



Analisis Perbandingan Kinerja Traktor Tangan dan Smart Traktor Sensor GPS Berdasarkan Studi Literatur Prisma di Pertanian Lahan Basah

Dellah Tian Saputri*, Amin Rejo, Rizky Tirta Adhiguna

Universitas Sriwijaya, Indonesia

Email: saputridella21@gmail.com*

Abstrak:

Kemajuan teknologi di bidang pertanian telah mendorong pengembangan smart traktor berbasis sensor Global Positioning System (GPS) untuk mengatasi keterbatasan traktor tangan konvensional, khususnya di lahan basah yang memiliki tantangan teknis tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan kinerja antara traktor tangan dan smart traktor sensor GPS melalui pendekatan Systematic Literature Review (SLR) menggunakan metode PRISMA. Dari 60 artikel yang dikaji, 15 publikasi memenuhi kriteria inklusi dan dianalisis secara mendalam. Hasil studi menunjukkan bahwa smart traktor memiliki keunggulan dalam hal akurasi navigasi, efisiensi jalur kerja, serta kemampuan dokumentasi data secara real-time, meskipun memerlukan investasi awal yang lebih tinggi. Sementara itu, traktor tangan tetap relevan untuk petani skala kecil karena biaya operasional dan perawatan yang rendah. Simpulan utama penelitian ini adalah smart traktor sensor GPS secara signifikan lebih unggul dari sisi efisiensi kerja dan presisi pada lahan basah, khususnya untuk pertanian skala menengah hingga besar, sementara traktor tangan masih menjadi pilihan yang layak untuk petani skala kecil dengan sumber daya terbatas. Evaluasi ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai efektivitas kedua teknologi dan implikasinya terhadap produktivitas pertanian lahan basah. Penelitian ini merekomendasikan perlunya pengembangan smart traktor yang lebih adaptif, ekonomis, dan sesuai dengan kondisi lokal petani di Indonesia.

Kata kunci: Traktor tangan; Smart traktor; Sensor GPS; Lahan basah; PRISMA; Pertanian presisi

Abstract:

Technological advancements in agriculture have driven the development of Global Positioning System (GPS)-sensor-based smart tractors to overcome the limitations of conventional hand tractors, especially in wetland areas with challenging field conditions. This study aims to analyze the performance comparison between hand tractors and GPS-sensor smart tractors using the Systematic Literature Review (SLR) approach based on the PRISMA method. From 60 reviewed articles, 15 met the inclusion criteria and were thoroughly analyzed. The results indicate that smart tractors excel in navigation accuracy, work path efficiency, and real-time data documentation, although they require higher initial investment. Conversely, hand tractors remain relevant for small-scale farmers due to their lower operational and maintenance costs. The main conclusion of this study is that GPS-sensor smart tractors are significantly superior in terms of work efficiency and precision in wetlands, especially for medium to large-scale farming, while hand tractors remain a viable choice for small-scale farmers with limited resources. This evaluation provides a comprehensive overview of the effectiveness of both technologies and their implications for wetland agricultural productivity. The study recommends further development of smart tractors that are more adaptive, cost-effective, and suitable for the local farming context in Indonesia.

Keywords: Hand tractor; Smart tractor; GPS sensor; Wetland; PRISMA; Precision agriculture

Corresponding: Dellah Tian Saputri

E-mail: saputridella21@gmail.com



PENDAHULUAN

Lahan rawa di Indonesia memiliki potensi yang besar sebagai sumber produksi pertanian, terutama untuk komoditas padi dan hortikultura. Namun, karakteristik lahan rawa yang memiliki kandungan air tinggi, daya dukung tanah rendah, serta kondisi permukaan yang tidak stabil yang sering kali menjadi tantangan teknis bagi pengolahan lahan. Dalam konteks ini, alat dan mesin pertanian (alsintan) berperan penting untuk meningkatkan efisiensi kerja di lahan

rawa (Prasetya & Anisia, 2021). Traktor tangan merupakan salah satu jenis alsintan yang paling banyak digunakan oleh petani di lahan rawa. mesin traktor ini digunakan untuk menggerakkan implemen berupa bajak untuk melakukan pekerjaan mengolah tanah ataupun mencangkul lahan luas dengan yang sebelumnya menggunakan tenaga manusia (Dewi et al., 2021; Intyas et al., 2022; Umar et al., 2017). Dengan adanya traktor maka pekerjaan tersebut dapat dilaksanakan dengan cepat dan efisien, juga dapat meringankan beban petani, sehingga petani dapat mengerjakan pekerjaan lainnya (Sulnawati et al., 2019). Meskipun demikian, penggunaan traktor tangan masih sangat bergantung pada keterampilan operator dan kondisi fisik pengguna, sehingga kinerjanya sangat bervariasi.

