

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

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

Vol. 6, No. 2, Agustus 2018



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 Ristek 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, dan mulai tahun ini berisi 15 naskah untuk setiap nomornya. Peningkatan jumlah naskah pada setiap nomornya ini dimaksudkan untuk mengurangi masa tunggu dengan tidak menurunkan kualitas naskah yang dipublikasikan. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Jurnal ini diterbitkan dua kali setahun baik dalam edisi cetak maupun edisi online. 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 Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Dewan Redaksi:

Ketua : Wawan Hermawan (Scopus ID: 6602716827, Institut Pertanian Bogor)
Anggota : Asep Sapei (Institut Pertanian Bogor)
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, Institut Pertanian Bogor)
Daniel Saputra (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya - Palembang)
Bambang Purwantana (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, Institut Pertanian Bogor)
Muhammad Faiz Syuaib (Scopus ID: 55368844900, Institut Pertanian Bogor)
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin - Makassar)
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana - Bali)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Rokhani Hasbullah (Scopus ID: 55782905900, Institut Pertanian Bogor)
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, Institut Pertanian Bogor)
Bendahara : Hanim Zuhrotul Amanah (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Anggota : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, Institut Pertanian Bogor)
Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, Institut Pertanian Bogor)
Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, Institut Pertanian Bogor)
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, Institut Pertanian Bogor)
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, Institut Pertanian Bogor)
Administrasi : Diana Nursolehat (Institut Pertanian Bogor)

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 Bestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 6 No. 2 Agustus 2018. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Bambang Purwantana, M.Agr (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Hasbi, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Lilik Sutiarmo, M.Eng (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Bambang Susilo, M.Sc.,Agr (Jurusan Keteknikan Pertanian, Universitas Brawijaya), Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Tineke Mandang, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Slamet Budijanto, M.Agr (Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor), Dr. Nauman Khalid (School of Food and Agricultural Sciences, University of Management and Technology (Pakistan)), Dr.Ir. Ridwan Rahmat. M.Agr (Badan Litbang Pertanian), Ir. Joko Pitoyo, M.Si (Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian), Dr.Ir. Rizal Alamsyah, M.Sc (Balai Besar Industri Agro), Dr.Ir. Ratnawati, M.Eng.,Sc (Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Indonesia), Dr.Ir. Desrial, M.Eng (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Wayan Budiastara, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Wayan Astika, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Leopold Oscar Nelwan, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Usman Ahmad, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Rudiati Evi Masitoh, STP.,MDT (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Dr. Radi, STP.,M.Eng (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Andri Prima Nugroho, STP.,M.Sc (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Nursigit Bintoro, M.Sc (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Taufik Rizaldi, STP.,M.P (Jurusan Keteknikan Pertanian, Universitas Sumatera Utara), Ir. Mimin Muhaemin, M.Eng.,Ph.D (Jurusan Teknologi Agroindustri, Universitas Padjadjaran), Dr. Siswoyo Soekarno, STP.,M.Eng (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Jember), Dr. Alimuddin, ST.,MM.,MT (Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa), Dr. Dedy Wirawan Soedibyo, STP.,M.Si (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Jember).

Technical Paper

Kinerja Roda Besi Bersirip *Multi-Angle* untuk Lahan Sawah Terasering

Performance of Multi-Angle Lug Wheel for Terraced Paddy Field

Irwin Syahri Cebro, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe. Email: irwincst@yahoo.com
Tineke Mandang, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.
Email: tineke_mandang@ipb.ac.id
Wawan Hermawan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.
Email: wawanfateta@yahoo.com
Desrial, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor. Email: desrial@ipb.ac.id

Abstract

The paddy plots in upland area have fairly steep embankments between plots. This condition causes a hand tractor difficult to move from one plot to another. The objective of this research was to design and test a lug wheel equipped with a multi-angle lug mechanism for slope climbing using a hand tractor. The lug plates of the wheel can be rotated using a mechanism, so that the lug angle can be set at 0°, 15°, 30°, 45°, and -15°. Traction performance tests of the prototype wheel were conducted on slope tracks of 15°, 30° and 45° angle. Tractor velocity, torque of wheel shaft, wheel rotational speed and wheel sinkage were measured using corresponding sensors and recorded during the performance test. The test result on 45° slope show that lug wheel with lug angle of -15° produced the highest traction efficiency (93.83%). For climbing the slopes, lug wheel with a smaller lug angle (0° and -15°) produced a higher traction efficiency and a smaller wheel slip than that of using a higher lug angle. The multi-angle lug wheel with a small lug angle had a better slope climbing performance than that of the conventional fixed lug wheel.

Keywords: *climbing performance, hand tractor, lug wheel, multi-angle lug, terraced paddy field*

Abstrak

Pematang sawah di daerah dataran tinggi memiliki tanggul antara petakan yang cukup curam. Kondisi ini membuat traktor tangan sulit untuk berpindah dari satu petakan ke petakan lainnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendesain dan menguji sirip roda yang dilengkapi mekanisme sirip *multi-angle* untuk pendakian lereng dengan menggunakan traktor tangan. Pelat sirip dari roda dapat diputar dengan menggunakan mekanisme, sehingga sudut dapat diatur pada 0°, 15°, 30°, 45°, dan -15°. Uji kinerja traksi prototipe roda dilakukan pada lintasan miring dengan sudut kemiringan 15°, 30° dan 45°. Kecepatan traktor, torsi poros roda, kecepatan putaran roda dan roda sinkage diukur dengan menggunakan sensor yang sesuai dan dicatat selama pengujian kinerja. Hasil pengujian pada kemiringan 45° menunjukkan bahwa roda pengangkut dengan sudut sirip -15° menghasilkan efisiensi traksi tertinggi (93.83%). Pada pendakian lereng, sirip roda dengan sudut sirip yang lebih kecil (0° dan -15°) menghasilkan efisiensi traksi yang lebih tinggi dan slip roda yang lebih rendah daripada sudut sirip yang lebih besar. Roda besi bersirip *multi-angle* dengan sudut sirip kecil memiliki kinerja pendakian lereng yang lebih baik daripada roda besi bersirip konvensional.

