

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

Evaluasi Konsep Desain dan Kinerja Ditcher untuk Pembuatan Parit pada Budidaya Kedelai

Evaluation of Design Concept and Performance of Ditcher for Soybean Cultivation

Azmi Asyidda Mushoffa, Program Studi Teknik Mesin Pertanian dan Pangan, Institut Pertanian Bogor.
Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Kabupaten Brebes. Email offayev@gmail.com
Wawan Hermawan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.
Email: wawanfateta@yahoo.com

Radite Praeko Agus Setiawan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.
Email: iwan_radit@yahoo.com

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the design concept and performance of the ditcher that has been designed for soybean cultivation on saturated soil culture. The design concept evaluation was done by experiment on 3 types of prototype ditcher to determine one of the best ditcher design concept. It was selected by a technique weighted performance method. The performance test on the best ditcher prototype was carried out in a field with silty loam soil at average moisture content 65.4% (dry basis) and 470 kPa average cone index. The last crop in the field was rice. The plastic limit and plasticity index of the soil were 34.05% and 19.80% respectively. Depths of operation considered were 20 cm. Tests were conducted at average forward speeds of 0.51 m/s resulting 28.7% average wheel slip. Theoretical field capacity was 0.74 ha/h. The average width and depth of the ditch that was formed were 32.6 cm and 18.3 cm respectively. The soil disturbance created as a result was also reported.

Keywords: *ditcher, ditch, soil disturbance, saturated soil culture, soybean*

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi konsep desain dan kinerja *ditcher* untuk pembuatan parit pada budidaya kedelai jenuh air. Evaluasi konsep desain dilakukan dengan percobaan pada 3 jenis prototipe *ditcher* untuk menentukan satu konsep desain *ditcher* terbaik. Desain terbaik dipilih dengan metode indeks kinerja berbobot. Uji kinerja prototipe *ditcher* terbaik dilakukan di lahan sawah bekas panen padi dengan kelas tekstur tanah liat berdebu, kadar air rata-rata 65.4% (basis kering) dan tahanan penetrasi rata-rata 470 kPa. Batas plastis dan indeks plastisitas tanah masing-masing adalah 34.05% and 19.80%. Kedalaman operasi dipertahankan pada 20 cm. Slip roda traksi rata-rata yang terjadi 28.7% dengan kecepatan maju rata-rata 0.51 m/s. Kapasitas lapangan teoritis diperoleh 0.74 ha/jam. Lebar dan kedalaman parit yang terbentuk adalah 32.6 cm dan 18.3 cm. Parameter tanah terusik sebagai pengaruh operasi *ditcher* juga dilaporkan di dalam hasil penelitian ini.

Kata Kunci: *ditcher, parit, tanah terusik, budidaya jenuh air, kedelai*

Diterima: 18 Juli 2017; Disetujui: 11 Juli 2018.

Latar Belakang

Kedelai merupakan salah satu komoditas pangan utama di Indonesia. Data dari BPS (2017b) menunjukkan bahwa produksi kedelai tahun 2015 sebanyak 963 ribu ton biji kering. Peningkatan produksi hanya 0.86% dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Kebutuhan kedelai nasional mencapai 2.2 juta ton per tahun (Harnowo dan Wijanarko, 2015). Ketidakmampuan produksi untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri telah menyebabkan impor

kedelai terus meningkat setiap tahunnya. Selama kurun waktu 20 tahun, luas panen kedelai juga menunjukkan penurunan yang signifikan yaitu dari 1.48 juta ha (1995) menjadi 614 ribu ha (2015) (BPS, 2017a).

Perlu adanya perluasan areal tanam dengan pengembangan ke lahan suboptimal seperti lahan rawa pasang surut. Kesesuaian lahan pasang surut untuk pertanian sekitar 5.6 juta ha dan setengahnya dari luasan tersebut berpotensi untuk pengembangan dalam skala besar (Nedeco/Euroconsult & BIEC,

1984). Dengan sentuhan teknologi sistem budidaya jenuh air (BJA), produktivitas tanaman kedelai di lahan rawa pasang surut akan melebihi produktivitas rata-rata kedelai di lahan kering. Genangan dalam parit dapat meningkatkan hasil biji kedelai 20% sampai 80% hasil biji tanaman kontrol yang diluapi (Indradewa *et al.*, 2004). BJA merupakan suatu teknologi yang mempertahankan irigasi secara terus-menerus di dalam saluran sehingga tinggi muka air dalam saluran selalu tetap dan menciptakan lapisan jenuh air pada tanah (Ghulamahdi *et al.*, 2009). Kondisi jenuh air dimaksudkan untuk mengurangi tingkat pirit yang teroksidasi, menjaga tingkat air di sekitar lahan, dan menjaga akar dalam kondisi jenuh. Dalam budidaya kedelai jenuh air di lahan rawa pasang surut, persyaratan teknis irigasi dan drainase merupakan dua hal yang mutlak dipenuhi. Cara yang paling efektif untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan tersebut adalah dengan pembuatan parit pada bedengan. Lebar bedengan 2-4 m merupakan petak yang ideal karena diduga kemampuan air meresap dari parit ke tengah bedengan dapat merata di seluruh areal bedengan (Sahuri dan Ghulamahdi, 2014). Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa budidaya kedelai dengan sistem jenuh air menuntut performansi parit yang handal sehingga peresapan air yang merata di seluruh bedengan dapat tercapai.

