operation. The methodology encompasses technical field capacity testing, cost efficiency, and financial assessment. The financial analysis of the five-year investment simulation revealed a Net Present Value (NPV) of IDR 19,918,961, an Internal Rate of Return (IRR) of 28.03%, a payback period of 1.78 years, and an ROI of 60.15%, which is 10.4% lower than the conventional method. These findings suggest that investing in this technology is not only financially feasible but also profitable. The adoption of Android-controlled hand tractors enhances productivity and has the potential to yield substantial economic returns for the agricultural sector.

Keywords: agriculture, digital, wetland

ABSTRAK

Modernisasi praktik pertanian di Indonesia, khususnya dalam pengolahan lahan basah, melalui pengembangan traktor tangan kendali Android penting untuk menghadapi tantangan berkurangnya tenaga kerja dan lahan pertanian. Penelitian bertujuan mengevaluasi kelayakan finansial penerapan traktor tangan kendali Android berbasis Wi-Fi dibandingkan dengan operasi manual. Metodologi penelitian mencakup pengujian kapasitas teknis lapangan, efisiensi biaya dan penilaian finansial. Analisis keuangan dari simulasi investasi selama lima tahun menunjukkan *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp 19.918.961, *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 28,03%, *payback periode* selama 1,78 tahun dan ROI sebesar 60,15%, yang mana 10,4% lebih rendah dari metode konvensional. Hasil menunjukkan bahwa investasi dalam teknologi tidak hanya layak finansial tetapi juga menguntungkan. Adopsi traktor tangan yang dikendalikan oleh Android meningkatkan produktivitas dan berpotensi menghasilkan keuntungan ekonomi bagi sektor agroindustri.

Kata kunci: digital, lahan basah, pertanian

PENDAHULUAN

Editor: Siti Herlinda *et. al.*

ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

Populasi penduduk Indonesia tahun 2023 mencapai 278,6 juta jiwa (BPS, 2024) dan tahun 2035 diproyeksikan tumbuh hingga 308,3 juta jiwa (BPS, 2023). Konsumsi beras di Indonesia tahun 2021 mencapai 6,75 kg per kapita per bulan (Amrullah *et al.*, 2023). Pertumbuhan penduduk dan peningkatan kebutuhan pangan justru diikuti oleh penyempitan lahan pertanian yang menyebabkan kesenjangan pasokan pangan. Pengurangan lahan pertanian yang signifikan sebesar 78 juta hektar dalam rentang tahun 2000 sampai 2018 (Herdiansyah *et al.*, 2023). Tenaga kerja pertanian juga mengalami penuaan usia, di tahun 2020 sekitar 21,2% pekerja pertanian telah berumur di atas 60 tahun, meningkat 12,6% sejak 2005, masalah ini berdampak pada produktivitas dan inovasi pertanian. Jumlah tenaga kerja pertanian total juga mengalami penurunan dari 41,3 juta di tahun 2005 menjadi 38,22 juta di tahun 2020. Tantangan-tantangan dalam industri pertanian terutama sektor hulu dapat diselesaikan dengan modernisasi melalui mekanisasi dan utilisasi teknologi (Guan *et al.*, 2023), tetapi adopsi teknologi di Indonesia masih rendah (Amrullah *et al.*, 2023).

Traktor tangan sebagai salah satu adopsi teknologi populer yang digunakan oleh petani karena keandalan di berbagai kondisi geografis (Ullah *et al.*, 2023). Pengoperasian traktor tangan masih didominasi oleh tenaga manusia, kegiatan ini menimbulkan aktivitas statis dan repetitif yang menyebabkan kelelahan dan risiko gangguan *musculoskeletal disorders* (MSDs) (Kongtawelert *et al.*, 2022). Pengoperasian manual traktor tangan meningkatkan kelelahan otot, risiko kesehatan akibat getaran dan bahaya kerja (Hassan *et al.*, 2023). Risiko kesehatan dan paparan lingkungan ekstrim pada tenaga pertanian menyebabkan penurunan produktivitas (Kongtawelert *et al.*, 2022).

Traktor tangan kontrol jarak jauh atau nirawak mampu mereduksi getaran yang diterima operator dan menghindari *Hand-Arm Vibration Syndrome* (HAVS) (Bagye *et al.*, 2021). Perlu pendekatan menuju otomatisasi melalui pengoperasian traktor tangan yang dikontrol dari jarak jauh dengan sistem kendali Android *Snow Cone* 12.0 berbasis jaringan WiFi di lahan basah. Perangkat Android dipilih karena biaya operasional lebih rendah dibandingkan dengan konektivitas *cloud* dan komputasi (Andreica *et al.*, 2022).

