

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 7, No. 2, Agustus 2019



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember, Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain meliputi teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Penanggungjawab:

Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB
Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia

Dewan Redaksi:

Ketua : Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, IPB University)
Anggota : Abdul Hamid Adom (Scopus ID: 6506600412, University Malaysia Perlis)
(*editorial board*) Addy Wahyudie (Scopus ID: 35306119500, United Arab Emirates University)
Budi Indra Setiawan (Scopus ID: 55574122266, IPB University)
Balasuriya M.S. Jinendra (Scopus ID: 30467710700, University of Ruhuna)
Bambang Purwantana (Scopus ID: 6506901423, Universitas Gadjah Mada)
Bambang Susilo (Scopus ID: 54418036400, Universitas Brawijaya)
Daniel Saputera (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya)
Han Shuqing (Scopus ID: 55039915600, China Agricultural University)
Hiroshi Shimizu (Scopus ID: 7404366016, Kyoto University)
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana)
Agus Arif Munawar (Scopus ID: 56515099300, Universitas Syahkuala)
Armansyah H. Tambunan (Scopus ID: 57196349366, IPB University)
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, IPB University)
M. Rahman (Scopus ID: 7404134933, Bangladesh Agricultural University)
Machmud Achmad (Scopus ID: 57191342583, Universitas Hasanuddin)
Muhammad Makky (Scopus ID: 55630259900, Universitas Andalas)
Muhammad Yulianto (Scopus ID: 54407688300, IPB University & Waseda University)
Nanik Purwanti (Scopus ID: 23101232200, IPB University & Teagasc Food Research Center Irelandia)
Pastor P. Garcia (Scopus ID: 57188872339, Visayas State University)
Rosnah Shamsudin (Scopus ID: 6507783529, Universitas Putra Malaysia)
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin)
Sate Sampattagul (Scopus ID: 7801640861, Chiang Mai University)
Subramaniam Sathivel (Scopus ID: 6602242315, Louisiana State University)
Shinichiro Kuroki (Scopus ID: 57052393500, Kobe University)
Siswoyo Soekarno (Scopus ID: 57200222075, Universitas Jember)
Tetsuya Araki (Scopus ID: 55628028600, The University of Tokyo)
Tusan Park (Scopus ID: 57202780408, Kyungpook National University)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, IPB University)
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, IPB University)
Bendahara : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, IPB University)
Anggota : Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, IPB University)
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, IPB University)
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, IPB University)
Leopold Oscar Nelwan (Scopus ID: 56088768900, IPB University)
I Wayan Astika (Scopus ID: 43461110500, IPB University)
Agus Ghautsun Niam (Scopus ID: 57205687481, IPB University)
Administrasi : Diana Nursolehat (IPB University)

Penerbit: Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Alamat: Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680.
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com
Website: web.ipb.ac.id/~jtep atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Rekening: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 7 No. 2 Agustus 2019. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof. Dr. Ir. Bambang Purwantana, M.Agr (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Bayu Dwi Apri Nugroho, PhD (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Ir. Darma, M.Si, Ph.D (Fakultas Pertanian, Universitas Papua), Ir. Siti Mariana Widayanti, M.Si (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian), Prof.Dr.Ir. Tineke Mandang, (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Wayan Budiastra, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Radite Praeko Agus Setiawan, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Leopold Oscar Nelwan, MSi (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Lenny Saulia, MSi (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Chusnul Arif, S.TP, MS (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor)

Technical Paper

Pengembangan Prototipe dan Pengujian Traktor Satu Roda untuk Pemeliharaan Tanaman Padi

Prototyping and Performance Test of Single Wheel Tractor for Rice Plants Maintenance

Jusran, Program Studi Teknik Mesin Pertanian dan Pangan, Institut Pertanian Bogor.

Email: jusranrinding3@gmail.com

Radite Praeko Agus Setiawan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Email: raditepas@gmail.com

I Dewa Made Subrata, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Email: dewamadesubrata.ipb@gmail.com

Abstract

Most of paddy fields in Indonesia are not consolidated, therefore, soil hardpan usually not exist. With no soil hardpan, mobility of any machine for crop maintenance is very difficult even in some places is almost impossible. Until now crop maintenance such as weeding, spraying and spreading fertilizer was done manually by labor. Then mechanization is required to replace the labour which is not available or very expensive. Hence, this study conducted with objective to make a prototype II of a single wheel tractor for crop maintenance operated in deep mud field or in an unconsolidated paddy field. The study also did performance test of a single wheel tractor to measure the tractor speed, traction, sinkage, and slip of wheel when operated in rice plants field. The results of performance test showed that the speed average of wheels with straight lug and curved lug respectively were 1.15 km/hour and 0.97 km/hour. The average of sinkage and slip of wheels with straight lug and curved lug respectively were 24.8 cm, 25.9 cm and 38.7%, 26.12%. The results of performance test also showed that the traction average of wheel with straight lug and curved lug respectively were 45.8 kg and 41.5 kg.

Keywords : Single wheel tractor, paddy field, traction, sinkage, slip

Abstrak

Umumnya lahan persawahan di Indonesia tidak terkonsolidasi, sehingga tidak memiliki lapisan tanah yang keras pada kedalaman tertentu. Kondisi tersebut menyebabkan mobilitas mesin untuk pemeliharaan tanaman menjadi sangat sulit bahkan dibeberapa tempat hampir tidak memungkinkan. Sampai sekarang pemeliharaan tanaman seperti penyiangan, penyemprotan dan pemupukan dilakukan secara manual sehingga biaya produksi menjadi mahal. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka diperlukan mekanisasi pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk membuat *prototype* II traktor satu roda untuk pemeliharaan tanaman pada lahan sawah berlumpur dalam atau tidak terkonsolidasi. Parameter kinerja traktor satu roda yang diuji meliputi: kecepatan maju, traksi, *sinkage* dan slip pada roda ketika beroperasi di lahan padi sawah. Pengujian dilakukan menggunakan dua perlakuan bentuk sirip roda yaitu sirip lurus dan sirip kurva. Hasil uji kinerja menunjukkan bahwa rata-rata kecepatan roda sirip lurus dan sirip kurva adalah 1.15 km/jam dan 0.97 km/jam. Rata-rata *sinkage* dan slip kedua roda sirip lurus dan sirip kurva berturut-turut 24.8 cm, 25.9 cm dan 38.7%, 26.12%. Uji kinerja juga menunjukkan bahwa rata-rata traksi roda sirip lurus dan sirip kurva adalah 45.8 kg dan 41.5 kg.

