

# jTEP

## JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

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

Vol. 5, No. 1, April 2017



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 dan Teknologi 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 pada bulan April, Agustus dan Desember berisi 12 naskah untuk setiap monuron baik dalam edisi cetak maupun edisi online. 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: 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, Darmaga, Bogor 16680.  
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,  
E-mail: [jtep@ipb.ac.id](mailto:jtep@ipb.ac.id) atau [jurnaltep@yahoo.com](mailto:jurnaltep@yahoo.com)  
Website: [web.ipb.ac.id/~jtep](http://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 menelaan (me-review) Naskah pada penerbitan Vol. 5 No. 1 April 2017. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Dr.Ir. Lady Corrie Ch. Emma Lengkey, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi), Dr.Ir. Andasuryani, S.TP, M.Si (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas), Dr. Rudiati Evi Masithoh, STP, M.Dev.Tech (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof. Dr.Ir. Bambang Purwantana, MS (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof.Ir. I Made Supartha Utama, MS., Ph.D (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana), Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Sri Rahayoe, STP., MP (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr. Joko Nugroho Wahyu Karyadi. M.Eng (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Lilik Sutiarto, M.Eng (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Abdul Rozaq, DAA (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. I Wayan Budiastara, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Diding Suhandy, STP.,M.Agr (Fakultas Pertanian, Universitas Lampung), Ir. Moh. Agita Tjandra, M.Sc, Ph.D (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas), Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP (Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Hasanuddin), Prof.Dr.Ir. Budi Indra Setiawan, M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor), Dr. Suhardi, STP., MP (Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Hasanuddin), Dr.Ir. Hadi K. Purwadaria, M.Sc (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor).

---

*Technical Paper*

## **Analisis Kinerja Traksi Roda Besi Bersirip Di Lahan Sawah**

### *Analysis of Lug Wheel Tractive Performance in Paddy Fields*

Muhammad Taufiq, Program Studi Teknik Mesin Pertanian dan Pangan Institut Pertanian Bogor.

Email: muh.fiq09@gmail.com

Tineke Mandang, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Institut Pertanian Bogor.

Email: tineke\_mandang\_2003@yahoo.com

Wawan Hermawan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Institut Pertanian Bogor.

Email: w\_hermawan@ipb.ac.id

#### **Abstract**

*Paddy field soil condition is an important factor to be considered in designing a lug wheel for paddy field cultivation. To get the optimum wheel design, the wheel traction performance should be predicted before constructing the wheel. The purpose of this research were 1) to develop a prediction method of lug wheel performance, 2) to analyze the performance of lug wheel, and 3) to select the best configuration of lug wheel design. Tractive performance prediction method was developed based on the forces acting on active lugs when the wheel operates in the soil. Soil reaction forces to wheel lugs were predicted using measured data of soil resistance on plat penetration in the soil. Nine wheel designs were tested in a paddy field to validate the prediction of wheel traction performance. The results showed that the developed prediction method developed had not approached the wheel traction efficiency measurement results. The wheel traction efficiency prediction showed a high level of error that was more than 65%. The best wheel design for the paddy field was determined from the highest average measurement value of the wheel traction efficiency i.e 47.81%, that was the wheel with 12 lugs and 30° lug angle.*

**Keywords:** *design, lug wheel, paddy field, performance prediction, tractive efficiency*

#### **Abstrak**

Kondisi lahan sawah merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam perancangan roda besi bersirip untuk pengolahan tanah. Untuk mendapatkan desain roda besi bersirip yang optimal, kinerja traksi harus diduga sebelum melakukan perancangan. Tujuan dari penelitian ini adalah 1) untuk mengembangkan sebuah metode pendugaan kinerja traksi roda besi bersirip, 2) untuk menganalisis kinerja traksi roda besi bersirip, 3) untuk menentukan konfigurasi desain roda besi bersirip terbaik. Metoda untuk menduga kinerja traksi dikembangkan berdasarkan gaya-gaya reaksi yang bekerja pada sirip aktif pada saat roda besi bersirip beroperasi di lahan. Gaya reaksi tanah pada sirip roda diduga dengan menggunakan data pengukuran tahanan tanah terhadap penetrasi plat. Sebanyak 9 buah tipe desain roda besi bersirip telah diuji pada lahan sawah untuk memvalidasi hasil pendugaan kinerja traksi roda besi bersirip. Hasil validasi menunjukkan bahwa efisiensi traksi hasil pengembangan metode pendugaan belum mendekati hasil efisiensi traksi pengukuran. Pendugaan efisiensi traksi roda besi bersirip menghasilkan tingkat *error* yang tinggi yaitu lebih dari 65%. Desain roda besi bersirip terbaik untuk lahan sawah ditentukan dari rata-rata nilai efisiensi traksi hasil pengukuran tertinggi sebesar 47.81% yaitu roda besi bersirip dengan jumlah sirip 12 dan sudut sirip 30°.

**Kata Kunci:** *desain, efisiensi traksi, lahan sawah, prediksi kinerja, roda besi bersirip.*

*Diterima: 20 April 2016; Disetujui: 09 Juni 2016*

## Latar Belakang

Pengolahan tanah adalah salah satu faktor yang berperan sangat penting dalam peningkatan produksi budidaya tanaman padi. Traktor roda dua merupakan alat yang sering digunakan dalam pengolahan tanah pada lahan sawah. Pemakaian traktor roda dua untuk pengolahan tanah sawah dapat mempermudah pekerjaan pengolahan tanah, meningkatkan kapasitas, efisiensi, dan kenyamanan dalam bekerja. Faktor utama yang secara langsung mempengaruhi kinerja traktor roda dua yang beroperasi di lahan sawah adalah roda besi bersirip. Plackett (1985) menyatakan bahwa roda traktor yang berputar akan mengalami gaya traksi, tahanan gelinding, gaya kemudi, gaya dukung tanah, dan gaya akibat berat traktor itu sendiri. Triratanasirichai *et al.* (1990) menyatakan bahwa efisiensi traksi maksimum dan daya *drawbar* maksimum pada traktor roda dua jenis roda besi bersirip secara signifikan dipengaruhi oleh *lug angle* (sudut sirip), *lug pitch* (spasi antar sirip), slip roda dan kondisi tanah. Kondisi tanah pada lahan sawah di Indonesia umumnya mengandung kadar air yang sangat tinggi dan memiliki lapisan lumpur yang dalam. Oleh karena itu sangat perlu perancangan roda besi bersirip yang baik sebagai alat traksi pada traktor roda dua, sehingga traktor roda dua dapat mengolah tanah pada lahan sawah dengan optimal.

