

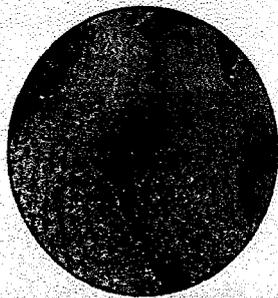
# PROSIDING

ISBN 978-602-97387-0-4

## SEMINAR NASIONAL PERTETA 2010

REVITALISASI MEKANISASI PERTANIAN  
DALAM Mendukung KETAHANAN PANGAN DAN ENERGI

Purwokerto 10 Juli 2010



Diterbitkan oleh  
**Perteta Cabang Purwokerto  
& Fakultas Pertanian Unsoed**



# Dewan Editor

- Koordinator : Dr. Wiludjeng Trisasiwi (Unsoed)  
Anggota :  
1. Dr. Sam Herodian (IPB)  
2. Dr. Lilik Sutiarmo (UGM)  
3. Prof. Dr. Ade Kramadibrata (Unpad)  
4. Prof. Dr. Isril Berd (Unand)  
5. Dr. Bambang Susilo (UB)  
6. Dr. Ansar (Unram)  
7. Prof. Dr. Bambang Prastowo (Badan Litbang Kementan)  
8. Dr. Trip Alihamsyah (BBP Mektan)



# Editor Pelaksana

- Koordinator : Ropiudin, S.TP., M.Si. (Unsoed)  
Anggota :  
1. Dr. Desrial (IPB)  
2. Susanto Budi Sulisty, S.TP., M.Si. (Unsoed)  
3. Arief Sudarmaji, S.T., M.T. (Unsoed)  
2. Dr. Edward Saleh (Unsri)  
3. Dr. Siswoyo Soekarno (Unej)  
4. Dr. Hasan Yahya (Unsyah)  
5. Dr. Hermantoro Sastrohartono (Instiper)  
6. Dr. Sidharta Sahirman (Unsoed)  
7. Dr. Agus Margiwiyatno (Unsoed)  
8. Ir. Siswantoro, M.P. (Unsoed)  
9. Ir. Masrukhi, M.P. (Unsoed)  
10. Rifah Ediati, S.TP., M.Si. (Unsoed)

## PROSIDING SEMINAR NASIONAL PERTETA 2010

“Revitalisasi Mekanisasi Pertanian dalam Mendukung Ketahanan Pangan dan Energi”

Diterbitkan oleh:

Perteta Cabang Purwokerto dan Fakultas Pertanian Unsoed

Jl. Dr. Soeparno, Karangwangkal, Purwokerto 53123

Telp. 0281-621094, Faks. 0281-638791

Cetakan I, Agustus 2010

ISBN 978-602-97387-0-4

## MAKALAH SESI PLENO

No.	Judul Makalah	Halaman
1.	Peran Perteta dalam Mendukung Ketahanan Pangan dan Energi <i>Sam Herodian (Ketua Umum Perteta Pusat)</i>	1
2.	Rencana Strategis Penelitian dan Pengembangan Mekanisasi Pertanian dalam Mendukung Pembangunan Pertanian (2010-2014) <i>Agung Hendriadi (Komisi Pengembangan Mekanisasi Pertanian, BBP Mektan)</i>	6

## MAKALAH SESI PARAREL

### TOPIK A: PROSES PRODUKSI PANGAN DAN HASIL PERTANIAN

No.	Judul Makalah	Halaman
1.	Pengaruh Metode Pengolahan Dan Jenis Pemanis Terhadap Aktivitas Antioksidan Minuman Dari Bubuk Mahkota Dewa <i>Aisyah Tri Septiana dan Hidayah Dwiyanti</i>	15
2.	Optimasi Konsentrasi Pelelehan Dan Suhu Penyimpanan Buah Manggis Dengan Menggunakan Metode <i>Respon Surface</i> <i>Andriani Lubis et al.</i>	21
3.	Identifikasi Kematangan Buah Tropika Berbasis Sistem Penciuman Elektronik Menggunakan Deret Sensor Gas Semikonduktor Dengan Metode Jaringan Syaraf Tiruan <i>Arief Sudarmaji dan Rifah Ediat</i>	33
4.	Analisis Sistem Proses Pindah Massa Pada Ekstraksi Secara Mekanik Minyak Kedelai ( <i>Glycine Max Oil</i> ) <i>Bambang Dwi Argo</i>	43
5.	Pengaruh Sodium Tripolipospat (STPP) Dan Asam Palmitat Terhadap Karakteristik Edible Film Pati Ketela Pohon <i>Budi Sustrawan dan Nur Aini</i>	50
6.	Kajian Perubahan Kadar Air Dan Tekstur Kacang Mete ( <i>Anacardium Occidentale L</i> ) "Puffing", Goreng Dan Oven Dalam Kemasan Selama Penyimpanan <i>Devi Yuni Susanti et al.</i>	55
7.	Karakteristik Pengeringan Mekanis Tipe Bak Terhadap Aspek Viabilitas Dan Daya Simpan Benih Kakao ( <i>Theobroma Cacao L.</i> ) <i>Edy Suharyanto et al.</i>	62
8.	Kajian Suhu Dan Aliran Udara Dalam Kemasan Berventilasi Menggunakan Teknik <i>Computational Dynamic (CFD)</i> <i>Emmy Darmawati dan Yudik Adhinata</i>	73
9.	Perpindahan Massa Pada Pengeringan Jahe Menggunakan Efek Rumah Kaca <i>Hanim Z. Amanah et al.</i>	82
10.	Potensi Bunga Kecambah Sebagai Pengawet Alami Pada Ikan <i>Herastuti Sri Rukmini et al.</i>	89
11.	Pengaruh Proses <i>Hydrothermal</i> Gabah Sebelum Pengeringan Terhadap Kuantitas Dan Mutu Beras <i>Iwan Taruna</i>	94
12.	Penguapan Air Dan Penyerapan Minyak Keripik Buah Selama Penggorengan Vakum <i>Jamaluddin et al.</i>	101

13.	Rekayasa Pemekaran Dan Tekstur Keripik Buah Selama Penggorengan Vakum <i>Jamaluddin et al.</i>	109
14.	Produksi Pigmen Cyanobacteria <i>Indigenous</i> Tropis Dan Evaluasi Sifat Fisiknya <i>Karseno et al.</i>	118
15.	Mutu Jamur Merang ( <i>Volvariella Volvaceae</i> ) Pasca <i>Thawing</i> Pada Pembekuan Menggunakan <i>Dry Ice</i> <i>Kurnia Novianti et al.</i>	123
16.	Aplikasi <i>Pulsed Electric Field</i> (Pef) Untuk Pengawetan Nira Siwalan (Legen) <i>La Choviya Hawa et al.</i>	128
17.	Diversifikasi Pengolahan Ubi Jalar Menjadi <i>Fruit Leather</i> Bersubstitusi Nenas <i>Nur Aini et al.</i>	135
18.	Koefisien Perpindahan Panas Pada Penggorengan Ubijalar Dengan Metode <i>Deep Fat Frying</i> <i>Ratnaningsih dan Budi Rahardjo</i>	142
19.	Pemanfaatan Bunga Kecombrang Sebagai Pengawet Alami Pada Tahu <i>Rifda Naufalin dan Herastuti Sri Rukmini</i>	147
20.	Perubahan Parameter Kerupuk Goreng Pasir Selama Rekondisi <i>Siswanto et al.</i>	153
21.	Perubahan Tegangan Dan Regangan Kerupuk Selama Penggorengan Dengan Menggunakan Pasir <i>Siswanto et al.</i>	162
22.	Ultrasound Wave Transmission Characteristics And Its Relationships With Physico-Chemical Of Dragon Fruit <i>Siti Djamila et al.</i>	172
23.	Karakteristik Termal Dalam Proses Pengeringan Lapisan Tipis Dari Kayu Meranti ( <i>Shorea Leprosula Miq.</i> ) Sebagai Bahan Baku Gitar Akustik <i>Sri Mudiasuti dan Putra Pratama</i>	180
24.	Perpindahan Panas Dan Massa Pada Proses Preservatif Buah Mangga <i>Sri Rahayoe et al.</i>	189
25.	Kehilangan Air Pada Wortel Selama Penggorengan Hampa Udara ( <i>Deep Fat Vacuum Frying</i> ) <i>Sutarsi et al.</i>	200
26.	Implementasi Pehanganan Pasca Panen Padi Untuk Mengurangi Susut Mutu Beras <i>Sutrisno Mardjan et al.</i>	207
27.	Pengembangan Algoritma Pengolahan Citra Untuk Pemutuan Kopi Beras <i>Usman Ahmad et al.</i>	216
28.	<i>Heat Shock Treatment</i> Untuk Mengurangi Gejala <i>Chilling Injury</i> Produk Pertanian Segar Yang Disimpan Pada Suhu Rendah <i>Y. Aris Purwanto et al.</i>	228
29.	Analisis Warna RGB Untuk Prediksi Kematangan Buah Tomat <i>Susanto Budi Sulistyio dan Pepita Haryanti</i>	235
30.	Penentuan Konduktivitas Termal Buah-Buahan Dengan Prediksi Menggunakan <i>Ann</i> Berdasarkan Kandungan Gizi Dan Pengukuran Menggunakan <i>Heat Conduction Apparatus</i> <i>Wiludjeng Trisasiwi, Rifah Ediaty, dan Joko Maryanto</i>	240
31.	Pengaruh Penyusutan Temu Putih ( <i>Curcuma Zedoaria (Berg) Roscoe</i> ) Terhadap Karakteristik Pengeringan Lapisan Tipis <i>Inge Scorpi Tulliza, Armansyah H. Tambunan, dan Usman Ahmad</i>	246

