

Penerapan Produk Teknologi Traktor Tangan Bertenaga Listrik Untuk Petani

Alief Wikarta¹, Is Bunyamin Suryo², M Khoirul Effendi³

Kata Kunci:

Traktor Tangan;
Tenaga Listrik;
Lahan Pertanian;
Desa Wanar.

Keywords :

Hand Tractor;
Electric Power;
Agricultural Land;
Wanar Village.

Correspondensi Author

Teknik Mesin, Institut Teknologi
Sepuluh Nopember
Kampus ITS, Keputih, Sukolilo,
Surabaya 60111
Email: wikarta@me.its.ac.id

History Article

Received: 01-11-2022;
Reviewed: 28-12-2022;
Revised: 21-02-2023
Accepted: 24-04-2023
Published: 27-04-2023

Abstrak. Tujuan dari artikel ini adalah untuk menerapkan teknologi traktor tangan bertenaga listrik yang dapat membantu meningkatkan efisiensi dan produktivitas pada pengelolaan lahan pertanian. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan fabrikasi komponen mekanik dan elektrik dari traktor tangan bertenaga listrik. Fabrikasi tersebut meliputi pembuatan komponen mekanis seperti frame, cage wheel, under cover, battery and controller cover, motor mount, dan leveler, serta pembuatan komponen electric power train seperti electric motor, controller, battery pack, dan sprocket serta chain. Pembuatan traktor tangan bertenaga listrik dilakukan di workshop mobil listrik Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), kemudian produk diuji coba di lahan pertanian yang ada di desa Wanar, Lamongan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa traktor tangan bertenaga listrik ini memiliki performa yang baik dan mampu menghemat biaya pengelolaan lahan pertanian dengan signifikan. Dengan menggunakan teknologi ini, petani dapat mengurangi biaya operasional seperti penggunaan bahan bakar, perawatan mesin, dan penggantian suku cadang. Oleh karena itu, disarankan untuk terus melakukan pengembangan dan penelitian lebih lanjut dalam penggunaan traktor tangan bertenaga listrik sebagai alternatif pengelolaan lahan pertanian yang efisien dan ramah lingkungan.

Abstract. This article aims to apply electric hand tractor technology that can help increase efficiency and productivity in agricultural land management. The method is fabricating mechanical and electrical components from electric hand tractors. The fabrication includes manufacturing mechanical components such as frames, cage wheels, under covers, battery and controller covers, motor mounts, and levelers, and electric power train components such as electric motors, controllers, battery packs, and sprockets and chains. First, hand-powered electric tractors were manufactured at the Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) electric car workshop. Then the product was tested on agricultural land in Wanar Village, Lamongan. The test results show that this electric-powered hand tractor performs well and can significantly save farmland management costs. Furthermore, by using this technology, farmers can reduce operational costs such as fuel use, machine maintenance, and replacement of spare parts. Therefore, it is

advisable to continue further development and research in using electric hand tractors as an alternative to efficient and environmentally friendly agricultural land management.



*This work is licensed under a Creative Commons Attribution
4.0 International License*



PENDAHULUAN

Untuk mengatasi kondisi perekonomian sebagai dampak pandemi Corona Virus Disease (Covid-19), diperlukan penghematan pada setiap bidang, diantaranya biaya untuk pengelolaan lahan pertanian. Upaya kreatif dan inovatif dalam penghematan biaya pengelolaan lahan pertanian, dalam jangka panjang dapat memperkuat ketahanan pangan selama pandemi Covid-19 sehingga dapat membantu perekonomian petani. Di desa Wanar, Kecamatan Pucuk, Kabupaten Lamongan ada dua kelompok masyarakat yang aktif, yaitu kelompok tani Surya Mandiri (Koptan SM) dan Pemuda Muhammadiyah Ranting Wanar (PMRW).