Roda besi bersirip perlu didesain dengan cermat berdasarkan kondisi tanah dan traktor yang digunakan. Agar roda yang didesain dapat diperkirakan kinerja traksinya, maka metode pendugaan kinerja traksi roda besi bersirip ini perlu dikembangkan. Hermawan (1998) mempertimbangkan sistem sirip-tanah untuk menduga gaya reaksi tanah terhadap sirip yang memerlukan banyak parameter karakteristik tanah yang harus diukur atau diketahui. Sebagai alternatif, perlu dilakukan pengukuran dengan instrumen yang praktis dan mudah dilakukan, salah satunya dengan memanfaatkan penetrometer. Gaya reaksi tanah pada sirip-sirip roda yang aktif dapat diduga dengan pengukuran tahanan tanah terhadap penetrasi plat (Hermawan 2009). Dengan

cara ini diharapkan efisiensi traksi roda besi bersirip dapat diduga sehingga dapat diperoleh desain roda besi bersirip terbaik yang dapat digunakan pada kegiatan pengolahan tanah lahan sawah.

Tujuan dari penelitian ini adalah : (1) mengembangkan metode pendugaan efisiensi traksi roda besi bersirip, (2) menganalisis efisiensi traksi roda besi bersirip, dan (3) menentukan konfigurasi desain roda besi bersirip terbaik.

## Bahan dan Metode

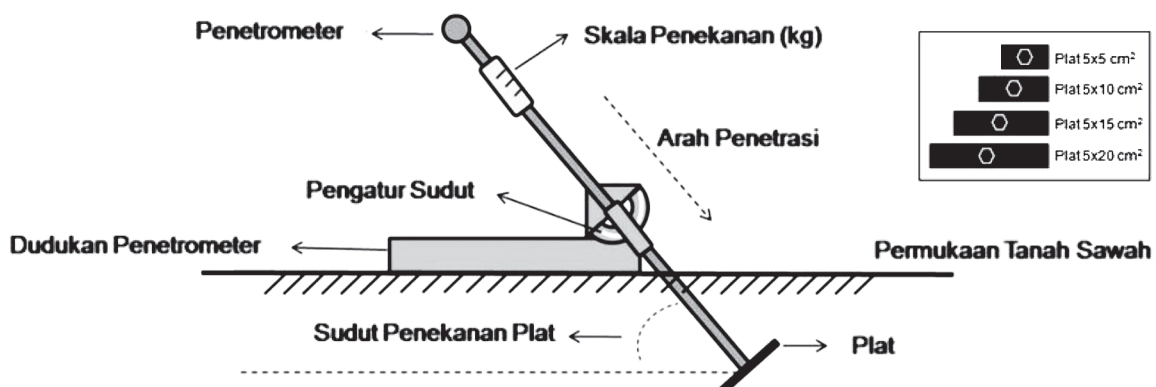
### Pengukuran Sifat Fisik Dan Tahanan Penetrasi Tanah

Karakteristik tanah yang diukur adalah : (1) kadar air, (2) dry bulk density, (3) porositas, dan (4) indeks plastisitas. Pengukuran dilakukan dengan cara mengambil sampel tanah pada kedalaman tanah di antara rentang 5cm - 20 cm. Pengambilan sampel tanah dilakukan secara acak sebanyak tiga titik dengan menggunakan ring sample. Pengukuran tahanan tanah terhadap penetrasi plat di sawah menggunakan penetrometer yang dilengkapi plat datar dan penahan kemiringan. Plat penekan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1. Variasi sudut penekanan yaitu 30°, 45°, 60°, 75°, dan 90° masing-masing pada tiap kedalaman 5cm, 10cm, 15cm, dan 20cm.

### Pendugaan Efisiensi Traksi Roda Besi Bersirip

Efisiensi traksi roda besi bersirip dapat diduga dari hasil pengukuran tahanan tanah terhadap penetrasi plat. Pengukuran tahanan tanah terhadap penetrasi plat dapat digunakan untuk mengetahui besarnya gaya reaksi tanah yang bekerja pada plat. Pada saat roda berinteraksi dengan tanah pada kedalaman *sinkage* (*Z*) tertentu, terdapat beberapa sirip aktif yang bereaksi untuk menghasilkan gaya reaksi pada tanah. Banyaknya sirip aktif ini sangat menentukan besarnya gaya angkat dan gaya tarik yang dihasilkan roda. Posisi sudut serta arah gaya reaksi disajikan pada Gambar 2.

Berikut ini tahapan yang dilakukan dalam pendugaan efisiensi traksi roda besi bersirip :



Gambar 1. Skema pengukuran tahanan penetrasi tanah terhadap plat.

1. Penentuan sudut juring ( $\theta_{jr}$ ) berdasarkan jari-jari roda ( $R_r$ ) dan sinkage ( $Z$ ) (asumsi roda tenggelam pada kedalaman 20 cm)

$$\theta_{jr} = 2 \cdot \cos^{-1} \left[ \frac{(R_r - Z)}{R_r} \right] \quad (1)$$

2. Penentuan jumlah sirip aktif ( $J_{sa}$ ) berdasarkan jumlah sirip ( $J_s$ )

$$J_{sa} = \frac{\theta_{jr}}{360} \cdot J_s \quad (2)$$

3. Penentuan sudut antar sirip ( $\theta_s$ ) berdasarkan jumlah sirip ( $J_s$ )

$$\theta_s = \frac{360}{J_s} \quad (3)$$

4. Penentuan sudut yang dibentuk oleh sirip aktif arah horizontal ke-n ( $\theta_n$ ) berdasarkan sudut antar sirip ( $\theta_s$ )

- a. Jika jumlah sirip aktif = 3

$$\theta_1 = 90 + \theta_s \quad (4)$$

$$\theta_2 = 90$$

$$\theta_3 = 90 - \theta_s$$

- a. Jika jumlah sirip aktif = 4

$$\theta_1 = 90 + (0.5\theta_s) + \theta_s \quad (5)$$

$$\theta_2 = 90 + (0.5\theta_s)$$

$$\theta_3 = 90 - (0.5\theta_s)$$

$$\theta_4 = 90 - (0.5\theta_s) - \theta_s$$

5. Penentuan sudut ( $\alpha_n$ ) yang dibentuk gaya resultan ( $F_r$ ) sirip aktif ke-n ke arah horizontal tanah dan sudut ( $\beta_n$ ) yang dibentuk gaya penetrasi ( $F_p$ ) sirip aktif ke-n ke arah horizontal tanah berdasarkan sudut sirip ( $\lambda$ )