Kemajuan teknologi telah mendorong pengembangan smart traktor yang dilengkapi dengan sistem navigasi berbasis sensor Global Positioning System (GPS) (Anggreni, 2025; Rachmawati, 2020; Ulloh et al., 2024). Teknologi ini mampu memberikan navigasi semi-otonom yang membantu dalam pengaturan jalur bajak yang optimal, mengurangi overlapping, dan meningkatkan presisi kerja di lahan rawa (Sondakh et al., 2021). Penggunaan smart traktor GPS di lahan rawa diharapkan dapat meningkatkan efisiensi kerja, menghemat bahan bakar, dan mengurangi kelelahan para operator. Selain itu, navigasi otomatis dapat membantu menghasilkan pola olah tanah yang lebih rapi dan seragam, sehingga berpotensi meningkatkan produktivitas tanaman di lahan basah (Ullah et al., 2024). Meskipun smart traktor menjanjikan banyak keunggulan, penerapan smart traktor masih menghadapi tantangan, seperti biaya investasi yang tinggi, keterbatasan literasi digital, dan adaptasi teknologi di kalangan petani (Pratio et al., 2024).

Kinerja traktor tangan dan smart traktor GPS di lahan rawa perlu dianalisis secara mendalam untuk mengetahui sejauh mana kedua teknologi ini dapat berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas pertanian. Analisis yang komprehensif juga dapat membantu dalam menentukan teknologi yang sesuai dengan kondisi sosial-ekonomi petani (Ullah et al., 2024). Melalui metode PRISMA, dapat dilakukan identifikasi publikasi terkait kinerja traktor tangan dan smart traktor GPS di lahan rawa, baik dari segi kapasitas kerja, efisiensi bahan bakar, biaya operasional, maupun dampak sosial-ekonomi terhadap petani. Dengan demikian, analisis akan memiliki dasar data yang kuat dan representatif (Rizkiyah, 2025).

Kinerja traktor tangan pada lahan rawa biasanya diukur dari parameter seperti luas lahan yang dapat diolah per satuan waktu, konsumsi bahan bakar per hektar, tingkat slip roda, dan kebutuhan tenaga kerja (Karimah et al., 2020; Noor et al., 2019, 2024). Sementara itu, kinerja smart traktor GPS selain mencakup parameter-parameter tersebut juga ditambahkan aspek presisi navigasi dan otomatisasi (Sulaiman et al., 2023). Selain faktor teknis, perlu pula dianalisis aspek keberlanjutan dari masing-masing teknologi. Traktor tangan memiliki biaya perawatan yang relatif rendah namun menuntut tenaga fisik yang besar. Smart traktor GPS memerlukan investasi awal yang tinggi dan biaya perawatan yang lebih kompleks, tetapi dapat menghemat waktu dan tenaga kerja dalam jangka panjang (Purwantoro et al., 2019).

Dengan membandingkan kedua teknologi ini secara sistematis, diharapkan diperoleh gambaran menyeluruh mengenai efisiensi, biaya, dan kelayakan adopsi teknologi di lapangan. Hal ini penting sebagai bahan pertimbangan bagi petani, penyuluh pertanian, maupun pembuat kebijakan dalam menentukan arah mekanisasi pertanian lahan rawa ke depan (Tulungen, 2024). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan kinerja traktor tangan dan smart

traktor sensor GPS di pertanian lahan rawa melalui tinjauan literatur berbasis PRISMA. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi rujukan ilmiah dan rekomendasi praktis dalam pengembangan teknologi alsintan yang tepat guna bagi lahan rawa di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penulisan artikel ilmiah ini menggunakan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) untuk mengumpulkan data dari berbagai sumber terpercaya, termasuk jurnal internasional dan nasional yang membahas tentang traktor tangan dan smart traktor dengan sensor GPS yang terindeks Scopus dan SINTA. Kata kunci yang digunakan adalah "traktor tangan", "smart traktor", "sensor GPS", "lahan basah", "pertanian presisi" dan kombinasi kata yang relevan dengan judul penelitian.