## TOPIK B: ENERGI TERBARUKAN

No.	Judul Makalah	Halaman
1.	Current Energy Analysis Of Coffee With Semi Wet Process <i>Abdul Mukhlis Ritonga et al.</i>	255
2.	Kajian Energi Dan Eksergi Pembekuan Daging Sapi Menggunakan Mesin Pembeku Tipe Lempeng Sentuh Dengan Suhu Pembekuan Berubah <i>Anica Rosalina Girsang dan A.H.Tambunan</i>	262
3.	Rasio Input Energi Dan Volume Reaktan Pada Penerapan Ultrasonik Untuk Pengolahan Biodiesel <i>Bambang Susilo et al.</i>	269
4.	Analisa Energi Dan Pindah Panas Pada Ruang Pengasapan Karet RSS <i>Rifah Ediati dan Wiludjeng Trisasiwi</i>	277
5.	Pemanfaatan Limbah Padat Pati Aren Sebagai Sumber Energi Alternatif Dalam Bentuk Briket <i>Sri Markumningsih</i>	281
6.	Pemanfaatan Minyak Jarak Pagar Sebagai Pencampur Minyak Tanah <i>Tri Yanto</i>	288
7.	Peningkatan Efisiensi Energi Sistem Pengering Efek Rumah Kaca (ERK) Tipe Rak Dengan Pengaturan Bentuk Susunan Rak <i>Ropiudin dan Agus Margiwiyatno</i>	294
8.	Kajian Input Energi Pada Budidaya Padi Metode System Of Rice Intensification (SRI) <i>Bambang Purwantana</i>	308

## TOPIK C: ALAT DAN MESIN PERTANIAN

No.	Judul Makalah	Halaman
1.	Desain Dan Uji Performansi Roda Sirip Lengkung Traktor Tangan Untuk Pengolahan Tanah Lahan Kering <i>Ansar</i>	316
2.	Perancangan Mesin Pencuci Biodiesel Dengan Sistem Penyemprotan Air Dalam Minyak Sebagai Upaya Minimalisasi Proses Emulsifikasi Dan Konsumsi Penggunaan Energi <i>Bambang Dwi Argo</i>	323
3.	Kinerja Mesin Pengering Gabah Berbahan Bakar Sekam Di Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan <i>Budi Raharjo dan Yanter Hutapea</i>	330
4.	Membuat Dan Menguji Kinereja Kompor Tipe Belonio <i>Budianto Lanya et al.</i>	337
5.	Perancangan Dan Simulasi Mesin Pengering Gabah Tipe Vertikal Kontinyu Dengan Aliran Udara Panas Berlawanan <i>Cahyawan Catur Edi Margana dan Sukmawaty</i>	342
6.	Rancang Bangun Mesin Pelecut Kulit Polong Kedelai Basah Engineering Designed Of Sheller Machine For Wet Soybeen Legumes <i>Dadang D Hidayat et al.</i>	353
7.	Rancang Bangun Sistem Sortasi Cerdas Berbasis Pengolahan Citra Untuk Kopi Beras <i>Dedy W. Soedibyo et al.</i>	360
8.	Evaluasi Kinerja Tarik Traktor Tangan Dengan Bahan Bakar Minyak Kelapa Mumi <i>Desrial et al.</i>	370

9.	Desain Mesin Komposter Skala Industri Kecil <i>Gatot Pramuhadi et al.</i>	376
10.	Unjuk Kerja Dan Analisis Finansial Mesin Pembelah Biji Kedelai (Glycine Max) Sistem Gesekan Putar Untuk Industri Tempe Skala Kecil <i>La Ode Iahiri et al.</i>	384
11.	Modification Of Ice Kado Maker <i>Pujianto et al.</i>	389
12.	Perancangan Termometer Non Kontak Dengan Sensor Thermopile <i>Radi</i>	395
13.	Kinerja Penggetaran Struktur Pada Operasi Bajak Mol Getar <i>Radite P.A.S dan Soeharsono</i>	403
14.	Model Matematis Kapasitas Kerja Mesin Pembelah Biji Kedelai (Glycine Max) Sistem Gesek Putar <i>Rofarsyam et al.</i>	409
15.	Kinerja Pengeringan Chip Ubi Kayu <i>Sandi Asmara dan Warji</i>	416
16.	Pengeing Jagung Bertongkol Dengan Efek Rumah Kaca Dan Tambahan Panas Dari Arang Kayu <i>Sapto Kuncoro dan Tamrin</i>	427
17.	Rancangbangun Dan Pengujian Mesin Pengupas Lada (Piper Nigrum L.) Tipe Silinder Putaran Vertikal <i>Suhendra et al.</i>	433
18.	Kinerja Reaktor Kolom Tunggal Untuk Proses Ekstraksi Kafein Dari Dalam Biji Kopi Robusta Dengan Metode Perkolasi <i>Sukrisno Widyotomo et al.</i>	440
19.	Studi Proses Dan Alsin Produksi Bubuk Dan Lemak Kakao Skala UKM <i>Sukrisno Widyotomo et al.</i>	451
20.	Pengembangan Algoritma Pengolahan Citra Untuk Menghindari Rintangan Pada Traktor Tanpa Awak <i>Sukrisno Widyotomo et al.</i>	458
21.	Rancang Bangun Mesin Perajang Kulit Kakao <i>Warji</i>	464
22.	Aplikasi Pengukuran Tahanan Tanah Terhadap Penekanan Plat Dalam Penentuan Parameter Desain Roda Besi Bersirip Untuk Lahan Sawah <i>Wawan Hermawan</i>	471
23.	Kinerja Mesin-Mesin Pengolahan Tanah Untuk Penyiapan Penanaman Di Lahan Kering <i>Wawan Hermawan</i>	482
24.	Analisis Hambatan Penggunaan Alat Dan Mesin Perontok Padi Untuk Pengembangan Mekanisasi Pertanian Menuju Ketahanan Pangan (Studi Kasus Di Kecamatan Cibungbulang, Kabupaten Bogor) <i>Fikri Alhaq Fachryana</i>	490
25.	Perancangan Konsep Dari Peralatan Guna Simulasi <i>Self-Excited Vibration</i> Pada <i>Vibratory-Tillage</i> <i>Soeharsono dan Radite PA Setiawan</i>	497