Lahan basah sebagai objek otomatisasi traktor tangan dalam sektor hulu agroindustri belum pernah dikaji, penelitian saat ini hanya sebatas uji fungsional sistem kontrol (Crisnapati dan Maneetham, 2022) dan kesesuaian sistem kendali (Amagai *et al.*, 2023). Kebaruan dari penelitian ini adalah mengintegrasikan aspek teknis dan kelayakan finansial untuk traktor tangan kendali Android di lahan basah. Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi kinerja teknis, mengkaji kondisi lahan terhadap performa traktor tangan dan menganalisis kelayakan finansial untuk investasi pengembangan sistem kontrol dengan Android berbasis jaringan WiFi di lahan basah.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan untuk penelitian adalah 1) aki, 2) baut dan mur, 3) box besi, 4) kabel jumper, 5) kabel listrik, 6) L298N Motor Driver Board, 7) modul NodeMCU ESP8266, 8) motor DC 12V, 9) pemberat tambahan dan 10) tali sling.

Metode

Editor: Siti Herlinda et. al.

ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

Jenis Penelitian

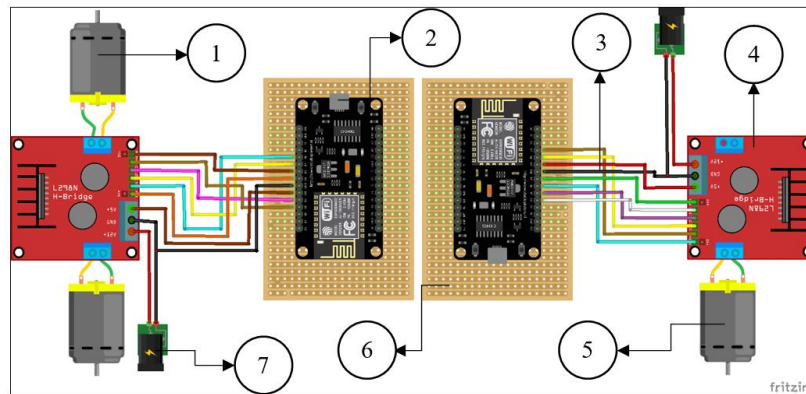
Penelitian ini memodifikasi kontrol traktor tangan dengan motor DC untuk mengatur kopling dan gas. Pengendalian jarak jauh dilakukan melalui Android berbasis jaringan WiFi. Evaluasi teknis terdiri dari Kapasitas Kerja Lapang Teoritis (KKLT), Kapasitas Kerja Lapang Aktual (KKLA), efisiensi kerja, kecepatan kerja lapang, kecepatan kerja transportasi, efisiensi bahan bakar dan slip. Evaluasi finansial juga dilakukan untuk mengukur kelayakan investasi pada traktor tangan kendali Android.

Alur dan Kerangka Fikir Penelitian

Penelitian dilakukan dengan beberapa prosedur yaitu sebagai berikut:

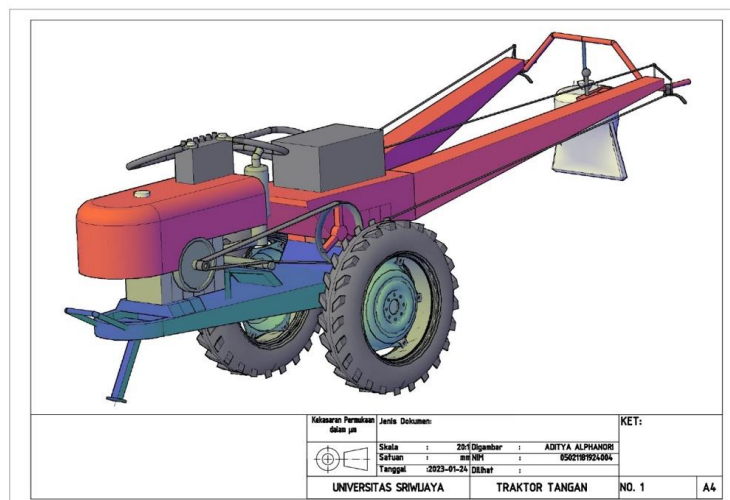
Modifikasi Sistem Kendali dan Tuas Gas

Sistem kendali traktor tangan dimodifikasi dengan tuas tambahan pada kemudi kanan dan kiri yang terhubung dengan motor DC. Motor DC digunakan untuk mengubah arah kemudi dan menggerakkan tuas gas melalui tali yang terhubung ke *pulley* (Handoko, 2020).