Kata kunci: Kinerja pendakian, traktor tangan, sirip roda, sirip *multi-angle*, terasering

Diterima: 09 Desember 2017; Disetujui: 02 Februari 2018.

Pendahuluan

Sebagian dari lahan sawah di Indonesia terdapat di daerah dataran tinggi, yaitu di daerah perbukitan atau pegunungan yang biasanya memiliki bentuk dan pola bertingkat atau berteras (lahan sawah terasering). Kondisi lahan terasering di Indonesia umumnya berada pada lereng berbukit dengan kecuraman antara 15-65%, selain itu bentuk petakan pada terasering

umumnya tidak beraturan dan berukuran sempit, dan memiliki pematang sawah yang cukup curam dan tinggi antara petakannya. Pengolahan tanah pada sawah terasering umumnya masih dilakukan secara manual, sehingga menyebabkan produktivitas masih rendah. Mekanisasi dalam pengolahan tanah sawah di sawah terasering masih sulit diimplementasikan. Penggunaan traktor roda empat di lahan sawah terasering sulit dilakukan dan kurang efisien. Untuk petakan sawah

yang relatif sempit, traktor tangan diakui lebih efektif digunakan dalam pengolahan tanah, dibandingkan dengan traktor roda empat. Walaupun produktivitas kerja traktor tangan lebih rendah dari traktor empat roda, tetapi masih lebih tinggi dibandingkan dengan produktivitas ternak (tradisional), dan petani dapat menikmati kecepatan dan ketepatan waktu dalam menyelesaikan pekerjaan-pekerjaan pertanian dan beban kerja yang lebih ringan. Petani juga dapat diyakinkan bahwa pekerjaan yang dapat dilakukan dengan tenaga ternak, juga dapat dikerjakan oleh traktor tangan (Sakai et al. 1998).

Penggunaan traktor tangan untuk pengolahan tanah sawah terasering masih mengalami beberapa kendala, terutama sulitnya mobilisasi traktor untuk berpindah dari satu petakan sawah ke petakan sawah yang lain, karena antar lahan dibatasi oleh pematang yang cukup terjal dan tinggi. Konstruksi traktor tangan dan desain roda traksinya belum disesuaikan dengan kondisi pengoperasian di sawah terasering tersebut. Traktor tangan dengan kelengkapan roda besi bersiripnya yang ada di pasaran saat ini sangat sulit untuk mendaki lereng pada pematang atau saat berpindah petakan di sawah terasering tersebut. Roda besi bersirip kaku (dengan sudut sirip sekitar 45°) sering slip, di mana sirip roda terpeleket karena cengkeraman sirip pada tanah lereng yang kurang. Untuk merubah sudut sirip roda juga sulit dilakukan pada roda besi bersirip konvensional tersebut, karena sirip roda dilas pada rim-nya sehingga tidak dapat dirubah sudut siripnya.

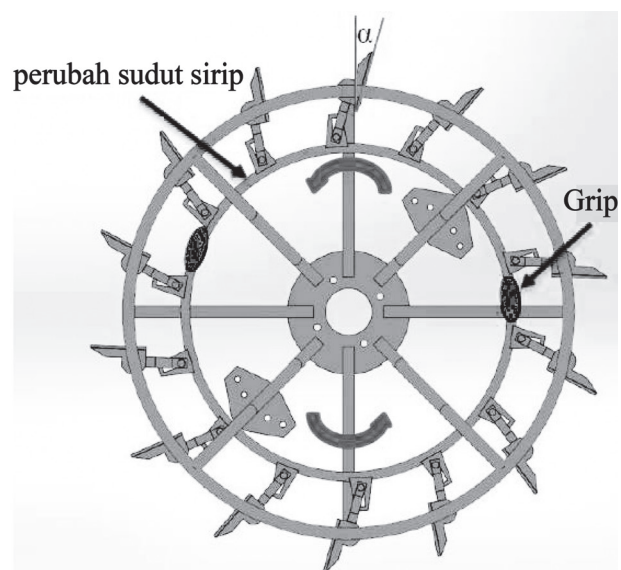
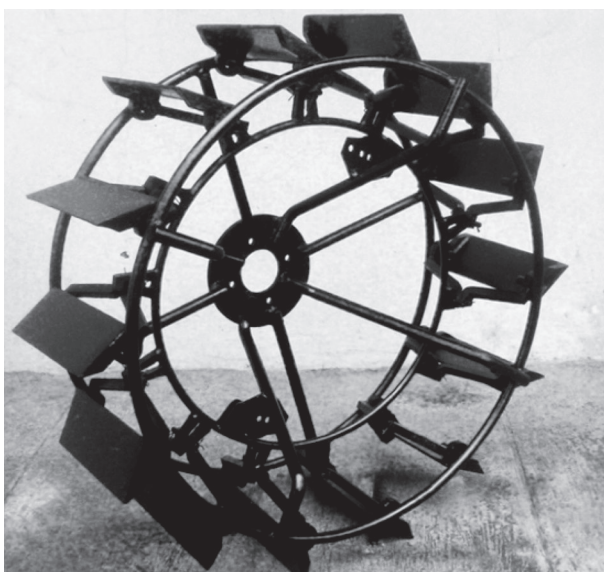
Lereng pada pematang sawah terasering memiliki kondisi tanah yang relatif lebih kering dan lebih padat dibandingkan dengan lahan sawahnya. Pada kondisi lintasan seperti ini, untuk menghindari slip sirip roda pada permukaan tanah, plat sirip perlu diupayakan masuk lebih dalam, sehingga mendapatkan gaya reaksi tanah yang lebih besar. Dengan sirip roda yang masuk ke dalam tanah lebih dalam, dapat menghasilkan gaya reaksi tanah pada sirip lebih

Tabel 1. Data teknis roda besi bersirip *multi-angle*.