#### TOPIK D: TANAH, AIR, DAN LINGKUNGAN

No.	Judul Makalah	Halaman
1.	Peluang Hemat Air Dalam Budidaya Pertanian Konsep Koefisien Transpirasi <i>Ade Moetangad Kramadibrata</i>	506
2.	Modifikasi Iklim Mikro Pada Bawang Merah Hidroponik Dalam Rangka Memperoleh Bibit Bermutu <i>Agus Margiwiyatno dan Ani Sumarni</i>	514

3.	Emisi Metana (CH <sub>4</sub> ) Dan Non-Metana Dari Budidaya Padi Sawah <i>Arif Sabdo Yuwono et al.</i>	520
4.	Pengembangan Program Alokasi Air (PAA) Berbasis Open Office Calc <i>Arif Faisol dan Indarto</i>	526
5.	Kajian Irigasi Terhadap Bioresources Tanah Untuk Mendukung Konsep Pertanian Berkelanjutan <i>Asna Mustofa dan Joko Maryanto</i>	537
6.	Penerapan Simodas Dalam Penentuan Tampungan Detensi Daerah Aliran Sungai (Studi Kasus Di Sub Das Sayang) <i>Bambang Rahadi</i>	543
7.	Studi Kondisi Hidrologi Dan Lahan Untuk Menentukan Kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS) (Studi Kasus Pada Kawasan Das Hulu Waduk Wadaslintang) <i>Chandra Setyawan</i>	551
8.	Aplikasi Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Untuk Pendugaan Suhu Larutan Nutrisi Yang Disirkulasikan Dan Didinginkan Siang-Malam Pada Tanaman Tomat Hidroponik <i>Chusnul Arif et al.</i>	559
9.	Studi Konflik Air Irigasi Dan Alternatif Penyelesaiannya Di Daerah Irigasi Kelingi Sumatera Selatan <i>Edward Saleh</i>	565
10.	Aplikasi Irigasi Drip Dan Berbagai Macam Media Dalam Rangka Peningkatan Hasil Dan Kualitas Stroberi Serta Pengembangan Krisan Hidroponik Di Serang Kabupaten Purbalingga <i>Eni Sumarni dan Masrukhi</i>	571
11.	Faktor Penentu Alih Fungsi Lahan Pertanian (Studi Kasus: Daerah Irigasi Molek Hilir Kabupaten Malang) <i>Evi Kurniati et al.</i>	577
12.	Penggunaan Simodas Untuk Pengelolaan Daerah Aliran Sungai <i>Fanny Tri Raditya</i>	583
13.	Karakteristik Fisik-Hidro-Klimatologi Delapan Das Di Wilayah Upt Psaws Sampean Baru <i>Indarto, et al.</i>	589
14.	Pengaruh Laju Aerasi Dan Penambahan Inokulan Pada Pengomposan Limbah Sayuran Dengan Komposter Mini <i>Joko Nugroho W.K. dan Istiqomah</i>	601
15.	Pengaruh Variasi Jumlah Dan Jenis Bulking Agent Pada Pengomposan Limbah Organik Sayuran Dengan Komposter Mini <i>Joko Nugroho W.K. et al.</i>	606
16.	Kajian Faktor Palawija Relatif Dalam Upaya Meningkatkan Efisiensi Distribusi Air Irigasi <i>Liliya Dewi Susanawati dan Bambang Suharto</i>	612
17.	Model Pendugaan Pertumbuhan Tanaman Dengan Jaringan Syaraf Tiruan (JST) Dalam Rangka Peningkatan Produksi Tomat ( <i>Lycopersicon Esculentum Mill.</i> ) <i>Masrukhi dan Eni Sumarni</i>	618
18.	Aplikasi Jenis Dan Dosis Ekstrak Bahan Organik Matang Pada Pertanaman Padi Gogo Serta Pengaruhnya Terhadap Karakter Morfologis Dan Fisiologis Pertumbuhan Dan Hasil <i>Kartini dan Syaeful Anwar</i>	623
19.	Kajian Terhadap Teknik Konservasi, Potensi Erosi, Sedimentasi Dan Debit Di Kawasan Ulu Das Komering Kabupaten Oku Selatan Propinsi Sumatera Selatan <i>Satria Jaya Priatna et al.</i>	630
20.	Kajian Neraca Air Irigasi Di Daerah Irigasi Cirasea Kabupaten Bandung Jawa Barat <i>Sophia Dwiratna NP dan Edy Suryadi</i>	635
21.	Integrasi Model Hidrodinamik Dan Sistem Informasi Geografik Untuk Asesmen Risiko Banjir (Studi Kasus Di Pasu Bengawan Solo Hilir) <i>Tunggul Sutan Haji</i>	642
22.	Kajian Erosi Tanah Pada Lahan Kentang Dengan Variasi Tipe Guludan,	650

	Kemiringan Lahan, Dan Varietas Tanaman <i>Umedi et al.</i>	
23.	Kajian Model Pengelolaan Implementasi Mikrohidro (PLTMH) Untuk Pembangunan Masyarakat Perdesaan <i>Wati Hermawati dan Doddy A. Darmayana</i>	661
24.	Rancang Bangun Sistem Pengukuran Lengan Tanah Berbasis Komputer Dengan Metode Kapasitansi Menggunakan Sensor Variabel Kapasitor <i>Arief Sudarmaji dan Purwoko Hari Kuncoro</i>	668
25.	Metode Irigasi Tetes Dan Perlakuan Media Tanam Dalam Budidaya Stroberi <i>Afik Hardanto, Asna Mustofa, dan Sumarni</i>	676
26.	Penentuan Prioritas Rehabilitasi Bendung Di Daerah Irigasi Lintas Kabupaten/Kota Provinsi Diy Berdasarkan Aspek Teknis Dengan Metode Fuzzy-AHP <i>Murtiningrum, et al.</i>	685
27.	Penentuan Konstanta Resesi Hidrograf Menggunakan Metode Plot Semi Logaritmik (Studi Kasus Di Sub Das Goseng) <i>Putu Sudira, et al.</i>	693
28.	Peluang Hemat Air Dalam Budidaya Tanaman Lahan Kering: Hasil Uji-Coba Konsep Koefisien Transpirasi <i>M. Ade Moetangad Kramadibrata</i>	701

#### TOPIK E: SISTEM MANAJEMEN MEKANISASI PERTANIAN

No.	Judul Makalah	Halaman
1.	Peran Agroteknopark Kolaberes Melalui Kegiatan Alih Teknologi Pascapanen (Kasus Tiga Desa Binaan Di Kecamatan Cikadu, Kabupaten Cianjur) <i>Akmadi Abbas dan R. Cecep Erwan</i>	710
2.	Analisa Teknis Dan Biaya Sistem Kanal Flatbed Pada Aplikasi Pemupukan Tanaman Kelapa Sawit Dengan Limbah Cair Pabrik Di Perkebunan Kelapa Sawit Condong, Kabupaten Garut, Jawa Barat <i>Lilik Pujantoro dan Iriwad Putri</i>	717
3.	Aplikasi Monitoring Produk Pertanian Pada Budidaya Tanaman Semusim Melalui Teknologi Web Menggunakan Machine Vision Untuk Menunjang Sistem Precision Agriculture <i>Lilik Soetiarso et al.</i>	724
4.	Application Of A Continuous-Discrete Recursive Prediction Error Algorithm For Toxicity Detection <i>Mochamad Bagus Hermanto dan J.D. Stigter</i>	732
5.	Evaluasi Keamanan Pangan Dan Penyimpangan Mutu Gula Kelapa Kristal Di Kawasan Home Industri Gula Kelapa Kabupaten Purbalingga <i>Mustaufik dan Pepita Haryanti</i>	740
6.	Analisis Biaya Alat Pamarut Sagu Tipe Silinder <i>Ratmaningsih et al.</i>	753
7.	Studi Biaya Pokok Pengolahan Tanah Sawah Dengan Berbagai Alat Pengolah Tanah Di Kabupaten Solok Dan Kota Padang Sumatera Barat <i>Santosa et al.</i>	757
8.	Penilaian Kepuasan Penggunaan Alat Dan Mesin Dalam Pengembangan Padi (Studi Kasus Kabupaten Ngawi Dan Sragen) <i>Sugiyono et al.</i>	777
9.	Model Waktu Pemberian Air Pada Petakan Sawah <i>Wagiono</i>	783