$$\alpha_n = \theta_n - \lambda \quad (6)$$

$$\beta_n = 90 - \alpha_n \quad (7)$$

6. Perhitungan gaya reaksi resultan yang bekerja pada sirip aktif ( $F_r$ ) berdasarkan tahanan penetrasi tanah terhadap plat ( $T_p$ ) dan luas permukaan sirip ( $A_s$ ), gaya reaksi horizontal ( $F_h$ ) dan gaya reaksi vertikal ( $F_v$ ) berdasarkan gaya reaksi resultan ( $F_r$ ) dan sudut ( $\alpha_n$ )

$$F_r = \sum_{j=1}^{i=js} A_s \cdot T_p \quad (8)$$

$$F_v = F_r \cos \alpha \quad (9)$$

$$F_h = F_r \sin \alpha \quad (10)$$

7. Perhitungan tahanan gelinding roda ( $F_{rr}$ ) berdasarkan berat traktor sebesar 273.3 kg ( $W_t$ ) dan koefisien tahanan gelinding roda sebesar 0,2 ( $C_{rr}$ ) (Oida 1992)

$$F_{rr} = 0.5 (W_t \cdot C_{rr} \cdot 9.81) \quad (11)$$

8. Perhitungan gaya tarik ( $D_{bp}$ ) berdasarkan gaya reaksi horizontal total ( $F_{h-total}$ ) dan tahanan gelinding roda ( $F_{rr}$ )

$$D_{bp} = F_{h-total} - F_{rr} \quad (12)$$

9. Perhitungan torsi ( $T$ ) berdasarkan gaya resultan ( $F_r$ ) dan lengan torsi ( $l_t$ )

- a. Untuk jumlah sirip aktif = 3

$$T = (F_{r1} \cdot l_t) + (F_{r2} \cdot l_t) + (F_{r3} \cdot l_t) \quad (13)$$

- b. Untuk jumlah sirip aktif = 4

$$T = (F_{r1} \cdot l_t) + (F_{r2} \cdot l_t) + (F_{r3} \cdot l_t) + (F_{r4} \cdot l_t) \quad (14)$$

Dengan asumsi gaya reaksi resultan tanah ( $F_r$ ) tegak lurus terhadap plat sirip, maka lengan torsi ( $l_t$ ) dapat dihitung berdasarkan sudut sirip ( $\lambda$ ), jari-jari roda ( $R_r$ ) dan tinggi sirip ( $T_s$ ).

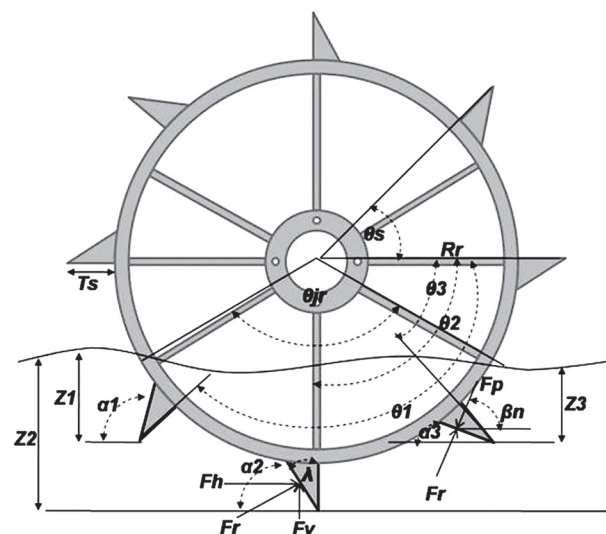
$$l_t = (\cos \lambda \cdot R_r) - \left( \frac{T_s}{2} \right) \quad (15)$$

10. Perhitungan kecepatan maju teoritis roda ( $V_t$ ) berdasarkan diameter roda ( $D_r$ ) dan kecepatan putar ( $n_{rpm}$ ) (nilai kecepatan putar roda yang diinput diasumsikan sama dengan nilai kecepatan putar roda hasil pengujian yaitu sebesar 13.5-21.7 rpm).

$$V_t = D_r \cdot \pi \cdot \left( \frac{n_{rpm}}{60} \right) \quad (16)$$

11. Perhitungan kecepatan maju aktual roda ( $V_a$ ) berdasarkan kecepatan maju teoritis roda ( $V_t$ ) dan slip roda (nilai slip roda yang diinput diasumsikan sama dengan nilai slip roda hasil pengujian yaitu sebesar 15-21%).

$$V_a = V_t - (V_t \cdot Slip) \quad (17)$$



Gambar 2. Sudut-sudut dan gaya reaksi yang terbentuk oleh sirip aktif.



12. Perhitungan efisiensi traksi ( $\eta_t$ ) berdasarkan gaya tarik ( $D_{bp}$ ), kecepatan maju aktual roda ( $V_a$ ), torsi ( $T$ ) dan kecepatan putar roda ( $\omega$ ) (Hermawan et al. 2001)

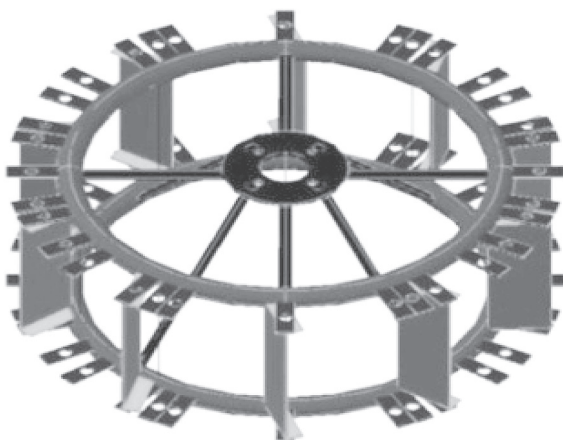
$$\eta_t = \frac{(D_{bp} \cdot V_a)}{(T \cdot \omega)} \cdot 100\% \quad (18)$$

**Pengukuran Kinerja Traksi Roda Besi Bersirip di Lahan Sawah**

Roda uji didesain agar dapat diatur jumlah sirip dan sudut yang siripnya. Adapun spesifikasi detail dari roda uji yang digunakan untuk pengujian di lahan sawah adalah sebagai berikut : a) diameter roda ( $D_r$ ) = 86 cm, b) jumlah sirip ( $J_s$ ) = 10, 12 dan 14, c) sudut sirip ( $\lambda$ ) = 30°, 35° dan 40°, d) panjang sirip ( $P_s$ ) = 36 cm, e) tinggi sirip ( $T_s$ ) = 9 cm dan f) berat roda ( $W_r$ ) = 34.41 kg. Berikut adalah gambar roda uji untuk pengujian di lahan sawah yang ditampilkan pada Gambar 3.

