

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

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

Vol. 6, No. 1, April 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 Bebestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 6 No. 1 April 2018. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Edward Saleh, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Nurpilihan Bafdal, M.Sc (Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran), Prof.Dr.Ir. Lilik Sutiarto, M.eng (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Andri Prima Nugroho, STP., M.Sc (Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Bambang Purwantana (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Radite Praeko Agus Setiawan, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Ir. I Made Anom Sutrisna Wijaya, M.App.Sc., Ph.D (Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana), Dr.Ir. Amin Rejo, M.P (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Hasbi, MSi (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Dr. Siti Nikmatin, M.Si (Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor), Dr. Farkhan (PT. CNC Controller Indonesia), Dr. Alimuddin, ST., MM., MT (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa) Dr. Dedy Wirawan Soedibyo, STP., M.Si (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Jember), Dr. Radi, STP., M.Eng (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Lenny Saulia, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Nursigit Bintoro, M.Sc (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Rokhani Hasbullah, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Andasuryani, STP., M.Si (Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Andalas), Dr.Ir. I Wayan Budiastira, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Dewa Made Subrata (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Ir. Nora H. Pandjaitan, DEA (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Rusnam, MS (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas), Dr. Radi, STP., M.Eng (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Dr. Suhardi, STP., MP (Program Studi Keteknikan Pertanian, Universitas Hasanuddin) Dr. Ir. Yuli Suharnoto, M.Eng (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor).

Technical Paper

Simulasi Perancangan Roda Bersirip Ramping untuk Traktor Roda Dua

Narrow-lugged Wheel Simulation Design for Two Wheels Tractor

Ayatulloh Nur Amin, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Email: ayatullohnuramin@gmail.com

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

Email: tineke_2003@gmail.com

Abstract

A narrow-lugged wheel is needed to a hand tractor or a machine to be able to pass in between paddy plants rows without ruining paddy plants. The objective of this study is to analyze the design parameter, to simulate narrow-lugged wheel on wet soil (paddy field) to have the stress value on the finned wheels. A narrow-lugged wheel model with 42 cm wheel diameter and 7 cm fin width was tested on a soil bin apparatus filled with wet soil. The wheel was tested on variations of 30°, 40° and 45° fin angles, with variation of 7, 10.5, and 14 cm. Data validation was done by using the performance test result of narrow-lugged wheel and the simulation of existing cage wheel. The best result on the 45° fin angle with 7×10.5 cm dimension can produce the maximum tractive efficiency (23.3%), 203.81 N with 3 active fin, and get a low stress value 0.07 MPa compared to the yield strength value 282 MPa.

Keywords: *lugged-wheel, narrow-lugged, soil bin, wet soil.*

Abstrak

Roda ramping bersirip dibutuhkan untuk traktor tangan agar mampu melintas di antara tanaman padi tanpa merusak tanaman padi. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis terhadap parameter desain, menyimulasikan roda bersirip ramping pada tanah basah (sawah) untuk menghasilkan nilai *stress* pada sirip roda. Model roda ramping yang digunakan berdiameter 42 cm dan lebar sirip 7 cm yang diuji pada *apparatus* uji bak tanah (*soil bin*) dengan kondisi tanah basah. Roda diuji pada variasi sudut sirip 30°, 40°, dan 45° dengan variasi tinggi sirip 7, 10.5, dan 14 cm. Validasi data dilakukan dengan hasil uji performansi prototipe roda bersirip ramping pada tanah lahan sawah dengan menggunakan simulasi roda ramping bersirip dan simulasi roda sangkar *existing*. Hasil terbaik pada sudut sirip 45° dengan dimensi 7×10.5 cm dapat menghasilkan efisiensi traksi yang paling tinggi sebesar 23.3%, menghasilkan gaya resultan sebesar 203.81 N dengan 3 sirip aktif, dan memiliki nilai *stress* yang cukup rendah sebesar 0.07 MPa dibandingkan dengan nilai *yield strength* sebesar 282 MPa.

Kata kunci: bak tanah, roda bersirip, sirip ramping, tanah basah.

Diterima: 02 Februari 2017; Disetujui: 5 Februari 2018

Pendahuluan

Kondisi traktor saat ini masih belum efisien dalam pengolahan tanah. Tidak efisien karena mobilitas traktor masih belum optimal dengan kecepatan maju yang rendah, slip roda yang tinggi, dan efisiensi traksi yang rendah. Oleh karena itu, dilakukan perancangan alsintan yang mempunyai mobilitas tinggi. Alsintan yang digunakan adalah traktor roda dua dan bagian yang dirancang adalah roda.

Selama ini penggunaan traktor roda dua pada lahan sawah sangat jarang digunakan. Hal ini menyebabkan fungsi dari traktor roda dua menjadi

kurang optimal sehingga manfaat penggunaan traktor roda dua bagi para petani tidak maksimal. Keterbatasan ini disebabkan oleh dimensi roda bersirip yang tersedia memiliki dimensi lebar yang jauh lebih besar daripada jarak tanam padi sehingga saat roda bersirip itu melintasi tanaman maka akan mengganggu dan merusak tanaman padi.

Modifikasi roda besi bersirip dilakukan untuk meningkatkan mobilitas sehingga memudahkan pekerjaan bagi petani dalam meningkatkan produktifitas kerja. Roda yang dirancang adalah roda ramping bersirip dengan ukuran tapak yang lebih sempit.

Indonesia merupakan negara dengan tingkat konsumsi beras tertinggi di dunia. Produksi padi tahun 2015 sebanyak 75.36 juta ton gabah kering giling atau mengalami kenaikan sebanyak 4.51 juta ton (6.37 persen) dibandingkan tahun 2014 (BPS 2016). Oleh karena itu produktivitas padi akan meningkat sejalan dengan mobilitas traktor roda dua yang meningkat.

