

## Desain Roda Bersirip Standar dan Bersirip Buka Tutup untuk Pengujian di Lahan Sawah

Herdi Susanto\*<sup>1</sup>, Farid Jayadi<sup>2</sup>, Syahrul Fathi<sup>3</sup>, Mahmuddin Marbun<sup>4</sup>,  
Al Munawir<sup>5</sup>, Syaiful Hasdi<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar, Indonesia

<sup>6</sup>Teknisi Laboratorium Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar, Indonesia

\*e-mail : herdisusanto@utu.ac.id

### Abstrak

Teknologi penggerak roda bersirip banyak digunakan untuk kondisi lahan sawah basah, untuk kondisi lahan sawah gambut kondisi saat ini belum dikembangkan dan masih menggunakan alat bantu pertanian tradisional seperti cangkul dan sabit, sedangkan roda penggerak bersirip lahan sawah basah belum mampu bekerja dengan maksimal pada lahan sawah gambut. Model roda penggerak dan pengujian di lahan sawah gambut dilakukan pada penelitian ini. Desain dan manufaktur dilakukan dengan merujuk pada literatur penelitian sebelumnya. Penelitian awal ini, dilakukan dilahan sawah basah terhadap roda penggerak bersirip buka tutup dan roda bersirip standar, dengan tujuan untuk mengukur tingkat perbandingan kinerja kedua model roda tersebut. Kinerja roda yang diukur adalah sinkage dan kecepatan putar roda. Penelitian menghasilkan dua model roda penggerak, yaitu tipe sirip standar diameter roda penggerak 35 cm dan jumlah sirip 8 buah dan tipe sirip buka tutup menghasilkan diameter roda penggerak 40 cm dengan 4 sirip membusur pada permukaan atas roda penggerak. Roda penggerak tipe sirip standar memiliki sinkage lebih kecil (berkisar 11%) dibandingkan dengan tipe roda bersirip buka tutup. Roda penggerak bersirip dengan tipe buka tutup memiliki tingkat kecepatan rata-rata yang lebih tinggi 27,7 % jika dibandingkan dengan tipe bersirip standar.

**Kata kunci** – roda penggerak, sirip standar, sirip buka tutup, sinkage, kecepatan roda

### Abstract

The finned drive wheel technology is widely used for wet rice fields. Currently, finned drive wheels for peat fields have not been developed and still use traditional agricultural tools such as hoes and sickles, while the finned drive wheels for wet rice fields are not yet able to work optimally on peat rice fields. The driving wheel model and testing in peat rice fields were carried out in this research. Design and manufacturing were carried out by referring to previous research literature. This initial research was carried out in wet rice fields on open-close finned drive wheels and standard finned wheels, with the aim of measuring the comparative level of performance of the two wheel models. The wheel performance measured is sinkage and wheel rotational speed. The research produced two models of driving wheels, namely the standard fin type with a driving wheel diameter of 35 cm and a number of 8 fins and the open-close fin type producing a driving wheel diameter of 40 cm with 4 arcuate fins on the top surface of the driving wheel. Standard fin type drive wheels have smaller sinkage (11% on average) compared to open-close fin type wheels. The finned drive wheel with the open-close type has an average speed level that is 27.7% higher when compared to the standard finned type.

**Keywords** – wheel drive, standard fins, open-close fins, sinkage, wheel speed

## 1. PENDAHULUAN

Lahan sawah yang dialih fungsikan akan terus meningkat tiap tahunnya, untukantisipasi hal tersebut direkomendasikan alternatif lahan rawa gambut untuk ditanami padi dengan kisaran ketebalan kurang dari 1 meter [1][2], hal ini sesuai dengan potensi Indonesia yang memiliki lahan gambut mencapai 21 juta Ha atau 10,8% dari luas daratan Indonesia [1][3].

Mendukung implementasi peraturan presiden nomor 59 tahun 2019, pengembangan teknologi sektor pertanian lahan sawah rawa gambut perlu dikembangkan [4][5][6], untuk membantu masyarakat petani yang selama ini masih menggunakan sabit untuk memanen padi dilahan sawah gambut [7][8][9]. Teknologi penggerak roda bersirip selama ini telah banyak digunakan untuk kondisi lahan sawah basah [10][11], sedangkan untuk kondisi lahan sawah gambut untuk kondisi saat ini belum dikembangkan dan masih menggunakan alat bantu pertanian tradisional seperti cangkul dan sabit, sedangkan roda penggerak bersirip belum mampu digunakan pada lahan sawah gambut [12][13][14]. Rumusan permasalahan yang akan diteliti adalah bagaimana bentuk model dan desain sebuah roda penggerak yang cocok diterapkan pada lahan sawah gambut.