Pengukuran gaya tarik (*drawbar pull*) diukur dengan menggunakan instrumen pemberi beban tarik yang dihubungkan pada traktor yang sedang melaju. Skema pengukuran gaya tarik disajikan pada Gambar 4.

Kecepatan maju roda, kecepatan putar roda dan slip roda diukur dengan mengukur jarak tempuh dan waktu tempuh dalam satu putaran roda. Skema pengukuran kecepatan maju roda, kecepatan putar



Gambar 3. Roda besi bersirip uji.

roda dan slip roda yang disajikan pada Gambar 4. Torsi pada poros roda diukur dengan seperangkat instrumen yang terhubung dengan sensor *strain gauge* yang dipasang di transduser torsi. Sebelum pengujian, transduser torsi dikalibrasi dan diperoleh persamaan regresi  $Y = 2395.425X - 697.30$  dimana  $Y$  = torsi dan  $X$  = mikro strain ( $\mu\epsilon$ ). Ketenggelaman roda (*sinkage*) diukur dengan perangkat plat *slider*, lengan *slider* dan potensiometer (Gambar 5). Sensor potensiometer pada *slider sinkage* akan membaca data berupa tahanan ( $\Omega$ ). Sebelum pengujian, instrumen pengukur *sinkage* dikalibrasi dan diperoleh persamaan regresi  $Y = 1238.35X - 67.72$  dimana  $Y$  = *sinkage* dan  $X$  = tahanan ( $\Omega$ ).

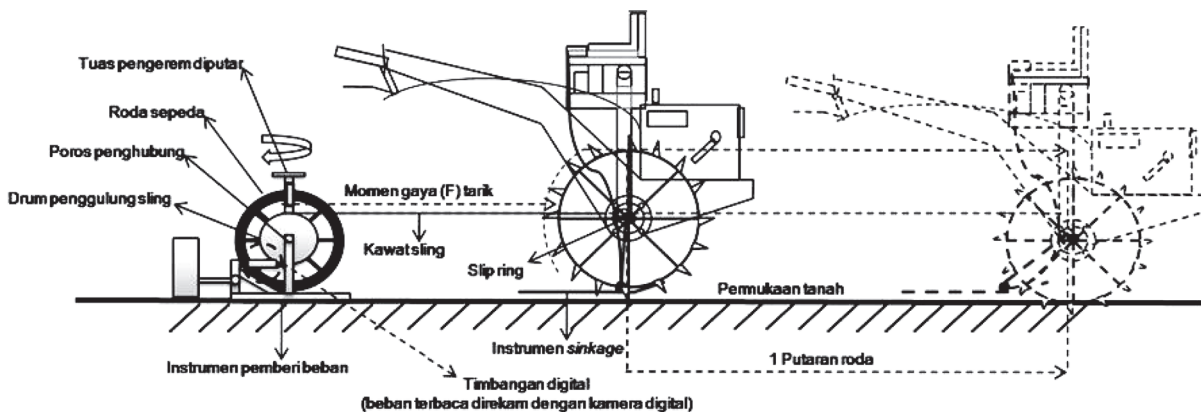
**Penentuan Konfigurasi Desain Roda Besi Bersirip Terbaik di Lahan Sawah**

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. Sembiring et al. (1990) menyatakan bahwa *sinkage* yang semakin dalam dan slip yang sangat besar akan menurunkan gaya angkat serta gaya tarik traktor. Soekarno dan Salokhe (2003) juga menjelaskan bahwa semakin tinggi kekuatan tarik dan semakin tinggi nilai gaya angkat maka roda sangkar akan bekerja lebih baik dalam hal traksi dan pengapungan.

**Hasil dan Pembahasan**

**Hasil Pengukuran Sifat Fisik dan Tahanan Penetrasi Tanah**

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tanah sawah memiliki kadar air rata-rata 62.59%, *dry bulk density* rata-rata 1.05 g/cm<sup>3</sup>, porositas kering rata-



Gambar 4. Skema pengujian kinerja traksi roda besi bersirip.

Tabel 1. Persamaan regresi linear tahanan tanah terhadap penetrasi plat 324 cm<sup>2</sup>.

Sudut Plat Sirip	Persamaan Regresi Linear	R <sup>2</sup>
30	$Y = 0.731X + 4.242$	0.995
45	$Y = 0.921X + 3.916$	0.997
60	$Y = 1.032X + 3.589$	0.996
75	$Y = 0.895X + 7.509$	0.999
90	$Y = 0.790X + 11.26$	0.990

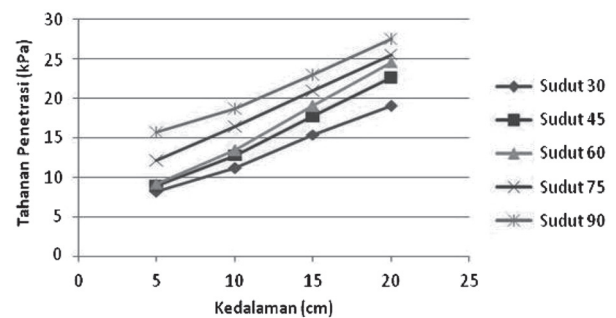
rata 60.5%, dan indeks plastisitas 17.83% dengan jenis tanah lempung berliat. Rata-rata pengukuran kedalaman lumpur 20.14 cm. Hasil pengukuran tahanan tanah terhadap penetrasi plat dengan ukuran 5x20 cm<sup>2</sup> pada beberapa perlakuan sudut disajikan pada Gambar 6.

Berdasarkan hasil pengukuran tahanan tanah terhadap penetrasi plat dengan ukuran 5x20 cm<sup>2</sup> maka dengan rasio ukuran plat yang sama (1:4) dihitung tahanan tanah terhadap penetrasi sirip dengan ukuran 9x36 cm<sup>2</sup>. Berikut hasil dari tahanan tanah terhadap penetrasi sirip dengan ukuran 9x36 cm<sup>2</sup> (324 cm<sup>2</sup>) disajikan pada Tabel 1.

