

Aplikasi Pengukuran Tahanan Tanah Terhadap Penekanan Plat Dalam Penentuan Parameter Desain Roda Besi Bersirip

Measurement of Soil Plat Penetration Resistance for Determination of Lug Wheels Design Parameters

Wawan Hermawan¹

Abstract

Plat penetration resistance on paddy soil was measured for determination of a lug wheel design parameters. A penetrometer equipped with plat tips (three plat sizes) was used for soil penetration measurement at 30°, 45°, 60°, 75° and 90° penetratiron angle, at the depth of 2.5 cm, 5 cm, 7.5 cm, 10 cm, 12.5 cm, 15 cm, 17.5 cm dan 20 cm. The results showed that using plat inclination angle of 45°, produced highest horizontal and vertical soil reaction forces. In the paddy soil with a deeper mud layer condition, soil reaction forces tended to significantly increase at 0-10 cm depth and at 15-20 cm depth. The soil reaction force at 15-20 cm depth at 90° penetration angle was 60 kPa. For the location, the optimum lug wheel design parameters were: 14 lugs, 8 cm lug height, 35 cm lug width, and 85 cm wheel diameter. For a shallower mud layer paddy soil, the soil resistance significantly increased at 6-20 cm depth. Penetration resistance at 15-20 cm depth at 90° penetration angle was higher than 90 kPa. The optimum lug wheel design parameters were: 14 lugs, 10 cm lug height, 35 cm lug width, and 85 cm wheel diameter.

Keywords : paddy soil, plat penetration, soil resistance, lug wheel, design

Diterima: 25 Februari 2009; Disetujui: 12 Juni 2009

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 sirip menekan tanah ke arah bawah digambarkan seperti pada skema di Gambar 1. Hasil analisis, gaya reaksi tanah pada sirip (P) telah dilakukan oleh Hermawan *et al.* (2000). Namun demikian, analisisnya memerlukan banyak parameter karakteristik tanah yang harus diukur atau diketahui. Sebagai alternatif, perlu dilakukan pengukuran dengan instrumen yang praktis dan mudah dilakukan, salahsatunya dengan memanfaatkan penetrometer (Hermawan, 2009).

¹ Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, email: w_hermawan@ipb.ac.id

Berdasarkan ide tersebut Cebro, et al (2006) dan Hermawan (2009) telah mencoba proses perancangan roda besi bersirip ini melalui tahapan pengukuran tahanan tanah sawah pada penekanan plat serta tahapan pengukuran konstruksi traktor dan tahapan analisis perancangannya. Metode ini pun, dapat digunakan juga untuk roda besi bersirip gerak dengan mekanisme sirip berpegas. Makalah ini akan menguraikan metode pengukuran tahanan tanah sawah terhadap penekanan plat, dan aplikasi hasil pengukurannya dalam menentukan ukuran dan desain roda besi bersirip traktor tangan.

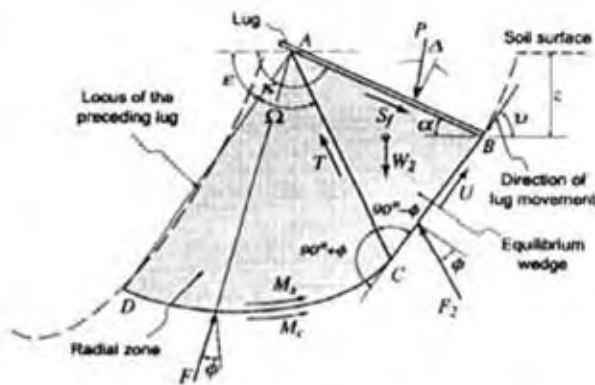
Metodologi Penelitian

Pengukuran karakteristik tahanan tanah sawah terhadap penekanan plat dilakukan di daerah persawahan 1) Desa Nagrak, Kecamatan Cianjur, Kabupaten Cianjur dan 2) Desa Munjul, Kecamatan Pabuaran, Kabupaten Subang. Survey data dimensi dan berat traktor dua roda dilakukan di kedua lokasi tersebut, khusus untuk traktor yang biasa digunakan