Sebelum diterapkan desain roda buka tutup dilahan sawah gambut, maka pada penelitian ini dilakukan pengujian terlebih dahulu pada lahan sawah basah, untuk mengetahui perbandingan tingkat sinkage dan kecepatan putar roda terhadap roda standar.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Desain dan Konstruksi Roda Sirip Buka Tutup

Parameter desain roda yang direncanakan [15] di sesuai dengan hasil studi literatur karakteristik tanah lahan sawah, yang meliputi diameter rim roda, diameter dan jumlah jari-jari, jumlah dan ukuran sirip, spasi antar sirip dan flens roda. Analisis ukuran diameter rim perubah sudut sirip, ukuran diameter rim perubah sudut sirip didapatkan dari hasil simulasi pada gambar teknik roda dengan menggunakan perangkat lunak.

### 2.2. Manufaktur prototipe roda untuk lahan sawah gambut

Pembuatan prototipe roda ulir dan roda sirip buka tutup dilaksanakan di laboratorium proses produksi, dengan menggunakan perangkat mesin produksi, yaitu mesin bubut, mesin milling, mesin CNC, mesin las listrik[16].

### 2.3. Pengujian Sinkage Roda

Sinkage yang terjadi pada roda bersirip diukur dengan menggunakan instrument ukur yang terdiri dari sensor ultrasonic SR F04, Arduino uno. Sensor ultrasonik dipasang pada poros tambahan yang terhubung dengan poros roda, dengan menghadap ke tanah sejajar dengan gear-box. Sensor merekam jarak dari poros roda ke tanah. Selisih antara jari-jari roda terluar dengan jarak pusat roda ke permukaan tanah yang terendam direkam menjadi data sinkage roda [17][18][13].

### 2.4. Pengujian Kecepatan Putaran Roda

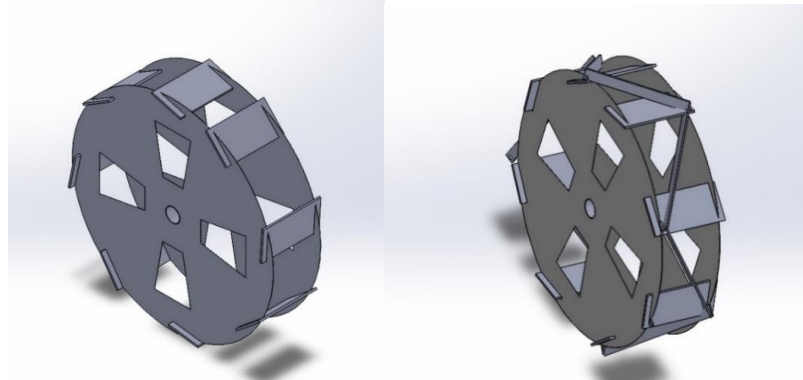
Perangkat alat ukur kecepatan putaran menggunakan speedometer dimana bagian sensor dari alat ukur tersebut ditempatkan pada roda, kemudian bagian perekam data kecepatan, jarak tempuh dan waktu ditempatkan dibagian rangka dari prototipe alat uji [13].

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Hasil Desain Roda Penggerak Bersirip

Hasil desain spesifikasi roda penggerak bersirip standar dengan diameter lingkaran 35 cm, panjang mata 14 cm, lebar mata 3,5 cm, sudut ketinggian sirip 30° [19] dan ketebalan 3 mm dengan jumlah sirip 8 per roda. Desain ini ditunjukkan pada Gambar 1.(a).