Parameter Desain	Dimensi	Satuan
Diameter roda	900	mm
Jumlah sirip roda	14	buah
Panjang sirip	270	mm
Lebar sirip	95	mm
Diameter bahan rim	16	mm
Jumlah rim	3	buah
Jarak antara rim	280	mm
Jumlah jari-jari	8	buah
Diameter flens roda	210	mm
Jumlah lubang bos flens	80	mm
Diameter lubang baut flens	12	mm
Diameter rim perubah sudut	570	mm
Jumlah kuping	2	buah
Tebal kuping sirip	15	mm
Tebal lengan sirip	15	mm
Tebal plat pengunci	5	mm
Diameter poros pengunci	16	mm
Tebal plat rim perubah sudut	5	mm
Bobot roda	55	kg

besar (Hermawan et al. 1998a dan Hermawan et al. 1998b). Sudut siripnya harus lebih kecil (dari roda bersirip kaku) bahkan bisa nol derajat. Oleh karena itu diperlukan mekanisme tambahan pada roda, dimana dengan mekanisme itu sirip-sirip roda dapat diatur sudut siripnya dengan mudah.

Besarnya sudut sirip mempengaruhi besarnya gaya angkat (*lift*) dan gaya tarik (*draft*). Triratanasirichai et al. (1990) menemukan sudut sirip 45° dan spasi 12.33 cm merupakan yang optimum untuk lahan sawah (lempung liat berdebu). Jayasundera (1980) menemukan sudut sirip 30° dan jumlah sirip 12 buah memberikan tenaga tarik yang maksimum untuk traktor empat-roda. Besarnya sudut sirip mempengaruhi

Gambar 1. Ilustrasi roda besi bersirip *multi-angle*.

Tabel 2. Sifat Fisik dan Mekanik Tanah Penelitian.

Kemiringan lintasan (°)	Kadar air (%)	Dry bulk density (g/cm ³)	Porositas (%)	BC (%)	BP (%)	IP (%)
15	54.76	0.981	53.74	66.31	43.33	22.97
30	42.74	0.996	42.56	63.10	41.11	21.99
45	40.95	1.018	41.68	63.46	42.22	21.23

besarnya gaya angkat (*lift*) dan gaya tarik (*draft*), semakin tinggi sudut kemiringan sirip maka semakin rendah gaya angkatnya namun semakin besar gaya tariknya.

Sudut sirip itu perlu diset untuk dua keperluan kondisi operasi, yaitu : 1) untuk pengolahan tanah sawah, dan 2) untuk mendaki lereng dengan sudut kemiringan yang berbeda. Mekanisme perubah sudut sirip tersebut perlu didesain dan diterapkan, serta diuji kinerjanya. Tujuan penelitian ini adalah mendesain dan menguji kinerja roda besi bersirip dengan sudut sirip yang dapat diubah sesuai dengan tingkat kecuraman lereng sehingga traktor tangan dapat melintas dengan baik.

Bahan dan Metode

Desain dan Konstruksi Roda Besi Bersirip *Multi-angle*

Rancangan roda besi sangat dipengaruhi oleh dimensi roda, kondisi kerja dari traktor tangan dan jenis bajak yang digunakan. Kondisi kerja disini meliputi kontur dari tanah serta sifat fisik dan mekanik tanah. Pengertian yang mendalam tentang hubungan antara roda, traktor dan bajak dari perancang akan dapat menghasilkan roda besi yang lebih efisien dibandingkan dengan roda besi yang ada sekarang ini (Sakai *et al.* 1987).

Parameter desain roda besi *multi-angle* yang dibuat, disesuaikan dengan desain parameter roda bersirip kaku yang meliputi diameter rim roda, diameter dan jumlah jari-jari, jumlah dan ukuran sirip, spasi antar sirip dan flens roda. Ada beberapa proses perancangan yang berbeda yaitu, mekanisme sirip *multi-angle* dan sistem pengunci roda besi *multi-angle*. Analisis ukuran diameter rim perubah sudut sirip perlu dilakukan, ukuran diameter *rim* perubah sudut sirip didapatkan dari hasil simulasi pada gambar teknik roda *multi-angle*, ketika sudut roda berada pada posisi sudut sirip 0° (posisi sirip segaris dengan pusat roda), didapatkan jari-jari roda terluar 900 mm, dengan asumsi lengan sirip yang diinginkan adalah 70 mm dan lebar sirip diketahui sebesar 95 mm, maka diameter terluar *rim* perubah sudut sirip didapatkan sebesar 570 mm dengan diameter bahan rim 16 mm. Gambar *protipe* roda dapat dilihat pada Gambar 1, dan data teknik ditampilkan pada Tabel 1.

Perubahan sudut sirip masih dilakukan secara manual, yaitu dengan cara mengangkat salah satu poros roda traktor tangan menggunakan dongkrak,

setelah itu pin pada plat pengunci dilepas. Kedua tangan diposisikan di grip pada *rim* perubah sudut sirip, putar rim *clockwise* atau *counter clockwise* sesuai dengan sudut sirip yang ingin digunakan. Pastikan pin pengunci dapat masuk ke dalam plat pengunci *moveable* dan plat pengunci permanen.