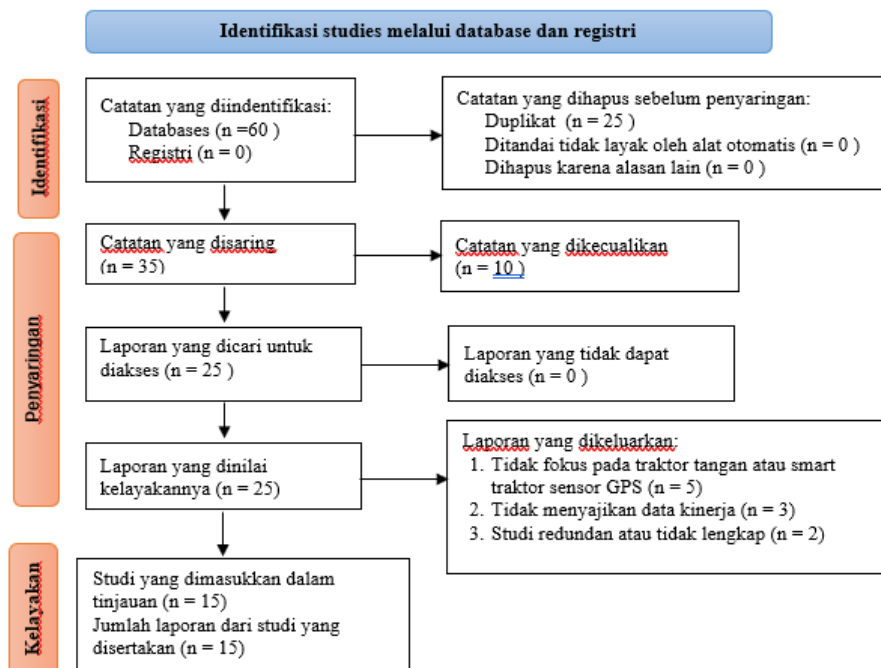
Pertanyaan Penelitian (Research Question)

Pada artikel ilmiah ini ada tiga pertanyaan penelitian yang dikembangkan dari tujuan penelitian :

- a. RQ1: Bagaimana perbandingan kinerja operasional traktor tangan dan smart traktor berbasis sensor GPS dalam pengolahan lahan basah?
- b. RQ2: Sejauh mana smart traktor GPS meningkatkan presisi dan hasil kerja di bandingkan traktor tangan?
- c. RQ3: Apa saja keunggulan dan keterbatasan teknis dari masing-masing jenis traktor berdasarkan studi literatur yang tersedia?

Strategi Pencarian

Artikel penelitian yang dicari bersumber dari kata kunci yang telah ditetapkan sebelumnya. Perpustakaan digital yang dipilih adalah dari Google Scholar, ScienceDirect, MDPI, atau SpringerLink. Pengumpulan sumber pustaka berasal dari 10 tahun terakhir. Hanya artikel jurnal yang berhubungan dengan traktor tangan, smart traktor sensor GPS dan lahan basah yang digunakan.



Gambar 1. Diagram alir PRISMA 2020

Sumber: Hasil analisis peneliti, 2025

Proses seleksi literatur dalam tinjauan ini mengikuti pedoman PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Tahapan yang dilakukan terdiri atas:

1. Identifikasi

Pencarian literatur dilakukan melalui sumber-sumber elektronik dengan kriteria relevansi terhadap topik penelitian. Tahap ini menghasilkan pengumpulan 60 dokumen akademik. Terdapat 25 dokumen akademik yang dihapus sebelum tahap penyaringan.

2. Penyaringan

Pada tahap penyaringan, dilakukan evaluasi judul dan abstrak yang mengakibatkan 35 publikasi dikeluarkan karena tiga alasan utama: (1) tidak menggunakan traktor tangan, (2) tidak menggunakan smart traktor sensor GPS, atau (3) tidak relevan dengan fokus penelitian. Hasil penyaringan menyisakan 25 dokumen akademik yang lolos ke tahap analisis lebih mendalam.

3. Kelayakan

Tahap akhir kelayakan melibatkan penilaian menyeluruh terhadap naskah lengkap dengan kriteria inklusi ketat. Dari 25 dokumen akademik, 10 dokumen dikeluarkan karena tidak fokus pada traktor tangan atau smart traktor sensor GPS ($n = 5$), tidak menyajikan data kinerja ($n=3$) dan studi redundan atau tidak lengkap ($n=2$). Hasil akhir menyisakan 10 publikasi yang memenuhi semua kriteria dan membentuk tiga pilar analisis: landasan konseptual, kerangka metodologis, dan dasar komparasi hasil eksperimen.