Sejauh ini parit dibuat dengan cara dicangkul. Di beberapa tempat ada yang sudah menggunakan bajak singkal yang ditarik dengan tenaga traktor tangan dan dioperasikan bolak balik sehingga terbentuk parit yang diinginkan. Selain biaya tenaga kerja yang semakin mahal, tenaga kerja terampil untuk membuat parit bedengan juga semakin sulit didapat terutama di daerah pasang surut. Kondisi di lapangan juga menunjukkan bahwa ternyata kualitas saluran (lebar dan kedalaman saluran, jumlah, serta letak saluran) belum sesuai dengan anjuran (Adisarwanto, 2010). Penelitian mengenai uji kinerja alat pembuat parit bedengan dengan karakteristik seperti parit bedengan pada budidaya jenuh air tanaman kedelai di lahan pasang surut belum ditemukan. Oleh karena itu penulis akan menggunakan referensi uji kinerja alat yang memiliki prinsip dan mekanisme kerja yang mirip. Kituu (2001), Bahri (2006), Mushoffa (2006) dan Hermawan dan Suastawa (2009) telah mendesain dan menguji *ditcher* untuk saluran drainase pada budidaya tanaman tebu lahan kering dengan tenaga tarik traktor 4-roda. Rustam (2009) telah merancang

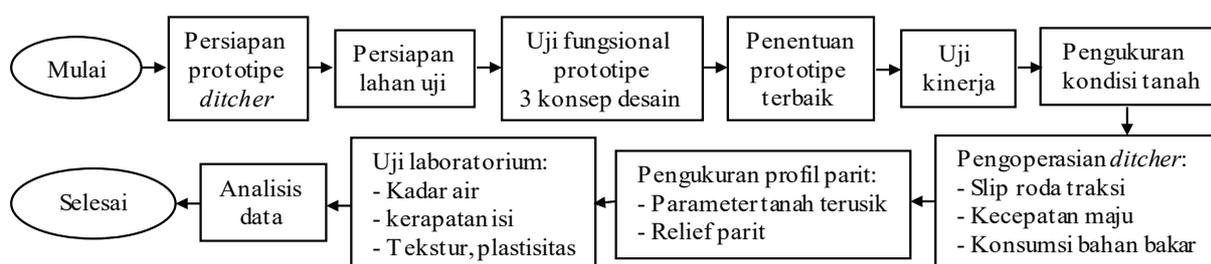
bangun dan menguji *furrower* untuk pembuat guludan pada budidaya sayuran dengan tenaga tarik traktor mini 3.5 hp. Zorya dan Ivanovs (2015) mengkaji pengaruh parameter desain, gerakan *furrower* dan tipe penggandengan terhadap gaya *draft* dan stabilitas kedalaman olah pada alat pembuat alur pada budidaya jagung. Barzegar *et al.* (2016) mendesain *furrower* yang dilapisi dengan plastik polietilen untuk mengurangi gaya *draft*. Konsep desain yang akan dievaluasi dalam penelitian ini merupakan prototipe dengan tiga variasi konsep desain. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi konsep desain dan kinerja *ditcher* dalam pembuatan parit untuk budidaya kedelai jenuh air.

Bahan dan Metode

Dalam rangka pencapaian tujuan penelitian dilakukan beberapa tahapan penelitian (Gambar 1). Penelitian ini merupakan evaluasi konsep desain dengan percobaan. Prototipe yang dicobakan berupa tiga prototipe konsep desain *ditcher*. Sumber tenaga tarik menggunakan traktor 2-roda Yanmar Bromo DX 8.5 hp.

Konsep Desain

Prototipe I menggunakan konsep dengan desain pisau dan sayap kanan kiri sejajar. Kondisi lahan jenuh air dengan struktur tanah dominan lempung berliat akan berpotensi terjadinya tingkat slip tinggi. Jika slip tinggi maka kapasitas lapangan akan rendah, juga dapat menyebabkan tidak lurus lintasan parit yang terbentuk. Oleh karena itu desain sayap pada *ditcher* I didesain mirip dengan sayap bajak singkal tetapi dengan sayap yang lebih landai untuk mengurangi tahanan tarik dan juga pemindahan tanah tidak perlu disertai dengan pembalikan tanah. Tahanan tanah tertinggi ditemukan pada tanah dengan batas plastis, dan terendah pada batas cair. Pola terpotongnya tanah dapat berubah tergantung dari kadar air, jenis tanah dan distribusi ukuran partikel dalam kelas tekstur yang sama (Tagar *et al.*, 2014). Menurut Abo-Elnor *et al.* (2004), tanah hasil pemotongan di depan pisau akan menambah gaya tegangan ke atas dan ke samping di sepanjang sisi pisau. Dalam pemotongan tanah, sangat erat juga kaitannya dengan ketajaman pisau. Pisau yang tumpul dapat meningkatkan gaya tahanan tanah sampai 80% (Fielke, 1996). Prototipe II menggunakan desain seperti pada prototipe I dengan



Gambar 1. Tahapan penelitian evaluasi konsep desain dan kinerja *ditcher*.