Gambar 1. Sketsa Sistem Kendali

Keterangan sebagai berikut: (1) Motor DC pengendali *clutch handle* kopling; (2) Modul NodeMCU ESP-8266; (3) Kabel *jumper*; (4) Motor Driver L298N; (5) Motor DC pengendali tuas gas; (6) *Project board* dan (7) Saklar.



Gambar 2. Design Traktor Tangan Kendali Android

Uji Unjuk Kerja

Editor: Siti Herlinda et. al.

ISSN: 2963-6051 (print); 2986-2302 (online)

Penerbit: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI)

Uji unjuk kerja bertujuan untuk menilai kemampuan kerja traktor tangan di lahan dengan membandingkan antara kendali *smartphone* Android (Handoko, 2020). Uji unjuk kerja akan dilakukan dengan pemasangan implemen pengolahan tanah. Adapun parameter yang diuji disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Uji unjuk kerja

Parameter	Satuan	Rumus	Keterangan
Lebar Kerja Efektif (L)	meter		Lebar tanah yang terolah pada setiap lintasan oleh implement saat bekerja di lahan.
Kecepatan Maju (v)	m/s		Kecepatan maju diperoleh dengan menghitung waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak 20 meter.
Luas Lahan (L)	hektar		
Waktu Total Operasi (WTO)	jam		Diukur sejak traktor mulai digunakan hingga selesai dalam satu petak uji.
Waktu Kerja Tidak Efektif (WKTE)	jam		Waktu yang hilang karena belok, pengaturan alat, dan perbaikan selama operasi.
Waktu Kerja Efektif (WKE)	jam	WTO - WKTE	
Kapasitas Lapangan Efektif (KLE)	ha/jam	L / WKE	Diukur dengan membagi luas lahan yang diolah dengan waktu total operasi.
Kapasitas Lapangan Teoritis (KLT)	ha/jam	0.360 x D	Mengalikan kecepatan kerja aktual dengan lebar kerja efektif.
Efisiensi Lapangan (EL)	%	(KLE / KLT) x 100%	Membagi kapasitas lapangan efektif dengan kapasitas lapangan teoritis.

Evaluasi Finansial

Tabel 2 menyajikan metrik finansial yang dievaluasi untuk penggunaan traktor tangan kendali Android dibandingkan dengan traktor tangan konvensional (Signorini dan Ivey, 2023).

Tabel 2. Metrik Finansial

Satu hektar operasi	Investasi dalam mesin dan alat		Total <i>annual cost</i> pada tahun ke-5	Matriks Finansial			
	(Rp)	(Rp/ha)	(Rp/ha)	NPV (Rp/ha)	IRR (%)	<i>Payback</i> (tahun)	ROI (%)
Traktor Konvensional	A1	B1	C1	NPV1	IRR1	P1	ROI1
Traktor Tangan Kendali Android	A2	B2	C2	NPV2	IRR2	P2	ROI2

Total cost adalah *variable cost* (BBM, oli, perawatan, reperasi, ban dan operator) ditambah *fixed cost* (penyusutuan, bunga modal dan asuransi, pajak serta garasi).

Net Present Value (NPV)

NPV adalah selisih nilai sekarang dari arus kas masuk dan keluar suatu proyek, didiskonto pada tingkat tertentu. NPV positif menunjukkan bahwa proyek tersebut layak secara finansial. NPV diperoleh dari *Present Worth of Benefit* (PWB) dikurangi *Present Worth of Cost* (PWC) (Maaß dan Kehlenbeck, 2024). Formula yang digunakan adalah:

$$PWB = \sum_{t=0}^n Cb_t (FBP)_t \dots\dots\dots (1)$$

$$PWC = \sum_{t=0}^n Cc_t (FBP)_t \dots\dots\dots (2)$$

$$NPV = PWB - PWC \dots\dots\dots (3)$$

dimana: Cb = *cash flow benefit*; Cc = *cash flow cost*; Cf = *cash flow* utuh (*benefit + cost*); FPB = faktor bunga *present*; t = periode waktu; dan n = umur investasi