Bahan dan Metode

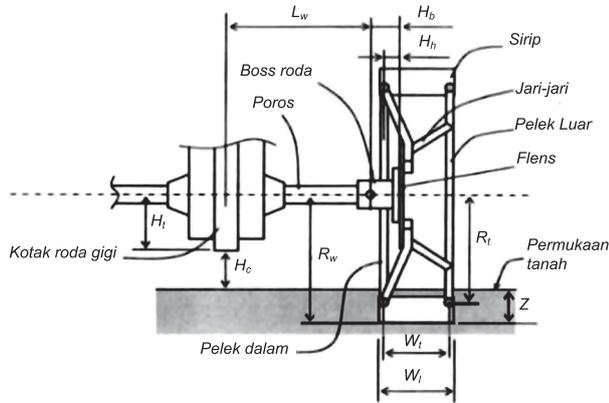
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data pengujian roda ramping bersirip di *soil bin* (Idkham 2016) dan data konstruksi traktor roda dua. Penelitian ini terdiri dari analisis desain, perumusan ide rancangan, kondisi tanah, kalibrasi sensor torsi, gambar teknik dan simulasi, dan validasi hasil simulasi.

Alat dan Bahan

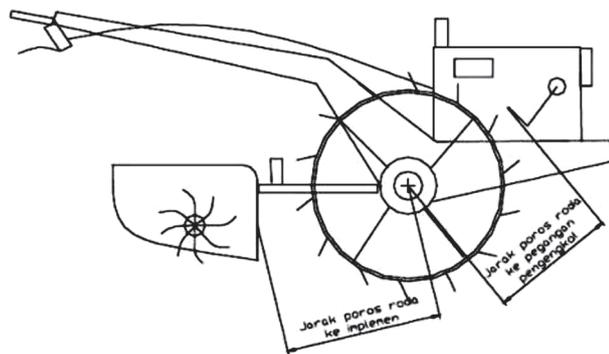
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat komputer untuk proses perancangan simulasi dan analisis numerik, *software Solidworks Premium 2014*, dan *software Microsoft Office 2013*.

Analisis Desain

Parameter desain yang ditentukan adalah: ukuran sirip roda, diameter roda, dan jumlah sirip. Data yang



Gambar 1. Skema penentuan diameter roda (Hermawan dalam Cebro 2006).



Gambar 2. Skema pengukuran ruang bebas gerak roda pada traktor.

digunakan dalam keperluan analisis ini adalah data dari penelitian Idkham (2016) yaitu: data pengujian performansi roda bersirip ramping di *soil bin*. Data pengujian roda bersirip ramping tersebut telah diukur dengan alat yang sudah dikalibrasi.

Diameter Roda

Diameter roda minimum harus ditentukan dengan memperhatikan formasi dasar yang menunjukkan ketenggelaman roda, *Z* dan *ground clearance*, *Hc* seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.

Dari Gambar 1, jari-jari luar roda sirip *Rw* dapat ditentukan dengan persamaan:

$$R_w = H_t + H_c + Z \tag{1}$$

$$D_w = 2R_w \tag{2}$$

di mana: *Rw* = jari-jari luar roda sirip,
Ht = jari-jari gear box
Hc = ground clearance,
Z = ketenggelaman roda, dan
Dw = diameter roda.

Diameter roda maksimum dibatasi oleh ruang bebas pada traktor, dibatasi oleh lengan pengengkol engine. Data tersebut dapat diketahui dari hasil pengukuran: jarak poros roda ke bagian terdepan implemen, jarak lengan pengengkol ke poros roda, dan jarak bagian tengah traktor ke lengan pengengkol.

Jumlah Sirip Roda

Jumlah sirip *Sr* ditentukan dari rumus:

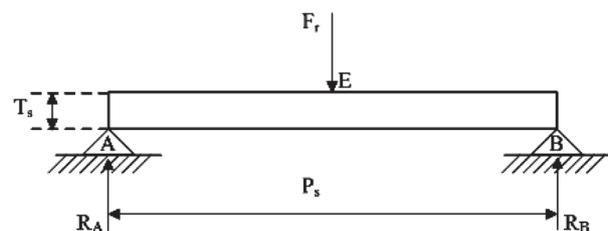
$$S_r = \frac{\pi D_r}{S_s} \tag{3}$$

di mana: *Sr* = jumlah Sirip
Dr = diameter roda
Ss = Spasi Sirip

Tebal Sirip

Perhitungan tebal sirip didasarkan pada gaya resultan tanah terhadap sirip (*F_r*). Menurut Rizaldi (2015) skema gaya yang bekerja pada sirip dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:

$$R_A = R_B = \frac{F_r}{2} \tag{4}$$



Gambar 3. Gaya yang bekerja pada titik tumpuan sirip.

Sehingga, momen di titik E dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$M_E = R_A \left(\frac{P_s}{2} \right) \quad (5)$$

$$T_s = \sqrt{\frac{(6M_E)}{J_{sa} \sigma_a P_s}} \quad (6)$$

di mana T_s adalah tebal sirip; J_{sa} adalah jumlah sirip aktif; P_s adalah tinggi sirip

Flens Roda

Flens roda merupakan bagian penting dari roda. Ukurannya harus ditentukan dari ukuran baku boss roda dan flensnya yang ada pada poros traktor. Diameter poros roda menurut Suga K dan Sularso (1978) dapat dihitung melalui persamaan:

$$d_s = \left[\frac{5.1}{\tau_a} K_t C_B T \right]^{1/3} \quad (7)$$

di mana, C_B adalah faktor lenturan, K_t adalah faktor koreksi untuk momen puntir.