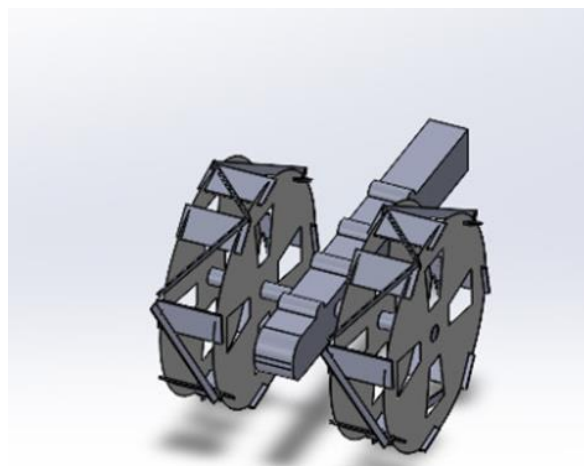
Kemudian untuk model kedua, yaitu roda penggerak bersirip buka tutup dengan penambahan sirip zigzag pada sirip roda standar yang berfungsi untuk meningkatkan laju kecepatan jalan roda, desain model kedua diperlihatkan pada Gambar 2.(b).



(a). Model roda penggerak standar (b). Model roda sirip buka tutup

Gambar 1. Model roda penggerak bersirip

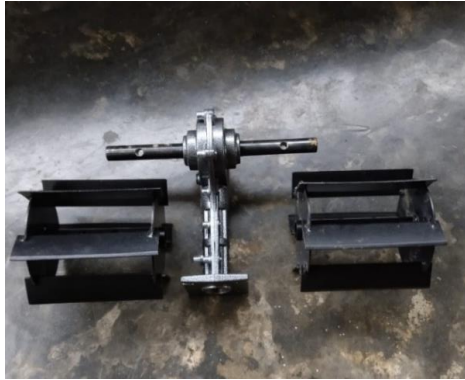
Gambar tiga dimensi setelah kedua roda tersebut dipasang pada gearbox, menggunakan ikatan baut pada kedua poros gear box kiri dan kanan, ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Roda penggerak bersirip terpasang pada gear box

### 3.2. Manufaktur Roda Penggerak Tipe Sirip Standar

Pada penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya[13], dimana bentuk roda bersirip standar yang digunakan pada penelitian sebelumnya di manufaktur ulang dikarenakan kurang sesuai dengan lahan sawah gambut. Gear box yang digunakan untuk menggerakkan kedua roda penggerak menggunakan gear box cultivator mini tiller bajak portable tipe TMT264B dengan dua roda besi yang dimodifikasi sesuai dengan gambar desain. Bentuk awal gearbox dan roda besi di tunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Gear box cultivator mini tiller bajak portable tipe TMT264B

### 3.2.1. Pembagian sudut sirip roda penggerak

Pembagian jumlah sirip dan sudut sirip pada roda dengan diameter 35 cm dengan sudut kemiringan  $30^{\circ}$  dengan jumlah sirip 8 buah, pembagian dan penentuan sudut dengan menggunakan rumus trigonometri yang di bagi menjadi 8 bagian hingga ditemukan sudut  $30^{\circ}$  dari sisi luar lingkaran roda, kemudian diberi tanda berupa garis dengan menggunakan spidol permanen pada permukaan plat roda tersebut. Seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. proses perhitungan sudut sirip pada diameter luar roda

### 3.2.2. Proses pembentukan roda bersirip

Bagian yang telah ditandai dengan garis kemudian di potong sesuai ukuran dengan mengikuti ukuran yang telah ditentukan sebelumnya, dengan menggunakan gerinda potong. Setelah dipotong kemudian sirip dipasang mengikuti alur potongan, kemudian dilanjutkan dengan pengelasan siriip pada bagian roda yang telah disiapkan tersebut. Seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemotongan alur sirip roda

Bentuk akhir dari produk yang telah diproduksi, setelah dilakukan finishing dengan memperhalus permukaan sirip dan roda serta dilakukan pemotongan pada bagian jari-jari roda ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Bentuk akhir dari roda bersirip

### 3.2.3. Pemasangan roda bersirip pada prototipe mesin

Selanjutnya dilakukan pemasangan roda bersirip pada rangka mesin uji coba yang telah dipersiapkan sebelumnya, pengaturan kesejajaran dan keseimbangan dudukan roda terhadap rangka serta dudukan terhadap loadcell diperhatikan dengan baik pada pekerjaan ini. Kondisi ini direpresentasikan pada Gambar 7.