## MAKALAH SESI POSTER

No.	Judul Makalah	Halaman
1.	Rancang Bangun Alat Pengering Klanting Tipe Rak dengan Sumber Panas Kompur Listrik <i>Afik Hardanto dan Susanto Budi Sulisty</i>	780
2.	Pembuatan Tepung Limbah Buah Nanas ( <i>Ananas comosus</i> L. Merr) Dengan Variasi Suhu Pengeringan <i>Doddy A. Darmajana</i>	788
3.	Pendugaan Umur Simpan Selai Nanas Lembaran <i>Doddy A. Darmajana</i>	796
4.	Pengaruh Perlakuan Bahan Pengisi Kemasan Terhadap Mutu Fisik Dan Biologis Buah Stroberi ( <i>Fragaria Chiloensis</i> L.) Selama Transportasi <i>Lilik Pujantoro dan Nurul Firdausi</i>	804
5.	Pengaruh Perlakuan Bahan Pengisi Kemasan Terhadap Mutu Fisik Buah Belimbing ( <i>Averrhoa carambola</i> L) Selama Transportasi <i>Lilik Pujantoro dan Bayu Nata Kusuma</i>	809
6.	Uji Kinerja Mesin Perajang Ubi Kayu <i>Warji dan Sandi Asmara</i>	815
7.	Studi Awal Karakteristik Sebaran Kadar Air Pada Strip Olahan Tanah Lempung Berliat Yang Dialirkan Air <i>Yazid Ismi Intara et al.</i>	822

## APLIKASI PENGUKURAN TAHANAN TANAH TERHADAP PENEKANAN PLAT DALAM PENENTUAN PARAMETER DESAIN RODA BESI BERSIRIP UNTUK LAHAN SAWAH\*

Wawan Hermawan

Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, e-mail:  
w\_hermawan@ipb.ac.id



### Abstrak

Pengukuran tahanan tanah sawah terhadap penekanan plat telah dilakukan di dua lokasi dengan karakteristik tanah yang berbeda menggunakan penetrometer dengan ujung plat pada beberapa sudut penekanan hingga kedalam 20 cm. Data tahanan tanah tersebut diaplikasikan dalam analisis penentuan sudut kemiringan sirip, ukuran sirip, jumlah sirip dan diameter roda dari roda besi bersirip yang didesain untuk pembajakan pada kedua lokasi menggunakan traktor tangan lokal. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa dengan sudut kemiringan plat  $45^\circ$ , reaksi tanah arah horisontal dan vertikal paling tinggi, sehingga sudut kemiringan sirip saat sirip roda menerima beban puncak perlu diset  $45^\circ$ . Untuk sawah dengan *hard pan* yang dalam, tahanan tanah cenderung meningkat tajam pada kedalaman 0-10 cm dan pada kedalaman 15-20 cm. Tahanan tanah pada kedalaman 15-20 cm pada sudut tekan  $90^\circ$  adalah 60 kPa. Untuk lokasi ini jumlah sirip optimum 14, lebar sirip 8 cm, panjang sirip 35 cm dan diameter roda 85 cm. Untuk sawah dengan *hard pan* yang dangkal, tahanan tanah meningkat tajam mulai kedalaman 6 cm hingga 20 cm. Tahanan tanah pada kedalaman 15-20 cm pada sudut tekan  $90^\circ$  lebih dari 90 kPa. Untuk lokasi ini jumlah sirip optimum 14, lebar sirip 10 cm, panjang sirip 35 cm dan diameter roda 85 cm.

**Kata Kunci;** tahanan tanah, roda besi, bersirip, sawah

### PENDAHULUAN

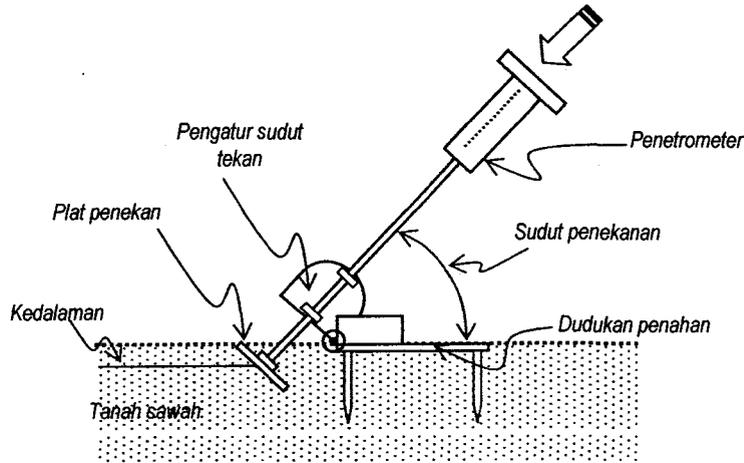
Untuk meningkatkan kemampuan traksi dan mengatasi masalah mobilitas traktor dua roda di lahan sawah diperlukan konsep baru dari roda besi bersirip yang digunakannya. Dari penelitian yang telah dirintis sejak tahun 1996, mekanisme sirip gerak pada roda besi bersirip memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan roda bersirip konvensional dengan sirip kaku, yaitu menghasilkan gaya angkat dan gaya tarik serta efisiensi yang lebih tinggi (Hermawan *et al.*, 1996, 1997, 1998, 2001). Roda dengan sirip gerak memiliki plat-plat sirip yang dapat bergerak di mana plat sirip dapat dipertahankan pada sudut kemiringan (dengan garis permukaan tanah) tertentu selama perputarannya. Pengujian lainnya juga menunjukkan keunggulan dari jenis roda besi bersirip gerak dengan mekanisme sirip berpegas (Wiyono, 2005 dan Listyati, 2005).

Pada dasarnya proses perancangan roda besi bersirip harus memasukkan kondisi tanah sawah dan konstruksi traktor sebagai faktor penentu hasil desain. Tenaga tarik yang dihasilkan traktor tangan di lahan sawah dihasilkan dari traksi roda besi bersirip yang digunakannya, yang merupakan akumulasi (resultan) reaksi tanah terhadap sirip-sirip roda yang bekerja dalam tanah. Untuk menghasilkan gaya angkat (vertikal) dan gaya dorong (horizontal) pada roda besi bersirip yang memenuhi kebutuhan beban tarik (draft, dan tahanan gelinding roda) dan beban vertikal dari bobot traktor, maka harus diperoleh gaya reaksi tanah (terhadap sirip-sirip roda) yang memadai. Interaksi inilah yang perlu disimulasikan dalam mendesain roda besi bersirip untuk tanah sawah. Gaya reaksi tanah sawah terhadap sirip perlu diketahui dalam mendesain roda besi bersirip.