Koptan SM merupakan perkumpulan para petani di Desa Wanar, yang menjadi wadah untuk menyelesaikan masalah-masalah pertanian di Desa Wanar. Koptan SM didirikan pada bulan Desember 2018 dan memperoleh status berbadan hukum dari Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia pada bulan April 2019. Sementara itu, organisasi Pemuda Muhammadiyah Ranting Wanar (PWRM) merupakan organisasi sosial kepemudaan di Desa Wanar, yang bertujuan untuk memwadahi kegiatan kepemudaan, misalnya bakti sosial, olahraga, kewirausahaan dan lainnya. PMRW berdiri sejak tahun 1980-an dan secara berkelanjutan tetap eksis hingga sekarang di tengah-tengah masyarakat dalam memberikan kontribusinya kepada Desa Wanar, Kecamatan Pucuk, Kabupaten Lamongan.

Permasalahan utama yang dihadapi oleh kelompok tani Surya Mandiri dan Pemuda di desa Wanar dalam mengolah lahan pertanian adalah biaya operasional bahan bakar yang relatif mahal. Sementara itu, pertanian merupakan mata pencarian

utama masyarakat di Desa Wanar. Hal ini terlihat dari 80% masyarakatnya adalah petani dengan luas lahan pertanian produktif yang diolah sebesar 200 hektar.

Selain itu, kendaraan berbahan bakar minyak telah mendatangkan permasalahan kesehatan dan polusi udara yang sangat serius. Untuk peralatan pertanian, usaha perubahan dari Bahan Bakar Minyak (BBM) menjadi tenaga listrik bertujuan untuk penghematan. Sebuah artikel telah melakukan review tentang traktor elektrik dan elektrifikasi pada peralatan pertanian (Moreda et al., 2016). Sementara peneliti lain dalam artikelnya membahas tantangan dan kesempatan penerapan traktor elektrik (Malik & Kohli, 2020). Bahkan juga sudah ada penerapan traktor tangan otonom di beberapa negara (Kim et al., 2018; Bautista et al., 2018; Sunusi et al., 2020; Lei & Zheng, 2022).

Penelitian lain tentang traktor tangan ada yang fokus pada aspek ergonomi (Feyzi et al., 2019; Mahachai et al., 2018). Ada juga yang membahas tentang sumber energi dari solar panel (Mousazadeh et al., 2010; Vaidya, 2018; Vogt et al., 2018). Sementara itu, penelitian traktor di Indonesia sudah mengarah ke arah konversi dari BBM menjadi Bahan Bakar Gas (BBG) yang dilakukan oleh beberapa Perguruan Tinggi dan Pertamina (Halloriau, n.d.; media indonesia, 2019; Pertamina, n.d.). Studi tentang sistem monitoring tegangan pada prototipe traktor listrik juga sudah dilakukan (Utomo, 2018). Demikian pula dengan pengendalian menggunakan smartphone berbasis Android (Aryansah et al., 2020). Ini menunjukkan telah banyak penelitian untuk meningkatkan performa dan penghematan pada traktor, salah satunya berupa diversifikasi energi.

Tujuan dari artikel kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah sebagai berikut. Pertama, menyampaikan pembuatan

teknologi tepat guna berupa traktor tangan bertenaga listrik sesuai dengan kondisi lahan pertanian di desa Wanar, Lamongan. Kedua, memberikan gambaran tentang pelatihan serta pengujian dari penggunaan dan perawatan traktor tangan bertenaga listrik bagi petani di desa Wanar, Lamongan.