Perhitungan Gaya

Perhitungan gaya dorong (*thrust*) didapatkan pada *Engineering Mechanics Dynamics* yang ditulis oleh Meriam (2001) sebagai berikut:

$$F_r = \frac{T}{r} \quad (8)$$

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

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

$$F_{total} = F_h + F_v + F_r \quad (11)$$

Perhitungan Energi Kinetik

Energi kinetik yang digunakan adalah energi kinetik translasi.

$$EK_T = \frac{1}{2} mv^2 \quad (12)$$

Perumusan Ide Rancangan

Penelitian ini adalah sebagian dari penelitian dengan judul: Pengembangan Roda Ramping Bersirip (*Narrow Lug Wheel*) untuk Lahan Sawah oleh Muhammad Idkham pada tahun 2016. Kemudian gambar teknik (gambar 3D) dibuat dalam bentuk plat datar yang tingginya lebih dominan terhadap lebar dan lebar dominan terhadap tebal dari plat sirip yang akan disimulasikan. Selain itu juga dibuat beberapa ukuran dan sudut kemiringan sebagai pembanding.

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Simulasi menggunakan karakteristik bahan yang dipilih sesuai nilai yang ada pada *software Solidworks Premium 2014*.
2. Kondisi batasan pada simulasi dan aktual menggunakan propertis tanah diasumsikan gaya

yang digunakan mengacu pada pengujian di *soil bin* untuk mengetahui nilai torsi pada poros roda, sehingga dihasilkan gaya sirip (F_{sirip}),

3. Faktor pembatas untuk merancang roda sirip antara lain: ukuran sirip yakni 7×7 cm, 7×10.5 cm, dan 7×14 cm, sudut sirip (30° , 40° dan 45°), jumlah sirip yakni 8 sirip, dan bentuk sirip yakni plat sirip datar, dan spasi sirip sebesar 15.4 cm.
4. Gravitasi yang digunakan adalah gravitasi bumi yakni 9.81 m/s^2 .

Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi analisis desain, analisis *stress*, analisis gaya dorong (*thrust*), analisis kecepatan, dan analisis energi kinetik

Kondisi Tanah

Besarnya nilai tahanan penetrasi tanah didapatkan sebesar 0.68 kg/cm^2 . Pengukuran dilakukan secara langsung di lapangan secara diagonal dengan menggunakan alat penetrometer dengan 5 titik sampel. Nilai tahanan penetrasi tanah didapatkan sebagai nilai *pressure* dari tanah yang dimasukkan sebagai *input* data di *Solidworks*. Menurut Abdul *et al.* (2010) nilai tahanan penetrasi tanah kurang dari 20 kg/cm^2 , kondisi tanahnya adalah tanah gembur (sangat tidak padat).

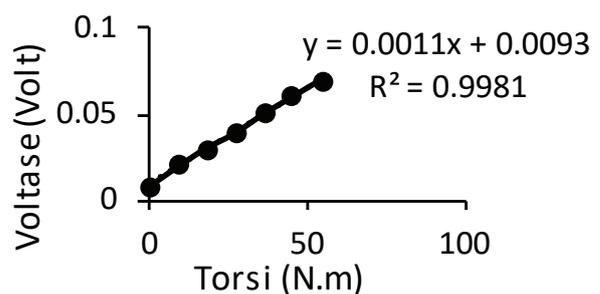
Kalibrasi Sensor Torsi

Data yang digunakan dalam kalibrasi ini adalah pengukuran torsi. Semua instrumen telah dikalibrasi pada saat pengukuran torsi. Dengan meningkatnya nilai voltase, maka nilai torsi juga akan meningkat.

Gambar Teknik dan Simulasi

Gambar teknik diperlukan agar dapat memudahkan dalam proses simulasi dan pembuatan model. Gambar teknik harus memperhatikan dimensi dan skala. Sehubungan dengan ukuran roda bersirip ramping sebenarnya cukup besar, pada penelitian ini disimulasikan model dengan rasio perbandingan yang lebih kecil sehingga dapat diskalakan menjadi ukuran sebenarnya. Model plat ramping bersirip dibuat dengan lebar (b) konstan 7 cm dengan kombinasi tinggi sirip (l) masing-masing yakni 7 cm, 10.5 cm, dan 14 cm dengan sudut sirip (θ) masing-masing yakni 30° , 40° , dan 45° .

Setelah itu dilakukan simulasi *stress* dan dianalisis. Simulasi *stress* dilakukan pada bagian



Gambar 4. Grafik hasil pengkalibrasian torsi.

sirip roda, kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran *stress* yang diuji di *soil bin*. Pengukuran *stress* pada *soil bin* mengacu pada persamaan:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (13)$$

Simulasi dilakukan dengan satu jenis studi yakni studi *dynamic* pada menu *Simulation*. Langkah-langkah studi *dynamic* yang dilakukan yakni dengan memilih *new study (linear dynamic)* kemudian menentukan jenis material yang digunakan (baja karbon), menentukan jenis *fixture (fixed geometry)*, menentukan jenis *external loads (force, pressure, dan torque)*, menentukan tipe *connections*, menentukan *mesh (medium dan fine)*, menentukan *properties*, dan setelah itu menjalankan simulasi dengan memilih *run*.

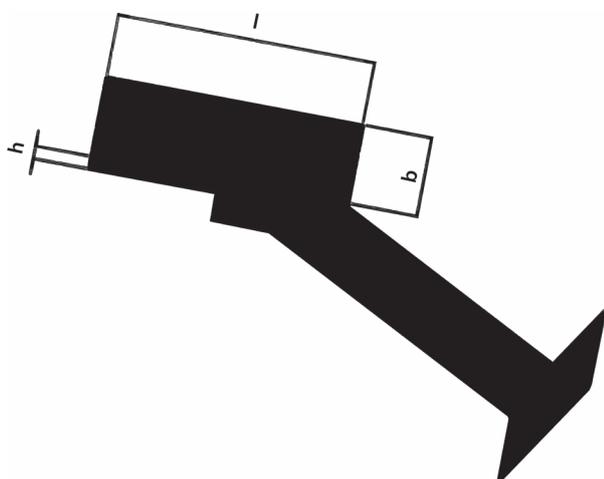
Validasi Hasil Simulasi

Hasil simulasi menggunakan *Solidworks* kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran (aktual) untuk melihat keabsahan hasil simulasi tersebut. Selanjutnya data yang telah didapatkan dari hasil simulasi roda ramping bersirip akan dibandingkan dengan hasil pengujian roda ramping bersirip di *soil bin*. Metode yang digunakan adalah membandingkan pengukuran *stress* di *soil bin* dengan hasil simulasi *stress* menggunakan *Solidworks*.