Gaya reaksi tanah pada sirip gerak telah dianalisis secara teoritis oleh Hermawan *et al.* (2000). Pendugaan gaya reaksi tanah dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu (a) tahap di mana sirip roda bergerak menekan tanah ke bawah dan (b) tahap di mana sirip roda bergerak ke atas untuk meninggalkan tanah. Menurut Hermawan *et al.* (2000), kondisi dan gaya-gaya yang bekerja pada saat

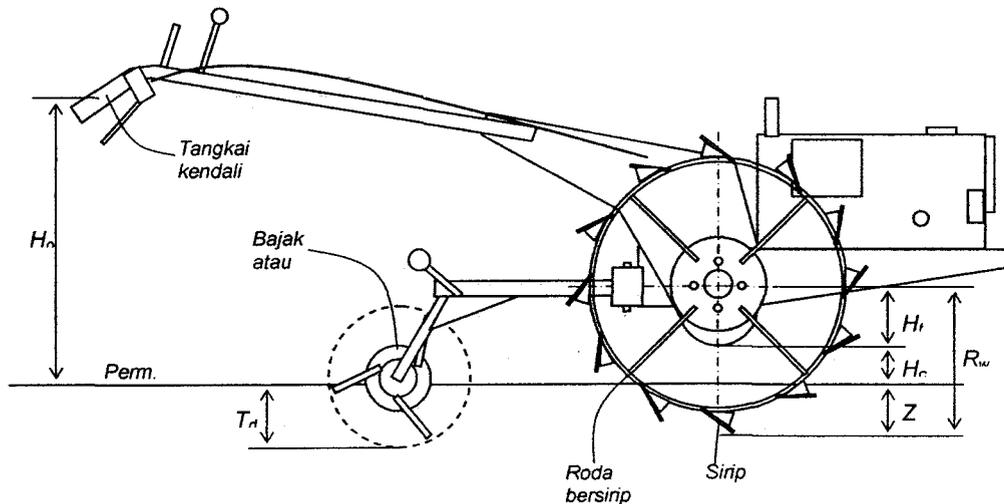
\* Makalah disampaikan dalam Seminar Nasional Perteta 2010 di Purwokerto, 10 Juli 2010





Gambar 2. Instrumen pengukuran tahanan tanah sawah terhadap penekanan plat.

Parameter desain roda besi bersirip yang ditentukan adalah: (a) ukuran sirip roda, (b) kekuatan mekanisme sirip berpegas, (c) diameter roda, dan (d) jumlah sirip. Data yang digunakan dalam keperluan analisis tersebut adalah: a) data tahanan tanah sawah (di kedua lokasi) terhadap penekanan plat, b) data konstruksi dan bobot traktor dua roda dan c) data beban tarik implemen pengolahan tanah serta tahanan guling roda. Selain itu formasi dasar traktor dua roda dalam pembajakan dan penggaruan tanah sawah yang baku di Indonesia (Gambar 3) dan posisi bagian dasar badan traktor terhadap permukaan tanah dan roda (Gambar 4) pun harus diperhatikan. Tahapan analisis yang digunakan adalah seperti yang telah dilakukan oleh Hermawan (2009).



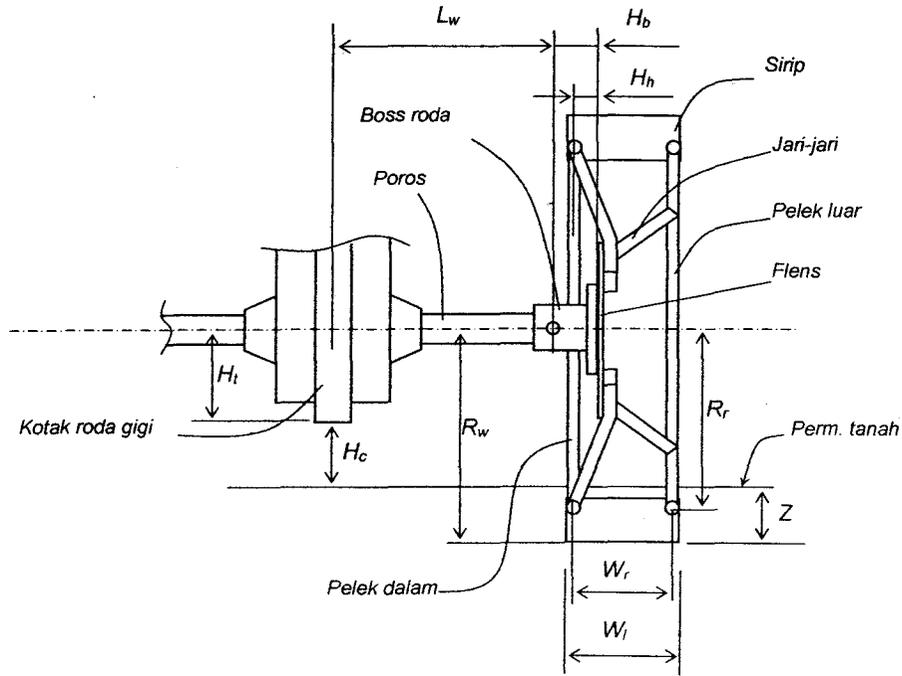
Gambar 3. Formasi dasar traktor dua roda dalam pembajakan dan penggaruan tanah sawah yang baku di Indonesia

Dari Gambar 4, jari-jari luar roda sirip  $R_w$  dapat ditentukan dengan persamaan:

$$R_w = H_i + H_c + Z \quad (1)$$

di mana:  $H_i$  adalah jari-jari dasar kotak roda gigi reduksi traktor,  $H_c$  adalah *ground clearance* dan  $Z$  adalah ketenggelaman roda. Selanjutnya diameter roda  $D_w$  adalah:

$$D_w = 2 R_w \quad (2)$$



Gambar 4. Bagian-bagian roda dan skema untuk menentukan ukuran roda

Selain itu, diameter roda sirip maksimum dibatasi oleh ruang bebas yang tersedia pada traktor, yang dibatasi oleh lengan pengengkol engine (di depan) dan implemen (di belakang). Kedua data tersebut harus diamati pada traktor yang digunakan.

Ukuran sirip roda harus ditentukan dengan seksama melalui pengkajian hubungan beban tarik horizontal, beban tegak, diameter roda, jumlah sirip, ukuran sirip dan ketenggelaman rodanya. Data tahahan tanah terhadap penekanan plat (hasil pengukuran) diguankan untuk menentukan ukuran sirip ini. Dalam analisis, resultan gaya reaksi tanah pada setiap sirip aktif (yang bekerja pada tanah) arah

horizontal harus lebih dari baban tarik ( $\frac{P_i}{2}$ ) dan tahanan gelinding roda ( $F_{rr}$ ). Resultan gaya reaksi

tanah arah vertikal harus lebih besar dari bobot traktor yang ditumpu roda ( $\frac{W_t}{2}$ ).

$$\sum_{i=1}^n F_{sh} \geq \left( \frac{P_i}{2} + F_{rr} \right) \tag{3}$$

$$\sum_{i=1}^n F_{sv} \geq \frac{W_t}{2} \tag{4}$$

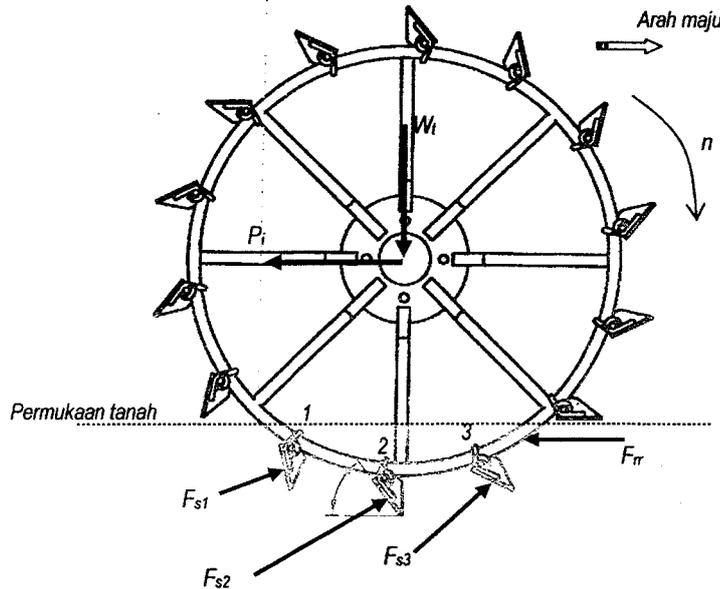
$$F_s = F_{sh} + F_{sv} \tag{5}$$

dalam hal ini:  $F_{sh}$  adalah gaya reaksi tanah pada sirip arah horizontal, dan  $F_{sv}$  adalah gaya reaksi tanah pada sirip arah vertikal, dan  $F_s$  resultan gaya reaksi tanah pada sirip.