Kata Kunci : traktor satu roda, lahan sawah, traksi, *sinkage*, slip

Diterima: 12 Maret 2019; Disetujui: 18 Juni 2019

Latar Belakang

Pada umumnya lahan persawahan di Indonesia memiliki lapisan tanah permukaan yang dalam, tidak memiliki lapisan yang padat (*hardpan*), bahkan kedalamannya cenderung meningkat dari tahun ke tahun akibat endapan lumpur yang dibawa oleh aliran air irigasi. Tidak terbentuknya *hardpan* mengakibatkan lalu lintas roda traktor atau mesin pemeliharaan tanaman padi menjadi sangat sulit karena roda tenggelam terlalu dalam.

Usaha untuk mengkonversi lahan persawahan yang tidak terkonsolidasi menjadi lahan terkonsolidasi belum banyak dilakukan di Indonesia karena membutuhkan biaya yang besar sehingga belum menjadi opsi bagi para petani. Disisi lain, penggunaan mekanisasi pada lahan persawahan yang tidak terkonsolidasi menimbulkan inefisiensi yang besar pada performansi mesin.

Penelitian yang dilakukan oleh Ubaidillah (2016) yang menguji kinerja traksi roda ramping menggunakan traktor tangan dan Taufiq et al. (2017) yang menguji roda sangkar dengan beberapa variasi sudut sirip pada lahan yang tidak terkonsolidasi menunjukkan bahwa efisiensi traksi tertinggi yang diperoleh secara berurutan yaitu 27.18% dengan sudut sirip 30° dan 47.81% dengan sudut sirip 30°. Hasil penelitian tersebut mengkonfirmasi inefisiensi performansi traktor pada lahan yang tidak terkonsolidasi yang cukup besar. Setiawan et al. (2013) membuat disain traktor ringan (*light tractor*) untuk kegiatan pemeliharaan tanaman padi seperti: pemupukan, penyemprotan dan penyiangan. Traktor menggunakan roda traksi tunggal sebagai alat penggerak traktor. Roda traksi didisain untuk dapat beroperasi pada lahan persawahan dengan kedalaman 20-30 cm. Diameter luar roda traksi 740 mm dan dilengkapi dengan delapan sirip. Roda traksi didisain ramping dan disesuaikan dengan jarak tanam agar dapat bergerak diantara barisan tanaman padi tanpa merusak tanaman. Untuk memudahkan mobilitas traktor, pada bagian belakang dilengkapi dengan *slider* yang juga berfungsi untuk menopang *body* traktor.

Disain traktor ringan beroda satu untuk kegiatan pemeliharaan tanaman padi dipilih karena konstruksinya yang lebih mudah dan sederhana. Selain itu, dengan bobot yang ringan, traktor bisa diangkat oleh operatornya ketika roda traktor tenggelam dan macet akibat lumpur yang terlalu dalam. Disain traktor kemudian dibuat dalam bentuk prototipe dan dilanjutkan dengan pengujian fungsional untuk mengetahui apakah semua komponen utama dari traktor berfungsi dengan baik atau tidak.

Hasil pengamatan uji fungsional prototipe traktor ringan beroda satu yang telah dibuat menunjukkan beberapa komponen utama traktor tidak berfungsi dengan baik yakni: roda traksi, sistem kopling dan sistem transmisi. Letak mesin dan *gearbox* yang tidak tepat menghasilkan ketidakseimbangan dan *ground clearance* yang terlalu rendah pada traktor satu roda.

Untuk memperbaiki permasalahan pada traktor, maka diperlukan perubahan disain traktor ringan beroda satu dengan cara memodifikasi disain traktor satu roda.

Tujuan penelitian ini adalah membuat pengembangan prototipe dan menguji kinerja traktor satu roda yang dapat digunakan untuk pemeliharaan tanaman padi sawah.

Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan mulai Desember 2016 sampai Januari 2018. Pembuatan dan perakitan prototipe II traktor satu roda dilaksanakan di bengkel Metanium Siswadi Soepardjo, Fateta – IPB sedangkan uji kinerja dilakukan di lahan sawah laboratorium Lapangan Siswadi Soepardjo, Fateta – IPB.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dikelompokkan ke dalam 2 bagian besar, yaitu: (1). Pada tahap disain gambar dan pabrikan menggunakan *software solid works*, *excel* dan berbagai bahan konstruksi (besi plat, holo, silinder, sproket, *gearbox*, *chain*, puli, sabuk, dan peralatan perbengkelan lainnya), (2). Pada tahap pengujian menggunakan prototipe traktor satu roda, 1 unit laptop, kamera, beberapa instrumen alat ukur dan sensor (meteran, *strain gauge*, *strain amplifier*, *handy strain*, *data logger*, *tachometer*, *potensiometer*). Satu unit mesin honda GX 160 4 tak digunakan sebagai tenaga penggerak prototipe traktor satu roda.

Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan dalam 2 tahapan, yaitu: 1. Tahap modifikasi gambar disain dan pembuatan prototipe II traktor satu roda. 2. Tahap pengujian.