METODE

Dalam rangka meningkatkan produktifitas petani di Desa Wanar, Kecamatan Pucuk, Kabupaten Lamongan, kegiatan pengabdian masyarakat ini melibatkan dua mitra, yakni kelompok tani Surya Mandiri (Koptan SM) dan Pemuda Muhammadiyah Ranting Wanar (PMRW). Selama ini, Koptan SM memberikan pelatihan dan pendampingan kepada para petani dalam penggunaan teknologi pertanian yang lebih efisien, seperti penggunaan pupuk organik, pengelolaan irigasi, dan penggunaan benih unggul. Sementara itu, PMRW memberikan dukungan dalam bentuk pelatihan dan pendampingan dalam pengembangan usaha kecil dan menengah (UKM) di desa, seperti pembuatan kerajinan tangan dan kuliner. PMRW juga membantu para petani dalam meningkatkan keterampilan olahraga dan kewirausahaan untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat Desa Wanar. Dalam kemitraan ini, melibatkan sekitar 10 orang dari masing-masing mitra. Koptan SM dan PMRW saling mendukung dan berkolaborasi dalam mengembangkan kegiatan yang memberikan manfaat bagi masyarakat Desa Wanar. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan memperkuat solidaritas sosial antara petani dan pemuda di desa tersebut.

Metode dan tahapan pelaksanaan penerapan Teknologi Tepat Guna (TTG) ditunjukkan lewat flowchart pada Gambar 1. Tahapan pelaksanaan kegiatan pembuatan traktor tangan bertenaga listrik diawali dengan mendapatkan data awal berupa blue print traktor tangan bertenaga listrik sebagai acuan dalam pembuatan. Setelah itu, dilakukan survey dan diskusi dengan kelompok tani di Desa Wanar untuk memastikan kebutuhan teknis dari lahan pertanian serta kebutuhan pengguna yang diinginkan. Proses ini sangat penting untuk memastikan traktor tangan bertenaga listrik

yang dibuat dapat memenuhi kebutuhan pengguna dan cocok digunakan di lahan pertanian yang ada di Desa Wanar.

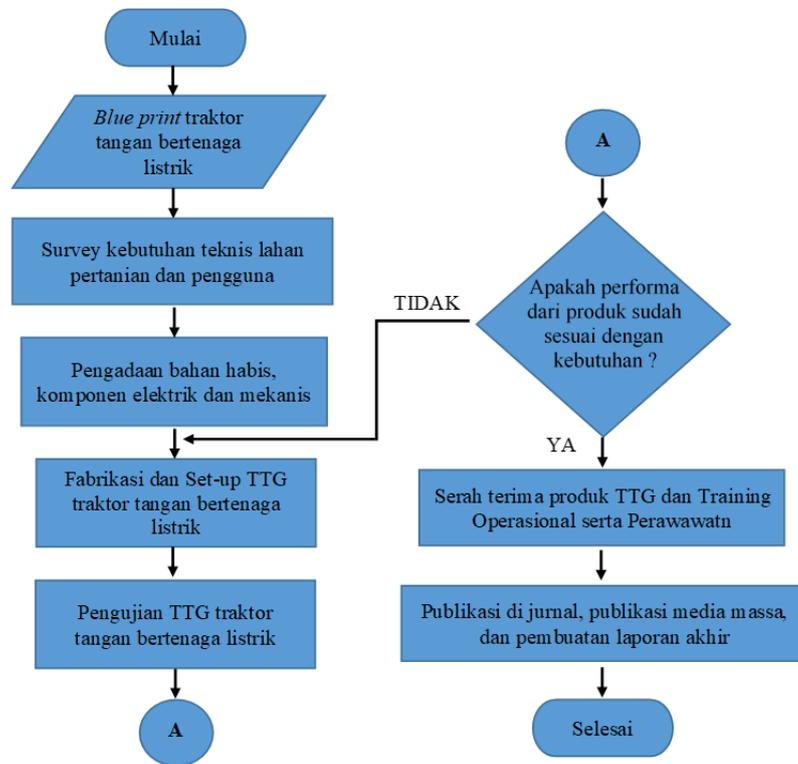
Setelah mengetahui kebutuhan dari user, selanjutnya adalah proses pengadaan bahan habis dan komponen elektrik dan mekanis yang dibutuhkan untuk traktor tangan bertenaga listrik. Setelah bahan habis dan komponen elektrik dan mekanis terkumpul, langkah berikutnya adalah fabrikasi dari traktor tangan bertenaga listrik, seperti pembuatan frame, cage wheel, under cover, battery and controller cover, motor mount, leveler, electric motor, controller, battery pack, sprocket, chain, wiring, dan throttle. Kegiatan fabrikasi dilakukan di workshop mobil listrik yang dimiliki oleh ITS untuk memudahkan kebutuhan peralatan kerja seperti gerinda, bor, mesin potong, mesin bubut, cnc, maupun las. Dalam proses fabrikasi, akan melibatkan teknisi dan mahasiswa di ITS yang biasa terlibat dalam kegiatan litbang kendaraan listrik. Ini dilakukan agar produk TTG yang dihasilkan nanti dapat terwujud sesuai dengan jangka waktu yang ditetapkan dalam skema penerapan TTG.