Internal Rate of Return (IRR)

Tingkat Pengembalian Internal (*Internal Rate of Return/IRR*) menunjukkan tingkat kemampuan *cash flow* dalam pengembalian modal serta besarnya tingkat kewajiban (*Minimum Attractive Rate of Return (MARR)*) yang harus dipenuhi. Investasi layak jika $IRR \geq MARR$. Nilai MARR mempertimbangkan suku bunga (*i*), biaya lain untuk memperoleh investasi (*Cc*) dan faktor risiko investasi (α), jika *Cc* dan α tidak ada atau nol maka $MARR = i$ (Pandey *et al.*, 2023). Perhitungan menggunakan persamaan:

$$IRR = \frac{iNPV_+}{\frac{NPV_+}{NPV_+ + NPV_-}} (iNPV_- + iNPV_+) \dots \dots \dots (4)$$

Periode Pengembalian Modal (Payback Period)

Payback Period mengacu pada lamanya waktu yang dibutuhkan investasi untuk menutup biaya awal, dengan mempertimbangkan arus kas yang didiskontokan pada tingkat yang ditentukan (6% per tahun oleh Bank Rakyat Indonesia). Periode pengembalian modal yang lebih pendek umumnya lebih direkomendasikan karena mengindikasikan pengembalian investasi yang lebih cepat (Mottalib *et al.*, 2024). Persamaan yang digunakan adalah:

$$k_{(PBP)} = \sum_{t=0}^k CF_t \geq 0 \dots \dots \dots (5)$$

dimana: k = periode pengembalian dan CF_t = *cash flow* periode ke-t

Jika *cash flow benefit* dan *cost* bersifat annual, maka persamaan menjadi:

$$k_{(PBP)} = \frac{\text{Investasi}}{\text{Annual Benefit}} \times \text{periode waktu} \dots \dots \dots (6)$$

Return on Investment (ROI)

Metrik ini membandingkan nilai bersih sekarang dari sebuah proyek dengan total investasi mesin yang dihitung sebagai NPV dibagi dengan total investasi. ROI yang lebih rendah menandakan nilai uang yang lebih baik, karena ini menunjukkan pengembalian yang lebih besar dibandingkan dengan investasi awal (Almestarihi *et al.*, 2024). Persamaan yang digunakan:

$$ROI = \frac{\text{Investasi}}{\text{Net Profit atau Benefit}} \times 100\% \dots \dots \dots (7)$$

HASIL

Kecepatan Maju

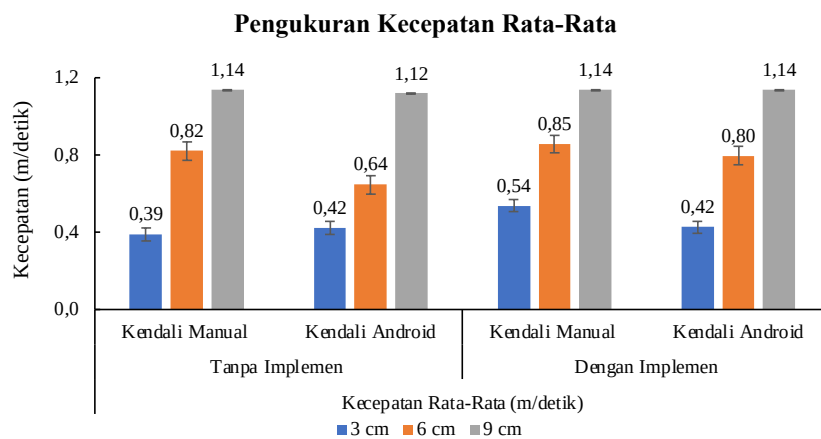
Pengujian dilakukan pada lintasan lurus sepanjang 20 m pada pengendalian traktor tangan secara manual dan kendali Android yang diukur tanpa implemen garu dan menggunakan implemen garu sebanyak tiga kali pengulangan. Implemen yang dipilih hanya satu jenis saja untuk kecepatan maju karena jika menggunakan singkal akan membuat kondisi lintasan rusak dan mempengaruhi pada pengulangan pengukuran data selanjutnya. Lintasan sebelum dilalui oleh traktor tangan sudah dibersihkan dari adanya bekas tanaman ataupun penghalang lain. Pengukuran pada kedua sistem kendali dilakukan

pada tiga fase kecepatan yaitu pada saat posisi tuas gas 3 cm, 6 cm dan 9 cm dan pengukuran dilakukan tanpa implemen dan dengan implemen garu sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengukuran kecepatan maju rata-rata