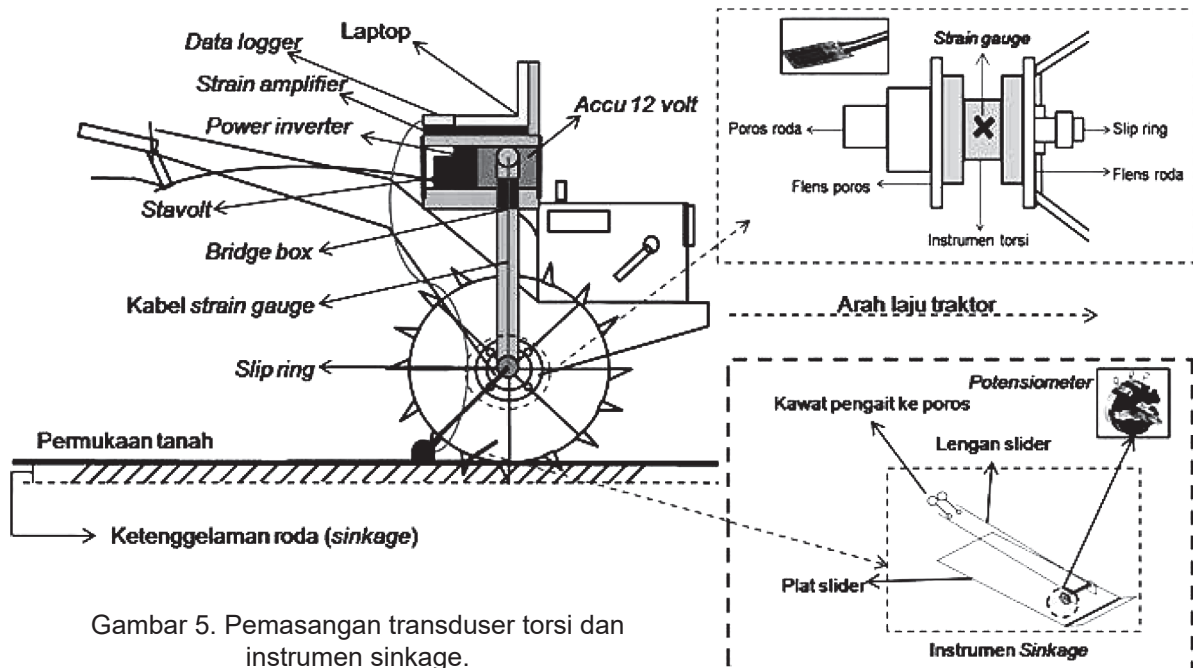
**Hasil Pendugaan Kinerja Traksi Roda Besi Bersirip**

Pendugaan kinerja traksi roda besi bersirip dapat dihitung dengan persamaan (1) sampai dengan persamaan (18) yang telah dijelaskan pada metode penelitian sebelumnya. Berdasarkan data hasil pengukuran tahanan tanah terhadap penetrasi plat pada Tabel 1 maka gaya-gaya reaksi yang bekerja pada roda besi bersirip dapat dihitung. Berikut adalah hasil pendugaan gaya-gaya reaksi pada plat sirip-sirip aktif roda besi bersirip dan pendugaan efisiensi traksi roda besi bersirip disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Hasil pendugaan efisiensi traksi menjelaskan bahwa jumlah sirip roda yang semakin banyak maka akan mempengaruhi nilai efisiensi traksi menjadi semakin besar. Nilai efisiensi yang meningkat ini disebabkan oleh nilai gaya tarik (*drawbar pull*) yang semakin meningkat. Selain itu, peningkatan nilai efisiensi traksi ini juga semakin diperjelas karena gaya-gaya reaksi seperti gaya resultan ( $F_r$ ), gaya horizontal ( $F_h$ ) dan ( $F_v$ ) yang dihasilkan roda semakin meningkat terhadap jumlah sirip roda yang semakin banyak. Berdasarkan hasil pendugaan nilai efisiensi traksi pada Tabel 3 maka efisiensi traksi roda besi bersirip terbesar berada pada roda dengan jumlah sirip 12 dan sudut sirip 40°. Sedangkan pengaruh sudut sirip yang semakin besar pada pendugaan efisiensi traksi raoda besi berisip mengakibatkan penurunan terhadap nilai gaya tarik roda (*drawbar pull*) dan nilai torsi. Hasil pendugaan efisiensi traksi yang dapat dilihat pada Tabel 3 juga menjelaskan bahwa metode pendugaan yang dikembangkan ini memiliki rata-rata nilai efisiensi traksi pendugaan yang berkisar diantara 70% - 80% pada setiap jumlah sirip (10, 12 dan 14) dan sudut sirip (30°, 35° dan 40°).



Gambar 6. Hasil pengukuran tahanan tanah terhadap penetrasi plat (5x20 cm<sup>2</sup>).



Gambar 5. Pemasangan transduser torsi dan instrumen sinkage.



Tabel 2. Hasil pendugaan gaya-gaya reaksi pada plat sirip-sirip aktif roda besi bersirip berdasarkan hasil tahanan tanah terhadap penetrasi plat sirip 324 cm<sup>2</sup>.

Jumlah Sirip	Sudut Sirip	<i>F<sub>r</sub></i> Total (N)	<i>F<sub>h</sub></i> Total (N)	<i>F<sub>v</sub></i> Total (N)
10	30	2037.66	1583.16	957.95
	35	2065.76	1518.98	1044.46
	40	2053.39	1400.81	1136.09
12	30	2509.75	1880.48	1221.79
	35	2543.95	1853.24	1338.01
	40	2227.94	1721.52	1109.30
14	30	2666.56	2084.41	1254.84
	35	2705.57	2056.05	1376.15
	40	2722.31	1991.92	1469.52

Tabel 3. Hasil pendugaan efisiensi traksi roda besi bersirip berdasarkan hasil pendugaan gaya-gaya reaksi pada plat sirip-sirip aktif roda besi bersirip.

Jumlah Sirip	Sudut Sirip	Kec. Maju (m/s)	Kec. Putar (rad/s)	<i>D. Pull</i> (N)	Torsi (N.m)	Ef.Traksi (%)
10	30	0.77	2.01	1315.05	667.11	75.74
	35	0.78	2.11	1250.87	634.67	72.92
	40	0.82	2.27	1132.70	583.98	69.97
12	30	0.79	2.18	1612.37	821.67	70.98
	35	0.72	2.06	1585.14	781.59	71.18
	40	0.73	2.08	1453.41	633.62	80.96
14	30	0.51	1.41	1816.30	873.01	75.73
	35	0.64	1.81	1787.94	831.25	76.42
	40	0.63	1.81	1723.82	774.22	77.75