Analisis Parameter Desain

Parameter desain roda ramping bersirip mengacu pada dimensi *soil bin*. Parameter desain dibuat untuk mendapatkan ukuran roda ramping bersirip yang harus diperkirakan dengan kondisi ketika uji performansi di *soil bin*. Parameter desain didahului dengan penentuan gaya yang bereaksi dengan sirip diperoleh dari nilai torsi pada poros roda, jumlah sirip aktif, dan tekanan tanah terhadap sirip roda.

Berdasarkan hasil pengukuran traktor yang digunakan adalah Traktor Tangan Yanmar jenis



Gambar 5. Rancangan plat sirip.

Bromo DX dengan bobot traktor adalah 142 kg atau 3.27 kN, daya 8.5 kW, panjang 264 cm, lebar 76.5 cm, dan tinggi 106 cm didapatkan hasil desain melalui perhitungan: diameter roda, jumlah sirip, ukuran sirip, dan flens roda,

Diameter Roda

Berdasarkan hasil perhitungan analisis diameter roda, besarnya jari-jari maksimum roda sebesar 43 cm atau diameter roda maksimum sebesar 86 cm dan diameter roda minimum sebesar 39 cm. Ukuran ini diperoleh dengan mempertimbangkan besarnya kepalan tangan operator sebesar 5 cm (Agustina 2006), *ground clearance* tidak boleh kurang dari 5 cm, dan ketenggelaman roda (*sinkage*) tidak melebihi 5 cm yang disesuaikan dengan dimensi *soil bin*.

Jarak poros roda ke engkol = 48 cm

Jarak poros roda ke implemen = 89.6 cm

$R_{max} = 48 \text{ cm} - 5 \text{ cm} = 43 \text{ cm}$

$D_{max} = 2 \times R_{max} = 2 \times 43 \text{ cm} = 86 \text{ cm}$

Jari-jari *gearbox* (ht) = 9.5 cm

$R_{min} = z + h + ht = 5 + 5 + 9.5 = 19.5 \text{ cm}$

$D_{min} = 2 \times R_{min} = 2 \times 19.5 = 39 \text{ cm}$

Diameter minimum roda = 39 cm

Diameter maksimum roda = 86 cm

Dari hasil analisis, ditentukan diameter roda adalah 42 cm.

Jumlah Sirip

Jumlah sirip pada rancangan roda ramping bersirip ini ditentukan sebanyak 8 sirip, ketenggelaman roda 5 cm, dan spasi sirip 15.4 cm. Jumlah sirip aktif sebanyak 3 dan jumlah sirip pasif sebanyak 5. Berdasarkan diameter roda sebesar 42 cm dan spasi sirip sebesar 15.4 cm, maka diperoleh jumlah sirip sebanyak 8.

$$S_r = \frac{\pi D_r}{S_s} = \frac{\pi \times 42}{15.4} \approx 8$$

Ukuran Sirip

Roda bersirip ramping dapat diartikan sebagai roda yang memiliki tapak (plat) yang lebih kecil dibanding roda sirip pada umumnya. Ukuran sirip terdiri atas: lebar, tinggi, dan tebal sirip. Lebar sirip dibuat konstan 7 cm, hal ini didasarkan pada jarak tanam padi sebesar 25 cm. Namun, jarak tanam sebesar 25 cm ini tidak semuanya dapat digunakan sebagai ruang bebas disebabkan oleh adanya radius rumpun padi sebesar 9 cm, sehingga diperkirakan ruang bebas yang dapat digunakan untuk melintasnya roda traktor sebesar 7 cm. Tinggi sirip yang digunakan sebesar 7 cm, 10.5 cm, dan 14 cm. Jika sirip dirasiokan antara lebar dan tinggi sirip masing-masing adalah 1, 0.75, dan 0.5.

Tebal sirip diperoleh dari perhitungan momen pada titik tengah sirip. Dari hasil analisis, tebal sirip untuk jumlah sirip aktif 3 adalah 6.1 mm atau di pasaran 6 mm.

$$R_A = R_B = \frac{Fr}{2} = \frac{203.81}{2} = 101.9 \text{ N} = 10.38 \text{ kg}$$

$$M_E = R_A \left(\frac{Ps}{2} \right) = 10.38 \left(\frac{0.14}{2} \right) = 0.72 \text{ kgm}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{maks}}{sf_1 sf_2} = \frac{48}{6 \times 3} = 2.67 \text{ kg/mm}^2$$

$$T_s = \sqrt{\frac{(6M_E)}{J_{sa} \sigma_a P_s}} = \sqrt{\frac{(6 \times 0.72 \times 9.81)}{3 \times 2.67 \times 10^3 \times 0.14}} = 6$$

Flens Roda

Flens merupakan bagian roda yang berhubungan langsung dengan poros roda traktor sehingga flens juga dapat dikatakan sebagai pusat putaran roda. Bentuk dan ukuran dari flens disesuaikan dengan dimensi *soil bin* dan boss roda traktor.

Pada perancangan roda sirip ini, flens terbuat dari baja karbon tebal 8 mm, diameter 109.7 mm. Ukuran-ukuran ini disesuaikan dengan boss roda pada traktor yang akan digunakan yaitu Traktor Yanmar Bromo DX dengan daya *engine* 8.5 kW. Flens roda ini terdiri dari satu poros dan beberapa pengencang. Poros roda ini memiliki diameter bantalan 28 mm, dan lebar alur pasak 7 mm dengan ukuran pasak 7x7.

$$P = 8.5 \text{ kW}; n_1 = 2200 \text{ rpm}$$

$$f_c = 1.0 \text{ (daya maksimum)}$$

$$P_d = f_c \times P = 1.0 \times 8.5 \text{ kW} = 8.5 \text{ kW}$$

$$T = \frac{9.74 \times 10^5 \times P_d}{n_1} = \frac{9.74 \times 10^5 \times 8.5}{2200} = 3763$$

$$S30C, \sigma_B = 48 \text{ kg/mm}^2, Sf_1 = 6, Sf_2 = 3$$

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{(Sf_1 \times Sf_2)} = \frac{48}{(6.0 \times 3.0)} = 2 \text{ kg/mm}^2$$

$$C_b = 1.5; K_t = 1.5$$

$$d_s = \left[\frac{5.1 K_t C_b T}{\tau_a} \right]^{1/3} = \left[\frac{5.1}{3.22} \times 1.0 \times 1.5 \times 3763 \right]^{1/3}$$

Diameter poros: 25 mm

Anggap diameter bagian yang menjadi tempat bantalan adalah 28 mm.