Modifikasi Gambar Disain dan Pembuatan Prototipe II Traktor Satu Roda

Tahapan modifikasi gambar disain dan pembuatan protipe II traktor satu roda dimulai dengan melakukan evaluasi terhadap konsep disain traktor satu roda yang telah ada. Beberapa bagian yang dievaluasi yakni posisi komponen utama seperti mesin, *gearbox* dan *slider*. Berikutnya yakni sistem keseimbangan traktor, sistem transmisi, kopling, disain roda dan *ground clearance* traktor. Hasil evaluasi kemudian dijadikan sebagai bahan analisis untuk melakukan modifikasi disain.

Tahapan selanjutnya yaitu membuat analisis disain. Untuk memperbaiki keseimbangan traktor maka dilakukan perubahan posisi pada *gearbox* dengan cara menempatkan *gearbox* sejajar dengan mesin sehingga posisi *gearbox* dan mesin berada diatas roda traksi. Perubahan posisi *gearbox* juga membuat *ground clearance* traktor menjadi lebih baik, karena *gearbox* yang sebelumnya terhubung langsung dengan poros roda, digantikan dengan *pillow block bearing* yang ukurannya jauh lebih kecil dan tidak memerlukan dudukan yang besar sebagaimana dudukan *gearbox*. Sistem transmisi daya dari mesin

ke poros roda ditransmisikan dari enjin ke *gearbox* melalui sabuk dan puli, kemudian dari *gearbox* daya ditransmisikan ke poros roda melalui rantai dan sproket. Penggunaan rantai dan sproket untuk transmisi daya bertujuan untuk meminimalkan *slip* yang terjadi pada sistem transmisi. Sirip roda didisain lebih tinggi untuk menghasilkan cengkaman yang lebih baik, disain *slider* lebih panjang dan kopling lebih disederhanakan.

Tahap selanjutnya yaitu dengan membuat gambar kerja menggunakan perangkat *solid works*, kemudian pembuatan prototipe dan pengujian traktor. Jika kinerja traktor belum baik maka kembali ketahap analisis disain untuk melakukan perbaikan disain traktor satu roda.

Rancangan Fungsional

Roda pada traktor satu roda berfungsi untuk menghasilkan gaya traksi. Karena roda akan beroperasi pada lahan padi sawah yang berlumpur, maka disain roda perlu dilengkapi dengan sirip besi untuk menghasilkan traksi. Desain sirip roda akan disesuaikan dengan jarak tanam padi sehingga memungkinkan roda mampu melintas disela-sela tanaman padi tanpa merusak fisik tanaman padi, sedangkan ukuran roda terkait dengan tinggi *ground clearance* alat. Ukuran roda didasarkan pada pengukuran *sinkage* roda dan tinggi tanaman pada saat operasi.

Mesin honda GX 160 berdaya 4.8 HP/3600 rpm, digunakan sebagai tenaga penggerak untuk menggerakkan traktor satu roda. Untuk mentransmisikan daya mesin ke roda traktor maka digunakan sabuk - puli yang terhubung ke *gear box*. Selanjutnya daya ditransmisikan dari *gear box* ke roda menggunakan rantai-sproket untuk meminimalisir slip. Reduksi kecepatan putaran enjin juga terjadi dalam proses transmisi daya di puli, *gear box* dan sproket, sehingga menghasilkan putaran yang rendah pada roda bersirip.

Traktor yang dibuat pada penelitian ini merupakan jenis traktor beroda satu, dimana roda penggerak hanya terpasang pada bagian depan, sedangkan pada bagian belakang berupa *slider* yang akan menghasilkan gaya luncuran ketika mendapat gaya tarik. Ukuran *slider* disesuaikan dengan jarak tanam padi sehingga tidak merusak tanaman padi dan diharapkan mampu menopang bobot traktor antara 40% - 70% dari total bobot traktor.

Sistem kendali traktor satu roda menggunakan setir untuk mengendalikan arah gerakan maju traktor. Untuk mengendalikan tenaga enjin, maka digunakan kopling sabuk tipe tegangan *idler*. Sebagai sistem kendali yang berfungsi menyalurkan tenaga dengan tanpa kejutan dan melepaskan tenaga dengan cepat dari seluruh bagian mesin, kopling juga berfungsi sebagai rem pada traktor satu roda.

Analisis Teknik

1. Kecepatan maju

Kisaran kecepatan maju traktor dalam berbagai

kerja lapang berkisar antara 0.5–0.7 m/s atau 1.8–2.5 km/jam (Sakai *et al.* 1998). Untuk menghitung besaran kecepatan maju traktor digunakan persamaan:

$$s = \frac{v}{t} \quad (1)$$

Dimana : v = kecepatan maju traktor (m/s)
 s = jarak tempuh (m)
 t = waktu (s)

2. **Slip roda traksi**, secara matematis dapat dihitung dengan persamaan:

$$S = \left(1 - \frac{S_b}{S_0}\right) \times 100\% \quad (2)$$

Dimana:

S = slip roda traksi (%)
 S_b = jarak yang ditempuh putaran roda dengan beban (m)
 S_0 = jarak yang ditempuh putaran roda tanpa beban (m)

3. Diameter Roda

Roda pada traktor satu roda diharapkan mampu menopang beban hingga 30–40% total berat traktor, slip antara 30–50% dan ketenggelaman roda antara 20–30 cm. Ukuran diameter roda minimum ditentukan dengan persamaan:

$$R_w = H_t + H_c + Z \quad (3)$$

Dimana : R_w = jari-jari luar roda (cm)
 H_t = jari-jari gear box (cm)
 H_c = *ground clearance*
 Z = ketenggelaman roda (*sinkage*) (cm)

4. Jumlah Sirip

Menurut Sakai *et al.* (1998), jumlah sirip minimum untuk lahan sawah antara 8–12 buah, sedangkan berdasarkan nilai slip lahan berkisar antara 9–20 buah. Menurut Setiawan *et al.* (2013), jumlah sirip dengan slip 30% berjumlah 8, sedangkan pada kondisi ekstrim dimana slip 50%, maka jumlah sirip menjadi 6. Penentuan jumlah sirip roda menggunakan persamaan:

$$N_i \geq \frac{2\pi}{\cos^{-1}(1 - S)} \quad (4)$$

N_i = jumlah sirip
 S = slip (%)