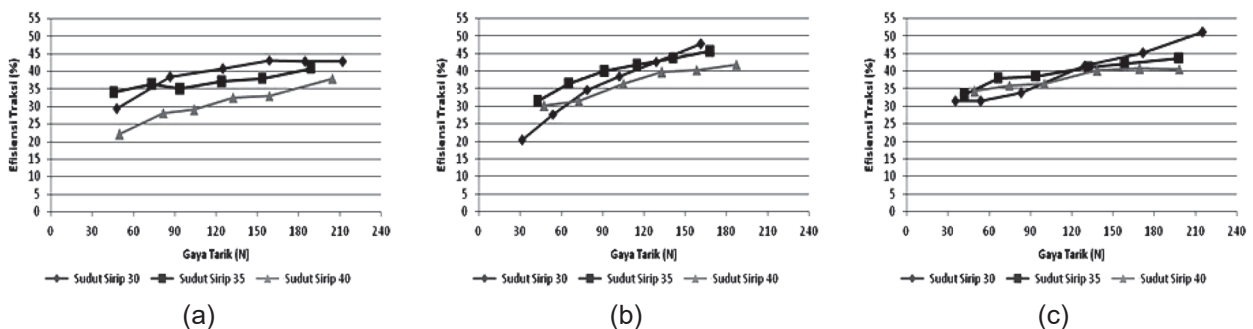
**Kinerja Traksi Roda Besi Bersirip di Lahan Sawah**

Kinerja traksi roda besi bersirip dapat diketahui dari hasil pengukuran efisiensi traksi, slip roda dan ketenggelaman roda (*sinkage*). Kinerja traksi roda besi bersirip dikatakan baik apabila nilai efisiensi traksinya besar, nilai slip rodanya kecil dan nilai ketenggelaman rodanya kecil. Berikut adalah hasil pengukuran efisiensi traksi roda besi bersirip untuk setiap perlakuan jumlah sirip dan sudut sirip disajikan pada Gambar 7.

Hasil efisiensi traksi roda besi bersirip pada Gambar 7 diatas menunjukkan bahwa efisiensi

traksi meningkat seiring dengan meningkatnya beban tarik. Peningkatan beban tarik akan membuat gaya tarik (*drawbar pull*) serta torsi juga meningkat. Efisiensi traksi terbesar dihasilkan pada roda besi bersirip dengan jumlah sirip 12 dan sudut sirip 30° untuk tingkat gaya tarik sebesar 170 N.

Hasil pengukuran slip roda (Gambar 8) menjelaskan bahwa seiring bertambahnya jumlah sirip maka akan menurunkan kinerja traksi roda besi bersirip. Hal ini disebabkan karena semakin kecilnya luas permukaan tanah yang menjadi tumpuan sirip ke tanah sehingga gaya reaksi tanah dari hasil penetrasi sirip menjadi berkurang.



Gambar 7. Hasil pengujian efisiensi traksi roda besi bersirip dilahan sawah, (a) jumlah sirip 10, (b) jumlah sirip 12, (c) jumlah sirip 14.

Dengan demikian slip yang semakin besar akan mengakibatkan efisiensi traksi roda besi bersirip menjadi kecil. Pernyataan ini bersesuaian dengan Crossley dan Kilgour (1983) yang menyatakan bahwa slip yang terlalu besar akan mengurangi tenaga tarik traktor. Hermawan *et al.* (1996) menyatakan bahwa semakin bertambahnya gaya tarik akibat pertambahan beban maka akan semakin meningkatkan slip pada roda. Hasil slip roda besi bersirip uji yang disajikan pada Gambar 8.

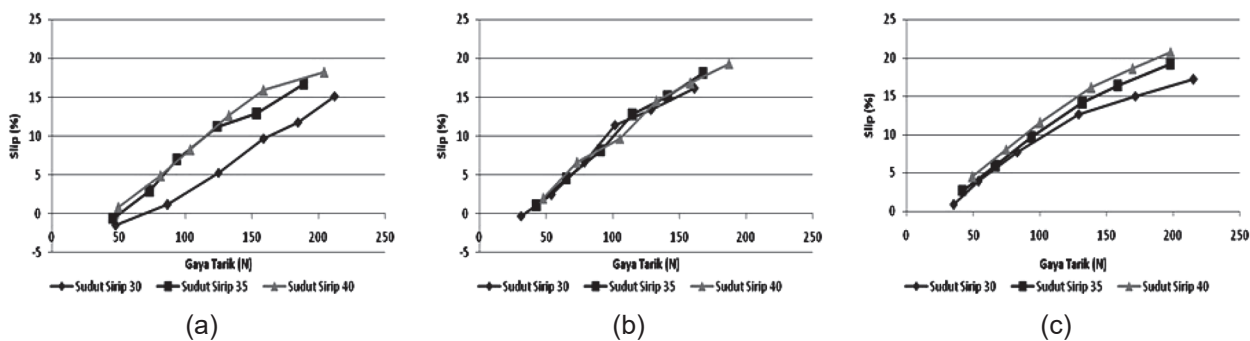
Hasil pengujian slip roda (Gambar 8) menjelaskan bahwa slip pada setiap jumlah sirip dari 10, 12 dan 14 untuk setiap sudut sirip berada pada nilai 10% dan semakin meningkat sampai dengan 20% pada rentang gaya tarik sebesar 80N – 100N. Hal ini menunjukkan bahwa sirip dengan jumlah yang lebih sedikit akan memberikan daya cengkram yang lebih besar terhadap tanah, atau dengan kata lain jumlah sirip yang lebih sedikit akan memberikan gaya angkat yang lebih besar terhadap kinerja traksi roda. Gaya angkat ini diperoleh dari gaya reaksi tanah hasil penetrasi sirip roda ke tanah. Gaya angkat yang besar dapat dimanfaatkan roda untuk diubah menjadi gaya tarik yang besar. Pendapat ini semakin diperkuat jelas dari penelitian Triratanasirichai *et al.* (1990) yang juga menguji kinerja traksi roda besi bersirip secara aktual di lahan berlumpur dengan menggunakan traktor tangan dan menyatakan bahwa nilai tenaga tarik akan maksimum pada nilai slip yang kecil.