Langkah selanjutnya adalah pengujian fungsi elektrik dan fungsi mekanik dari traktor tangan, yang dilakukan pada lahan di Kampus ITS. Dalam kegiatan ini, partisipasi dari mitra diperlukan untuk memberikan feedback guna penyempurnaan produk TTG sebelum diterapkan di lahan pertanian sesungguhnya. Apabila dalam pengujian ditemukan fungsi dan performa yang kurang maksimal, maka akan dilakukan set-up ulang pada motor listrik dan controller, hingga didapatkan performa yang sesuai.

Setelah fabrikasi dan uji fungsi selesai, dilakukan uji coba produk di lahan pertanian yang ada di Desa Wanar. Uji coba ini dilakukan untuk memastikan traktor tangan bertenaga listrik yang dibuat sudah sesuai dengan kebutuhan dan dapat digunakan dengan baik di lahan pertanian yang ada di Desa Wanar. Selanjutnya, dilakukan evaluasi terhadap traktor tangan bertenaga listrik yang dibuat berdasarkan hasil uji coba dan masukan dari kelompok tani di Desa Wanar. Dalam penerapan TTG tersebut, termasuk juga kegiatan pendampingan operasional traktor bertenaga listrik bagi anggota Koptan SM dan PMRW sebagai mitra. Apabila semua fungsi sudah bekerja dengan baik dan

tidak ada masalah, maka berikutnya adalah serah terima produk TTG. Dalam kegiatan serah terima produk TTG, juga akan dilakukan pemberian pelatihan mengenai

Standard Operating Procedure (SOP) pemakaian dan maintenance.



Gambar 1. Flowchart metode pelaksanaan penerapan traktor tangan bertenaga listrik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 2 menunjukkan hasil produk TTG berupa traktor tangan bertenaga listrik yang dapat digunakan oleh petani di Desa Wanar untuk mengolah lahan pertanian. Bentuk dan cara penggunaan dari produk ini mirip dengan traktor tangan yang umumnya digunakan oleh petani. Perbedaannya adalah pada sumber tenaga yang digunakan. Jika traktor tangan umumnya memakai solar sebagai bahan bakar, maka pada traktor tangan bertenaga listrik menggunakan baterai tipe lithium ion sebagai sumber tenaga. Tabel 1 menunjukkan beberapa perbandingan antara produk pengabdian masyarakat ini dengan traktor tangan biasanya.

Perbandingan pertama, dari segi sumber tenaga, traktor tangan bertenaga listrik menggunakan baterai sebagai sumber tenaga, sehingga tidak memerlukan bahan

bakar fosil seperti diesel yang merupakan sumber tenaga pada traktor tangan mesin diesel (Nwakaire et al., 2018). Hal ini berdampak pada penghematan biaya yang cukup signifikan, serta lebih ramah lingkungan karena tidak menimbulkan emisi karbon yang tinggi. Tenaga listrik berasal dari baterai lithium-ion yang dapat dilepas pasang dengan mudah (Nizam et al., 2016). Baterai yang digunakan sama dengan baterai yang dipakai di sepeda motor listrik Gesits. Dimana untuk proses pengisian daya dari baterai dapat menggunakan charger dan colokan listrik yang biasa dipakai oleh pengguna Gesits.