Jari-jari fillet = 1.5 mm

Alur pasak: dengan diameter poros 25 mm maka bisa digunakan lebar pasak 7 mm dan diambil jari-jari fillet alur pasak 0.4 (perhatikan tabel ukuran pasak).

Konsentrasi tegangan pada poros beralur pasak adalah (gunakan grafik β): $\frac{r}{a_s} = \frac{1.5}{25} = 0.06$, $\frac{r}{a_s} = \frac{28}{25} = 1.12$ diplot pada grafik β didapat $\beta = 1.33$
Konsentrasi tegangan pada poros beralur pasak adalah (gunakan grafik α): $\frac{r_{fillet}}{a_s} = \frac{0.5}{25} = 0.016$, diplot pada grafik α didapat $\alpha = 2.73$ ($\alpha > \beta$)

$$\tau = \frac{5.1T}{d_s^3} = \frac{5.1 \times 3763.18}{25^3} = 1.228 \text{ kg/mm}^2$$

$$\frac{\tau_a \times Sf_2}{\alpha} = \frac{2.67 \times 3}{2.73} = 2.93 \text{ kg/mm}^2$$

Tabel 1. Karakteristik *AISI 1035 Steel (SS)*.

Karakteristik	Satuan	Nilai
<i>Yield strength</i>	N/m ²	2.82×10 ⁸
<i>Tensile strength</i>	N/m ²	5.8×10 ⁸
<i>Mass density</i>	kg/m ³	7850
<i>Elastic modulus</i>	N/m ²	2.05×10 ¹¹
<i>Poisson's ratio</i>	-	0.29

$$\tau \times C_b \times K_t = 1.228 \times 1.5 \times 1.5 = 2.76 \text{ kg/mm}^2$$

$$\text{Karena } \frac{\tau_a \times Sf_2}{\alpha} > \tau \times C_b \times K_t, \text{ baik.}$$

Sehingga:

Diameter poros 25 mm; S30C, diameter bantalan 28 mm, lebar alur pasak 7 mm; ukuran pasak 7x7

Gaya Reaksi Tanah

Gaya yang ditumpu pada roda ramping bersirip ditentukan berdasarkan torsi pada poros roda yang didapat dari hasil pengujian di *soil bin* untuk sudut sirip 45° didapatkan nilai gaya resultan adalah 218.1 N sehingga untuk satu roda diperoleh F_h 154.22 N dan F_v 154.22 N. Nilai-nilai gaya didapatkan dari hasil perkalian antara torsi pada poros roda dengan jari-jari sirip. Setelah itu, nilai tersebut dibagi dengan jumlah sirip aktif sebanyak 3 sirip.

$$Fr = \frac{T}{r} = \frac{45.8}{0.21} = 218.1 \text{ N}$$

$$Fh = 218.1 \times \sin 45^\circ = 154.22 \text{ N}$$

$$Fv = 218.1 \times \cos 45^\circ = 154.22 \text{ N}$$

$$F_{total} = 154.2 + 154.2 + 218.1 = 526.53 \text{ N}$$

$$A_{sirip} = 70 \times 140 = 9800 \text{ mm}^2$$

$$\text{Nilai stress} = \frac{F}{A} = \frac{526.53}{9800} = 0.0537 \text{ N/mm}^2$$

Gambar Teknik dan Simulasi

Pada penelitian ini, jenis baja karbon yang digunakan adalah jenis *AISI 1035 Steel (SS)* yang sudah tersedia di dalam properti *Solidwork Premium 2014* dengan karakteristik seperti pada Tabel 1.

Bagian yang mendapatkan nilai *stress* tertinggi pada tinggi sirip 7 cm dengan sudut sirip 30°, 40°, dan 45° berada di sekitar pengencang. Besar *stress* yang bekerja pada roda ramping bersirip diperlihatkan oleh warna biru tua menuju merah. Semakin menuju warna merah, maka tingkat *stress* semakin besar. Sehingga dapat dipastikan bahwa tipe *fixture*, yakni *fixed geometry* mempengaruhi analisis dari roda ramping bersirip. Skala pada *legend* nilai *stress von mises* berlaku untuk masing-masing gambar. Nilai *stress von mises* menunjukkan belum adanya deformasi pada roda ramping bersirip, hal ini dikarenakan dengan lebih kecilnya nilai puncak dari masing-masing *stress von mises* yaitu 3.216 N/mm²,

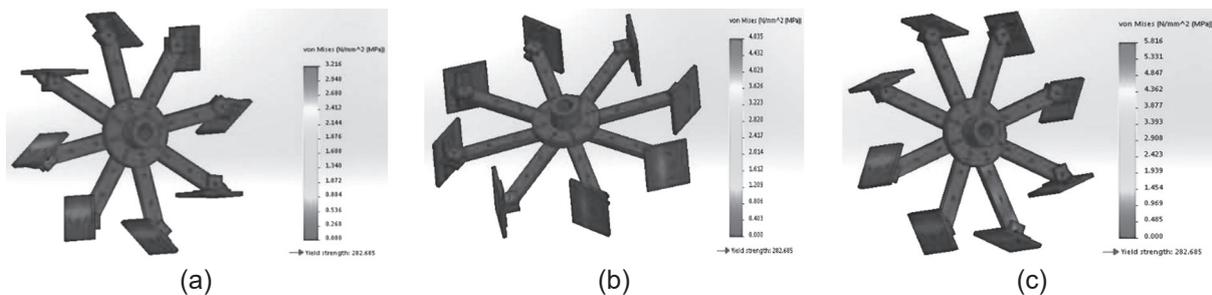
4.835 N/mm², 5.816 N/mm² dibandingkan dengan nilai *yield strength* sebesar 282 MPa atau 28.83 kg/mm² lebih kecil dari batas yang diijinkan dari bahan baja karbon (S30C) σ sebesar 48 kg/mm², sehingga pemilihan bahan dan geometri roda ramping bersirip dinilai tepat.