Kebaruan dari mekanisme pengunci roda besi *multi-angle* yaitu sudut sirip roda dapat diatur kemiringannya tanpa harus mengganti plat sirip terlebih dahulu. Oleh karena itu, perlu dirancang sistem pengunci agar pada saat pengoperasian sudut sirip dapat dipertahankan pada kemiringan yang diinginkan. Sistem pengunci terdiri dari plat pengunci permanen, plat pengunci *movable* dan pin.

Plat pengunci permanen dibuat sedemikian rupa dengan ukuran yang disesuaikan dari jarak jari-jari dalam ke rim perubah sudut. Plat pengunci permanen dibuat dari plat 5 mm dengan jumlah 5 lubang. Masing-masing lubang memiliki ukuran yang sama yaitu 10 mm. Jumlah dan jarak antar lubang yang dibuat didapatkan dari hasil simulasi pada gambar teknik dengan kemiringan sudut sirip yang diinginkan yaitu 0°, 15°, 30°, 45° dan -15°. Ukuran plat pengunci *movable* dibuat sedemikian rupa dengan ukuran yang disesuaikan dengan panjang dari rim perubah sudut ke lubang plat pengunci permanen, agar pada saat proses penguncian pin dapat masuk ke dalam lubang dua plat pengunci. Pin yang digunakan disesuaikan dengan lubang plat pengunci berdiameter 10 mm dan panjang 7 mm. Proses penguncian dilakukan dengan cara pin dipasang ke dalam lubang plat pengunci.

Kondisi Lintasan Uji Kinerja Roda

Penelitian dilakukan pada bulan Februari sampai dengan Juni 2017. Pabrikasi roda besi bersirip *multi-angle* dilakukan di Laboratorium Metanium sedangkan pengukuran kinerja roda dilakukan di Laboratorium Lapangan Siswadi Supardjo Leuwikopo. Trek lintasan pengujian dibuat berukuran lebar 150 cm dan panjang 300 cm dengan tiga sudut kemiringan lintasan yaitu 15° (34%), 30° (66%), dan 45° (100%).

Sifat fisik dan mekanik tanah pada lokasi pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari hasil pengukuran karakteristik tanah tersebut menunjukkan bahwa masing-masing lintasan lereng pengujian memiliki kadar air yang berbeda. Lintasan 15° memiliki kadar air dan porositas tanah yang paling tinggi. Secara umum sampel tanah pada semua lintasan pengujian memiliki sifat plastisitas yang cukup tinggi.

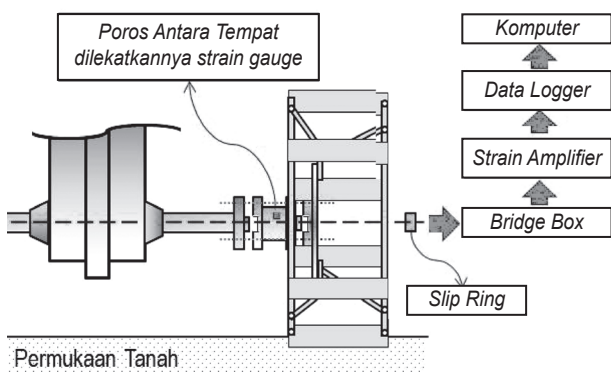
Metode Pengujian Kinerja Traksi Roda Besi Bersirip *Multi angle*

Pengujian diawali dengan pengujian fungsional dilakukan dengan cara mengamati fungsi roda sirip sebagai alat traksi dari traktor dua roda. Hal-hal yang diamati antara lain:

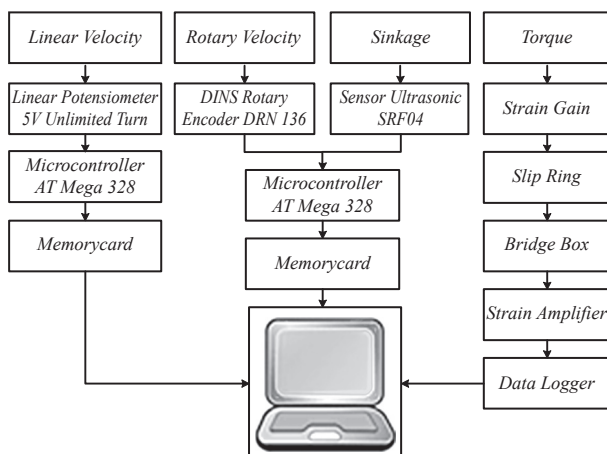
- 1) pemasangan flens roda terhadap boss pada poros roda traktor,
- 2) kerja dari mekanisme pin pada sirip,
- 3) kerja *protipe* roda sirip di lahan lintasan miring.

Setelah pengujian fungsional berhasil baik, maka dilanjutkan dengan pengujian kinerja lapangan. Instrumen uji dalam penelitian ini menggunakan empat komponen utama yaitu, *strain gauge*, *rotary encoder*, *linear potentiometer* dan sensor ultrasonik. Instrumen tersebut masing-masing digunakan untuk mengukur parameter torsi, putaran roda, kecepatan linier dan *sinkage*. Parameter torsi direkam melalui perangkat perekam data dengan menggunakan peralatan; *strain gauge*, *slip ring*, *bridge box*, *strain amplifier*, *data logger* dan satu unit *personal computer* Gambar 2.

Kecepatan putaran roda direkam menggunakan perangkat *rotary encoder*, Arduino AT Mega 328 dan unit penyimpanan data, parameter kecepatan linear direkam menggunakan *linear potensiometer*, Ardiuno AT Mega 328 dan unit penyimpanan, sedangkan data parameter *sinkage* direkam menggunakan sensor



Gambar 2. Skematik instrumen pengukur torsi.