Posisi Tuas Gas	Kecepatan Rata-Rata (m/detik)			
	Tanpa Implemen		Dengan Implemen	
	Kendali Manual	Kendali Android	Kendali Manual	Kendali Android
3 cm	0,39	0,42	0,54	0,42
6 cm	0,82	0,64	0,85	0,80
9 cm	1,14	1,12	1,14	1,14

Gambar 3 menunjukkan perbedaan antar masing-masing jenis pengukuran kecepatan maju traktor tangan baik menggunakan implemen atau tanpa implemen garu.



Gambar 3. Pengukuran Kecepatan Rata-Rata

Efisiensi Kerja

Tabel 4 menunjukkan efisiensi kerja dari traktor tangan yang dikendalikan secara manual dan dengan menggunakan kendali Android pada kecepatan sedang (tuas gas 6 cm).

Tabel 4. Pengukuran efisiensi kerja traktor tangan pada kecepatan sedang

Parameter	Implemen	Manual	Android
Luas Lahan (ha)		0,02	0,02
Lebar Rata-Rata Efektif (m)	Singkal	0,2072	0,1824
	Garu	1,2340	1,1600
Kecepatan Rata-Rata Maju (m/detik)	Singkal	0,8549	0,7957
	Garu	0,8806	0,8833
Waktu Total (jam)	Singkal	0,4798	0,7965
	Garu	0,0561	0,1207
Waktu Kerja Tidak Efektif (jam)	Singkal	0,1527	0,2534
	Garu	0,0006	0,0408
Waktu Kerja Efektif (jam)	Singkal	0,3272	0,5431
	Garu	0,0556	0,0799
Kapasitas Lapang Efektif (ha/jam)	Singkal	0,0611	0,0368
	Garu	0,3599	0,2505
Kapasitas Lapang Teoritis (ha/jam)	Singkal	0,0638	0,0523
	Garu	0,3912	0,3688
Efisiensi Lapang (%)	Singkal	95,87%	70,48%
	Garu	97,28%	75,33%

Hasil Evaluasi Finansial

Hasil perhitungan parameter finansial disajikan dalam Tabel 5 untuk pengendalian traktor tangan secara manual dan Tabel 6 untuk pengendalian traktor tangan dengan sistem kendali Android.

Tabel 5. Evaluasi finansial kendali traktor tangan manual

No.	Finansial Kendali Manual	Satuan	per ha per tahun
1	Pengeluaran		
a	<i>Fixed Cost</i>		
	Pembelian Traktor Tangan (A_0)	Rp	30.072.000
	Penyusutan Traktor Tangan	Rp	5.412.960
	Bunga Modal dan Asuransi	Rp	1.082.592
	Pajak	Rp	601.440
	Garasi	Rp	300.720
	Total <i>Fixed Cost</i>	Rp	7.397.712
b	Biaya Variabel		
	BBM	Rp	420.376
	Oli	Rp	294.800
	Perawatan	Rp	485.800
	Reparasi	Rp	4.932
	Roda/Ban	Rp	1.715.000
	Operator	Rp	4.000.000
	Total Biaya Variabel	Rp	6.920.908
	Total Cost	Rp	14.318.620
2	Pendapatan		
	Produksi	Kg	3.712
	Harga Gabah	Rp/Kg	6.421
	Nilai Sisa Traktor Tangan	Rp	601.440
	Total Pendapatan	Rp	24.436.192
3	Keuntungan	Rp	10.117.572
4	PBP		7,08
5	NPV	Rp	12.547.261
	PV 5 Tahun		42.619.261
6	IRR		20,53%
7	ROI		70,56%