Analisis Data

Pada tahap ini semua data yang dikumpulkan akan dianalisis. Analisis data dalam Systematic Literature Review (SLR) bertujuan untuk mensintesis temuan dari studi-studi yang terkumpul secara sistematis dan kritis. Kesimpulan dari analisis ini akan menjawab semua pertanyaan penelitian yang telah ditentukan sebelumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari 60 artikel yang dipilih hasil akhir yang di dapat hanya ada 15 publikasi yang memenuhi semua kriteria inklusi yang telah ditentukan. Artikel-artikel yang terpilih diterbitkan antara tahun 2015 sampai 2025. Data yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Identifikasi 15 studi yang sesuai kriteria inklusi

No	Judul	Tahun	Penulis	Teknologi Utama	Metode	Temuan Utama
1	Sistem Pengaman Pada Smart Traktor Menggunakan Sensor GPS Berbasis IoT	2024	Ulloh et al.	Traktor Tangan, Sensor GPS, IoT	Eksperimen	Sistem pada Smart Tractor dengan GPS ini memiliki hasil yang signifikan dan akurat dengan nilai maksimal error yang kecil.
2	Desiminasi Perangkat Kendali Hand tractor Dengan Menggunakan Remote control dan Autonomous system Untuk Lahan Persawahan Di Desa Cipocok Jaya, Serang, Banten	2024	Aryanto et al.	Traktor Tangan, Remote Control, Autonom	Pengujian	Perangkat ini berhasil diimplementasikan dan disosialisasikan kepada masyarakat, yang secara signifikan memperkuat integrasi teknologi terkini dalam sektor pertanian.
3	Pengembangan Metoda Deteksi Rintangan untuk Traktor Tanpa Awak Menggunakan Kamera CCD	2015	Ahmad et al.	Traktor, GPS, kamera CCD	Perancangan	Rintangan yang berjarak lebih dari 3 m dari traktor belum dapat dideteksi dan belum efisien.
4	Pengembangan Algoritma Pengolahan Citra untuk Menghindari Rintangan pada Traktor Tanpa Awak	2018	Usman et al.	Traktor, GPS	Pengujian	Akurasi sensor meningkat dan traktor dapat terarah walaupun belum konsistensi.
5	Efisiensi Penggunaan Bahan Bakar Pada Traktor Roda Dua Terhadap Pengolahan Tanah	2017	Tri Handayani.	Traktor Tangan	Ekperimenal	Kecepatan traktor roda dua dengan kedalaman pembajakan tidak mempengaruhi kapasitas kerja aktual tetapi berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar.
6	Analisis Kelayakan Finansial Usaha Penyewaan Traktor	2020	Karimah et al.	Traktor Tangan	Survei Wawancara	kelayakan finansial menunjukan bahwa usaha penyewaan traktor roda dua memiliki keuntungan yang lebih besar

No	Judul	Tahun	Penulis	Teknologi Utama	Metode	Temuan Utama
	Tangan Dan Kerbau Untuk Aktivitas Pengolahan Tanah Sawah					
7	Analisis Kapasitas Kerja Dan Kebutuhan Bahan Bakar Traktor Tangan Berdasarkan Variasi Pola Pengolahan Tanah, Kedalaman Pembajakan Dan Kecepatan Kerja	2015	Zulias Mardinata& Zulkifli	Traktor Tangan	Evaluasi	Kecepatan dan kedalaman pembajakan berbanding lurus dengan konsumsi bahan bakar dan kapasitas kerja.
8	Model Simulasi Kebutuhan Traktor Tangan Untuk Pengolahan Tanah Padi Sawah	2015	Sigit Prabawa.	Traktor Tangan	Simulasi	Kebutuhan tractor tangan sangat dibutuhkan bagi petani dalam mengelola sawah
9	Analisis Kebisingan Dan Getaran Mekanis Pada Traktor Tangan	20216	Sigit Prabawa.	Traktor Tangan	Evaluasi	Tractor tangan memiliki suara yang bising, maka terdapat pembenaran dalam teknis traktor tangan
10	Analisis Penggunaan Alat Mesin Pertanian Berbasis Traktor Tangan pada Kegiatan Perawatan Budidaya Tebu	2018	Purwantoro et al.	Traktor Tangan	Eksperimen	Traktor Tangan mampu menggantikan tenaga kerja manual pada kegiatan perawatan.
11	Analisis Peran Jaringan Komunikasi Petani Dalam Adopsi Inovasi Traktor Tangan Di Kabupaten Cianjur, Jawa Barat	2015	Parlaungan Adil Rangkuti	Traktor Tangan	Survei	Tractor tangan yang sangat dibutuhkan para petani padi menjadikan permintaan adopsi menyeluruh
12	Simulasi Kontrol Penjejak Lintasan pada Traktor Roda Dua untuk Lintasan Multi Segmen	2020	Salim et al.	Traktor Tangan, IAE	Eksperimen	Simulasi multi segmen menunjukkan hasil trayectori tracking yang cukup baik yaitu tercapainya error keseluruhan yang cukup kecil.