Gambar 3. Sketsa perekaman data kinerja roda traktor.

ultrasonik SRF04, AT Mega 328 dan unit penyimpanan, sketsa peralatan perekaman data kinerja roda besi bersirip *multi-angle* dapat dilihat pada Gambar 3. Beberapa peneliti sebelumnya telah banyak melakukan kajian terkait performansi traksi roda sangkar dengan beragam konfigurasi roda yang diteliti pada lintasan tanah berlumpur, baik dengan pengamatan aktual di lapangan (Triratanasirichai *et al.* 1990) maupun dengan media bak tanah (*soil bin*) (Hermawan *et al.* 1998b; Wayohta dan Salokhe 2001; Soekarno dan Salokhe 2003).

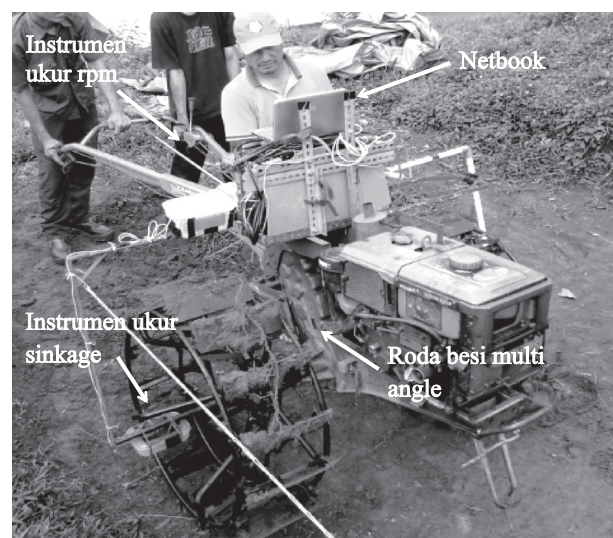
Pengujian kinerja traktor tangan dilakukan pada lintasan lereng menggunakan traktor tangan merek Yanmar tipe BRM-DX dengan daya 8.5 hp, putaran 2200 rpm dengan menggunakan roda bersirip kaku (standar) dan roda besi bersirip *multi-angle* hasil rancangan. Skema pengujian kinerja roda besi bersirip *multi-angle* dapat dilihat pada Gambar 4;

Guna mengetahui kinerja traksi dari roda, perlu diketahui beberapa parameter, yaitu tenaga tarik (*drawbar*), tenaga masukan pada poros roda (*power input*) dan efisiensi traksi (*tractive efficiency*). Ketiga parameter tersebut umumnya ditampilkan bersamaan dengan slip roda. Nilai slip roda dirumuskan sebagaimana berikut:

$$S = 100 \times \left[\frac{l_t - l_a}{l_t} \right] \tag{1}$$

Slip roda (*s*) diketahui dengan mengukur jarak perpindahan linier yang dihasilkan satu putaran penuh roda traktor dengan beban (l_a) pada lintasan dan membandingkannya dengan jarak perpindahan linier yang dihasilkan satu putaran penuh roda traktor tanpa beban (l_t) yang telah diketahui sebelumnya.

Nilai tenaga tarik (*drawbar power* P_o) dan tenaga masukan (*power input* P_i) dalam watt diketahui berturut-turut dari persamaan 2 dan 3, dimana P adalah gaya tarik traktor (N), v merupakan kecepatan linier traktor (m/s), T adalah torsi pada poros roda (Nm) dan ω adalah kecepatan angular roda (rad/s). Adapun nilai



Gambar 4. Penguji kinerja roda besi bersirip *multi angle*.

efisiensi traksi (*tractive efficiency*) η dalam % diketahui dari persamaan 4.

$$P_o = P \times v \tag{2}$$

$$P_i = T \times \omega \tag{3}$$

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} 100 \tag{4}$$

Beban tarik atau *drawbar pull* bila dipadukan dengan parameter kecepatan maju traktor, akan menghasilkan tenaga tarik atau *drawbar power*. Beban tarik dalam percobaan ini berupa komponen bobot traktor (W_t) ke arah bawah sejajar kemiringan lereng pengujian (α) ditambah gaya *rolling resistance* seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

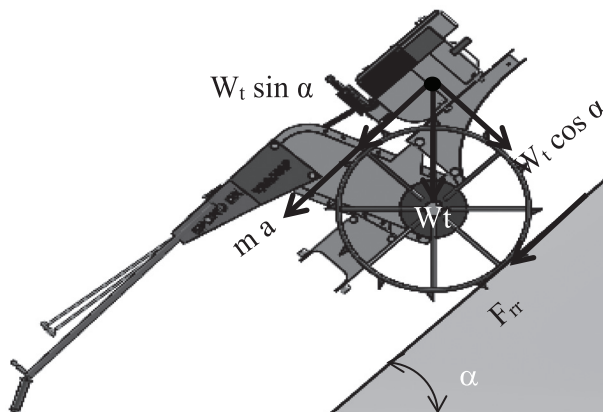
$$P = m a + W_t \sin \alpha + F_{rr} \tag{5}$$

Konfigurasi roda besi bersirip terbaik dipilih berdasarkan hasil efisiensi traksi yang paling tinggi. Hermawan *et al.* (2001) menyatakan bahwa efisiensi traksi akan bernilai tinggi apabila perbandingan daya keluaran (*output*) dengan daya masukan (*input*) yang dihasilkan oleh roda besi bersirip adalah besar. Liljedahl *et al.* (1989) menyatakan bahwa traktor akan mampu beroperasi dengan baik apabila hasil perbandingan tenaga yang dihasilkan suatu alat traksi dengan tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan alat traksi adalah besar. *Sinkage* yang semakin dalam dan slip yang semakin besar akan menurunkan gaya angkat serta gaya tarik traktor (Sembiring *et al.* 1990).