Tabel 6. Evaluasi finansial kendali traktor tangan kendali android

No.	Finansial Kendali Android	Satuan	per ha per tahun
1	Pengeluaran		
a	<i>Fixed Cost</i>		
	Pembelian Traktor Tangan (A_0)	Rp	30.072.000
	Penyusutan Traktor Tangan	Rp	5.412.960
	Perangkat Mikrokontroler	Rp	2.250.000
	Bunga Modal dan Asuransi	Rp	1.082.592
	Pajak	Rp	601.440
	Garasi	Rp	300.720
	Total <i>Fixed Cost</i>	Rp	9.647.712
b	Biaya Variabel		
	BBM	Rp	420.376
	Oli	Rp	294.800
	Perawatan	Rp	485.800
	Reparasi	Rp	4.932
	Roda/Ban	Rp	1.715.000
	Operator	Rp	-
	Total Biaya Variabel	Rp	2.920.908
	Total Cost	Rp	12.568.620
2	Pendapatan		
	Produksi	Kg	3.712
	Harga Gabah	Rp/Kg	6.421
	Nilai Sisa Traktor Tangan	Rp	601.440
	Total Pendapatan	Rp	24.436.192
3	Keuntungan	Rp	11.867.572
4	PBP		5,30
5	NPV	Rp	19.918.961
	PV 5 Tahun		49.990.961
6	IRR		28,03%
7	ROI		60,15%

PEMBAHASAN

Kecepatan Maju

Kecepatan maju rata-rata traktor tangan pada saat tuas gas berada posisi 3 cm (kecepatan lambat) tanpa implemen, pada kendali manual mempunyai nilai lebih rendah (0,39 m/detik) dibandingkan dengan kendali Android (0,42 m/detik). Hal tersebut disebabkan oleh operator yang harus menahan beban lebih lama karena traktor tangan melaju dengan lambat. Kecepatan rata-rata saat posisi tuas gas 6 cm (kecepatan sedang) tanpa implemen, menunjukkan kendali manual lebih cepat (0,82 m/detik) dibanding dengan kendali Android (0,64 m/detik). Hal ini dikarenakan pengendalian melalui Android mempunyai *delay* saat operator mencoba mengarahkan traktor tangan agar tetap berada di lintasan. Pengukuran kecepatan maju tanpa implemen pada posisi tuas gas 9 cm menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan karena pada kecepatan maksimum, mesin traktor tangan sudah mencapai kapasitas *output* tertinggi, yang artinya kontrol terhadap kecepatan tidak sensitif terhadap jenis pengendalian. Kecepatan maksimum membuat pengendalian manual ataupun Android membuat mesin bekerja pada kapasitas maksimal sehingga hasil pengukuran kecepatan maju tidak menunjukkan perbedaan besar. Hasil yang sama juga terjadi pada pengukuran kecepatan maju traktor tangan dengan implemen saat tuas gas pada posisi 9 cm (maksimum).

Pengukuran kecepatan maju traktor tangan menggunakan implemen garu pada posisi tuas gas 3 cm menunjukkan bahwa nilai untuk kendali manual lebih besar (0,54 m/detik) dibanding dengan kendali Android (0,42 m/detik). Pengukuran kecepatan maju pada posisi 6 cm untuk pengendalian traktor tangan juga menunjukkan nilai kendali manual lebih tinggi (0,85 m/detik) dibandingkan dengan kendali Android (0,80 m/detik). Hasil ini terbalik dari pengukuran tanpa implemen karena walaupun terdapat penambahan beban garu pada traktor tangan, tetapi operator terbantu karena tidak perlu menahan secara berlebihan beban mesin diesel yang diletakkan di depan traktor tangan. Isu *delay* untuk pengendalian Android juga menjadi penghambat kinerja kecepatan maju traktor tangan pada kecepatan lambat.

Unjuk Kerja

Efisiensi lapang traktor tangan secara manual untuk pembajakan dengan singkal dan penggaruan menunjukkan nilai >95%, tetapi nilai pembajakan lebih rendah (95,87%) dibanding dengan penggaruan (97,28%). Hal ini dapat dikarenakan waktu tidak efektif pada pembajakan lebih tinggi (9,16 menit). Waktu tidak efektif dominan terjadi karena operator mencoba menghilangkan sumbatan pada singkal dan sebagian kecilnya untuk beristirahat serta pergantian tenaga kerja. Penggaruan memiliki nilai efisiensi lapang yang lebih tinggi (97,28%), hal ini karena kondisi lahan sawah sebagian besar telah bersih dari bekas tanaman atau gulma, serta beban pekerjaan yang lebih ringan karena tidak ada proses pembalikan tanah. Penggaruan hanya meratakan hasil pembajakan sehingga hanya membutuhkan satu orang operator, dan waktu tidak efektif hanya 2 detik digunakan untuk menyapu kotoran yang tersangkut di garu.