5. Lebar sirip

Untuk merencanakan luas penampang sirip roda harus dipertimbangkan besar spasi antara sirip dan spasi horizontal antar sirip dengan menggunakan persamaan:

$$S_{as} = 2R_w \sin \left[\frac{180}{J_s} \right] \quad (5)$$

$$S_{hs} = \frac{(1 - S)\pi D_w}{J_s} \quad (6)$$

Dimana: S_{as} = jarak spasi antar sirip (cm)
 S_{hs} = jarak spasi horizontal antar sirip (cm)
 J_s = jumlah sirip roda
 S = slip roda
 Lebar sirip efisien adalah $\leq 0.75S_{hs}$

6. Koefisien traksi (C_t)

Koefisien traksi adalah perbandingan antara gaya tarik pada batang penarik traktor dengan berat dinamis yang membebani roda penggerak, dirumuskan dalam persamaan:

$$C_t = \frac{DBP}{W} \quad (7)$$

Dimana:

C_t = koefisien traksi (*coefficient of traction*)
 DBP = gaya tarik pada batang penarik (*drawbar pull*), (kg)
 W = berat dinamis yang membebani roda penggerak, (kg)

Pengujian Fungsional Prototipe II Traktor Satu Roda

Prototipe II traktor satu roda dari hasil modifikasi perancangan kemudian diuji untuk melihat kinerja fungsional dari masing-masing komponennya. Pengujian awal dilakukan pada lahan kering tanpa beban, kemudian dilanjutkan dengan pengujian dengan beban. Jika pengujian pada lahan kering tidak memberikan hasil yang baik, maka dilakukan modifikasi dan perbaikan desain. Jika memberikan kinerja yang baik, maka dilakukan pengujian pada lahan sawah berlumpur tanpa genangan air untuk memudahkan pengamatan baik tanpa beban maupun dengan beban. Selama pengujian, parameter kerja fungsional yang diamati dan menjadi ukuran keberhasilan pengujian meliputi: kinerja roda, kopling, rantai-sproket, sabuk-puli, slider, kecepatan maju dan keseimbangan traktor saat beroperasi.

Pengujian pada Lahan Sawah

Pengujian pada tahapan ini dilakukan menggunakan dua perlakuan roda dengan sirip berbeda (lurus dan kurva) yang dilakukan secara bergantian, dimana setiap pengujian dilakukan dengan 2 kali pengulangan. Pengujian dilakukan pada saat umur tanam padi mencapai satu bulan setelah tanam.

Parameter yang Diukur dalam Pengujian pada Lahan Sawah

Selama pengujian, parameter yang diukur sebagai tolak ukur keberhasilan adalah kinerja traksi. Kinerja traksi diperoleh dengan mengukur parameter-parameter seperti: 1) kecepatan maju traktor, 2) torsi pada poros roda, 3) kecepatan putar roda, 4) ketenggelaman roda (*sinkage*), 5) slip roda, 6) traksi, 7) koefisien traksi (C_t). Pengukuran parameter-parameter tersebut dapat dilakukan dengan membuat instrumen pengujinya.

a. Pengukuran Kecepatan Maju Traktor

Kecepatan maju traktor diukur dengan

menggunakan kamera dan meteran berdasarkan jarak lintasan yang telah ditentukan. Pengukuran dilakukan pada tiga lajur lintasan dengan jarak lintasan masing-masing 10 meter. Cara pengukuran kecepatan maju traktor adalah dengan merekam pergerakan maju traktor sejak dari titik awal hingga titik akhir lintasan. Berdasarkan hasil rekaman kamera, maka dapat diketahui waktu yang dibutuhkan oleh traktor satu roda untuk menempuh jarak pada setiap lajur lintasan.

b. Pengukuran Torsi Poros Penggerak Roda

Nilai torsi pada poros penggerak roda saat uji kinerja traktor satu roda diukur dengan sebuah unit sensor *strain gauge* yang dipasang pada poros *gearbox* dan terhubung dengan slip ring pada ujung *gearbox*. Sensor *strain gauge* bekerja dengan mengukur regangan yang terjadi ketika poros mendapatkan beban. Nilai torsi diperoleh setelah nilai regangan yang diukur oleh sensor *strain gauge* yang terjadi pada poros *gearbox* masuk ke *strain amplifier*, diteruskan ke data logger dan ke PC.

Flens poros berfungsi menghubungkan poros *gearbox* dengan slip ring. Flens akan berputar mengikuti putaran poros, sedangkan slip ring dipertahankan dalam kondisi diam sehingga memungkinkan sambungan kabel dari sensor *strain gauge* tidak ikut berputar searah putaran poros.

c. Pengukuran Kecepatan Putar Roda

Kecepatan putar roda traktor diukur dengan cara merekam putaran roda menggunakan video kamera ketika traktor bergerak maju diatas lintasan lahan sawah yang telah ditentukan. Pada salah satu bagian lingkaran roda ditandai dengan ikatan tali rapih untuk memudahkan pengamatan. Hasil kecepatan putar roda diperoleh dengan mengamati waktu (s) yang dibutuhkan roda dalam 1 kali putaran roda traktor satu roda, kemudian dikonversi kedalam rotasi per menit (RPM).

d. Pengukuran Ketenggelaman Roda (*Sinkage*)

Ketenggelaman roda traktor dapat diukur dengan menggunakan sebuah sensor *potentiometer* yang terpasang pada sebuah mekanisme menyerupai papan ski. Mekanisme papan ski dilengkapi lengan yang berengsel dan terhubung ke poros roda sehingga memudahkan manuver papan ski diatas permukaan lahan sawah mengikuti pergerakan roda traktor.