Hasil dan Pembahasan

Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional dilakukan dengan cara mengamati fungsi roda sirip sebagai alat traksi dari traktor dua roda. Pada saat pengujian, *flens* dapat terpasang dengan baik terhadap *boss* pada poros roda traktor. Pengujian perubahan sudut sirip juga dilakukan dengan cara mengangkat salah satu poros traktor terlebih dahulu menggunakan dongkrak, setelah itu pin pengunci dilepas. *Rim* berubah sudut



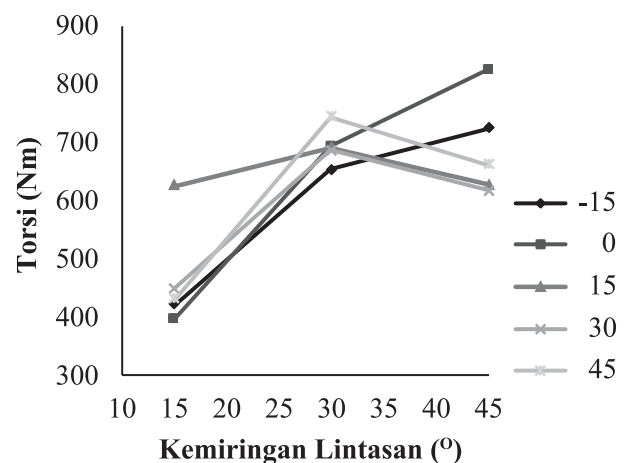
Gambar 5. Perhitungan beban tarik.

dapat digerakkan searah ataupun berlawanan jarum jam dengan menggunakan tangan sesuai dengan sudut sirip yang diinginkan. Mekanisme sirip *multi-angle* dapat bekerja dan roda dapat berputar dengan baik, sehingga dapat ditetapkan bahwa roda bekerja sebagai alat traksi

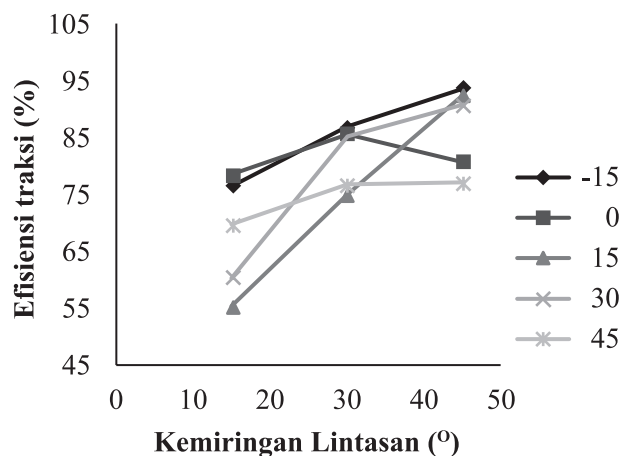
Kinerja Roda Besi Bersirip *Multi-angle*

Parameter yang sudah didapatkan dari hasil pengukuran lalu diolah untuk mengetahui besar efisiensi traksi dan slip. Berikut adalah hasil pengukuran kinerja roda besi bersirip *multi-angle* yang pertama adalah grafik yang memperlihatkan grafik hubungan sudut sirip terhadap rata-rata torsi pada poros roda untuk setiap sudut lereng yang diukur (Gambar 6).

Dari grafik terlihat nilai rata-rata torsi pada roda yang tidak beraturan, dimana terlihat nilai torsi untuk setiap sudut sirip meningkat dari sudut lereng 15° ke sudut 30°, namun pada sudut lereng 45° terjadi perbedaan, untuk sudut sirip -15 dan 0 nilai rata-rata torsi meningkat sedangkan untuk sudut sirip 15°, 30° dan 45° mengalami penurunan. Selanjutnya nilai rata-rata torsi sudut sirip 15° nilai rata-rata cenderung lebih stabil dibandingkan sudut sirip yang lain pada



Gambar 6. Grafik hubungan sudut sirip terhadap torsi pada poros roda untuk setiap sudut lereng



Gambar 7. Grafik hubungan sudut sirip terhadap efisiensi traksi pada setiap sudut lereng.

setiap kemiringan lereng. Hal ini dikarenakan beban traktor yang ditumpu oleh poros traktor akan semakin besar bila sudut kemiringan lintasan semakin curam. Menurut Ubaidillah (2016) secara umum efisiensi traksi meningkat seiring dengan peningkatan beban yang diberikan untuk setiap jumlah dan sudut sirip. Khusus untuk kelerengan dengan Hubungan sudut sirip terhadap efisiensi traksi pada setiap sudut kemiringan lintasan dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.