Skala pada *legend* nilai *stress von mises* berlaku untuk masing-masing gambar. Nilai *stress von mises* menunjukkan belum adanya deformasi pada roda ramping bersirip, hal ini dikarenakan dengan lebih kecilnya nilai puncak dari masing-masing *stress von mises* yaitu 0.35 N/mm², 7.64 N/mm², 6.842 N/mm² dibandingkan dengan nilai *yield strength* sebesar 282 MPa, sehingga pemilihan bahan dan geometri roda ramping bersirip dinilai tepat.

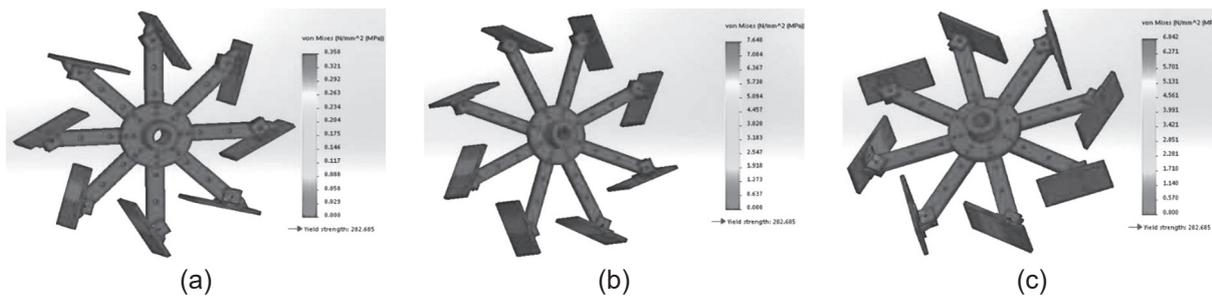
Jika nilai *stress* yang terjadi melebihi nilai *yield strength* maka diprediksikan kemungkinan akan terjadi retakan secara mikroskopis. Dalam penelitian ini, faktor pembatas dari *stress* yang ditimbulkan yaitu *elastic modulus* dari bahan. Oleh karena itu, jika *stress* melebihi nilai *elastic modulus* maka sirip tersebut masuk ke batas plastis dan dapat

diprediksikan akan patah. Pada roda ramping bersirip 40°, terlihat di tengah sirip yang menapak ke tanah mulai berwarna kuning menuju *orange*. Hal ini disebabkan tanah semakin menekan sirip dengan tekanan dari tanah yang besar pada dimensi sirip 7×14 cm. Skala pada *legend* nilai *stress von mises* berlaku untuk masing-masing gambar. Nilai *stress von mises* menunjukkan belum adanya deformasi pada roda ramping bersirip, hal ini dikarenakan dengan lebih kecilnya nilai puncak dari masing-masing *stress von mises* yaitu 20.25 N/mm², 5.749 N/mm², 13.338 N/mm² dibandingkan dengan nilai *yield strength* sebesar 282 MPa, sehingga dari kekuatan bahan masih sangat aman.

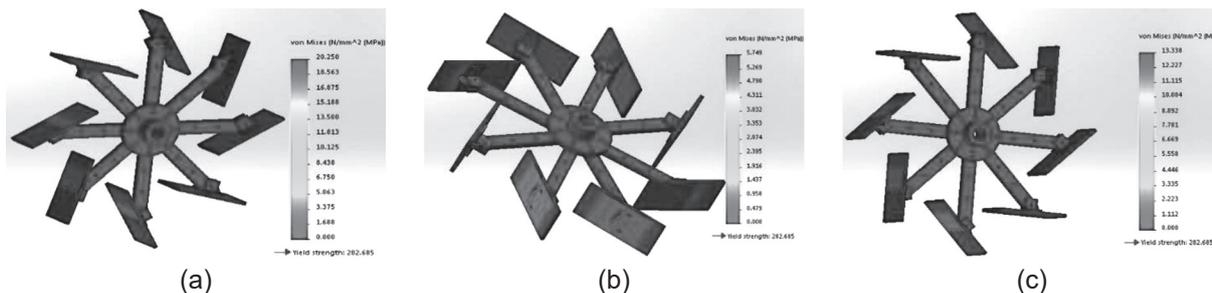
Hubungan antara tinggi sirip dengan *stress* berbanding terbalik. Semakin besar tinggi sirip maka *stress* yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini sejalan dengan teori gaya bahwa semakin besar luasan sirip (lebar dan tinggi), maka semakin besar gaya yang dihasilkan, seiring nilai *stress* yang semakin kecil. Jika nilai *stress* semakin kecil maka slip yang dihasilkan rendah dengan traksi yang tinggi dan



Gambar 6. (a) Simulasi roda sirip (7×7) cm sudut 30° (b) Simulasi roda sirip (7×7) cm sudut 40° (c) Simulasi roda sirip (7×7) cm sudut 45°.