Triratanasirichai *et al.* (1990) juga mengkaji

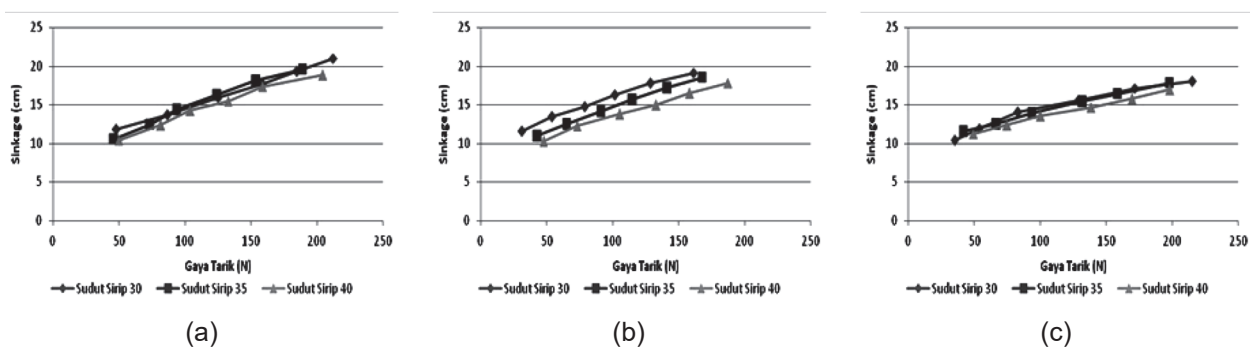
pengaruh sudut sirip terhadap kinerja roda besi bersirip. Hasilnya menunjukkan bahwa sudut sirip yang lebih kecil akan menghasilkan gaya tarik yang lebih besar jika dibandingkan dengan sudut sirip yang lebih besar (landai). Hal ini terjadi pada penelitian ini dimana pada jumlah sirip 14 dengan sudut sirip berturut-turut sebesar 30°, 35° dan 40° menghasilkan gaya tarik berturut-turut sebesar 266.51 N, 205.81 N dan 186.01 N pada slip roda 20%.

Mandang dan Nishimura (1991) menyatakan bahwa kenaikan beban dapat menyebabkan kenaikan ketenggelaman roda (*sinkage*). Hasil *sinkage* roda besi bersirip (Gambar 10) menunjukkan bahwa semakin besar jumlah sirip dan sudut sirip maka *sinkage* yang terjadi pada roda besi bersirip akan semakin kecil. Sudut sirip yang semakin besar akan menyebabkan sudut yang dibentuk untuk menekan tanah semakin kecil, yang mengakibatkan gaya angkat menjadi semakin besar. Gaya angkat semakin besar inilah yang menyebabkan *sinkage* menjadi semakin kecil.

Penelitian mengenai *sinkage* ini juga menyatakan bahwa *sinkage* yang besar akan mengurangi gaya tarik traktor. Pendapat ini semakin jelas dengan diperkuat dari penelitian Crossley dan Kilgour (1983) yang menyatakan bahwa *sinkage* dan slip yang terlalu besar akan mengurangi tenaga tarik traktor. Berkurangnya gaya tarik pada traktor sudah pasti akan berpengaruh terhadap kinerja traksi yang akan semakin tidak maksimal.



Gambar 8. Hasil pengujian slip roda besi bersirip di lahan sawah, (a) jumlah sirip 10, (b) jumlah sirip 12, (c) jumlah sirip 14.



Gambar 9. Hasil pengujian sinkage roda besi bersirip di lahan sawah, (a) jumlah sirip 10, (b) jumlah sirip 12, (c) jumlah sirip 14.

Tabel 4. Perbandingan efisiensi traksi ukur dengan efisiensi traksi duga.

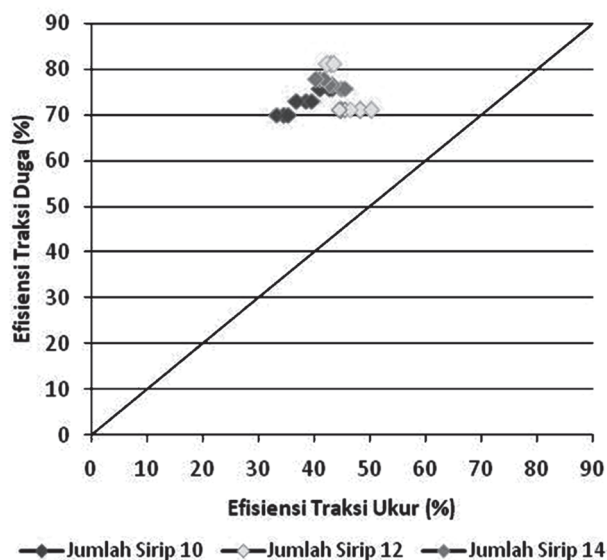
Jumlah Sirip	Sudut Sirip	E.T Duga (%)	E.T Ukur (%)			E.T Ukur Rataan (%)	Error (%)	Akurasi (%)
			1	2	3			
10	30	75.74	41.15	43.32	42.88	42.45	78.42	21.58
	35	72.92	38.61	39.61	36.78	38.34	90.20	9.80
	40	69.97	34.51	33.30	35.24	34.35	103.70	-3.70
12	30	70.98	48.33	50.20	44.88	47.81	48.47	51.53
	35	71.18	45.42	46.42	44.43	45.42	56.70	43.30
	40	80.96	43.08	42.27	43.46	42.94	88.55	11.45
14	30	75.73	44.78	45.06	45.53	45.12	67.82	32.18
	35	76.42	42.72	43.27	42.68	42.89	78.17	21.83
	40	77.75	41.15	41.88	40.36	41.13	89.02	10.98

**Validasi Efisiensi Traksi Duga dengan Efisiensi Traksi Ukur**

Hasil validasi efisiensi traksi duga dan ukur pada berbagai sudut sirip menunjukkan bahwa : (1) rata-rata *error* jumlah sirip 10 untuk setiap sudut sirip adalah sebesar 90.77%, sehingga akurasi adalah sebesar 9.23%, (2) rata-rata *error* jumlah sirip 12 untuk setiap sudut sirip adalah sebesar 64.57%, sehingga akurasi adalah sebesar 35.43%, (3) rata-rata *error* jumlah sirip 14 untuk setiap sudut sirip adalah sebesar 78.33%, sehingga akurasi adalah sebesar 21.67%.

Hasil validasi efisiensi traksi duga dengan efisiensi traksi ukur menunjukkan bahwa tingkat *error* efisiensi traksi hasil pendugaan masih sangat besar dan tingkat akurasi tidak mendekati nilai efisiensi traksi pengukuran. Rata-rata pendugaan efisiensi traksi menghasilkan tingkat *error* lebih dari 60% pada setiap jumlah sirip dan sudut sirip. Berikut adalah perbandingan hasil efisiensi traksi ukur dengan duga disajikan pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4, maka dapat ditarik simpulan



Gambar 10. Validasi efisiensi traksi duga dan ukur pada setiap jumlah dan sudut sirip.

bahwa pengembangan metode pendugaan kinerja traksi yang telah dibangun belum dapat dijadikan sebagai dasar untuk perancangan desain roda besi bersirip. Hal ini disebabkan karena metoda pendugaan kinerja traksi yang dikembangkan menduga nilai efisiensi traksi dengan sangat tinggi yaitu sebesar 70% - 80%, sedangkan hasil pengukuran efisiensi traksi secara langsung dilahan sawah hanya menghasilkan nilai sebesar 30% - 40%. Hasil pendugaan nilai efisiensi traksi yang tinggi ini disebabkan oleh hasil pendugaan gaya-gaya reaksi yang bekerja pada sirip-sirip aktif roda besi berisip menghasilkan nilai yang tinggi.