Kedua, dari segi penggerak, traktor tangan bertenaga listrik menggunakan motor listrik sebagai penggerak. Dibandingkan dengan traktor tangan mesin diesel yang menggunakan mesin pembakaran internal, motor listrik pada traktor tangan bertenaga

listrik memiliki kelebihan dalam hal kinerja dan efisiensi. Motor listrik mampu menghasilkan torsi dan daya yang lebih besar, namun lebih hemat energi dan tidak memerlukan bahan bakar yang mahal.

Cara kerja dari produk adalah dengan mengalirkan tenaga listrik dari baterai ke motor listrik yang dihubungkan lewat transmisi rantai ke roda traktor (Romero Schmidt & Auat Cheein, 2019). Penggunaan transmisi rantai bertujuan untuk meningkatkan torsi sehingga sesuai dengan kebutuhan pengolahan lahan pertanian. Penggunaan transmisi rantai juga dapat menurunkan putaran motor listrik sehingga lebih dapat dikendalikan oleh petani saat produk difungsikan

Ketiga, dari segi fungsi, traktor tangan bertenaga listrik mampu melakukan berbagai fungsi seperti traktor tangan mesin diesel, yaitu mengolah lahan pertanian seperti membajak, menanam, memupuk, dan lain-lain. Namun, traktor tangan bertenaga listrik memiliki kelebihan dalam hal perawatan dan pemeliharaan yang lebih mudah, serta lebih sedikit menghasilkan suara bising dan getaran saat digunakan. Oleh karena itu, penggunaan traktor tangan bertenaga listrik dapat memberikan dampak yang positif bagi keberlanjutan lingkungan serta kesejahteraan petani dalam mengelola lahan pertanian.

Kegiatan pelatihan serta pengujian dari penggunaan dan perawatan traktor tangan bertenaga listrik telah dilaksanakan selama dua hari di Desa Wanar, Lamongan. Gambar 3 menunjukkan suasana saat pelatihan yang menjelaskan tentang bagaimana mekanisme kerja dari produk TTG yang menggunakan baterai lithium-ion sebagai sumber energi. Fokus pelatihan lebih banyak tentang baterai lithium-ion yang memiliki karakteristik berbeda dibandingkan baterai umumnya yang biasa dipakai di kendaraan. Pentingnya memperhatikan aspek keselamatan saat melepas pasanga maupun memindahkan baterai juga menjadi topik pelatihan yang disampaikan ke para petani.

Selain traktor tangan, peralatan lain yang menjadi contoh dalam kegiatan edukasi ini adalah sepeda motor listrik Gesits. Dalam kesempatan tersebut, para petani dan pemuda desa Wanar juga dapat mencoba mengendarai sepeda motor listrik Gesits, guna merasakan bagaimana kendaraan listrik roda dua.



Gambar 2. Produk traktor tangan bertenaga listrik



Gambar 3. Edukasi teknologi bertenaga listrik

Keberhasilan dalam pengembangan traktor tangan bertenaga listrik ini sangat signifikan. Dalam pengujian yang dilakukan, traktor tangan bertenaga listrik ini menunjukkan kinerja yang baik, terutama dalam hal kecepatan, kekuatan, dan efisiensi bahan bakar listrik. Kelebihan dari traktor tangan bertenaga listrik dibandingkan dengan traktor tangan mesin diesel adalah sumber tenaga dan penggerak yang lebih ramah lingkungan, karena tidak menghasilkan emisi yang berbahaya dan bising (Gao & Xue, 2020).