Sensor *potensiometer* menghasilkan data gerakan naik dan turun papan ski mengikuti pola gerakan roda. Data dari *potensiometer* tersebut direkam dan dikirim ke *data logger* yang langsung terhubung pada sebuah unit laptop yang terpasang pada traktor yang sedang berjalan tersebut. Pembacaan data tegangan (*voltase*) dari *data logger* selanjutnya dikonversi kedalam satuan meter (m) sehingga dapat memberikan informasi ketenggelaman roda traktor satu roda pada saat pengujian. Skema rancangan pengukur ketenggelaman roda (*sinkage*) ditunjukkan pada Gambar 1.

e. Pengukuran Slip Roda

Slip roda merupakan perbandingan antara selisih jarak tempuh aktual dan jarak tempuh teoritis. Jarak tempuh teoritis diperoleh dengan cara mengukur jarak tempuh traktor dalam 5 kali putaran maju roda tanpa diberikan beban. jarak tempuh aktual, pengukuran dilakukan dengan cara mengukur jarak tempuh traktor dalam 5 kali putaran maju roda yang diberikan beban. Slip roda traksi akan terukur dalam persen (%).

Kalibrasi Instrumentasi Pengukuran dan Sistem Akuisisi Data

Kalibrasi instrumentasi pengukuran untuk mendapatkan nilai torsi terukur pada poros, dilakukan dengan dua tahap yaitu; kalibrasi *strain-torsi* dan kalibrasi *strain-tegangan*. Kalibrasi *strain-torsi* menggunakan perangkat ukur *strain gouge, handy strain meter, bridge box*, poros, timbangan digital, beban, lengan beban. Kalibrasi *strain-tegangan* menggunakan perangkat ukur *strain gauge, dynamic strain amplifier, bridge box, slip ring* dan laptop.

Tujuan dari kalibrasi *strain-torsi* dan kalibrasi *strain-tegangan* adalah untuk mendapatkan persamaan regresi *strain-torsi* dan *strain-tegangan*. Skema kalibrasi instrumentasi pengukuran ditunjukkan pada Gambar 3.

Persamaan torsi terukur dapat diperoleh dari kalibrasi *strain-torsi* dan kalibrasi *strain-tegangan* masing-masing akan menghasilkan suatu persamaan regresi. Persamaan *strain-tegangan* yang diperoleh kemudian disubsitusi ke dalam persamaan *strain-torsi*

sehingga diperoleh persamaan torsi terukur.

Data hasil pengukuran selanjutnya diolah untuk memperoleh grafik torsi pengujian. Adapun cara pengolahan data hasil pengukuran adalah mencari tegangan maksimum, tegangan minimum, rata-rata tegangan sebelum traktor maju (pada saat mesin hidup tanpa gerakan maju), dan rata-rata tegangan ketika traktor bergerak maju.

Voltase pengujian (V_p) yang digunakan untuk perhitungan torsi diperoleh dari persamaan berikut:

$$VP = Vb - Vtb \tag{8}$$

Dimana:

- V_p = voltase pengujian (Volt)
- V_b = voltase mesin traktor menyala (Volt)
- V_{tb} = voltase traktor bergerak maju (Volt)

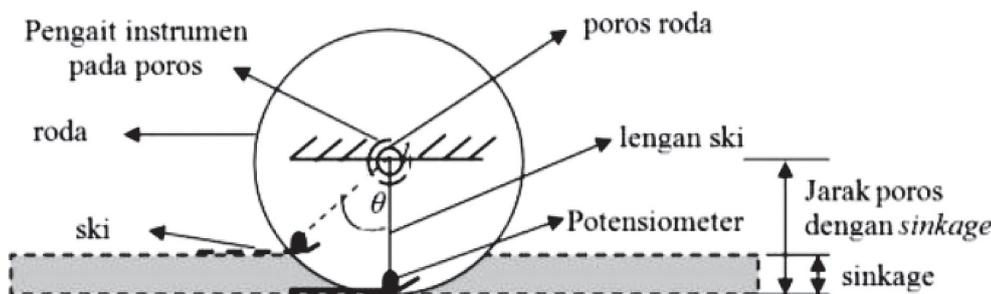
Torsi pengujian diperoleh dengan mensubsitusikan V_p ke persamaan yang diperoleh dari hasil kalibrasi.

$$T = Vp \times d \times b \tag{9}$$

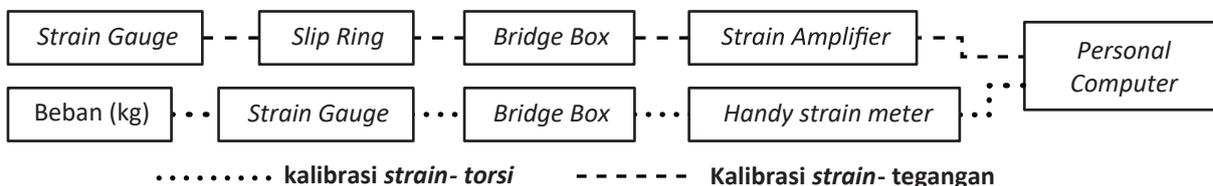
Dimana :

- T = torsi terukur (Nm)
- V = voltase pengujian (Volt)
- d = gradien kurva hasil kalibrasi *strain-tegangan* ($\mu s/Volt$)
- b = gradien kurva hasil kalibrasi *strain-torsi* (Nm/ μs)

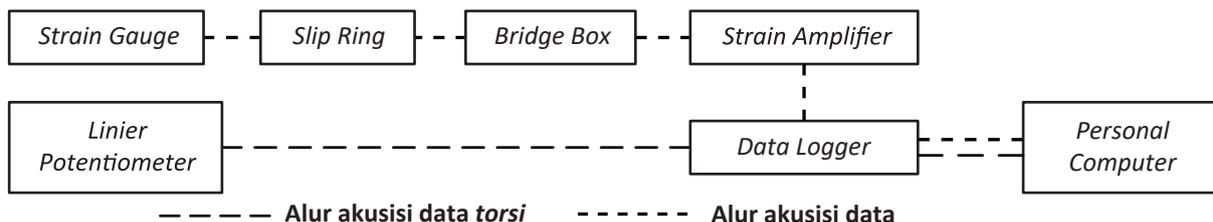
Akuisisi data pengukuran torsi dan *sinkage* ditunjukkan dalam Gambar 3.