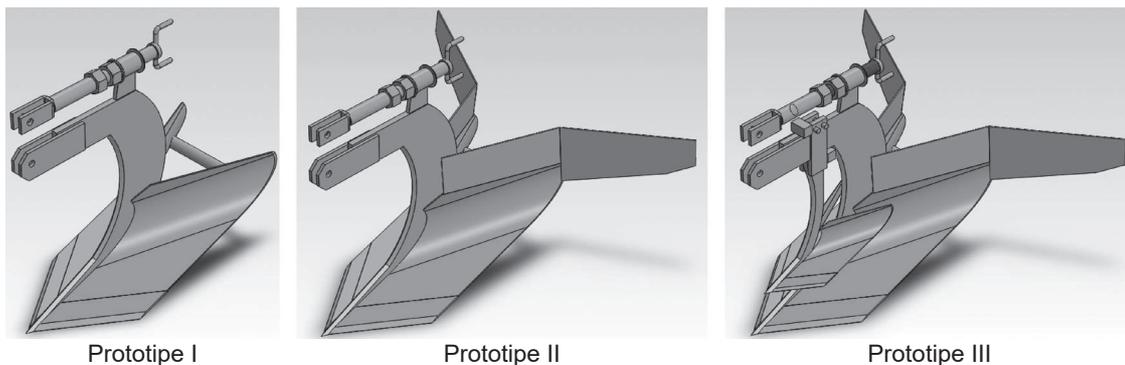
penambahan sayap bantu pada bagian sayap utama. Sayap bantu dimaksudkan agar sapuan tanah terusik lebih lebar (Rahman dan Chen, 2001) sehingga mengurangi tanah terusik yang jatuh kembali ke dalam alur parit. Prototipe III menggunakan desain seperti pada prototipe II dengan penambahan *ditcher* kecil pada bagian depannya. Kombinasi *ditcher* dari kecil dan besar dimaksudkan agar pemotongan tanah terjadi secara gradual. Pemotongan tanah terbagi oleh *ditcher* kecil dengan lebar dan kedalaman pemotongan lebih kecil daripada *ditcher* besar yang berada di belakangnya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Swick dan Perumpral (1988), gaya tahanan berbanding lurus dengan rasio kedalaman terhadap lebar alat. Dengan desain pemotongan bertahap ini diharapkan tahanan tarik yang terjadi juga dapat terbagi secara bertahap. Masing-masing prototipe konsep desain *ditcher* disajikan pada Gambar 2. Skema ukurannya pada satu bagian sayap disajikan pada Gambar 3. Pada prototipe III, semua parameter ukuran *ditcher* kecil merupakan setengah dari ukuran *ditcher* utama sedangkan parameter sudut-sudutnya sama dengan *ditcher* utama.

ditcher dalam membuat parit dan ukuran parit yang terbentuk. Ukuran rancangan penampang parit yang diinginkan yaitu kedalaman dan lebar parit masing-masing sebesar 20 cm dan 30 cm.

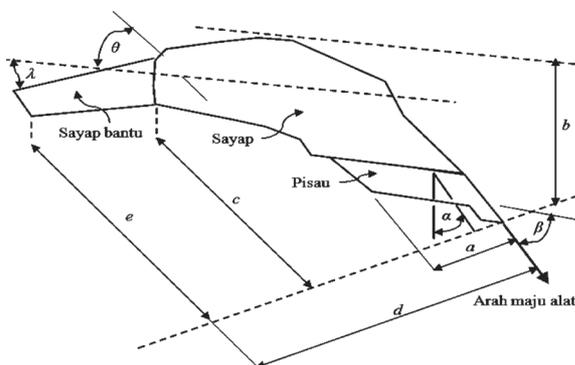
Tahapan proses pemilihan prototipe terbaik dimulai dengan penentuan kriteria yang akan dipenuhi, terdiri dari kriteria mutlak dan relatif. Kriteria mutlak merupakan atribut yang harus dipenuhi oleh masing-masing prototipe. Jika atribut tersebut tidak dapat dipenuhi maka prototipe tersebut akan didiskualifikasi dari proses pemilihan. Dalam hal ini, ditentukan kriteria mutlak bahwa: 1) prototipe harus dapat digandengkan dengan traktor 2-roda; 2) mampu ditarik oleh traktor 2-roda. Berdasarkan Farag (2014), faktor pembobotan (α_p) ditentukan untuk mengukur seberapa penting setiap kriteria relatif yang ingin dipenuhi. Atribut kriteria relatif yang dinilai antara lain: kedalaman parit, lebar parit, bentuk parit, massa alat, lebar alat, kemudahan perakitan, dan biaya pembuatan. Massa alat berpengaruh pada beban kerja traktor 2-roda. Lebar alat berkaitan dengan kemudahan dalam operasional alat. Kemudahan perakitan berkaitan dengan tingkat kesulitan pembuatan alat. Semakin kompleks bentuk alat maka semakin tinggi tingkat kesulitan dalam perakitannya. Biaya pembuatan alat berkaitan dengan total biaya yang dibutuhkan. Massa alat, lebar alat, kemudahan perakitan dan biaya pembuatan dibutuhkan nilai yang minimal. Satu atribut mungkin jauh lebih penting daripada yang lain, sementara yang lain mungkin sangat mirip tingkat kepentingannya. Kepentingan relatif ditunjukkan dengan menggunakan suatu skala yang tidak melebihi 100%. Faktor skala (β_s) ditentukan untuk mengukur seberapa baik

Metode Evaluasi Konsep Desain

Sebelum pengujian dilakukan, terlebih dahulu dilakukan persiapan lahan uji. Pada awal persiapan ini lahan yang akan diuji adalah lahan yang belum terolah oleh pembajakan (tanah waras) atau lahan sawah bekas panen padi. Setelah dilakukan uji fungsional pada ketiga prototipe tersebut, dilakukan penentuan satu prototipe dengan konsep desain terbaik. Evaluasi dititikberatkan pada kemampuan



Gambar 2. Prototipe 3 konsep desain *ditcher*.