---



Gambar 7. Roda bersirip yang sudah terpasang di rangka mesin

#### 3.2.4. Uji coba fungsional roda penggerak bersirip

Uji fungsional pada roda yang telah dipasang pada rangka mesin uji dilakukan di lahan tanah rata untuk mengecek bahwa roda sudah mampu bekerja dengan baik, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Uji coba roda bersirip di lahan tanah darat

#### 3.2.5 Pemasangan dan Instalasi Perangkat Arduino Uno

Kemudian dilanjutkan dengan pemasangan perangkat sensor alat ukur yang berfungsi untuk mengukur besaran beban yang akan diterima oleh roda bersirip dengan menggunakan load cell tipe S dan pengukuran kedalaman masuknya roda dalam tanah sawah dengan menggunakan sensor ultrasonik yang di hubungkan ke arduino uno dan perangkat komputer untuk merekam hasil pengukuran.

Setelah semua alat ukur sensor tersebut dipasang dan terhubung ke arduino uno dan komputer, selanjutnya dilakukan pembangunan program coding untuk membaca semua perangkat yang terhubung dengan menggunakan aplikasi Arduino ID yang di download open acces di website arduino langsung, pemograman dilakukan secara manual pada notebook, kemudian uji running program untuk memastikan program bekerja dengan baik. Kemudian dilanjutkan dengan menginstal aplikasi data streamer pada aplikasi excel, agar data dari arduino bisa direkam di notebook dalam bentuk tabel dan grafik. Proses ini ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Pemasangan notebook untuk pemrograman arduino uno

### 3.3. Pengujian Roda Bersirip di Lahan Sawah Roda Tipe Sirip Standar

Pengujian ini dilakukan pada lahan sawah basah, proses pengujian dengan jarak lintasan maksimum 50 meter dan roda penggerak bersirip diuji dengan tanpa pembebanan, proses pengujian ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. pengujian roda penggerak bersirip pada lahan sawah

### 3.4. Manufaktur Roda Penggerak Tipe Sirip Buka Tutup

Manufaktur roda penggerak tipe buka tutup dilakukan mengikuti model desain yang telah dibuat sebelumnya[16][20], seperti ditunjukkan pada Gambar 1(b). pembuatan roda tersebut menggunakan besi plat strip, dimana bagian sirip roda yang telah dibuat sebelumnya sesuai Gambar 1(a), bagian sirip tersebut di modifikasi dengan meletakkan besi plat strip tegak lurus terhadap sirip, dan besi strik tersebut pada posisi menyilang sirip roda serta berbentuk zigzag mengikuti lingkaran roda bersirip. Plat strip tersebut disambungkan pada bagian atas permukaan sirip dengan menggunakan sambungan las. Hasil manufaktur roda penggerak tipe sirip buka tutup seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Roda penggerak tipe buka tutup yang telah dimanufaktur

Sirip standar yang berada pada roda penggerak berfungsi untuk memberikan gaya traksi roda ketiga berjalan dilahan sawah, sedangkan sirip zig zag yang di sambungkan pada permukaan atas sirip standar ini berfungsi untuk memberikan daya dorong bagi roda penggerak ke depan, sirip zigzag ini berfungsi mendorong tanah sawah ke belakang istilahnya buka tanah, kemudian sirip standar yang berada dibawah nya akan menutup tanah, dalam artian sebelum tanah terlempar ke belakang roda, sudah terlebih dahulu di tekan kebawah oleh sirip standar ini.

### 3.5. Pengujian Roda Bersirip di Lahan Sawah Roda Tipe Sirip Buka Tutup

Sebelum dilakukan pengujian perangkat terlebih dahulu dikalibrasi, perangkat arduino uno, sensor ultrasonic dan load cell, proses pengaturan menggunakan unit notebook yang telah di coding program sebelumnya. Proses ini ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Pengaturan dan kalibrasi perangkat sensor pengukuran

Selanjutnya jika proses pengaturan dan kalibrasi perangkat Arduino uno telah selesai dilakukan, dilanjutkan dengan pengujian roda penggerak tipe buka tutup pada lahan sawah. Pengujian fungsional dilakukan terlebih dahulu pada lahan kering, seperti ditunjukkan pada Gambar 13 (a), kemudian dilanjutkan pengujian pada lahan sawah basah dan kering. Pada lahan sawah seperti ditunjukkan pada Gambar 13 (b).