Pengendalian traktor tangan menggunakan Android untuk proses pembajakan dan penggaruan memiliki efisiensi lapang yang jauh dibawah kendali manual (berkisar antara 70-75%). Efisiensi yang rendah ini disebabkan adanya *delay* saat menggunakan fungsi pembelokan kanan dan kiri serta pengarah kanan dan kiri. *Delay* ini membuat respon fungsi kontrol menjadi tidak tepat waktu akibatnya traktor tangan sering tidak berada pada pola lintasan pembajakan dan penggaruan. Operator juga harus beberapa kali memastikan dan menduga posisi laju traktor tangan. Selain itu, dikarenakan adanya getaran mesin di

dari traktor tangan membuat sambungan WiFi dan Android terganggu sehingga terputus koneksi pada beberapa saat. Hal ini membuat operator harus memperbaiki koneksi di lahan dan membuat waktu kerja tidak efektif semakin bertambah.

Fisibilitas Finansial

Berdasarkan performansi finansial diketahui bahwa komponen *cost* lebih besar pada pengoperasian traktor tangan secara manual. Beban biaya terbesar berasal dari utilisasi operator untuk pembajakan dan penggaruan. Jumlah operator yang dibutuhkan untuk mengoperasikan traktor tangan secara manual adalah dua orang dengan estimasi waktu kerja per musim tanam adalah 5 hari kerja. Jika upah harian tenaga kerja di Kecamatan Pemulutan adalah Rp 200.000,- per hari, maka dua operator untuk mengolah tanah membutuhkan biaya sebesar Rp 2.000.000,- per musim tanam. Musim tanam di daerah tersebut adalah dua kali dalam satu tahun, sehingga pemilik lahan perlu mengalokasikan sebesar Rp 4.000.000,- per hektar per tahun bagi operator traktor tangan. Pengendalian traktor tangan dengan Android memiliki potensi mengurangi beban biaya variabel bagi pelaku usaha pertanian karena meminimalisir kebutuhan operator traktor tangan. Hal tersebut dapat dilihat pada perhitungan ROI yang lebih rendah 10,4% dibandingkan dengan pengoperasian traktor tangan secara manual.

Payback period pada sistem pengendalian traktor tangan dengan Android juga menunjukkan pengembalian modal yang lebih cepat 1,78 tahun dibandingkan dengan pengoperasian secara manual, hal ini tentu sangat dipengaruhi oleh pengurangan jumlah operator. Kedua jenis pengendalian masing-masing mempunyai nilai $IRR \geq MARR$, pada pengendalian manual sebesar $20,53\% \geq 6,0\%$ serta pengendalian dengan Android mempunyai nilai lebih besar yakni $28,03\% \geq 6,0\%$. Nilai IRR yang paling tinggi dari kedua opsi adalah yang terbaik, artinya sistem pengendalian traktor tangan dengan Android lebih layak secara investasi dibandingkan dengan sistem manual.

KESIMPULAN

Studi ini mengevaluasi kelayakan teknis dan finansial traktor tangan yang dikendalikan Android di agroindustri lahan basah, yang menunjukkan bahwa sistem ini memberikan nilai *Net Present Value* (NPV) Rp 19.918.961, *Internal Rate of Return* (IRR) 28,03% dan jangka waktu pengembalian modal 1,78 tahun, sehingga menjadi solusi layak investasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Direktorat Riset Teknologi dan Pengabdian Masyarakat (DRTPM) Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang membiayai penelitian ini, Skema Penelitian Dasar Pascasarjana (PPS) Magister, 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Almestarihi, R., Ahmad, A. Y. A. B., Frangieh, R. H., Abualsondos, I. A., Nser, K. K., & Ziani, A. (2024). Measuring the ROI of paid advertising campaigns in digital marketing and its effect on business profitability. *Uncertain Supply Chain Management*, 12(2), 1275–1284. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2023.11.009>
- Amagai, S., Fukuoka, Y., Fujii, T., Matsuzaki, Y., Hosozawa, H., Ikegami, T., Warisawa, S., & Fukui, R. (2023). Remote operation system for novice tractor drivers for situations