Gaya reaksi tanah pada sirip aktif yaitu  $F_{s1}$ ,  $F_{s2}$ ,  $F_{s3}$  dst. (Gambar 5) dihitung dari tahahan tanah penekanan terhadap plat sesuai kedalaman (posisi sirip dalam tanah) dan sudut kemiringan muka plat sirip yang bersangkutan.

$$F_{sn} = A_s T_{pn} \tag{6}$$

dalam hal ini:  $F_{sn}$  adalah gaya reaksi tanah pada sirip ke-n,  $A_s$  adalah luas permukaan sirip dan  $T_{pn}$  adalah tahanan tanah pada sirip ke-n (hasil pengukuran pada sudut penekanan dan kedalaman yang bersangkutan). Dari masing-masing gaya reaksi tersebut dapat ditentukan komponen gaya arah horizontal dan vertikalnya.



Gambar 5. Gaya-gaya yang bekerja pada roda besi bersirip

$$F_{shn} = F_{sn} \cos \alpha \quad (7)$$

$$F_{svn} = F_{sn} \sin \alpha \quad (8)$$

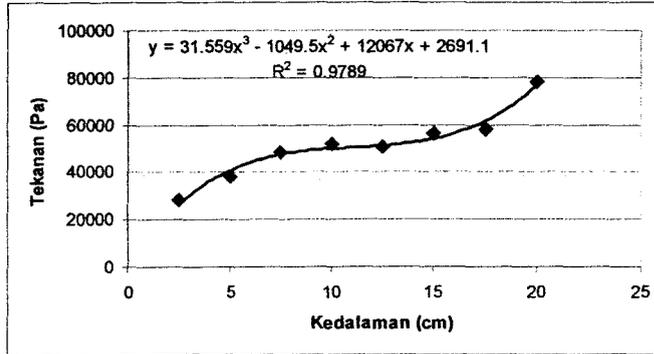
dalam hal ini:  $F_{shn}$  adalah gaya reaksi tanah arah horizontal pada sirip ke-n,  $\alpha$  adalah sudut kemiringan sirip ke-n, dan  $F_{svn}$  adalah gaya reaksi tanah arah vertikal pada sirip ke-n.

Jumlah sirip aktif  $J_{sa}$ , ukuran sirip (luas penampang,  $A_s$ ) dan ketenggelaman roda  $Z$  akan saling berkaitan dalam mencapai kesetimbangan gaya pada sistem roda. Ukuran sirip ditentukan dengan optimisasi menggunakan persamaan-persamaan di atas.

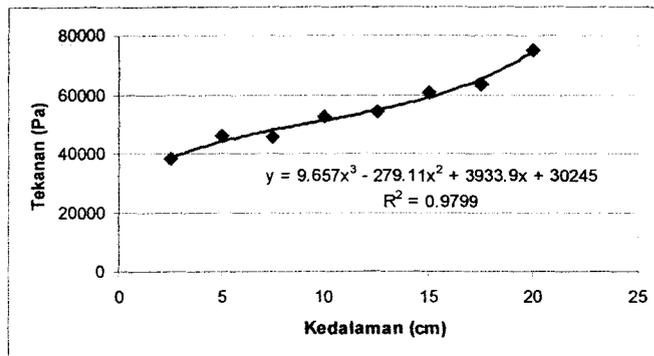
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran tahanan tanah sawah terhadap penekanan plat menunjukkan bahwa terjadi peningkatan tahanan untuk setiap peningkatan kedalaman penekanan. Untuk sawah di Kabupaten Cianjur, pola peningkatan tahanan tersebut tidak linier dan cenderung ada peningkatan tajam pada kedalaman 0-10 cm, diikuti peningkatan yang landai pada kedalaman 10-15 cm dan kembali peningkatan yang tajam pada kedalaman 15-20 cm. Hasil pengukuran tahanan tanah terhadap penekanan plat untuk sawah di Cianjur disajikan pada Gambar 6-10 masing-masing untuk sudut tekan  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $75^\circ$  dan  $90^\circ$ . Untuk sawah di Subang hasilnya disajikan pada Gambar 11-15.

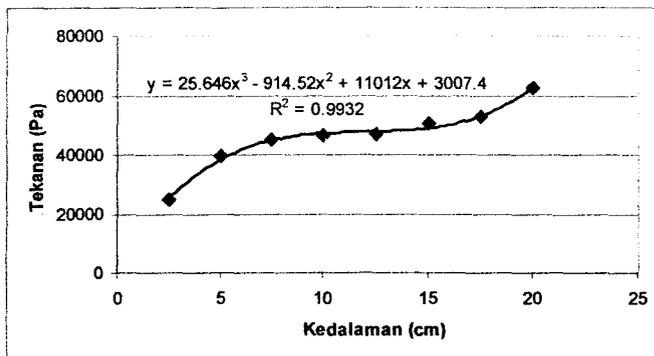
Untuk sawah di Cianjur, pada kedalaman 15-20 cm dengan sudut tekan  $90^\circ$  tahanannya sekitar 60 kPa. Tahanan tertinggi ini hampir sama untuk tiap sudut tekan. Dengan kondisi ini, roda sirip traktor dua roda masih sulit ditahan pada kedalaman 15-20 cm. Ketenggelaman roda (sinkage) akan terjadi lebih tinggi di lokasi sawah Ci anjur ini.



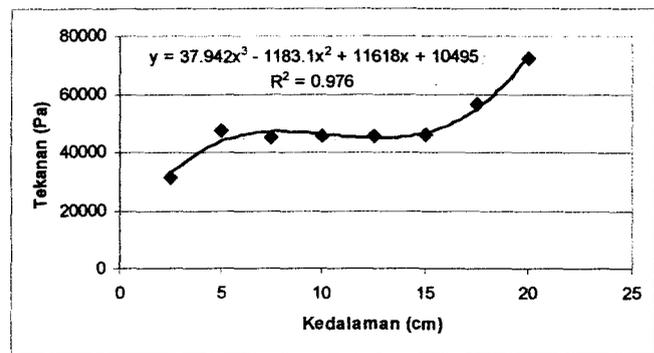
Gambar 6. Tekanan plat pada sudut tekan 30° di sawah Kabupaten Cianjur



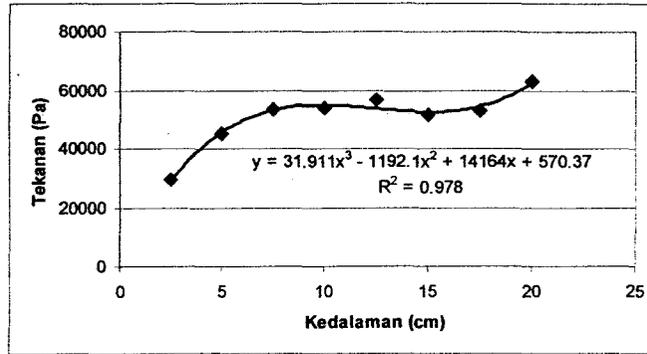
Gambar 7. Tekanan plat pada sudut tekan 45° di sawah Kabupaten Cianjur