Setelah beberapa petani dan pemuda di Desa Wanar menggunakan traktor tangan bertenaga listrik, mereka memberikan masukan dan komentar yang beragam. Hal terpenting yang mereka sampaikan adalah berat dari traktor yang terlalu besar sehingga membebani pengguna. Selain itu, mereka juga merasakan posisi pegangan traktor kurang

ergonomis, sehingga menyulitkan dalam melakukan maneuver. Kedua kekurangan tersebut menjadi masukan yang sangat

berharga bagi pembuat produk di ITS dalam melakukan pengembangan produk TTG berikutnya.

Tabel 1. Perbandingan antara traktor tangan mesin diesel dan tenaga listrik

Komponen	Traktor Tangan Mesin Diesel	Traktor Tangan Bertenaga Listrik
Sumber tenaga	Bahan Bakar Minyak (Solar)	Baterai lithium-ion
Penggerak	Mesin Diesel	Motor Listrik
Fungsi	Mengolah lahan pertanian	Mengolah lahan pertanian
Gambar Produk		

Di sisi lain, para petani juga memberikan apresiasi pada penggunaan energi listrik sebagai sumber tenaga dari traktor. Apalagi ketika mereka tahu, bahwa konsumsi listrik yang diperlukan oleh traktor listrik jauh lebih sedikit apabila dibandingkan dengan traktor bensin, karena hanya membutuhkan biaya listrik yang lebih murah daripada bahan bakar diesel. Kemudian penggunaan baterai lithium-ion yang mudah dilepas pasang juga memberikan keuntungan yang lain. Dimana ketika traktor listrik kehabisan energi, maka petani cukup menggantinya dengan baterai lain yang sudah diisi penuh (Purnamasari et al., 2022).

Perkiraan penghematan yang dapat diperoleh dengan penerapan traktor tangan bertenaga listrik dapat dijelaskan berikut ini. Petani di desa Wanar biasanya memakai traktor bertenaga solar untuk mengolah lahan pertanian. Dalam 8 jam kerja setiap hari, diperlukan 10 liter solar untuk membajak lahan pertanian seluas 20 x 650 m² (1,3 hektar). Harga solar rata-rata saat ini sebesar Rp. 9300 per liter. Ini berarti setiap hari petani di desa Wanar harus mengeluarkan biaya Rp. 93,000 untuk kebutuhan bahan bakar solar. Sementara itu, luas lahan pertanian di desa Wanar sekitar 200 hektar, sehingga untuk bahan bakar solar saja dibutuhkan biaya sejumlah Rp. 14,3 juta.

Penerapan TTG berupa traktor tangan bertenaga listrik dapat memberikan

penghematan biaya yang signifikan. Untuk mengolah luas lahan yang sama, traktor bertenaga listrik membutuhkan energi listrik sebesar 2,5 kali lebih banyak dari solar. Artinya jika dengan solar butuh 10 liter maka listrik membutuhkan 25 kWh. Namun, karena tarif listrik di Indonesia sebesar Rp 1500 / kWh, maka biaya total yang dikeluarkan untuk listrik hanya sebesar Rp 37,500 setiap hari. Apabila dibandingkan dengan biaya solar yang butuh Rp 93,000, berarti akan ada penghematan sebanyak 59,67%, atau sama dengan Rp 55,500 tiap hari. Jika perhitungan dilakukan untuk lahan seluas 200 hektar, maka penghematan yang bisa dilakukan adalah sebesar Rp. 8,5 juta. Nominal rupiah yang cukup besar bagi petani di desa Wanar, kecamatan Pucuk, kabupaten Lamongan

Dampak keberhasilan dari proyek ini sangat besar bagi masyarakat di desa Wanar. Dengan adanya traktor tangan bertenaga listrik, para petani di desa Wanar dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam mengelola lahan pertanian mereka. Selain itu, traktor tangan bertenaga listrik juga membantu mengurangi biaya operasional dan meningkatkan pendapatan petani di desa Wanar. Ketersediaan traktor tangan bertenaga listrik ini juga dapat mengurangi ketergantungan petani terhadap bahan bakar diesel yang mahal dan sulit didapatkan di desa.