Gambar 3. Skema ukuran pada satu sayap.

Keterangan	Prototipe			
	I	II	III	
<i>a, d</i> Lebar alat	cm	15	45	45
<i>b</i> Tinggi alat	cm	25	35	35
<i>c, e</i> Panjang alat	cm	70	85	85
α Sudut angkat pisau	°	30	30	30
β Sudut perpotongan pisau pada permukaan horizontal terhadap arah maju alat	°	35	35	35
θ Sudut tengah sayap terhadap arah maju alat	°	30	30	30
λ Sudut sayap bantu terhadap tengah sayap	°	-	40	40

Tabel 1. Faktor pembobotan kriteria relatif.

No.	Kriteria relatif	Jumlah Keputusan Positif $N=n(n-1)/2$	Faktor Pembobot (α_p)
1	Kedalaman parit	5	0.24
2	Lebar parit	4	0.19
3	Bentuk parit	6	0.29
4	Massa alat	1	0.05
5	Lebar alat	1	0.05
6	Kemudahan perakitan	3	0.14
7	Biaya pembuatan	1	0.05
Jumlah		21	1

prototipe dalam memenuhi setiap kriteria relatif. Untuk atribut yang seharusnya memiliki nilai maksimal, maka β_s ditentukan dengan rumus:

$$\beta_{s_max} = \frac{N_i}{N_{max}} 100 \quad (1)$$

dimana : N_i = Nilai numerik dari satu atribut; N_{max} = Nilai maksimal dari satu atribut di antara semua prototipe.

Untuk atribut yang seharusnya memiliki nilai minimal, maka β_s ditentukan dengan rumus:

$$\beta_{s_max} = \frac{N_{min}}{N_i} 100 \quad (2)$$

dimana : N_i = Nilai numerik dari satu atribut; N_{min} = Nilai minimal dari satu atribut di antara semua prototipe.

Indeks kinerja berbobot (γ_k) dihitung dengan rumus:

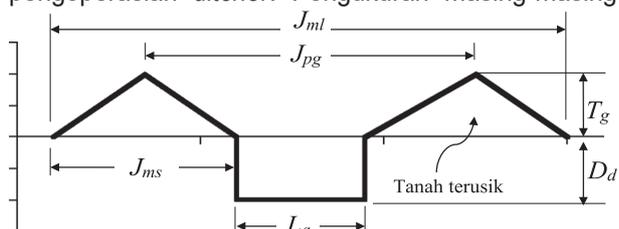
$$\gamma_k = \sum \alpha_p \beta_s \quad (3)$$

Prototipe yang memperoleh nilai indeks kinerja berbobot terbesar merupakan prototipe *ditcher* terbaik.

Metode Pengujian Kinerja Lapangan Prototipe *Ditcher* Terbaik

Sebelum dilakukan pengujian kinerja alat, dilakukan pengukuran kondisi tanah sebagai data pendamping kondisi awal. Data yang diukur antara lain: (1) kadar air dan kerapatan isi tanah; (2) tahanan penetrasi tanah; (3) kohesi tanah; (4) adhesi tanah; (5) Tekstur tanah. Tahanan penetrasi diukur dengan menggunakan *penetrometer*. Kohesi dan adhesi tanah dihitung dengan melakukan pengukuran tahanan geser dan gesek tanah menggunakan gelang geser dan gelang gesek, batang *penetrometer* dan lengan torsi. Penentuan tekstur tanah dan uji plastisitas dilakukan di Laboratorium Fisika Tanah, Balai Penelitian Tanah Bogor.

Pengukuran slip roda traksi dilakukan dengan mengukur jarak tempuh 4 kali putaran roda traktor saat pengoperasian *ditcher*. Pengukuran masing-masing



Gambar 4. Parameter yang digunakan dalam mendefinisikan tanah terusik.

dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan untuk setiap roda kanan dan kiri. Slip roda traksi dihitung dengan menggunakan rumus:

$$S_r = 1 - \left(\frac{s_{jt}}{\pi D_r \times 4} \right) \times 100 \quad (4)$$

dimana : S_r = Slip roda traksi (%); s_{jt} = jarak tempuh putaran roda dalam 4 putaran (m), D_r = diameter roda (m). Kapasitas kerja alat dilihat dari kecepatan maju pembuatan parit. Pengukuran kecepatan maju pembuatan parit diukur sebagai waktu tempuh traktor pada jarak tertentu. Pengambilan data waktu dan jarak tempuh dilakukan pada saat pengukuran slip roda traksi. Kecepatan maju dihitung dengan rumus:

$$v = \frac{s_{jt}}{t} \quad (5)$$

dimana: v = kecepatan traktor (m/s); s_{jt} = Jarak tempuh (m); t = waktu tempuh (s).