(a) Tampak jejak roda pada tanah kering (b) Tampak jejak roda pada lahan sawah  
Gambar 13. Tampak jejak roda penggerak tipe buka tutup

Untuk lahan tanah kering jejak roda yang ditinggalkan di tanah terlihat garis-garis zigzag disisi kiri dan kanan roda, dimana jejak roda sirip standar tidak terlihat, ini menunjukkan hal yang baik dimana sirip zigzag ini saja yang berfungsi ketika roda berjalan di tanah kering, dalam artian gaya kecepatan gerak roda berkerja pada kondisi ini. Sedangkan sirip standar roda tidak bekerja, ini dapat dilihat tidak ada jejak sirip standar di tanah, dalam artian ini baik, karena jika sirip roda bekerja akan menyebabkan roda terangkat-angkat ketika berjalan karena ada gaya traksi roda. Roda berjalan dengan kecepatan yang baik di tanah kering jika dibandingkan dengan roda bersirip standar.

Setelah pengujian dilakukan pada lahan sawah, kondisi roda penggerak tipe buka tutup terlihat bahwa tanah lebih banyak bertumpuk dan tersangkut pada sisi sudut plat zigzag, dimana dibawahnya terdapat sirip standar, hal ini menjadi catatan untuk penelitian selanjutnya. Kondisi kedua roda penggerak setelah dilakukan pengujian seperti ditunjukkan pada Gambar 14.

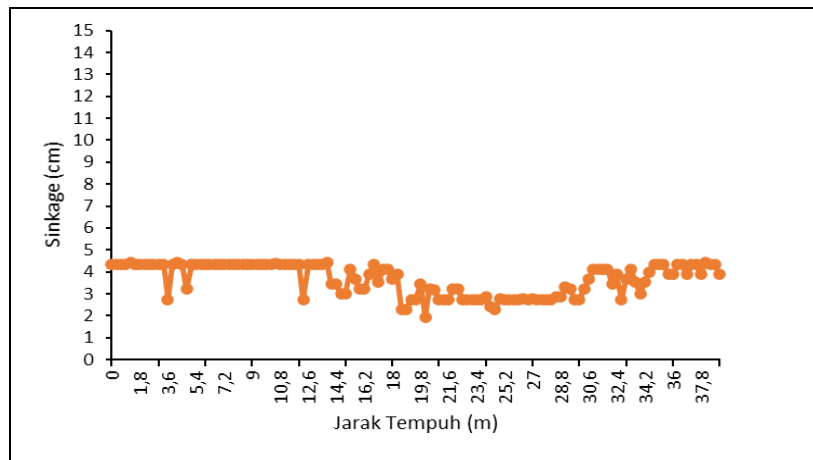


Gambar 14. Kondisi roda penggerak setelah dilakukan pengujian di lahan sawah.

### 3.6 Hasil Pengujian Roda Penggerak di Lahan Sawah

#### 3.6.1. Hasil Pengujian Roda Penggerak Sirip Standar

Roda penggerak sirip standar dengan sudut kemiringan sirip  $30^{\circ}$ , dilakukan pengujian dengan tanpa beban angkut. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 15.



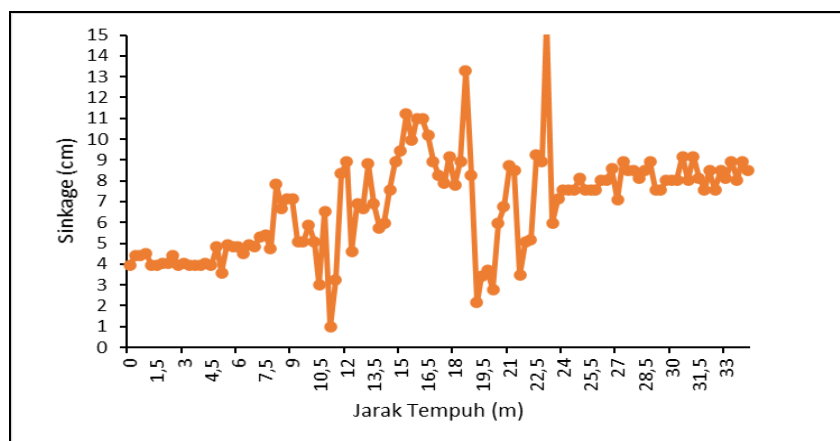
Gambar 15. Hasil pengujian roda penggerak bersirip standar tanpa beban

Gambar 15. menunjukkan bahwa dengan beban angkut 0 kg, maka tingkat sinkage atau ketenggelaman roda berkisar 3-5 cm dari permukaan tanah sawah.