Keberhasilan pengabdian masyarakat ini tidak berhenti pada pembuatan traktor tangan bertenaga listrik saja, tetapi juga memberikan dampak positif dalam hal pengembangan teknologi dan meningkatkan kemampuan petani dalam menghadapi tantangan modernisasi pertanian. Dengan penggunaan teknologi yang ramah lingkungan, diharapkan petani dapat lebih mudah menyesuaikan diri dengan perubahan kondisi lingkungan dan iklim yang semakin tidak terduga.

Untuk memastikan keberlanjutan pengabdian masyarakat ini, pihak-pihak terkait terus melakukan evaluasi dan pengembangan. Dalam jangka panjang, pengabdian masyarakat ini dapat menjadi model yang bisa diadopsi dan diterapkan di daerah-daerah lain, terutama di pedesaan yang seringkali kesulitan dalam mendapatkan akses teknologi modern dan pembangunan infrastruktur yang memadai. Selain itu, pengabdian masyarakat ini juga dapat memacu perkembangan teknologi dan berkontribusi dalam upaya mitigasi perubahan iklim dan peningkatan kesejahteraan masyarakat desa.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil kegiatan pengabdian masyarakat ini, dapat disimpulkan bahwa traktor tangan bertenaga listrik dapat menjadi alternatif yang efisien dan ramah lingkungan dalam pengelolaan lahan pertanian. Selain itu, dengan melibatkan kelompok tani dalam proses pengembangan teknologi, dapat meningkatkan partisipasi dan keterlibatan masyarakat dalam pengelolaan lahan pertanian. Dampak positif dari penggunaan traktor tangan bertenaga listrik dapat dirasakan oleh para petani di desa Wanar dan dapat diadopsi oleh masyarakat di daerah lain. Dengan biaya pengoperasian yang lebih murah dan sumber tenaga yang ramah lingkungan, diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam mengurangi biaya produksi pertanian dan meningkatkan produktivitas lahan pertanian. Untuk memperkuat keberhasilan dan keberlanjutan teknologi ini, perlu dilakukan upaya-upaya dalam pengembangan kerja sama dengan pihak terkait untuk memperluas jangkauan teknologi dan mendorong adopsi teknologi ini

di daerah lain.

DAFTAR RUJUKAN

- Aryansah, Y., Tunggal, T., & Haskari, F. A. (2020). *Pengendalian Kemudi Traktor Tangan (Hand Tractor) Dengan Menggunakan Smartphone Android Berbasis Jaringan Wireless Fidelity (Wifi)* [Undergraduate, Sriwijaya University]. https://doi.org/10/RAMA_41201_05021281621084_TURNITIN.pdf
- Bautista, A. J., Wane, S. O., Nario, F., Torres, J. L., & Danao, T. E. (2018). Development of an Autonomous Hand Tractor Platform for Philippine Agricultural Operations. *2018 18th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)*, 130–134.
- Feyzi, M., Navid, H., & Dianat, I. (2019). Ergonomically based design of tractor control tools. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 72, 298–307. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.06.007>
- Gao, H., & Xue, J. (2020). Modeling and economic assessment of electric transformation of agricultural tractors fueled with diesel. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 39, 100697. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100697>
- Halloriau. (n.d.). *Hand Traktor Berteknologi ECU dan Berbahan Bakar Gas Diuji Terap di Riau Science Techno Park*. halloriau.com. Retrieved 29 October 2020, from <https://www.halloriau.com/read-otonomi-107113-2018-11-01-hand-traktor-berteknologi-ecu-dan-berbahan-bakar-gas-diuji-terap-di-riau-science-techno-park.html>
- Kim, D. H., Choi, C. H., & Kim, Y. J. (2018). Analysis of driving performance evaluation for an unmanned tractor. *IFAC-PapersOnLine*, 51(17), 227–231.