Konsumsi bahan bakar dievaluasi dari operasional aktual di lapangan dengan jarak tempuh lebih dari 100 m. Pengukuran juga dilakukan pada waktu t (s) yang dibutuhkan dalam menempuh jarak tersebut. Sebelum operasi di lahan, tangki bahan bakar traktor diisi penuh. Setelah digunakan operasi, masukan bahan bakar yang disiapkan di dalam gelas ukur ukuran 500 cm³. Pengurangan volume V_p (cm³) yang terjadi pada gelas ukur tersebut menjadi hasil perhitungan konsumsi bahan bakar F_c (l/jam) dengan menggunakan rumus:

$$F_c = \frac{3.6V_p}{t} \quad (6)$$

Profil parit yang dihasilkan oleh *ditcher* sebenarnya merupakan tanah yang dipindahkan atau suatu tanah terusik. Berdasarkan Manuwa (2009), bentuk umum dari tanah terusik dapat dikuantifikasikan dengan parameter yang ditunjukkan pada Gambar 4. Beberapa parameter tersebut antara lain: jarak maksimum lemparan tanah (J_{mi}), jarak antar puncak gundukan tanah (J_{pg}), tinggi gundukan (T_g), kedalaman setelah operasi (D_d) dan lebar alat (L_a).

Jarak maksimum lemparan tanah dapat digunakan untuk mengetahui seberapa jauh jarak maksimum lemparan tanah pada satu sisi lubang parit (J_{ms}) (Gambar 4), dihitung dengan menggunakan rumus:

$$J_{ms} = \frac{J_{mi} - J_{mi}}{2} \quad (7)$$

Tabel 2. Indeks kinerja berbobot dari kriteria relatif.

P	Nilai atribut							Faktor Skala (β_s)							Indeks (γ_k)
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	
	cm	cm	-	kg	cm	-	Rp (ribu)	0.24	0.19	0.29	0.05	0.05	0.14	0.05	
I	17.6	32.3	50	25.1	30	4	1,510	97	100	56	100	100	100	100	87
II	18.1	32.5	90	28.0	90	5	1,729	100	99	100	90	33	80	87	93
III	16.1	34.4	60	33.1	90	6	2,212	89	94	67	76	33	67	68	76

Hasil pembacaan profil parit dengan menggunakan relief meter akan diplotkan sehingga terbentuk kurva profil parit.

Hasil dan Pembahasan

Konsep Desain Ditcher Terbaik

Ketiga prototipe *ditcher* telah memenuhi kriteria mutlak bahwa prototipe dapat digandengkan dan ditarik dengan traktor 2-roda 8.5 hp. Penghitungan faktor pembobotan pada kriteria relatif disajikan pada Tabel 1.

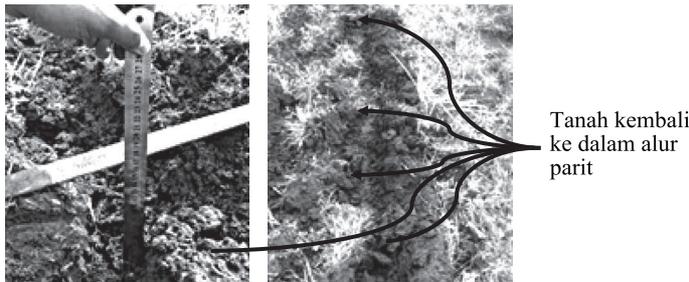
Hasil pengujian pembuatan parit menggunakan prototipe I menunjukkan bahwa parit dapat terbentuk tetapi tanah hasil pemotongan jatuh kembali ke alur parit (Gambar 5).

Hasil pengujian pembuatan parit menggunakan prototipe II menunjukkan bahwa parit yang terbentuk cukup memuaskan. Tanah hasil pemotongan tidak jatuh kembali ke alur parit (Gambar 6).

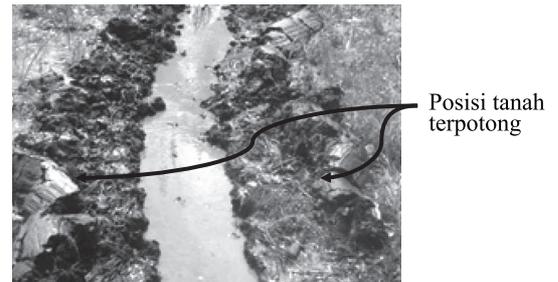
Hasil pengujian pembuatan parit menggunakan

prototipe III menunjukkan bahwa parit yang terbentuk tidak memuaskan (Gambar 7). Tanah hasil pemotongan tidak mengalir pada pinggiran parit dengan lancar sehingga operasional traktor menjadi berat (Gambar 7.a). Terjadi banyak penumpukan tanah pada roda traktor (Gambar 7.c) yang menandakan traksi roda traktor tidak mampu mengatasi draft dari pengoperasian prototipe III.

Penilaian bentuk parit secara visual pada prototipe I, II dan III, masing-masing mendapatkan 50, 90 dan 60 dengan bentuk menyerupai trapesium sedangkan bentuk parit yang diinginkan adalah persegi panjang. Nilai tersebut didapatkan dari perbandingan dengan profil target yang diberi nilai 100. Massa alat didapatkan dengan cara penimbangan terhadap ketiga prototipe masing-masing sebesar 25.1, 28.0 dan 33.1 kg. Kemudahan perakitan didefinisikan dari jumlah komponen utama penyusun dari prototipe I, II dan III yaitu 4, 5 dan 6 buah. Berdasarkan hasil percobaan dan penghitungan indeks kinerja berbobot (Tabel 2) dari ketiga prototipe tersebut maka ditentukan prototipe II sebagai konsep desain *ditcher* yang terbaik.