Kekurangan dari pengembangan metode pendugaan kinerja traksi roda besi bersirip pada penelitian ini yaitu terletak pada metode pendugaan yang dikembangkan mengabaikan faktor kerusakan tanah akibat penetrasi sirip-sirip aktif pada roda besi bersirip. Gaya-gaya reaksi yang diduga terhadap penetrasi sirip-sirip aktif dikembangkan melalui hasil pengukuran tahanan tanah terhadap penetrasi plat dengan kondisi permukaan tanah yang utuh atau tidak mengalami kerusakan. Sementara pada kondisi di lahan sawah yang terjadi yaitu sirip-sirip aktif pada roda besi bersirip yang bergerak akan merusak lintasan permukaan tanah sawah yang akan dilaluinya. Pada kondisi di lahan sawah sirip aktif pertama pada roda besi bersirip yang bekerja masuk ke dalam tanah akan merusak lintasan yang akan dilalui sirip aktif setelahnya, sehingga lintasan yang akan dilalui oleh sirip-sirip aktif berikutnya akan tidak lagi rata dengan permukaan tanah. Hal ini tentu saja akan mempengaruhi nilai pendugaan gaya-gaya reaksi tanah, sehingga membuat perbedaan yang signifikan antara hasil dari metode pendugaan kinerja traksi roda besi bersirip yang dikembangkan dengan pengukuran kinerja traksi roda besi bersirip secara aktual di lahan sawah.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka sangat disarankan agar pengembangan metode pendugaan kinerja traksi sebaiknya dilakukan dengan mengukur tahanan tanah terhadap penetrasi plat pada kondisi tanah yang

terganggu atau pada lintasan lahan sawah yang kondisi permukaan tanahnya mengalami kerusakan.

### Penentuan Konfigurasi Desain Roda Besi Bersirip Terbaik

Berdasarkan hasil efisiensi traksi pada Tabel 3 maka efisiensi traksi hasil pengukuran di lahan sawah terbesar yaitu pada roda besi bersirip dengan jumlah sirip 12 dan 30°. Data pengukuran efisiensi tersebut diambil dari tingkatan gaya tarik sebesar 170 N. Sehingga ditentukan konfigurasi desain roda besi bersirip terbaik dari hasil efisiensi traksi terbesar yaitu desain roda besi bersirip dengan jumlah sirip 12 dan sudut sirip 30°.

### Simpulan

Metode pendugaan kinerja traksi roda besi bersirip dapat dikembangkan dengan cara mengukur tahanan tanah terhadap penetrasi plat dengan kondisi permukaan tanah sawah yang terganggu atau rusak. Hasil pengukuran kinerja traksi roda besi bersirip di lahan sawah menghasilkan efisiensi traksi terbesar pada jumlah sirip 12 dan sudut sirip 30°, slip terkecil pada jumlah sirip 10 dan sudut sirip 30° dan *sinkage* terkecil pada jumlah sirip 14 dan sudut sirip 40°. Validasi efisiensi traksi roda besi bersirip hasil pendugaan dengan hasil pengukuran menunjukkan bahwa : (a) rata-rata *error* jumlah sirip 10 untuk setiap sudut sirip adalah sebesar 90.77% (akurasi 9.23%), (b) rata-rata *error* jumlah sirip 12 untuk setiap sudut sirip adalah sebesar 64.57% (akurasi 35.43%), (c) rata-rata *error* jumlah sirip 14 untuk setiap sudut sirip adalah sebesar 78.33% (akurasi 21.67%). Konfigurasi roda besi bersirip terbaik pada lahan sawah yaitu dengan jumlah sirip 12 dan sudut sirip 30°.

### Daftar Pustaka

- Hermawan, W., A. Oida and Yamazaki, M. 1996. Measurement of soil reaction on a single movable lug. *Journal of Terramechanics*. 33 (2) : 91-101
- Hermawan, W., A. Oida and Yamazaki, M. 1998. Design and traction performance of the movable lug wheel. *Journal of Terramechanics*. 35 (3) :159-177.
- Hermawan, W., I.N. Suastawa and D. Sudianto. 2001. Traction Performance of Movable Lug Wheel with Spring Mechanism and Rubber Lug. *Journal of ISSAAS*, 7 (1) : 58-77.
- Hermawan, W. 2009. Aplikasi pengukuran tahanan tanah terhadap penekanan plat dalam penentuan parameter desain roda besi bersirip. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. 23 (2) : 71-78.
- Liljedahl, J.B., Turnquist, P.K., D.W. Smith and M. Hoki. 1989. *Tractors and Their Power Units*. Van Nostrand Reinhold 115 Fifth Avenue New York 10003. New York.
- Oida, A. 1992. *Terramechanics*. Departemen of Agricultural Engineering Faculty of Agricultural Kyoto University. Kyoto 606-01. Japan.
- P. Crossley and J. Kilgour. 1983. *Small Farm Mechanization for Developing Countries*. John Willey and Sons. New York.
- Plackett, C.W. 1985. A Review Of Forces Prediction Methods for Off-Road Wheels. *J. Agric. Engineering Res*31: 1-29.
- Sembiring, E.N., I.N Suastawa dan Desrial. 1990. Sumber Tenaga Tarik di Bidang Pertanian. JICA-DGHE/IPB PROJECT/ADAET : JTA-9a (132). Proyek Peningkatan Perguruan Tinggi, IPB. Bogor.
- S. Soekarno and V.M. Salokhe. 2003. Soil Reaction on the Cage Wheels with Staggered Echelons of Half-width Lugs and Perfect Chevron Lugs in Wet Clay Soil. *The CIGR. Journal of Scientific Research and Development*. Manuscript PM 03-002.
- T. Mandang dan I. Nishimura. 1991. Hubungan Tanah dan Alat Pertanian. JICA-DGHE/IPBPROJECT/ADAET : JTA-9a (132). Proyek Peningkatan Perguruan Tinggi, IPB. Bogor.
- Tiratanasirichai, K., A. Oida and M. Honda. 1990. The Performance of Cage Wheel for Small Power Tiller in Agricultural Soil. *Journal of Terramechanics*. 27 (3) : 195-205.
- Tiratanasirichai, K. 1991. Study on the Cage Wheel for a Small Power Tiller. (Dissertation). Niigata University Japan. Japan

Halaman ini sengaja dikosongkan