- where automatic driving is difficult. *Journal of Field Robotics*, 40(6), 1346–1362. <https://doi.org/10.1002/rob.22173>
- Amrullah, E. R., Takeshita, H., & Tokuda, H. (2023). Impact of access to agricultural extension on the adoption of technology and farm income of smallholder farmers in Banten, Indonesia. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 1–17. <https://doi.org/10.1108/JADEE-06-2023-0143>
- Andreica, T., Curiac, C. D., Jichici, C., & Groza, B. (2022). Android head units vs. in-vehicle ECUs: Performance assessment for deploying in-vehicle intrusion detection systems for the CAN bus. *IEEE Access*, 10, 95161–95178. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3204746>
- Bagye, W., Imtihan, K., Ashari, M., Fadli, S., Zaen, M. T., Zulkarnaen, M. F., Fahmi, H., Tantoni, A., Yuliadi, & Rodianto. (2021). The potential of hand tractor controller to reduce the risk of Hand-Arm Vibration Syndrome (HAVS). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1088(1), 012077. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1088/1/012077>
- BPS. (2023). *Proyeksi Penduduk Indonesia 2020-2050 Hasil Sensus Penduduk 2020*. <https://www.bps.go.id/id/publication/2023/05/16/fad83131cd3bb9be3bb2a657/proyeksi-penduduk-indonesia-2020-2050-hasil-sensus-penduduk-2020.html>
- BPS. (2024). *Statistik Indonesia 2024* (Vol. 52). <https://www.bps.go.id/id/publication/2024/02/28/c1bacde03256343b2bf769b0/statistik-indonesia-2024.html>
- Crisnapati, P. N., & Maneetham, D. (2022). Two-dimensional path planning platform for autonomous walk behind hand tractor. *Agriculture*, 12(12), 1–15. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122051>
- Guan, N., Liu, L., Dong, K., Xie, M., & Du, Y. (2023). Agricultural mechanization, large-scale operation and agricultural carbon emissions. *Cogent Food and Agriculture*, 9(1), 1–23. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2238430>
- Handoko, W. (2020). *Performance Test of Hand Tractor Controlled by Android Smartphone Using NodeMCU ESP8266 Module Based on WiFi Network* [Skripsi, Universitas Sriwijaya], Palembang.
- Hassan, A. S., Nalitoela, N. G., & Majaja, B. A. (2023). Evaluation of vibration reduction isolators for hand transmitted vibration of single-axle tractors. *African Journal of Agricultural Research*, 19(7), 716–726. <https://doi.org/10.5897/ajar2022.16283>
- Herdiansyah, H., Antriandarti, E., Rosyada, A., Arista, N. I. D., Soesilo, T. E. B., & Ernawati, N. (2023). Evaluation of conventional and mechanization methods towards precision agriculture in Indonesia. *Sustainability*, 15(12), 1–21. <https://doi.org/10.3390/su15129592>
- Kongtawelert, A., Buchholz, B., Sujitrarath, D., Laohaudomchok, W., Kongtip, P., & Woskie, S. (2022). Prevalence and factors associated with musculoskeletal disorders among Thai burley tobacco farmers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(11), 2–15. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116779>
- Maaß, O., & Kehlenbeck, H. (2024). Cost–benefit analysis of monitoring insect pests and aerial spraying of insecticides: The case of protecting pine forests against *Dendrolimus pini* in Brandenburg (Germany). *Forests*, 15(1), 1–22. <https://doi.org/10.3390/f15010104>
- Mottalib, M. A., Hossain, M. A., Hoque, M. A., Rahman, M. A., Khan, A. U., Mohammad, N., Mahmud, A. K. M. A., & Alam, M. M. (2024). Assessment of techno-economic feasibility of conservation agriculture planter for planting of soybean in south coastal

- region of Bangladesh. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(3), 203–218. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.21.3.0599>
- Pandey, K. R., Neupane, M. P., Joshi, Y. R., Paudel, A., & Khatri, S. (2023). Financial analysis of apple (*Malus domestica*) production in Darchula district of Nepal. *Cogent Food and Agriculture*, 9(2), 1–19. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2272490>
- Signorini, G., & Ivey, M. L. L. (2023). Comparative feasibility analysis of mechanized equipment for vineyard operations. *HortTechnology*, 33(2), 239–246. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH05147-22>
- Ullah, A., Shah, A. A., Bavorova, M., Kandel, G. P., & Kächele, H. (2023). Adoption of hand tractor technology in terrace farming: Evidence from the Hindu Kush Himalayan (HKH), Pakistan. *Heliyon*, 9(3), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14150>