No	Judul	Tahun	Penulis	Teknologi Utama	Metode	Temuan Utama
13	Analisis Produktivitas Usahatani Padi Sawah Dengan Menggunakan Traktor Tangan Dan Cara Konvensional Di Kabupaten Rejang Lebong	2017	Edi et al.	Traktor Tangan	Eksperimen	Sistem multi-sensor berhasil memantau parameter tanah dan cuaca secara real-time dan akurat
14	Analisis Teknis Dan Kajian Ergonomika Berdasarkan Antropometri Pada Penggunaan Traktor Tangan Untuk Lahan Sawah	2016	Sulnawati et al.	Traktor Tangan V2 TF 85 MLY	Survei	Penggunaan tractor tangan dapat berpengaruh pada fisik bagi lansia.
15	Analisis Kelayakan Usaha Pelayanan Jasa Traktor Tangan Di Kecamatan Weleri Kabupaten Kendal	2017	Wijayanto et al.	DHT, Cloud, Arduino	Survei	Jasa traktor tangan sangat menguntungkan dilihat pada wilayah yang mayoritas petani padi

Sumber: Hasil analisis peneliti, 2025

Secara umum, seluruh studi menunjukkan bahwa smart traktor tangan dengan sensor GPS merupakan platform yang efektif untuk memudahkan para petani dalam bekerja, dan dianalisis kebanyakan para petani merupakan lansia.

Karakteristik Traktor Tangan dan Smart Traktor Sensor GPS

Traktor yang digunakan dalam penelitian ini besar berfokus pada penggunaan kedua traktor tersebut. Pada Tabel 2 menunjukkan perbandingan karakteristik traktor tangan dan smart traktor sensor GPS

Tabel 2. Perbandingan Karakteristik Traktor Tangan dan Smart Traktor Sensor GPS

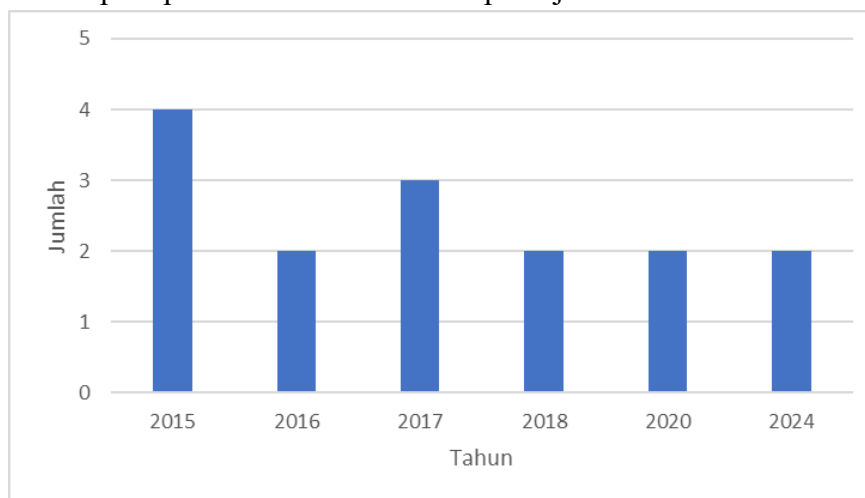
Karakteristik	Traktor Tangan Konvensional	Smart Traktor Tangan (dengan Sensor GPS)
Sistem Navigasi	Manual, dikendalikan langsung oleh operator	Semi-otomatis atau otomatis, dibantu sistem navigasi GPS
Akurasi Operasional	Tergantung keterampilan operator, variatif	Lebih presisi (1–3 m atau sentimeter jika menggunakan RTK GPS)
Efisiensi Jalur	Potensi tumpang tindih atau area terlewat	Jalur kerja optimal, terukur, dan terhindar dari tumpang tindih
Kemampuan Dokumentasi Lahan	Tidak tersedia	Dapat merekam dan menyimpan data posisi, area kerja, dan rute operasional