Gambar 1. Skema rancangan pengukur ketenggelaman roda (*sinkage*).



Gambar 2. Skema kalibrasi pengukuran torsi.



Gambar 3. Skema akuisisi data pengukuran torsi dan data *sinkage*.

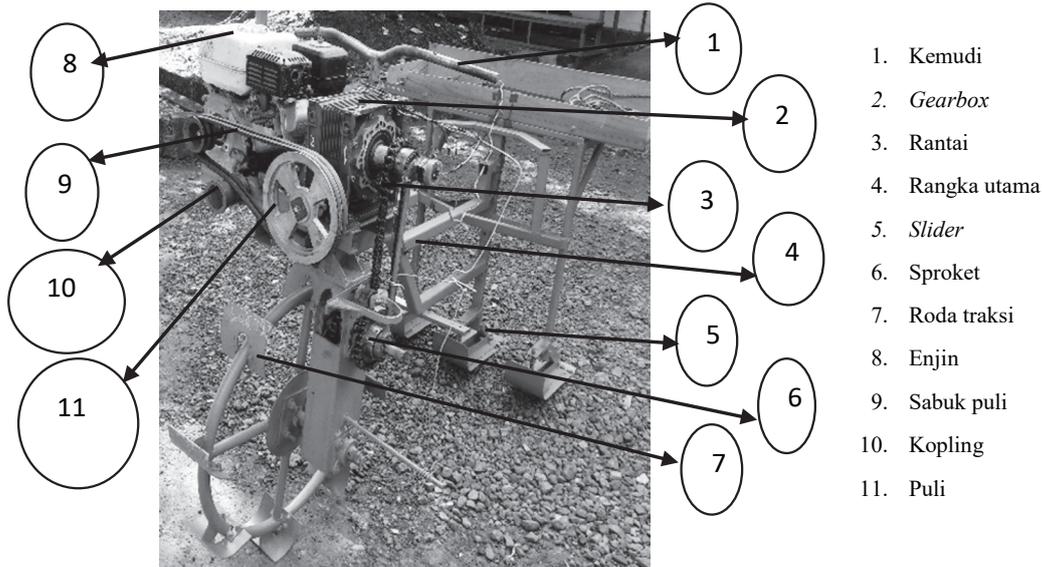
Hasil dan Pembahasan

Prototipe II Traktor Satu Roda

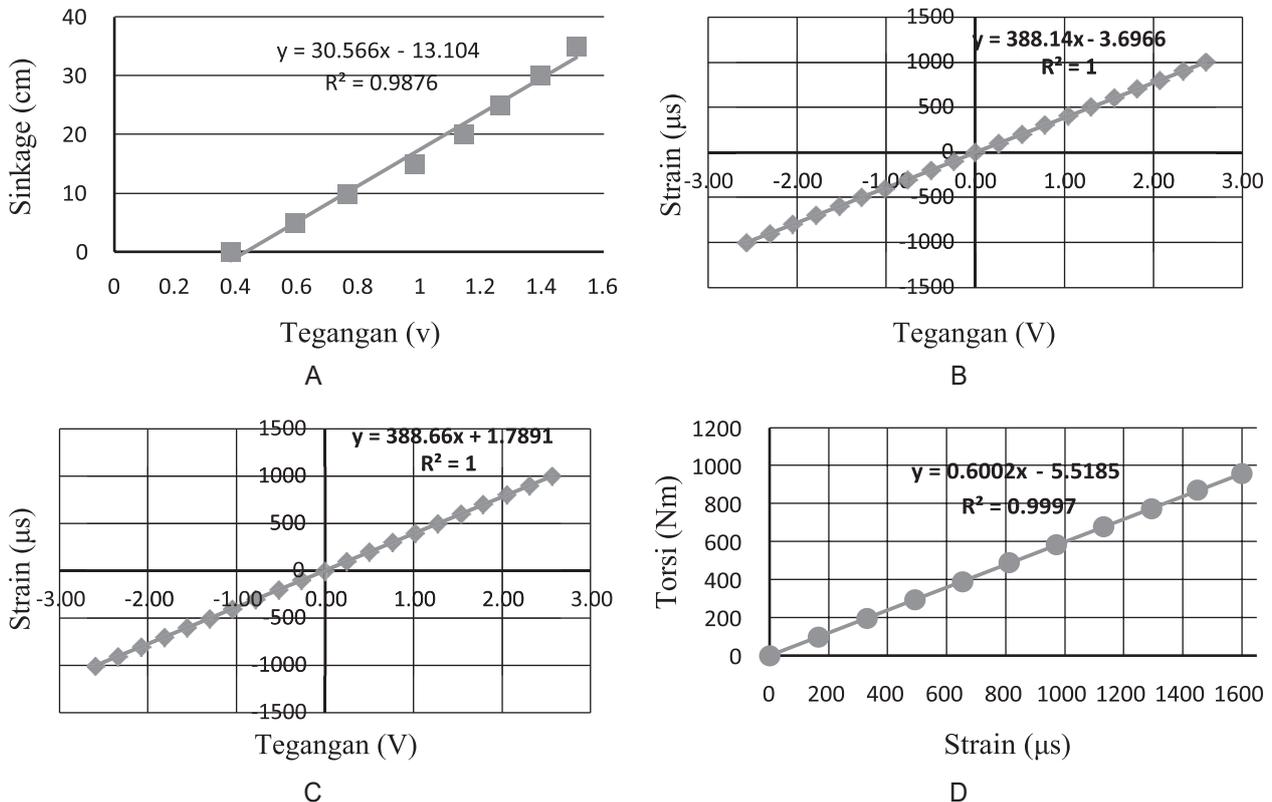
Beberapa bagian utama traktor roda satu yang telah berhasil dimodifikasi yaitu: posisi *gearbox*, rantai, puli, sabuk puli, sproket, kopling, *slider*, rangka utama, dudukan mesin dan *gearbox*, roda bersirip. Pengujian fungsional traktor roda satu pada lahan kering dan lahan sawah menunjukkan bahwa setiap komponen traktor yang dimodifikasi dapat bekerja dengan baik. Hasil modifikasi traktor roda satu ditunjukkan pada Gambar 4.