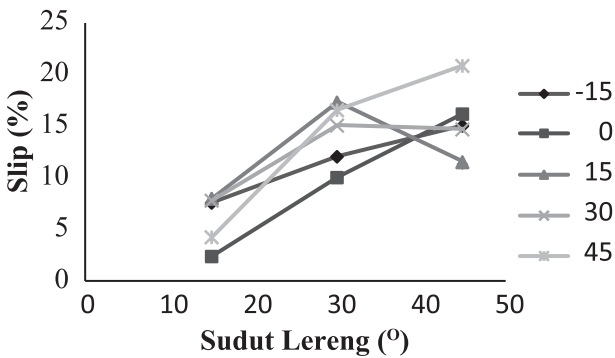
Dalam hal ini terlihat kecenderungan peningkatan efisiensi traksi untuk setiap sudut sirip pada setiap peningkatan sudut kemiringan lereng, sampai pada batas tertentu.. Peningkatan yang signifikan terlihat pada sudut sirip 15°, sedangkan pada sudut sirip 45° terlihat hanya sedikit peningkatan efisiensi dibandingkan dengan sudut sirip yang lain. Efisiensi sudut sirip 0° terlihat menurun pada sudut kemiringan lereng 45°. Efisiensi traksi yang paling tinggi dicapai oleh sudut sirip -15°. Nilai efisiensi traksi, pada beberapa penelitian sebelumnya seperti oleh Triratanasirichai et al., (1990); Wayotha dan Salokhe (2001); dan Soekarno dan Salokhe (2003), selalu disandingkan dengan nilai slip roda saat nilai efisiensi traksitersebut tercapai. Berdasarkan pertimbangan sebagaimana oleh Triratanasirichai et al. (1990) dan Wayotha dan Salokhe (2001) yang mendasarkan spesifikasi roda terbaik pada performansi traksi dan biaya pembuatan, maka spesifikasi roda dengan jumlah 12 sirip dengan sudut 30° dianggap sebagai spesifikasi optimum. Dapat disimpulkan bahwa

efisiensi traksi sangat dipengaruhi oleh sudut sirip dan kemiringan lintasan, semakin besar kemiringan lintasan lereng, efisiensi traksi cenderung meningkat naik pada sudut sirip yang lebih kecil.

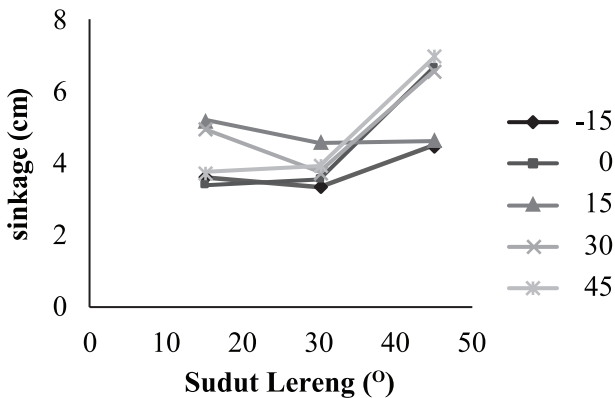
Hubungan sudut sirip terhadap terjadinya slip pada setiap sudut kemiringan lintasan dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.

Pada grafik untuk setiap sudut sirip yang diuji terlihat kecenderungan peningkatan nilai persen slip seiring meningkatnya sudut kemiringan lereng. Slip tertinggi terjadi pada sudut sirip 45° dan slip yang paling rendah terjadi pada sudut sirip -15. Keunikan terjadi pada sudut sirip 15° dimana terjadi peningkatan antara sudut kemiringan lintasan 15° dan 30° tapi kemudian menurun pada sudut kemiringan lintasan 45°. Slip tertinggi terjadi pada sudut sirip 45 dan slip terendah terjadi pada sudut sirip -15. Dalam hal ini terlihat bahwa semakin tinggi kemiringan lereng semakin besar beban horizontal (beban tarik) yang ditumpu oleh tanah yang di teruskan melalui sirip sehingga slip semakin meningkat, namun tidak terlihat kecenderungan pengurangan slip pada sudut sirip yang lebih kecil. Selain itu slip yang terjadi akan menentukan besarnya *sinkage* roda, dimana *sinkage* roda akan bertambah seiring dengan bertambahnya slip, hal ini terjadi karena roda cenderung untuk berputar di tempat yang sama sehingga roda akan terus menerus menggerus tanah. Grafik hubungan sudut sirip terhadap *sinkage* pada setiap kemiringan lintasan dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.

Pada gambar terlihat kecenderungan penurunan *sinkage* dari sudut kemiringan lereng 15° ke 30° namun kemudian meningkat pada sudut kemiringan lereng 45. Selanjutnya *sinkage* pada sudut sirip 15° tertinggi terjadi pada sudut lereng 15°, tapi kemudian turun pada sudut lereng 30° dan kembali turun pada sudut lereng 45°, pada sudut sirip -15 mengalami *sinkage* yang paling kecil. Nilai ketenggelaman roda (*sinkage*) pada setiap variasi sudut berbeda-beda. Mandang dan Nishimura (1991) menyatakan bahwa ketenggelaman roda terjadi akibat adanya penurunan permukaan tanah akibat gaya dari luar khususnya



Gambar 8. Grafik hubungan sudut sirip terhadap persentase slip pada setiap sudut lereng.



Gambar 9. Grafik hubungan sudut sirip terhadap *sinkage* pada setiap sudut kemiringan lereng.



Gambar 10. Permasalahan pada pengujian roda besi bersirip *multi-angle*.

karena lalu lintas yang merupakan pertanda terjadinya pemadatan tanah pada daerah tersebut. Selain itu *sinkage* sangat dipengaruhi oleh bentuk dan ketajaman sirip serta sudut sirip yang terbentuk pada saat sirip akan menembus permukaan tanah. Dalam hal ini dapat direkomendasikan untuk penggunaan sudut sirip bersudut kecil yaitu 0° dan 15° saat melintasi lereng dan kembali ke sudut sirip 45° saat mengerjakan sawah.