### 3.6.2. Hasil Pengujian Roda Penggerak Sirip Buka Tutup

Pengujian roda penggerak sirip buka tutup pada lahan sawah, dilakukan dengan tahapan dan prosedur yang sama dengan pengujian pada roda penggerak sirip buka tutup, dimana roda sirip buka tutup merupakan roda sirip standar yang diatas permukaan sirip standar ditambahkan sirip vertikal yang menyilang pada sirip standar yang bertujuan meningkatkan kecepatan gerak roda penggerak, sedangkan sirip standar berfungsi meningkatkan traksi roda. Penggabungan dua sirip ini bertujuan menambah fungsi gerak roda menjadi dua fungsi yaitu daya angkat roda keatas dan daya dorong roda kedepan.

Hasil pengujian roda penggerak dengan sirip buka tutup untuk beban 0 kg atau tanpa beban, ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16. Hasil pengujian roda penggerak bersirip buka tutup pada beban 0 kg

Gambar 16. menunjukkan kondisi roda penggerak bersirip buka tutup tanpa pembebanan angkut, berfluktuasi cukup tinggi karena roda bersirip vertikal yang dipasang pada roda tidak berbentuk lingkaran penuh lagi, seperti pada sirip standar. Tingkat sinkage roda juga terjadi peningkatan tenggelamnya roda hingga mencapai 100%, sinkage roda sirip standar rata-rata 4 cm dan roda sirip buka tutup rata-rata 8 cm, dengan kondisi keduanya tanpa beban angkut. Jika dipertimbangkan bahwa sirip vertikal 3,5 cm, maka sinkage 8 cm dikurang 3,5 cm

sama dengan 4,5 cm, maka tingkat ketenggelaman 11% lebih dalam jika dibandingkan dengan roda sirip standar.

### 3.7.3. Hasil pengukuran kecepatan roda penggerak

Pengukuran kecepatan roda menggunakan SD-581 odometer speedometer, yang dipasangkan pada mesin uji, hasil pengujian untuk roda bersirip standar dan roda bersirip tipe buka tutup pada lokasi lahan sawah, ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian kecepatan roda penggerak tipe bersirip standar dan tipe buka tutup

No	Beban angkut (kg)	Kecepatan rata-rata (km/jam)		Peningkatan kecepatan (3) terhadap (4) (%)
		Roda bersirip standar	Roda bersirip buka tutup	
1	0	6,2	8,6	27,9

Kecepatan rata-rata roda penggerak bersirip untuk tipe buka tutup memiliki tingkat kecepatan rata-rata yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan tipe roda bersirip standar. Ini terlihat dari hasil pengujian pada Tabel 1, bahwa roda penggerak bersirip tipe buka tutup memiliki kemampuan gerak yang lebih cepat dengan peningkatan kecepatan mencapai 27,7 % jika dibandingkan dengan tipe roda penggerak bersirip standar.