Ketergantungan pada Operator	Sangat tergantung pada keahlian dan kondisi fisik operator	Lebih rendah, operator hanya mengawasi atau mengarahkan secara minimal
Kompleksitas Teknologi	Sederhana, mudah diperbaiki	Lebih kompleks, memerlukan pelatihan dan pemeliharaan khusus
Kebutuhan Energi	Umumnya lebih rendah	Sedikit lebih tinggi karena konsumsi daya sensor dan sistem elektronik
Harga dan Investasi Awal	Lebih murah	Lebih mahal karena tambahan sistem GPS dan kontrol
Kemampuan Integrasi Data	Tidak tersedia	Dapat terhubung dengan sistem pertanian presisi atau aplikasi manajemen
Fleksibilitas dan Adaptasi Teknologi	Terbatas	Tinggi, dapat ditingkatkan dengan sistem otonom atau IoT pertanian lainnya

Sumber: Hasil sintesis peneliti berdasarkan studi literatur, 2025

Tahun Publikasi Artikel

Jumlah publikasi dari tahun ke tahun menunjukkan peningkatan yang tidak konsisten. Penggunaan traktor tangan ada minat yang meningkat terhadap otomatisasi dalam pertanian berbasis sensor di negara-negara berkembang. Penggunaan traktos menggunakan sensor GPS dapat memudahkan para petani dalam melakukan pekerjaan di lahan rawa.



Gambar 2. Diagram Tahun Publikasi

Sumber: Hasil analisis peneliti, 2025

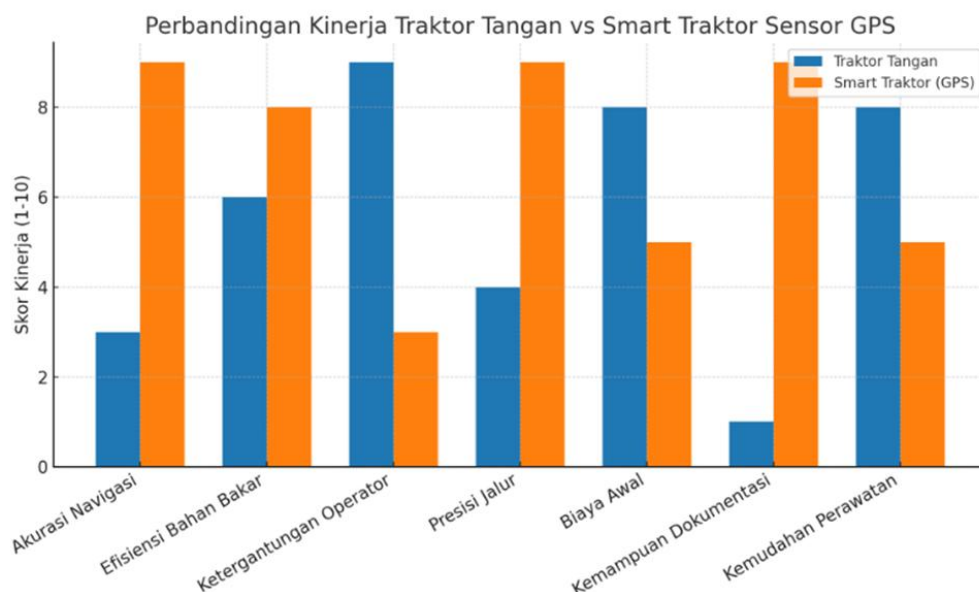
Evaluasi Kinerja Traktor Tangan dan Smart Traktor Sensor GPS

Evaluasi kinerja antara traktor tangan konvensional dan smart traktor yang dilengkapi dengan sensor GPS dalam pertanian lahan basah penting dilakukan untuk mengetahui efektivitas, efisiensi, serta potensi penerapan teknologi modern dalam kondisi lahan yang memiliki karakteristik becek, tergenang, dan memiliki daya dukung tanah yang rendah. Berdasarkan studi literatur yang dianalisis menggunakan metode PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), perbandingan dilakukan dari aspek teknis, operasional, dan ekonomi.