Gambar 5. Hasil pembuatan parit dengan prototipe I.



Gambar 6. Hasil pembuatan parit dengan prototipe II.



(a) Aliran tanah terhambat



(b) Parit yang terbentuk



(c) Tanah pada roda

Gambar 7. Hasil pembuatan parit dengan prototipe III.

Tabel 3. Karakteristik tanah pada lahan uji kinerja prototipe II.

Parameter	Satuan	Nilai
Tekstur (liat, debu; pasir)	%	lempung berdebu (13; 83; 4)
Batas plastis	%	34.1
Indeks plastisitas	%	19.8
Kadar air tanah	% bk	59.9 s.d. 71.0
Bulk density tanah	kN m ⁻³	13.9 s.d. 15.2
Kohesi rata-rata	kPa	4.6
Sudut gesekan dalam rata-rata	°	51.7
Adhesi rata-rata	kPa	9.6
Sudut gesekan tanah baja rata-rata	°	7.7

Kinerja Prototipe Ditcher Terpilih

Karakteristik tanah pada lahan uji kinerja prototipe II disajikan pada Tabel 3.

Slip roda traksi dalam pengoperasian *ditcher* diperoleh nilai rata-rata sebesar 28.7% dengan kecepatan maju rata-rata 0.51 m/s. Jika jarak antar parit ditentukan 4 m, maka kapasitas lapangan teoritis diperoleh 0.74 ha/jam. Konsumsi bahan bakar terukur pada saat menyelesaikan alur parit sepanjang

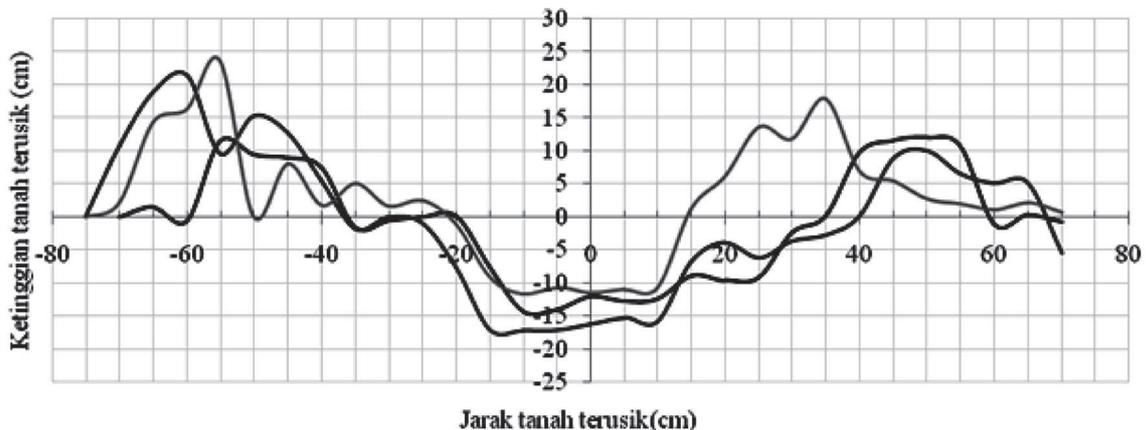
106 m sebesar 1.07 l/jam. Kapasitas lapang efektif didapatkan 0.20 ha/jam. Perhitungan tersebut jauh dari kapasitas teoritisnya karena terdapat kendala yang dihadapi antara lain keterbatasan luasan lahan uji dan keterampilan operator.

Parit yang dihasil dari pengoperasian *ditcher* disajikan pada Gambar 8. Pengaruh operasi *ditcher* terhadap tanah terusik disajikan pada Tabel 4.

Ditcher sebagai suatu alat yang bergerak di dalam tanah pada lahan sawah, maka akan terdapat tanah yang terusik yaitu tanah tersebut mengalami pemotongan dan terlempar ke sisikanan dan kiri *ditcher*. Hasil pengukuran rata-rata lebar dan kedalaman parit hampir mendekati target yang diinginkan yaitu masing-masing L_a 32.6 cm dan D_d 18.3 cm. Jarak rata-rata lemparan tanah pada sisi lubang parit (J_{ms}) sejauh 51.2 cm. Tinggi gundukan buangan tanah sisi kanan dan kiri (T_g) relatif sama dengan rata-rata 18.6 cm. Hal ini menunjukkan bahwa buangan tanah pada sisi kanan dan kiri parit dapat dikatakan simetris. Jika diteliti lebih lanjut, posisi puncak gundukan yang terbentuk relatif di tengah-tengah gundukan yaitu 26.3 cm dari tepi lubang parit. Hasil pembacaan relief meter pada profil potongan parit yang terbentuk disajikan pada Gambar 9. Nampak pada grafik bahwa ketinggian buangan tanah ke samping kanan dan kiri bervariasi di sepanjang alur parit. Tetapi secara keseluruhan aliran tanah pada pinggiran parit dapat dikatakan lancar, hal ini ditandai dengan hampir tidak ada kenaikan grafik yang signifikan pada area kedalaman parit.



Gambar 8. Parit hasil pengoperasian *ditcher*.



Gambar 9. Profil potongan parit yang terbentuk.

Tabel 4. Parameter tanah terusik akibat pengoperasian *ditcher*.