Gambar 8. Tekanan plat pada sudut tekan 60° di sawah Kabupaten Cianjur

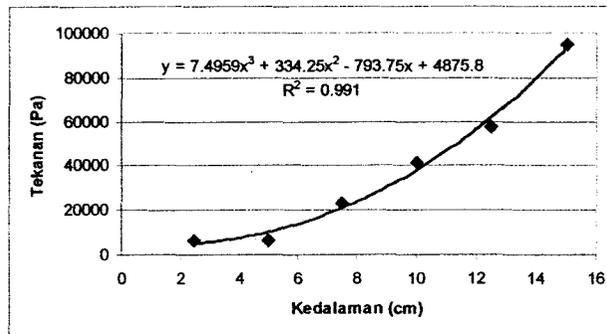


Gambar 9. Tekanan plat pada sudut tekan 75° di sawah Kabupaten Cianjur

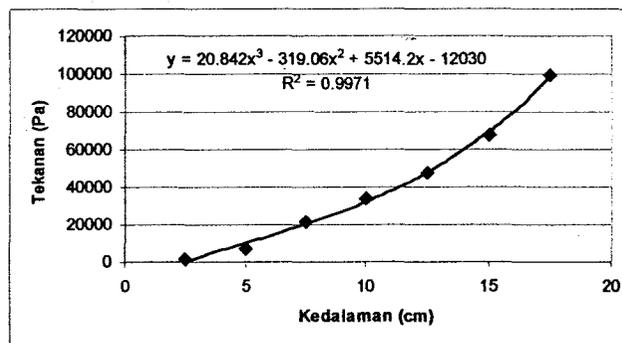


Gambar 10. Tekanan plat pada sudut tekan 90° di sawah Kabupaten Cianjur

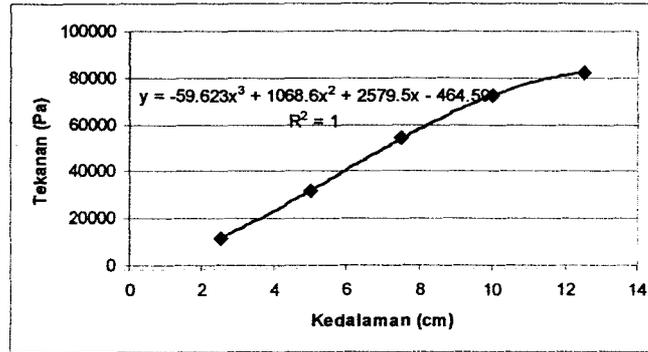
Berbeda dengan sawah Cianjur, tahanan penekanan plat di sawah Subang memiliki karakteristik yang terus meningkat cukup tajam dari kedalaman 6 cm hingga 20 cm. Lapisan keras sudah ditemui pada kedalaman 15-20 cm. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pada kedalaman 15-20 cm, tahanan penekanan plat lebih dari 90 kPa (untuk sudut tekan 90°). Dengan kondisi seperti ini dapat diramalkan bahwa roda besi bersirip dapat tertahan cukup baik pada kedalaman 15-20 cm ini. Pengamatan terhadap pengoperasian traktor dua roda di lokasi pengukuran (Subang) menunjukkan bahwa roda tidak mengalami ketenggelaman yang cukup dalam. Traktor pun dapat beroperasi tanpa hambatan yang berarti pada saat pengolahan tanah.



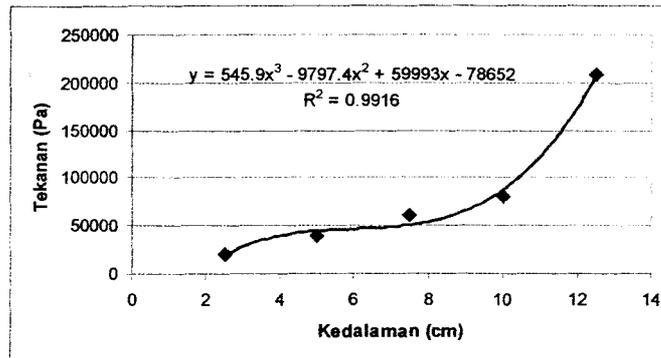
Gambar 11. Tekanan plat pada sudut tekan 30° di sawah Kabupaten Subang.



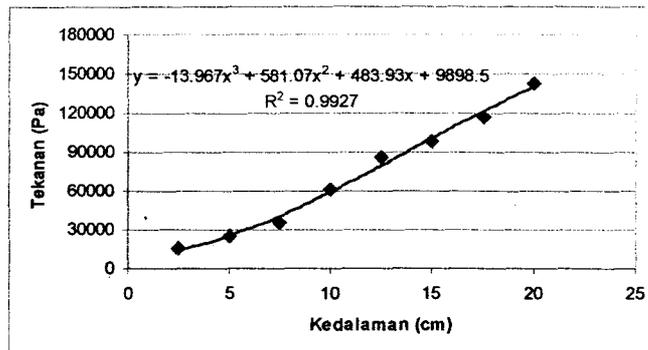
Gambar 12. Tekanan plat pada sudut tekan 45° di sawah Kabupaten Subang.



Gambar 13. Tekanan plat pada sudut tekan  $60^\circ$  di sawah Kabupaten Subang.



Gambar 14. Tekanan plat pada sudut tekan  $75^\circ$  di sawah Kabupaten Subang.



Gambar 15. Tekanan plat pada sudut tekan  $90^\circ$  di sawah Kabupaten Subang.

Hasil pengukuran tahanan tanah terhadap penekanan plat menunjukkan bahwa semakin dalam penekanan semakin tinggi tahanan tanahnya. Di antara lebar plat 2.5, 3.75 dan 5 cm (dengan panjang yang sama 10 cm), plat dengan lebar yang lebih sempit cenderung menghasilkan tahanan tanah yang lebih besar dibandingkan dengan plat yang lebih lebar. Di antara sudut tekan 30, 45, 60, 75 dan 90 derajat, yang menghasilkan tahanan tanah arah horizontal dan arah vertikal yang lebih baik adalah sudut tekan  $45^\circ$ . Dengan dasar ini, sudut kemiringan plat sirip pada roda dalam perancangan ditentukan  $45^\circ$  terhadap garis horizontal. Kondisi kedalaman lapisan keras tanah sawah di lokasi pengukuran di Cianjur cukup dalam (berkisar 20-30 cm), sementara sawah di lokasi pengukuran di Subang cukup dangkal (berkisar 10-15 cm). Hasil pengukuran konstruksi traktor di kedua lokasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi taktor dan roda bersirip yang digunakan di Cianjur dan Subang

Parameter	Ukuran dan Data	
	Cianjur	Subang
Merk Engine	Kubota RD8r	Kubota RD85
Merk Rangka	Quick G600	Quick
Berat total traktor dan roda sirip	325 kg	200 kg
Tinggi tangkai kendali ( $H_o$ )	113 cm	126 cm
Ground Clearance ( $H_c$ )	29.5 cm	28 cm
Jari-jari dasar kotak gigi reduksi ( $H_i$ )	11.5 cm	14 cm
Jari-jari luar roda sirip ( $R_w$ )	41 cm	44.5 cm
Jarak kotak gigi reduksi ke lubang baut boss roda ( $L_w$ )	20 cm	20 cm
Jarak lubang baut boss roda ke flens ( $H_b$ )	1.5 cm	1.5 cm
Jarak flens ke rim dalam ( $H_n$ )	3 cm	4.8 cm
Jari-jari rim/pelk ( $R_r$ )	34.75 cm	74 cm
Lebar rim/pelk ( $W_r$ )	28.5 cm	40.8 cm
Jumlah rim	2	3
Diameter bahan rim	14.6 mm	1.59 (tepi) 1.05 (tengah)
Panjang sirip ( $W$ )	27 cm	40 cm
Lebar sirip	8 cm	11.75 cm
Tebal sirip	4.5 cm	3 mm
Bahan sirip	besi plat	besi plat
Jumlah sirip ( $L_n$ )	14	14
Spasi linier sirip ( $L_s$ )	17.5 cm	20.7 cm
Sudut kemiringan sirip	42°	30°
Jumlah dan bahan jari-jari	8	5 dalam, 5 luar
Jarak lengan engkol ke poros roda sirip	48 cm	63 cm
Jarak implemen ke poros roda sirip	89.66 cm	110 cm
Jarak engkol ke tengah body	30 cm	36 cm

Berikut ini dijelaskan aplikasi hasil pengukuran pada penentuan desain roda besi bersirip untuk lokasi Cianjur. Dalam menganalisis penentuan diameter maksimum roda, digunakan data 1) jarak poros roda terhadap lengan engkol yaitu 48 cm, dan 2) jarak poros roda terhadap implemen 90 cm. Dari data tersebut, dan dengan asumsi bahwa tebal kepala tangan maksimum saat mengengkol traktor 5 cm maka didapat diameter traktor adalah sebagai berikut. Jari-jari maksimum

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

Diameter maksimum roda

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

Diameter minimum roda besi untuk Cianjur ini diperoleh dari data jari-jari dasar kotak gigi reduksi ( $h_i$ ) 11.5 cm. Dengan menetapkan ground clearance ( $h$ ) tidak boleh kurang dari 5 cm dan sinkage ( $z$ ) roda tidak boleh lebih dari 20 cm maka jari-jari minimum roda

$$R_{min} = z + h + h_i = 20 + 5 + 11.5 = 36.5 \text{ cm}$$

Diameter minimum roda

$$D_{min} = 2 \times R_{min} = 2 \times 36.5 = 73 \text{ cm.}$$

Dengan demikian ditetapkan diameter roda minimum 73 cm dan maksimum 86 cm. Dalam penentuan diameter roda serta ukuran sirip, maka direncanakan untuk dianalisis diameter roda 75, 77.5, 80, 82.5, dan 85 cm.