Traktor tangan konvensional menunjukkan keunggulan dalam aspek kemudahan perawatan dan biaya awal yang relatif rendah. Namun, kinerjanya sangat bergantung pada keterampilan operator dan memiliki keterbatasan dalam presisi pengolahan lahan. Di sisi lain, smart traktor yang dilengkapi dengan sensor GPS menunjukkan peningkatan signifikan dalam hal akurasi jalur, efisiensi penggunaan bahan bakar, serta waktu operasional yang lebih singkat akibat minimnya tumpang tindih kerja. GPS memungkinkan sistem navigasi semi-otomatis, sehingga traktor dapat diarahkan dengan lebih stabil dan efisien, terutama dalam kondisi lahan basah yang sulit dikendalikan secara manual.

Studi juga menunjukkan bahwa integrasi sensor GPS memungkinkan pencatatan data lapangan secara real-time, yang berpotensi besar dalam sistem pertanian presisi dan pengambilan keputusan berbasis data. Namun, tantangan utama dari smart traktor adalah kebutuhan akan investasi awal yang lebih tinggi, pelatihan operator, serta perawatan sistem elektronik yang lebih kompleks.

Secara keseluruhan, evaluasi menunjukkan bahwa pada lahan basah, smart traktor sensor GPS lebih unggul dari sisi efisiensi kerja dan presisi, terutama dalam skala menengah hingga besar. Sementara itu, traktor tangan konvensional masih relevan digunakan oleh petani skala kecil dengan sumber daya terbatas. Oleh karena itu, pemilihan jenis traktor perlu disesuaikan dengan kebutuhan, kapasitas petani, serta dukungan infrastruktur teknologi yang tersedia di wilayah pertanian tersebut.



Gambar 3. Perbandingan kinerja traktor tangan dan smart traktor sensor GPS

Sumber: Hasil analisis peneliti, 2025

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis studi literatur menggunakan pendekatan PRISMA, diperoleh gambaran yang komprehensif mengenai perbandingan kinerja traktor tangan dan smart traktor sensor GPS di lahan basah. Traktor tangan masih menjadi pilihan utama bagi petani kecil karena kemudahan perawatan, biaya awal yang rendah, serta adaptasi yang tinggi terhadap lingkungan lokal. Namun, performanya sangat bergantung pada keterampilan operator dan

menunjukkan keterbatasan dalam hal efisiensi jalur dan akurasi kerja. Sebaliknya, smart traktor sensor GPS menunjukkan keunggulan dalam presisi navigasi, efisiensi bahan bakar, dan dokumentasi data lapangan secara real-time. Teknologi ini sangat mendukung penerapan pertanian presisi, khususnya di lahan basah yang memiliki tantangan medan. Meskipun demikian, smart traktor menuntut biaya investasi awal yang lebih tinggi serta pelatihan khusus bagi operator dalam pengoperasiannya. Dengan demikian, pilihan penggunaan traktor sebaiknya disesuaikan dengan skala usaha tani, kondisi sosial ekonomi petani, serta dukungan infrastruktur teknologi di daerah. Smart traktor sangat ideal untuk pertanian skala menengah hingga besar, sementara traktor tangan tetap relevan untuk petani skala kecil.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, disarankan agar penelitian selanjutnya difokuskan pada pengembangan dan optimalisasi smart traktor berbasis sensor GPS yang lebih adaptif terhadap kondisi lahan basah di Indonesia. Penelitian lanjutan perlu mengevaluasi performa smart traktor secara langsung di lapangan melalui pendekatan eksperimental, termasuk pengujian presisi navigasi, konsumsi bahan bakar, serta dampaknya terhadap produktivitas pertanian dalam jangka panjang. Selain itu, aspek sosial-ekonomi seperti keterjangkauan biaya, kesiapan adopsi teknologi oleh petani, dan efektivitas pelatihan operator juga penting untuk dianalisis secara mendalam. Kolaborasi antara institusi penelitian, pengembang teknologi, dan pemangku kepentingan lokal diharapkan dapat menghasilkan inovasi smart traktor yang tidak hanya unggul secara teknis, tetapi juga layak secara praktis dan ekonomis untuk diterapkan oleh petani di berbagai wilayah lahan rawa. Dengan demikian, smart traktor dapat menjadi solusi teknologi yang berkelanjutan untuk mendukung modernisasi pertanian di lahan basah Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggreni, N. V. (2025). Implementasi pertanian presisi dalam meningkatkan efisiensi produksi. *Circle Archive*, 1(7).
- Aryanto, A., Mirda, I., Musyaffa, M. R., & Tirtayasa, B. N. F. (2024). Desiminasi perangkat kendali *hand tractor* dengan menggunakan *remote control* dan *autonomous system* untuk lahan persawahan di Desa Cipocok Jaya, Serang, Banten. *Jurnal Abdimas Teknologi Informasi dan Digitalisasi*, 1(2), 49–58.
- Dewi, I., Langai, B. F., & Supriyanto, B. U. (2021). Kapasitas kerja dan efisiensi *hand tractor* untuk pengolahan tanah di lahan rawa pasang surut tipe D dan lahan rawa lebak dangkal di Kalimantan Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 6(3).
- Handayani, T. (2017). Efisiensi penggunaan bahan bakar pada traktor roda dua terhadap pengolahan tanah. *Jurnal Ilmiah Hijau Cendekia*, 2(2), 83–86.
- Handayani, W. A., Tedjaningsih, T., & Rofatin, B. (2019). Peran kelompok tani dalam meningkatkan produktivitas usahatani padi. *Jurnal Agristan*, 1(2).
- Intyas, C. A., Putritamara, J. A., & Haryati, N. (2022). *Dinamika agrobisnis era VUCA: Volatility, uncertainty, complexity, ambiguity*. Universitas Brawijaya Press.
- Karimah, N., Sugandi, W. K., Thoriq, A., & Yusuf, A. (2020a). Analisis kelayakan finansial usaha penyewaan traktor tangan dan kerbau untuk aktivitas pengolahan tanah sawah. *Jurnal Agrotek Ummat*, 7(1), 1–5.
- Karimah, N., Sugandi, W. K., Thoriq, A., & Yusuf, A. (2020b). Analisis efisiensi kinerja pada aktivitas pengolahan tanah sawah secara manual dan mekanis. *Journal of Tropical Agricultural Engineering and Biosystems*, 8(1), 1–13.