## 4. KESIMPULAN

1. Hasil modifikasi serta desain ulang kebutuhan roda menghasilkan desain dengan diameter roda penggerak 35 cm dan jumlah sirip 8 buah untuk tipe sirip standar dan untuk tipe sirip buka tutup menghasilkan diameter roda penggerak 40 cm dengan 4 sirip membusur pada permukaan atas roda penggerak.
2. Tingkat sinkage roda penggerak tipe standar memiliki sinkage lebih kecil (berkisar 11%) dibandingkan dengan tipe roda bersirip buka tutup.
3. Hubungan kecepatan rata-rata dengan beban yang sama untuk kedua tipe roda, menjelaskan bahwa roda penggerak bersirip dengan tipe buka tutup memiliki tingkat kecepatan rata-rata yang lebih tinggi 27,7 % jika dibandingkan dengan tipe bersirip standar.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Wildayana, M. E. Armanto, M. S. Imanudin, and H. Junedi, "Characterizing and Analyzing Sonar System in South Sumatra Tidal Wetlands," *J. Wetl. Environ. Manag.*, vol. 5, no. 2, pp. 6–13, 2017.
- [2] A. Fahmuddin, A. Markus, and J. Ali, *Lahan gambut Indonesia: Pembentukan, karakteristik, dan potensi mendukung ketahanan pangan*. IAARD Press, 2016.
- [3] R. R. Rachmawati and H. Tarigan, "Inovasi Pertanian dan Pemberdayaan Masyarakat Petani di Lahan Gambut," 2020.
- [4] H. Susanto, "Rancang Bangun Mesin Panen Padi Mini Dua Lajur dengan Motor Penggerak Tenaga Surya," *Pros. Semnastek*, 2018.
- [5] H. Susanto and Z. Husin, "Laporan Akhir Penelitian Dosen Muda: Kajian Kebutuhan Daya Motor Penggerak Mesin Panen Padi Dua Lajur Bertenaga Matahari," Meulaboh, 2019.
- [6] H. Susanto, H. Daarsan, Mukhlizar, and N. FITRIADI, "Performa Panel Surya 2 X 50 WP pada Mesin Panen Padi Mini Dua Lajur," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 2, pp. 305–313, 2021.
- [7] Herdi Susanto, "Desain dan Manufaktur Teknologi Tepat Guna Pedesaan." Bandar Publishing, Banda Aceh, p. 227, 2018.
- [8] Swastika and D. K. Sandra, "Teknologi panen dan pascapanen padi: kendala adopsi dan kebijakan strategi pengembangan," 2012.
- [9] H. Susanto, Z. Husin, A. Sutrian, and N. Fitriadi, "Analisa Luaran Tegangan dan Arus

- 
- Listrik pada Rangkaian Panel Surya Mesin Panen Padi Mini,” *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 6, no. 1, pp. 77–84, 2020.
- [10] M. Idkham, T. Mandang, W. Hermawan, and G. Pramuhadi, “Design analysis of narrow lug wheel for wet paddy field,” *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 8, pp. 286–291, 2019.
- [11] T. Rizaldi, W. Hermawan, T. Mandang, and S. Pertiwi, “Determining Parameters of Lug Wheels Design by Measurement of Soil Penetration Resistance in Paddy Field,” 2015.
- [12] H. Susanto and J. Supardi, “Uji Kinerja Roda Penggerak Bersirip Mesin Panen Padi Dua Lajur.” Lembaga Penelitian, Pengabdian Kepada Masyarakat dan Penjaminan Mutu Pendidikan, Meulaboh, p. 65, 2022.
- [13] H. Susanto, J. Supardi, H. Darsan, and N. Fitriadi, “Testing Cage Wheels Driven on Peaty Paddy Fields,” *Nongye Jixie Xuebao/Transactions Chinese Soc. Agric. Mach.*, vol. 54, no. 7, 2023.
- [14] H. Susanto, A. Bakar, and Syuhada, “Rancang Bangun Mesin Pemotong Padi Multifungsi,” *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 3, no. 1, 2017.
- [15] D. Gee-Clough and W. Chancellor, “Pull and lift characteristics of single lugs on rigid wheels in wet rice soils,” *Trans. ASAE*, vol. 19, no. 3, pp. 433–441, 1976.
- [16] H. Susanto, Z. Husin, and S. Ali, “Desain dan Fabrikasi Roda Penggerak untuk Mesin Panen Padi Mini Dua Lajur,” *J. Mekanova Mek. Inov. dan Teknol.*, vol. 7, no. 2, pp. 136–144, 2021.
- [17] V. M. Salokhe, S. Manzoor, and D. Gee-Clough, “Pull and lift forces acting on single cage wheel lugs,” *J. Terramechanics*, vol. 27, no. 1, pp. 25–39, 1990.
- [18] L. Jayasundera, “Study of factors affecting the design of flat lugged cage wheels in paddy soils.” 1980.
- [19] W. Hermawan and R. P. A. Setiawan, “Kinerja Traksi Roda Ramping Bersirip pada Berbagai Kombinasi Jumlah dan Sudut Sirip di Tanah Sawah Berlumpur,” *J. Keteknikan Pertanian*, vol. 5, no. 1, 2017.
- [20] H. Susanto, Z. Husin, and J. Supardi, “Modification of Two-lane Mini Rice Harvesting Machine,” in *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM)*, Jakarta: Badan Kerja Sama Teknik Mesin (BKS-TM) Indonesia, 2019, pp. 1–6. [Online]. Available: <http://prosiding.bkstm.org/prosiding/seminar/2019>
-