Hasil Kalibrasi Torsi dan Sinkage

Hasil kalibrasi pengukuran instrumentasi menunjukkan hubungan yang linier antara berbagai variable yang dikalibrasi yaitu hubungan antara *strain* – tegangan dan *strain* – torsi untuk mengukur nilai torsi serta *sinkage* – tegangan untuk mengukur ketenggelaman roda. Dengan demikian hasil pengukuran kalibrasi tersebut cukup akurat yang ditunjukkan dengan nilai koefisien determinasi yang baik, di mana nilai R^2 *strain*-tegangan, *strain*-torsi dan *sinkage* secara berurutan adalah 1, 0,999 dan 0,987. Pengukuran kalibrasi torsi dan *sinkage* dalam bentuk grafik ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 4. Bentuk traktor roda satu setelah modifikasi.



Gambar 5. Hasil kalibrasi pengukuran torsi dan *sinkage*.

Tabel 1. Hasil pengukuran kecepatan, slip dan *sinkage*.

Sirip	Kecepatan Traktor			Slip %	Sinkage (cm)
	v (km/jam)	n (rpm)	ω (rad/s)		
Lurus 30°					
L1	1.29	12.0	1.3	24.93	23.2
L2	0.92	12.5	1.3	50.00	28.8
L3	1.20	12.5	1.3	41.18	22.5
Kurva 80°					
L1	0.90	12.5	1.3	41.59	26.7
L2	1.13	12.5	1.3	11.41	24.4
L3	0.92	12.5	1.3	27.09	26.6

Keterangan : v = Kecepatan maju, n = Rotasi, ω = Kecepatan sudut, L=lintasan

Tabel 2. Hasil pengujian kinerja roda traksi sirip lurus dengan sudut 30°.

Sirip 30°	Torsi		Kec. Traktor		F (kg)	Z (cm)	Slip (%)	CT
	(Nm)	v(km/jam)	ω (rad/s)	n(rpm)				
L1	146.89	1.29	1.3	12.0	52.71	23.2	24.93	0.51
L2	81.61	0.92	1.3	12.5	40.79	28.8	50.00	0.39
L3	114.25	1.20	1.3	12.5	43.93	22.5	41.18	0.42

Keterangan: L= Lintasan, F= Traksi, Z= *Sinkage*, CT= Koefisien traksi

Pengendalian Traktor Satu Roda di Lahan Sawah

Sistem kemudi traktor menggunakan stang sepeda motor yang terhubung ke tungkai roda untuk mengendalikan arah gerakan traktor sesuai dengan keinginan operator. Untuk mengendalikan gerak maju dan berhenti traktor, maka traktor dilengkapi dengan kopling sabuk tipe tegangan *idler*, dioperasikan secara manual dan sekaligus berfungsi sebagai rem. Untuk menjaga keseimbangan traktor ketika beroperasi, maka traktor dilengkapi dengan tiga buah *slider* yang menopang bagian belakang traktor. Kelemahan dari sistem pengendalian traktor adalah pada saat traktor berbelok, operator harus memiliki tenaga yang prima untuk mengatasi gaya tolak dari roda ketika traktor berbelok arah dan juga beban pada roda yang berat.

Pengaruh Bentuk Sirip Roda Terhadap Kecepatan, Slip dan Sinkage Traktor Satu Roda

Kecepatan maju traktor untuk kegiatan pemeliharaan tanaman padi seperti pemupukan, penyiangan dan penyemprotan berkisar antara 1.8–2.5 km/jam (Sakai *et al.* 1998). Kecepatan maju untuk traktor satu roda diharapkan 1.8 km/jam dengan perkiraan slip antara 30-50% dan *sinkage* 20-30 cm (Setiawan *et al.* 2013). Hasil pengujian kecepatan, slip dan *sinkage* disajikan pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil uji kinerja traktor satu roda yang telah dilakukan, roda bersirip lurus dengan sudut 30° menghasilkan kecepatan maju tertinggi, slip dan *sinkage* terkecil pada L1, berikutnya L3 dan L2. Tren yang sama juga nampak pada roda sirip kurva sudut 80° dimana kecepatan maju tertinggi, slip dan *sinkage* terkecil secara berurutan yaitu L2, L3 dan L1.

Kecepatan maju traktor sangat dipengaruhi oleh faktor slip dan *sinkage*. Semakin kecil nilai slip dan *sinkage* maka nilai kecepatan maju traktor semakin baik, sebaliknya semakin besar nilai slip dan *sinkage* roda, semakin memperkecil nilai kecepatan maju traktor satu roda.

Bentuk roda sirip lurus dengan sudut 30° menghasilkan nilai rata-rata kecepatan maju sebesar 1.15 km/jam, lebih tinggi dibandingkan nilai rata-rata kecepatan maju roda sirip kurva dengan sudut 80° sebesar 0.97 km/jam. Nilai rata-rata slip dan *sinkage* roda sirip lurus dengan sudut 30° dan sirip kurva dengan sudut 80° berturut-turut sebesar 38.7%, 26.12% dan 24.8 cm, 25.9 cm.