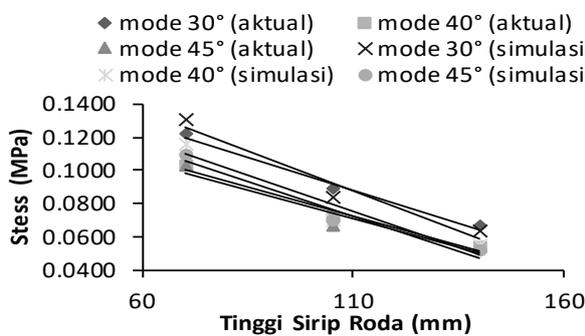
Gambar 7. (a) Simulasi roda sirip (7×10.5) cm sudut 30° (b) Simulasi roda sirip (7×10.5) cm sudut 40° (c) Simulasi roda sirip (7×10.5) cm sudut 45°.



Gambar 8. (a) Simulasi roda sirip (7×14) cm sudut 30° (b) Simulasi roda sirip (7×14) cm sudut 40° (c) Simulasi roda sirip (7×14) cm sudut 45°.

pemadatan tanah menjadi rendah disebabkan oleh nilai kohesi tanah yang rendah, sehingga mobilitas traktor roda dua menjadi tinggi.

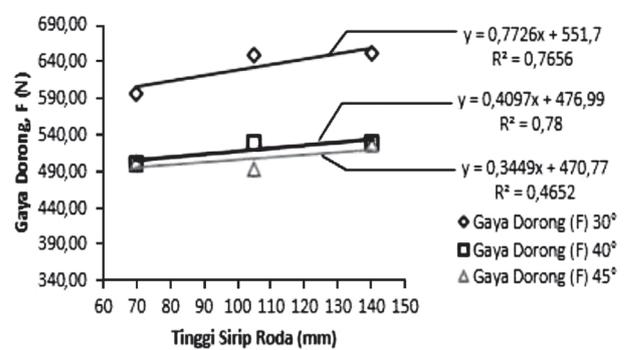
Gambar 9 memperlihatkan bahwa sudut sirip 30° memiliki nilai *stress* paling tinggi dikarenakan gaya dorong yang dihasilkan relatif tinggi dibandingkan sudut sirip lainnya. Berdasarkan grafik tersebut dapat ditentukan tinggi sirip yang paling optimum yakni tinggi sirip 7×10.5 cm. Hal ini dikarenakan sirip tersebut memiliki traksi yang besar dan pemadatan tanah (*compaction*) yang rendah dibanding 7×14 cm. Pada tinggi sirip 7×14 cm dihasilkan bahwa nilai traksi tidak bertambah secara signifikan atau nilai manfaat tidak bertambah dan pemadatan tanah (*compaction*) terhadap sirip semakin bertambah dari bertambahnya luas sirip, sehingga beban pada sirip pun bertambah.



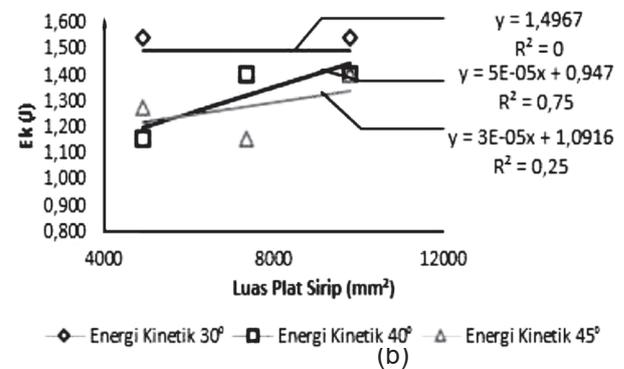
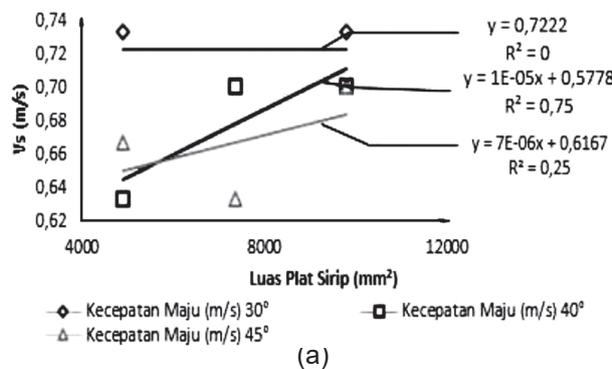
Gambar 9. Hubungan antara tinggi sirip dengan stress.

Hubungan antara tinggi sirip dengan gaya dorong berbanding lurus. Semakin besar dimensi tinggi sirip maka semakin besar gaya dorong yang dihasilkan. Hal ini sejalan dengan teori gaya bahwa semakin besar luasan sirip (lebar dan tinggi), maka semakin besar gaya yang dihasilkan.

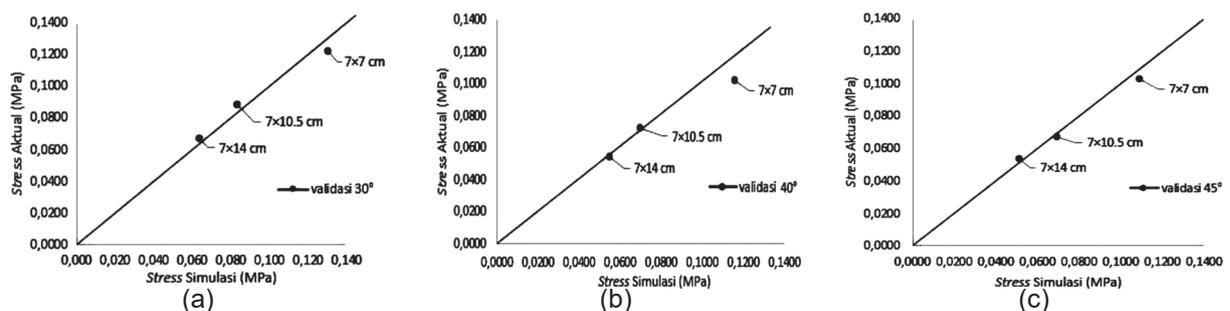
Pada sudut sirip 30° terhadap masing-masing tinggi sirip, gaya dorong yang dihasilkan sangat tinggi dibandingkan dengan sudut sirip 40° dan 45°. Hal ini dikarenakan sirip 30° memiliki torsi paling besar dan efisiensi traksi paling kecil. Sedangkan pada sudut sirip 40° dan 45° cenderung sama, yakni memiliki torsi lebih kecil dan efisiensi traksi lebih besar daripada sudut sirip 30°. Simulasi ini masih dapat dikatakan belum terlalu akurat dikarenakan simulasi dilakukan dalam waktu yang singkat, jumlah sampel yang sedikit, dan iterasi yang sedikit. Hal ini berpengaruh



Gambar 10. Hubungan antara tinggi sirip dengan gaya dorong.