Permasalahan

Permasalahan yang terjadi pada roda besi *multi-angle* saat pengujian antara lain: 1) kesulitan untuk mengganti sudut sirip ketika di lahan pengujian, namun tetap bisa dilakukan yaitu dengan menggunakan dongkrak serta balok kayu sebagai alasnya dan 2) banyak tanah yang menempel pada bagian kuping sirip dan plat sirip, sehingga menyulitkan untuk mengatur posisi *rim* perubah sudut sirip. Tanah banyak yang menempel pada kuping sirip dan lengan sirip dikarenakan pada saat sudut sirip 0° dan -15° , plat sirip mampu menembus tanah, sehingga tanah yang dipindahkan oleh plat sirip lebih banyak. Selain itu disebabkan juga karena lereng pengujian memiliki adhesi yang cukup tinggi. Permasalahan yang terjadi pada roda besi *multi-angle* dapat dilihat pada Gambar 10.

Simpulan

Beberapa simpulan yang dapat diajukan dari penelitian ini meliputi beberapa fakta berikut:

1. Hasil pengujian fungsional menunjukkan bahwa mekanisme rim perubah sudut, poros plat sirip dan plat pengunci sudut dapat bekerja dengan baik. Flens roda besi bersirip *multi-angle* dapat terpasang dengan baik pada boss poros roda traktor sehingga dapat digunakan sebagai alat traksi.
2. Rataan torsi maksimum pada sudut lereng 15° terjadi pada sudut sirip 15° , pada sudut lereng 30° terjadi pada sudut sirip 45° dan pada sudut lereng 45° terjadi pada sudut sirip 0° . Efisiensi traksi tertinggi pada sudut lintasan 15° terjadi pada sudut sirip 0° , selanjutnya pada sudut lintasan 30° terjadi pada sudut sirip -15° dan pada sudut lintasan 45° efisiensi traksi tertinggi juga terjadi pada sudut sirip -15° . Slip terbaik pada sudut lereng 15° terjadi pada sudut sirip 0° , selanjutnya pada sudut lereng 30° terjadi pada sudut sirip 30° sedangkan pada sudut lintasan 45° slip terbaik terjadi pada sudut sirip -15° dan 15° . Sinkage yang terjadi pada sudut lintasan 15° tertinggi adalah pada sudut sirip 15° , pada sudut lintasan 30° juga terjadi pada sudut sirip 15° sedangkan pada sudut lereng 45° terjadi pada sudut sirip 45° .
3. Hasil pengujian pada lereng 45° menunjukkan bahwa roda sirip dengan sudut sirip -15° menghasilkan efisiensi traksi tertinggi (93.83%).

Untuk mendaki lereng, roda sirip dengan sudut sirip lebih kecil (0° dan -15°) menghasilkan efisiensi traksi lebih tinggi dan slip yang lebih kecil dibandingkan menggunakan sudut sirip yang lebih besar. Roda besi bersirip *multi-angle* dengan sudut sirip yang lebih kecil, lebih baik kinerja pendakiannya dibandingkan dengan roda konvensional bersirip kaku. Untuk mendapatkan kinerja roda besi bersirip *multi angle* yang baik sudut sirip dapat disesuaikan dengan kemiringan lintasan yang akan dilalui oleh traktor tangan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan sesuai Kontrak Penelitian Disertasi Doktor (PDD) Tahun Anggaran 2018 No. Kontak 258/PL20/R15/SP2-PDD/2018

Daftar Pustaka

- Gill, W.R., dan G.E. Vanden Berg. 1968. Soil Dynamic in Tillage and Tractions. Agriculture Research Service United State Departement of Agricultural.
- Hermawan, W., M. Yamazaki dan A. Oida. 1998a. Experimental analysis of soil reaction on a lug of a moveable lug wheel. Journal of Terramechanics. 35:119-135.
- Hermawan, W., M. Yamazaki dan A. Oida. 1998b. Design and traction performance of the movable lug wheel. Journal of Terramechanics. 35:159-177.
- Hermawan W, Suastawa IN dan Sudioanto D. 2001. Traction Performance of Movable Lug Wheel with Spring Mechanism and Rubber Log. Journal of ISSAAS. 7(1):58-77.
- Jayasundera, L. 1980. Study of Factors Affecting the Design of Flat Lugged Cage Wheels in Paddy Soils. M. Eng. Thesis No. 80-15. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
- Mandang, T., dan Nishimura I. 1991. Hubungan Tanah dan Alat Pertanian. JICA-DGHE/IPB PROJECT/ADAET: JTA-9a (132). Proyek Peningkatan Perguruan Tinggi (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Phongsupasamit S. 1988. Basic Research on Walking Tractors Engineering Design Theories. Dissertasi. Kyushu University. Japan.
- Sakai, J., R.G. Sitompul, E.N. Sembiring, R.P.A. Setiawan, I.N. Suastawa dan T. Mandang. 1998. Traktor 2-Roda. Laboratorium Alat dan Mesin Budidaya Pertanian. Bogor (ID) : Institut Pertanian Bogor.
- Sukartaatmadja. 2004. Konservasi Tanah dan Air. IPB Press. Bogor.
- Soekarno, S., dan V.M. Salokhe. 2003. Soil reactions on the cage wheels with staggered echelons of half width lugs and perfect chevron lugs in wet clay soil.

- Agricultural Engineering International: The CIGR Journal of scientific Research and Development.
- Triratanasirichai, K., A. Oida, dan M. Honda. 1990. The Performance Of Cage Wheels for Small Power Tillers in Agricultural Soil, *Journal of Terramechanics*. 27(3):193-205.
- Ubaidillah. 2016. Analisa Empiris Kinerja Traksi Roda Ramping Bersirip di Lahan Basah. Thesis. Bogor (ID). Institut Pertanian Bogor.
- Wayotha, C., dan V.M. Salokhe. 2001. Tractive performance of cage wheel with opposing circumferential lugs. *Journal of Agricultural Engineering Resource*. 79(4):389-398.