Kinerja Traksi Traktor Satu Roda

Beberapa parameter yang umum digunakan untuk menilai kinerja traksi yakni: slip, rasio traksi bersih (koefisien traksi), efisiensi traksi, rasio traksi kotor dan rasio tahanan gerak. Namun demikian, penelitian ini hanya menggunakan parameter slip dan koefisien traksi dalam menilai kinerja roda traksi. Kinerja roda traksi disajikan dalam Tabel 2.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2 tampak bahwa kenaikan nilai torsi searah dengan kenaikan nilai beban traksi sedangkan nilai slip cenderung kecil seperti yang terlihat pada L1, sebaliknya pada saat nilai slip besar, maka nilai torsi dan traksi akan menurun sebagaimana ditunjukkan L2 dan L3. Nilai slip yang besar menyebabkan menurunnya nilai torsi, traksi dan koefisien traksi karena sebagian tenaga terpakai untuk mengatasi tahanan guling roda.

Tabel 3. Hasil pengujian kinerja roda traksi sirip kurva dengan sudut 80°

Sirip 30°	Torsi			Kec. Traktor n(rpm)	F (kg)	Z (cm)	Slip (%)	CT
	(Nm)	v(km/jam)	ω (rad/s)					
L1	65.28	0.90	1.3	12.5	33.47	26.7	41.59	0.32
L2	102.59	1.13	1.3	12.5	42.07	24.4	11.41	0.41
L3	97.93	0.92	1.3	12.5	48.95	26.6	27.09	0.47

Keterangan: L= Lintasan, F= Traksi, Z= Sinkage, CT= Koefisien traksi

Nilai koefisien traksi tertinggi diperoleh ketika persentase nilai slip kecil, sebaliknya nilai koefisien traksi cenderung menurun pada saat persentase nilai slip meningkat. Semakin besar nilai koefisien traksi menunjukkan kinerja roda traksi yang semakin baik. Kinerja roda traksi sirip kurva ditunjukkan pada Tabel 3.

Hasil uji kinerja roda traksi sirip kurva dengan sudut 80° menunjukkan performa yang lebih rendah dibandingkan dengan performa roda traksi sirip lurus dengan sudut 30°. Berbagai parameter yang digunakan sebagai ukuran kinerja seperti torsi, traksi, sinkage dan koefisien traksi rata-rata nilainya lebih kecil. Namun demikian, nilai rata-rata slip roda traksi sirip kurva dengan sudut 80° menunjukkan kinerja yang lebih baik dari roda traksi sirip lurus dengan sudut 30°. Roda dengan sirip lurus menghasilkan traksi yang lebih besar dibandingkan dengan roda dengan sirip kurva. Rataan nilai traksi kedua roda tersebut yakni 45.8 kg dan 41.5 kg. Triratanasirichai *et al.* (1990) mengatakan bahwa sudut sirip yang lebih kecil (45° dan 30°) menghasilkan tenaga tarik yang lebih besar jika dibandingkan dengan dengan sudut sirip yang lebih besar (60°). Penelitian lainnya Ubaidillah *et al.* (2017) yang melakukan pengujian roda ramping mengatakan bahwa roda dengan sudut sirip 30° merupakan roda dengan spesifikasi terbaik dibandingkan dengan roda sudut sirip berturut – turut 45° dan 60°

Simpulan

Hasil kalibrasi pengukuran torsi dan sinkage menunjukkan nilai R² yang cukup baik. Mekanisme pengendalian arah gerak maju traktor masih kaku. Kinerja roda sirip lurus dengan sudut 30° lebih baik dari kinerja sirip kurva dengan sudut 80°. Namun demikian, hasil pengujian kecepatan maju kedua roda traksi tersebut, yakni roda traksi sirip lurus dan roda traksi sirip kurva belum mencapai standar kecepatan maju traktor atau mesin pertanian untuk kegiatan pemeliharaan tanaman padi yakni antara 1.8 - 2.5 km/jam, di mana nilai rata-rata kecepatan maju tertinggi hasil pengujian traktor satu roda adalah 1.15 km/jam.

Daftar Pustaka

- Sakai, J., R.G. Sitompul, E.N. Sembiring, R.P.A. Setiawan, I.N. Suastawa, T. Mandang. 1998. *Traktor 2-Roda*. Bogor (ID): Laboratorium Alat dan Mesin Budidaya Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian.
- Setiawan, R.P.A., I.W. Astika, D.M. Subrata, A. Azis. Design of iron wheel of a light tractor for crop maintenance in unconsolidated paddy field. Di dalam: Sutiarmo L, *et al.*, editor. [Internet]. *The International Symposium on Agricultural and Biosystem Engineering (ISABE)*; August 28-29 2013; Yogyakarta, Indonesia: Departement of Agricultural Engineering Faculty of Agricultural Technology UGM.
- Taufiq, M., T. Mandang, W. Hermawan. 2017. Analisis Kinerja Traksi Roda Besi Bersirip di Lahan Sawah. *Jurnal Keteknik Pertanian* Vol.5(1): 23-32.
- Triratanasirichai, K., A. Oida, M. Honda. 1990. The performance of cage wheels for small power tillers in agricultural soil. *Journal of Terramechanics* 27(3):193-205.
- Ubaidillah. 2016. Analisis Empiris Kinerja Traksi Roda Ramping Bersirip Di Lahan Basah [Thesis]. Bogor (ID): Bogor Agricultral University (IPB).
- Ubaidillah., W. Hermawan, R.P.A. Setiawan. 2017. Kinerja Traksi Roda Ramping Bersirip pada Berbagai Kombinasi Jumlah dan Sudut Sirip di Tanah Sawah Berlumpur. *Jurnal Keteknik Pertanian* Vol.5(1): 15-22.