Gambar 11. (a) Hubungan luas sirip dengan kecepatan maju roda (b) Hubungan luas sirip dengan energi kinetik.



Gambar 12. (a) Validasi aktual dengan simulasi pada sirip 30° (b) Validasi aktual dengan simulasi pada sirip 40° (c) Validasi aktual dengan simulasi pada sirip 45°.

karena semakin banyak sampel dan iterasi yang dilakukan, maka tingkat variasi *error* semakin dapat terukur, sehingga dapat menilai validitas dengan baik. Beberapa faktor yang mempengaruhi reaksi gaya dorong terhadap tinggi sirip antara lain: bentuk sirip, jumlah sirip, sudut sirip, dan ukuran sirip.

Energi kinetik yang dihasilkan cenderung naik seiring dengan bertambahnya kecepatan maju roda dan meningkat kembali seiring dengan peningkatan kecepatan maju roda meskipun dengan rentang yang rendah. Hal ini sejalan dengan teori bahwa daya sebanding dengan nilai torsi terhadap kecepatan. Jika daya yang dihasilkan meningkat maka nilai kecepatan roda akan meningkat. Nilai daya meningkat seiring dengan peningkatan luas plat sirip, dimensi sirip yang meningkat adalah tinggi sirip. Sehingga hubungan antara luas plat sirip dengan kecepatan maju roda dan energi kinetik berbanding lurus.

Meski demikian, pada sudut sirip 30° mengalami penurunan kecepatan dan energi kinetik pada luas sirip 7350 mm² dan meningkat kembali pada luas sirip 9800 mm². Hal tersebut mengakibatkan regresi yang dihasilkan bernilai nol karena data yang dipakai hanya menggunakan tiga data dengan tiga variasi tinggi sirip dan dilakukan dengan iterasi yang sedikit. Selain itu, hal ini dikarenakan terdapatnya kelemahan pada saat pengujian dan kondisi tanah yang kurang sesuai dengan tanah sawah pada saat dipindahkan ke dalam *soil bin*.

Gambar 11 memperlihatkan bahwa semakin besar kecepatan maju, maka semakin besar energi kinetik yang dihasilkan. Nilai kecepatan maju dan energi kinetik terendah berada pada sudut sirip 40° dengan luas sirip 4900 mm², sedangkan nilai kecepatan maju dan energi kinetik tertinggi berada pada sudut sirip 30° dengan luas sirip 9800 mm². Hal ini sejalan dengan semakin meningkatnya gaya dorong pada masing-masing sudut sirip dan sudut sirip 30° dihasilkan gaya dorong tertinggi.

Validasi Simulasi

Validasi dilakukan antara data yang didapatkan dari hasil pengujian roda ramping bersirip di *soil bin* dengan hasil simulasi. Validasi dilakukan untuk mengetahui tingkat *error* yang terjadi pada simulasi terhadap pengujian (aktual).

Grafik validasi antara hasil aktual dengan hasil simulasi pada sudut sirip 30°, 40°, dan 45° untuk masing-masing ukuran sirip yakni 7×7 cm, 7×10.5 cm, dan 7×14 cm menunjukkan seberapa valid data yang didapat dengan kecondongan garis linear mendekati sudut 45° dengan tingkat *error* dan simpangan yang cukup kecil, sehingga validitas aktual dan simulasi dapat dinilai baik. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 12.

Simpulan

Hasil simulasi menunjukkan bahwa dimensi plat sirip yang paling baik adalah sirip dengan sudut 45° berdimensi 7×10.5 cm. Diameter poros 25 mm dengan jumlah sirip sebanyak delapan dan jumlah sirip aktif sebanyak tiga. Nilai *stress* yang dihasilkan yang paling tinggi adalah pada sirip 30°. Sedangkan nilai *stress* yang dihasilkan cukup rendah adalah pada sirip 45° dengan ukuran 7×10.5 cm.

Saran

Perlu adanya analisis tingkat lanjut dalam simulasi interaksi antara plat sirip dengan tahanan dari tanah menggunakan aplikasi baru bernama *Mathwork* berbasis *Matlab* yang dapat diintegrasikan dengan *software Solidworks*, sehingga dapat menghasilkan parameter lebih lengkap.

Daftar Pustaka

- Abdul, H., Y. Rina, D. Rahmat. 2010. Studi Pengaruh Penambahan Tanah Lempung pada Tanah Pasir Pantai terhadap Kekuatan Geser Tanah. 6(1):11-22.
- Agustina, G. 2006. Desain Roda Besi Bersirip Gerak dengan Mekanisme Sirip Berpegas untuk Lahan Sawah di Cianjur [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2016. *Produksi Padi, Jagung, dan Kedelai (Angka Sementara Tahun 2015)*. [internet]. [diunduh 2016 Okt 10]. Tersedia pada:
- Cebro, I.S. 2006. Sistem desain dengan bantuan komputer untuk roda besi bersirip traktor dua-roda [tesis].
- Muhammad, I. 2016. Pengembangan Roda Ramping Bersirip (*Narrow Lug Wheel*) untuk Lahan Sawah. JTEP (siap terbit).
- Meriam. 2001. *Engineering Mechanics Dynamics Volume 2 Fifth Edition*. McGraw Hill.
- Rizaldi, T. 2015. Metode Disain Optimum Roda Besi Bersirip untuk Lahan Sawah [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Suga, K., dan Sularso. 1978. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Bandung (ID): PT Pradnya Paramita