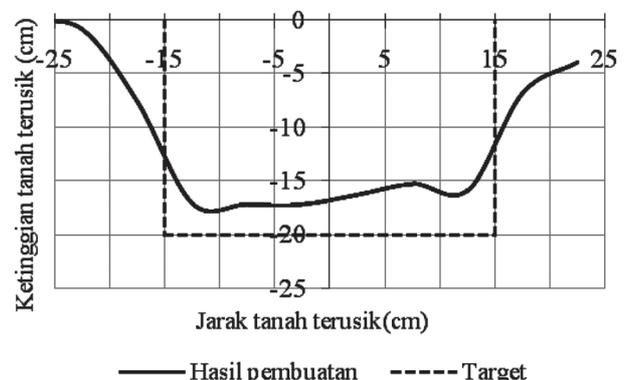
Ulangan	J_{ml} (cm)	J_{pg} (cm)	J_{ms} (cm)	T_g (cm)			D_d (cm)	L_a (cm)
				Kanan	Kiri	Rata-rata		
1	114	65	42.0	20	17	18.5	20	30
2	123	65	44.5	13	14	13.5	16	34
3	129	93	48.5	16	21	18.5	18	32
4	138	90	52.5	25	22	23.5	21	33
5	140	100	52.5	19	18	18.5	19	35
6	149	98	58.0	16	18	17.0	17	33
7	147	84	58.0	19	20	19.5	15	31
8	140	86	53.5	18	22	20.0	21	33
Rata-rata	135.0	85.1	51.2	18.3	19.0	18.6	18.3	32.6

Profil hasil pembuatan parit terhadap target disajikan pada Gambar 10. Terdapat tanah yang ikut terbongkar pada pinggiran alur parit. Hal ini sesuai dengan ulasan dari Godwin (2007), bahwa akan selalu ada jarak retakan tanah pada sisi implemen pemotong tanah. Secara praktik di lapangan, alat tarik seperti *ditcher* ini hampir tidak mungkin mencapai pemotongan yang ideal seperti pada ukuran target (Gambar 10). Berdasarkan Blasio (2011), fenomena ini dapat dijelaskan dengan stabilitas *slope*. Beberapa faktor penting yang mempengaruhi stabilitas *slope* antara lain: struktur tanah, distribusi bobot tanah sepanjang *slope*, kadar air tanah, vegetasi, dan gaya eksternal atau kejadian pemicu. Faktor-faktor tersebut yang terlihat di dalam penelitian ini antara lain: kadar air tanah dengan interval 59.9% s.d. 71.0% bk, vegetasi sisa tunggul tanaman padi yang sudah dipanen, dan kejadian pemicu yang merupakan gaya pemotongan tanah dari *ditcher* yang menekan tanah didepannya. Kejadian tersebut menyebabkan kohesi tanah di sekitar area pemotongan lebih tinggi dibandingkan kohesi tanah di samping area pemotongan. Hal inilah yang menyebabkan tanah normal yang berkohesi lebih rendah ikut terbongkar dalam operasi *ditcher*.

Salah satu saran yang dapat diberikan untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan melakukan proses pemadatan setelah proses pemotongan untuk meningkatkan kohesi tanah di samping area pemotongan sehingga stabilitas *slope* dapat tercapai mendekati profil target. Perlu diuji juga pengujian pada kadar air tanah yang lebih rendah. Instrumen pemadatan ini dapat berupa *reciprocal hammer* atau dengan menggunakan silinder pemberat. Penggunaan silinder pemberat dapat juga berfungsi meratakan gundukan tanah terusik. Dalam hal ini untuk meminimalkan nilai tinggi gundukan buangan tanah (T_g) dan memaksimalkan jarak lemparan tanah (J_{ms}). Selain dengan melakukan penyeragaman kohesi tanah (pemadatan), dapat juga dengan meminimalkan pemadatan di samping area pemotongan tanah dengan proses pemotongan tanah secara irisan-irisan tipis menggunakan pisau rotari.

Simpulan

Kedalaman dan lebar parit yang terbentuk oleh prototipe I, II dan III masing-masing adalah 17.6 cm, 32.3 cm; 18.1 cm, 32.5 cm; dan 16.1 cm, 34.4 cm; dengan bentuk menyerupai trapesium. Nilai evaluasi indeks kinerja berbobot dari kriteria relatif (kedalaman parit, lebar parit, bentuk parit, massa alat, lebar alat, kemudahan perakitan, biaya pembuatan) untuk prototipe I, II dan III masing-masing sebesar 87, 93 dan 76. Prototipe II terpilih sebagai konsep desain *ditcher* terbaik dengan parameter desain *ditcher*: lebar potong alat 30 cm, tinggi dan lebar operasi alat 35 cm dan 90 cm, sudut angkat pisau 30°, sudut perpotongan pisau pada permukaan horizontal terhadap arah maju alat 35°, sudut tengah sayap terhadap arah maju alat 30°, dan sudut sayap bantu terhadap tengah sayap utama 40°. Uji kinerja lapangan pada prototipe II menghasilkan slip 28.7% dengan kecepatan maju 0.51 m/s, kapasitas lapangan teoritis 0.74 ha/jam, dan konsumsi bbm 1.07 l/jam. Didapatkan parameter tanah terusik yaitu: jarak maksimum lemparan tanah 135.0 cm; jarak antar puncak gundukan tanah 85.1 cm; jarak maksimum lemparan tanah pada satu sisi 51.2 cm; tinggi gundukan 18.6 cm; kedalaman setelah operasi 18.3 cm; dan lebar 32.6 cm.