Diameter roda, jumlah sirip dan ukuran plat sirip ditentukan dari perhitungan gaya reaksi tanah pada sirip roda yang aktif. Ukuran tersebut dipilih yang memberikan gaya reaksi arah vertikal melebihi bobot traktor dan roda (325 kg) di mana untuk satu roda adalah 162.5 kg (1.6 kN). Gaya reaksi tanah arah horizontal tidak kurang dari beban tarik dan gaya tahanan gelinding roda sebesar 0.9 kN untuk satu roda. Gaya tekan diasumsikan 0.6 dari gaya reaksi tanah terhadap tekanan plat (dari data

pengukuran), dengan memperhatikan bahwa pada saat pengukuran plat menekan tanah yang masih utuh, sedangkan pada roda plat sirip akan menekan tanah yang sudah terpotong salah satu sisinya oleh sirip yang mendahuluinya. Hasil perhitungan gaya reaksi tanah pada roda sirip disajikan pada Lampiran 1. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah bila sudut putar lebih besar sama dengan 120 derajat, maka gaya reaksi tanah dianggap nol, karena sirip tidak menekan lagi ke tanah. Dia akan meninggalkan tanah. Ini untuk slip di bawah 25%. (Wawan Hermawan, Oida, A. and Yamazaki, M., 1996).

Dari pengamatan di lapangan, dengan diameter roda 82 cm ternyata dasar *gear box* traktor hampir menggerus permukaan tanah, roda tenggelam hampir setengahnya. Oleh karena itu diameter roda perlu diperbesar, walaupun ada keterbatasan ruang bebas (engkol engine), dan maksimum bisa 86 cm diameternya. Sirip roda berjumlah 14 dengan luas sirip 217 cm<sup>2</sup> yang perlu diperluas karena dengan ukuran tersebut ketenggelaman roda sangat dalam. Dengan demikian, luas sirip roda harus melebihi 217 cm<sup>2</sup>, bila digunakan jumlah sirip 14.

Setelah melakukan simulasi kebutuhan gaya pada sirip roda aktif ( $F_v = 1.6$  kN,  $F_h = 0.9$  kN) dan dengan pertimbangan bahwa diameter roda 85 cm, jumlah sirip yang dipilih adalah 14 buah (berdasarkan data lapangan yang diperoleh) dengan sinkage roda 5, 10, 15, 20 cm maka disimpulkan jumlah sirip 14, sudut spasi 25.7°, dan luas sirip 280 cm<sup>2</sup> memenuhi syarat.

Dalam menentukan panjang dan lebar sirip diasumsikan slip roda 25% dan lebar sirip tidak lebih dari 0.7 dari spasi antarsirip. Dengan diameter roda 85 cm, jumlah sirip 14 buah diperoleh spasi horizontal antar sirip adalah 14.3 cm dan lebar sirip sekurang-kurangnya 10 cm (Tabel 2). Dengan mengambil lebar sirip 8 cm (memenuhi syarat), dan luas sirip 280 cm<sup>2</sup> maka diperoleh panjang sirip 35 cm.

Tabel 2. Spasi horizontal antar sirip dan penentuan lebar sirip (Cianjur) dengan diameter roda 85 cm

Jumlah sirip	Spasi antar sirip (Ls)		Spasi horizontal (cm)	Lebar sirip maksimum (cm)
	(cm)	(derajat)		
12	22.00	30.00	16.689711	11.6828
14	18.91	25.71	14.305467	10.01383
16	16.58	22.50	12.517283	8.762098
18	14.76	20.00	11.126474	7.788532
20	13.30	18.00	10.013827	7.009679

Dengan demikian untuk lokasi Cianjur diperoleh parameter desain roda besi bersirip seperti disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter desain roda besi bersirip untuk lokasi Cianjur

No.	Parameter desain	Ukuran, Jumlah
1	Diameter roda	85 cm
2	Jumlah sirip	14
3	Lebar sirip	8 cm
4	Panjang sirip	35 cm

Selanjutnya dengan cara analisis yang sama, diperoleh ukuran desain roda besi bersirip untuk lokasi Subang seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter desain roda besi bersirip untuk lokasi Subang

No.	Parameter desain	Ukuran, Jumlah
1	Diameter roda	85 cm
2	Jumlah sirip	14
3	Lebar sirip	10 cm
4	Panjang sirip	35 cm

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Gaya reaksi tanah terhadap plat sirip dapat diketahui dengan pengukuran yang praktis menggunakan penetrometer dengan ujung dilengkapi plat tekan, dan diukur pada beberapa tingkat sudut penekanan.
2. Data hasil pengukuran reaksi tanah sawah terhadap penekanan plat dapat digunakan dengan baik untuk menentukan desain roda besi bersirip traktor tangan.
3. Sudut kemiringan sirip yang memberikan gaya angkat dan gaya dorong optimum adalah  $45^\circ$ . Berdasarkan hasil analisis parameter desain prototipe roda bersirip gerak untuk daerah Cianjur: diameter roda 85 cm, jumlah sirip 14, lebar sirip 8 cm, panjang sirip 35 cm. Parameter desain prototipe roda bersirip gerak untuk daerah Subang: diameter roda 85 cm, jumlah sirip 14, lebar sirip 8 cm, panjang sirip 35 cm.

### Saran

1. Proses perancangan roda sirip gerak dengan mekanisme sirip berpegas perlu mengikuti tahapan perancangan seperti diuraikan dalam makalah ini, antara lain dengan menggunakan data tahanan tanah terhadap penekanan plat.
2. Untuk memberikan gaya dorong dan gaya angkat yang optimum, sudut kemiringan sirip saat bekerja dalam tanah perlu diset  $45^\circ$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Cebro, I.S., Hermawan, W. 2006. Sistem desain dengan bantuan komputer untuk roda besi bersirip traktor dua-roda. *Jurnal Keteknik Pertanian*. Volume 20, No. 2.
- Hermawan, W., Oida, A. and Yamazaki, M. 1996. Measurement of soil reaction forces on a single movable lug. *J. Terramechanics* 33(2):91-101.
- Hermawan, W., Oida, A. and Yamazaki, M. 1997. The characteristics of soil reaction forces on a single movable lug. *J. Terramechanics* 34(1):23-35.
- Hermawan, W., Oida, A. and Yamazaki, M. 1998. Design and traction performance of the movable lug wheel. *J. Terramechanics* 35:23-35.
- Hermawan, W., Oida, A. and Yamazaki, M. 2000. Theoretical analysis of soil reaction on a lug of the movable lug cage wheel. *J. Terramechanics* 37:65-86.
- Hermawan, W., Suastawa, I.N., and Sudianto, D. 2001. Traction performance of movable lug wheels with spring mechanism and rubber lug. *Journal of ISSAAS* 7(1):58-67.
- Hermawan, W. 2009. Design and traction performance of movable lug wheel equipped with spring mechanism. *International Symposium Agricultural Engineering Toward Sustainable Agriculture In Asia*, Bogor, November 2009.
- Listiyati, T. 2005. Uji Performansi Roda Besi Bersirip Garak dengan Mekanisme Sirip Berpegas pada Pembajakan Sawah Menggunakan Traktor Dua Roda. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor.
- Wiyono, A. 2005. Modifikasi Roda Besi Bersirip Gerak dengan Mekanisme Sirip Berpegas. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, IPB, Bogor.