- <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.149>
- Lei, G., & Zheng, Y. (2022). Research on Cooperative Trajectory Planning Algorithm Based on Tractor-Trailer Wheeled Robot. *IEEE Access*, 10, 64209–64221. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3062392>
- Mahachai, A., Bureerat, S., & Pholdee, N. (2018). Optimum design of a hand-tractor handlebar through metaheuristic algorithms. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 370(1), 012033. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/370/1/012033>
- Malik, A., & Kohli, S. (2020). Electric tractors: Survey of challenges and opportunities in India. *Materials Today: Proceedings*, 28, 2318–2324. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.585>
- media indonesia. (2019, December 19). *Menristek Serahkan Traktor Tangan Ramah Lingkungan ke Unwidha*. <https://mediaindonesia.com/read/detail/278713-menristek-serahkan-tractor-tangan-ramah-lingkungan-ke-unwidha>
- Moreda, G. P., Muñoz-García, M. A., & Barreiro, P. (2016). High voltage electrification of tractor and agricultural machinery – A review. *Energy Conversion and Management*, 115, 117–131. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.02.018>
- Mousazadeh, H., Keyhani, A., Javadi, A., Mobli, H., Abrinia, K., & Sharifi, A. (2010). Evaluation of alternative battery technologies for a solar assist plug-in hybrid electric tractor. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 15(8), 507–512. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2010.05.002>
- Nizam, Muh., Mujiyanto, A., & Triwaloyo, H. (2016). Comparative analysis well to wheel fuel economy and emission of conventional and alternative vehicle in Surakarta, Indonesia. *2016 2nd International Conference of Industrial, Mechanical, Electrical, and Chemical Engineering (ICIMECE)*, 171–174. <https://doi.org/10.1109/ICIMECE.2016.7910447>
- Nwakaire, J. N., Ezeagba, A. C., & Ogoegbulem, O. C. (2018). Refurbishment and evaluation of a two-wheeled tractor. *Nigerian Journal of Technology*, 37(4), Article 4. <https://doi.org/10.4314/njt.v37i4.42>
- Pertamina, P. T. (n.d.). *Pertamina Uji Terap Traktor Bertenaga Bright Gas Bagi Petani Sidrap*. www.pertamina.com. Retrieved 29 October 2020, from <https://www.pertamina.com/id/news-room/energia-news/pertamina-uji-terap-tractor-bertenaga-bright-gas-bagi-petani-sidrap>
- Purnamasari, B. D., Jamaluddin, T. A. A., Halidah, H., & Armansyah, F. (2022). Cost and benefit battery swapping business model for Indonesian electric two-wheeler. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1108(1), 012010. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1108/1/012010>
- Romero Schmidt, J., & Auat Cheein, F. (2019). Assessment of power consumption of electric machinery in agricultural tasks for enhancing the route planning problem. *Computers and Electronics in Agriculture*, 163, 104868. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104868>
- Sunusi, I. I., Zhou, J., Zhen Wang, Z., Sun, C., Eltayeb Ibrahim, I., Opiyo, S., Korohou, T., Ahmed Soomro, S., Alhaji Sale, N., & T.o., O. (2020). Intelligent tractors: Review of online traction

- control process. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170, 105176. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.105176>
- Utomo, J. S. (2018). *Sistem Monitoring Tegangan Dan Arus Solar Cell Berbasis IOT Pada Prototype Traktor Listrik* [S1, Universitas Mercu Buana Jakarta]. <https://repository.mercubuana.ac.id/40911/>
- Vaidya, A. (2018). *A Study of Solar Electric Tractor for Small Scale Farming*. <https://doi.org/10.21275/ART20196356>
- Vogt, H. H., Albiero, D., & Schmuelling, B. (2018). Electric tractor propelled by renewable energy for small-scale family farming. *2018 Thirteenth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER)*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/EVER.2018.8362344>