Gambar 10. Profil hasil pembuatan parit terhadap target.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih dan penghargaan disampaikan kepada komisi pembimbing dan Lembaga Pengelola Dana Pendidikan yang telah memberikan dukungan dana penelitian.

Daftar Pustaka

- Abo-Elnor, M., R. Hamilton and J.T. Boyle. 2004. Simulation of soil-blade interaction for sandy soil using advanced 3D finite element analysis. *Soil and Tillage Research* Vol.75(1):61–73.
- Adisarwanto, T. 2010. Strategi peningkatan produksi kedelai sebagai upaya untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri dan impor. *Pengembangan Inovasi Pertanian* Vol.3(4):319–331.
- Bahri, S. 2006. Rancang bangun ditcher berpengeruk untuk pembuatan saluran drainase pada budidaya tebu lahan kering. (Tesis). Departemen Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.
- Barzegar, M., S.J. Hashemi, H. Nazokdast, R. Karimi. 2016. Evaluating the draft force and soil-tool adhesion of a UHMW-PE coated furrower. *Soil and Tillage Research* Vol.163(2016):160–167.
- Blasio, F.V.De. 2011. Friction, cohesion, and slope stability. In *Introduction to the Physics of Landslides: Lecture Notes on the Dynamics of Mass Wasting*. Springer. Dordrecht. p 23–52.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2017a. Luas Panen Kedelai Menurut Provinsi (ha), 1993-2015. [diunduh 2017 Jun 6]. Tersedia pada: <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/870>
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2017b. Produksi Kedelai Menurut Provinsi (ton), 1993-2015. [diunduh 2017 Jun 6]. Tersedia pada: <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/871>
- Farag, M.M. 2014. *Materials and Process Selection for Engineering Design*. 3thEd. CRC. Boca Raton.
- Fielke, J.M. 1996. Interactions of the cutting edge of tillage implements with soil. *J. Agric. Engng Res.* Vol.63:61–71.
- Ghulamahdi, M., M. Melati dan D. Sagala. 2009. Production of soybean varieties under saturated soil culture on tidal swamps. *J. Agron. Indonesia* Vol.37(3):226–232.
- Godwin, R.J. 2007. A review of the effect of implement geometry on soil failure and implement forces. *Soil and Tillage Research* Vol.97(2):331–340.
- Harnowo, D. dan A. Wijanarko. 2015. Teknologi untuk peningkatan produktivitas kedelai. *Prosiding Seminar Nasional Dies Natalis XVI UGM: Agribisnis Kedelai: Antara Swasembada dan Kesejahteraan Petani*, Yogyakarta, 7 Mei 2015. hlm 12–16.
- Hermawan, W., I.N. Suastawa. 2009. Design of the ditcher equipped with scrappers for making drainage channel on dry land sugar cane plantation. *International Symposium Agricultural Engineering Towards Sustainable Agriculture in Asia*, 2009 Nov 18-19, Bogor. hlm 95–102.
- Inradewa, D., S. Sastrowinoto, S. Notohadisuwarno dan H. Prabowo. 2004. Metabolisme nitrogen pada tanaman kedelai yang mendapat genangan sesaat. *Ilmu Pertanian* Vol.11(2):68–75.
- Kituu, M.G.M. 2001. Design, fabrication and testing of a sugarcane farm furrower (Tesis). Agricultural Engineering Department, University of Nairobi.
- Manuwa, S.I. 2009. Performance evaluation of tillage tines operating under different depths in a sandy clay loam soil. *Soil and Tillage Research* Vol.103(2):399–405.
- Mushoffa, A.A. 2006. Disain ditcher untuk saluran drainase pada budidaya tanaman tebu lahan kering (Skripsi). Departemen Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.
- Nedeco/Euroconsult, BIEC. 1984. *Nationwide Study of Coastal and Near Coastal Swamp Land in Sumatra, Kalimantan and Irian Jaya: Final Report*. Nedeco/Euroconsult. Arnhem.
- Rahman, S. and YChen. 2001. Laboratory investigation of cutting forces and soil disturbance resulting from different manure incorporation tools in a loamy sand soil. *Soil and Tillage Research* Vol.58(1–2):19–29.
- Rustam, A.T.E. 2009. Rancang bangun furrower traktor Yanmar TE 550N untuk pembuat guludan pada budidaya sayuran (skripsi). Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.
- Sahuri dan M. Ghulamahdi. 2014. Pola serapan hara dan produksi kedelai dengan budidaya jenuh air di lahan rawa pasang surut. *Prosiding Seminar: Pengembangan Teknologi Pertanian yang Inklusif untuk Memajukan Petani Lahan Suboptimal*, Palembang, 26 September 2014. hlm.728–735.
- Swick, W.C. and J.V. Perumpral. 1988. A model for predicting soil-tool interaction. *Journal of Terramechanics* Vol. 25(1):43–56.
- Tagar, A.A., C. Ji, Q. Ding, J. Adamowski, F.A. Chandio and I.A. Mari. 2014. Soil failure patterns and draft as influenced by consistency limits: An evaluation of the remolded soil cutting test. *Soil and Tillage Research* Vol.137:58–66.
- Zorya, M., S. Ivanovs. 2015. A study of the movement dynamics of the working tool for the furrow formation. *J. of Res. and Apps. in Agric. Engng.* Vol.60(2):2–5.