- Mardinata, Z., & Zulkifli, Z. (2014). Analisis kapasitas kerja dan kebutuhan bahan bakar traktor tangan berdasarkan variasi pola pengolahan tanah, kedalaman pembajakan, dan kecepatan kerja. *Agritech*, 34(3), 354–358.
- Noor, M., Cahyana, D., & Sarwani, M. (2024). *Trivia rawa: Serba-serbi instrumen pertanian dan perikanan rawa*. UGM Press.
- Noor, M., Sutrisno, N., & Sosiawan, H. (2019). Manajemen air di lahan rawa berbasis mini-polder dalam mendukung pengembangan pertanian modern. *Dan Produksi Mendukung Pertanian Modern*, 235.
- Prasetya, D. B., & Anisia, H. (2021). Analisis kesesuaian lahan kawasan lahan basah (*wetland*) untuk perencanaan tata guna lahan berkelanjutan di Kabupaten Tulang Bawang. *Journal of Science and Applicative Technology*, 5(1), 58–67.
- Purwantoro, D., Dianpratiwi, T., & Markumningsih, S. (2018). Analisis penggunaan alat mesin pertanian berbasis traktor tangan pada kegiatan perawatan budidaya tebu. *Agritech*, 38(3), 313–319.
- Rachmawati, R. R. (2020). *Smart farming* 4.0 untuk mewujudkan pertanian Indonesia maju, mandiri, dan modern. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 38(2), 137–154.
- Salim, T. I., Putri, Y. S., & Widyotriatmo, A. (2014). Simulasi kontrol penjejak lintasan pada traktor roda dua untuk lintasan multi segmen. *Jurnal Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, 12(1), 35–43.
- Sulnawati, E., Abdullah, S. H., & Priyati, A. (2016). Analisis teknis dan kajian ergonomika berdasarkan antropometri pada penggunaan traktor tangan untuk lahan sawah. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem*, 4(2), 239–247.
- Tulungen, F. R. (2024). Teknologi pertanian presisi untuk meningkatkan efisiensi produksi padi di Indonesia. *Jurnal Cahaya Mandalika*, 5(2), 720–727.
- Ulloh, A., Affandi, A., Rohmah, N., Faisal, A. L. F., & Firmansah, A. C. (2024). Sistem pengaman pada *smart tractor* menggunakan sensor GPS berbasis IoT. *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri*, 11(1), 125–137.
- Umar, S., Alihamsyah, T., Suprpto, A., & Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2017). *Dampak penggunaan alsintan terhadap pengelolaan lahan dan sosial ekonomi petani di lahan pasang surut*. PT RajaGrafindo Persada.
- Wijayanto, C., Sasongko, L. A., & Nurjayanti, E. D. (2017). Analisis kelayakan usaha pelayanan jasa traktor tangan di Kecamatan Weleri Kabupaten Kendal. *Mediagro: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 13(2).