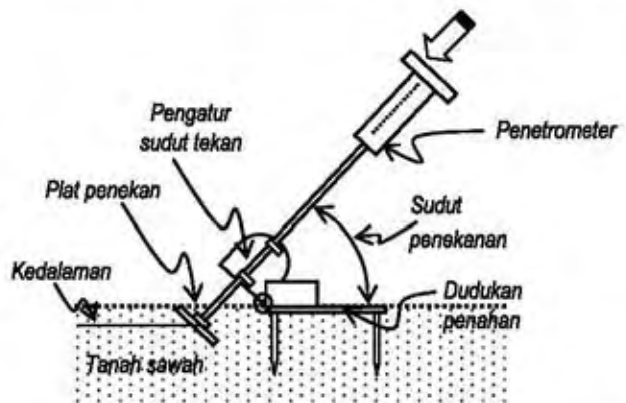
di tempat tersebut. Analisis penentuan parameter rancang bangun dilakukan di Departemen Teknik Pertanian IPB, Bogor.

Pengukuran tahanan tanah sawah terhadap penekanan plat menggunakan penetrometer yang dilengkapi plat dan penahan kemiringan penekanan (Gambar 2). Plat penekan yang digunakan terdiri dari tiga ukuran yaitu: a) 5 cm x 7 cm, b) 7.5 cm x 5 cm dan c) 10 cm x 5 cm. Karena plat sirip roda menekan tanah sawah pada sudut kemiringan bervariasi dari 0° hingga 90°, maka tahanan tanah terhadap penekanan plat diukur pada sudut tekan 30°, 45°, 60°, 75° dan 90°. Pengamatan pengukuran dilakukan pada tahapan kedalaman penekanan 2.5 cm, 5 cm, 7.5 cm, 10 cm, 12.5 cm, 15 cm, 17.5 cm dan 20 cm. Untuk tiap daerah persawahan, pengukuran dilakukan pada tiga petakan sawah, dan pada tiap petakan sawah dilakukan tiga kali ulangan pengukuran (tiga lokasi). Kondisi tanah sawah adalah bebas dari jerami, dan siap untuk dilakukan pembajakan (pengolahan tanah).

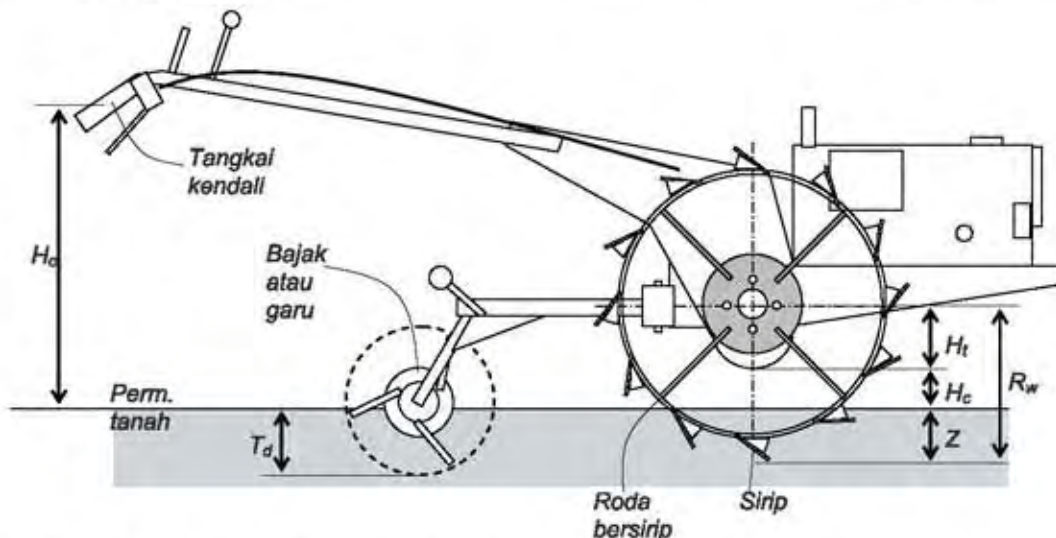
Data gaya tekan (dalam kg) hasil pengukuran menggunakan penetrometer dibagi dengan



Gambar 1. Skema zona, batas dan gaya-gaya kesetimbangan pada saat sirip bergerak ke bawah (Hermawan et al., 2000)



Gambar 2. Instrumen pengukuran tahanan tanah sawah terhadap penekanan plat



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

ukuran penampang (luas) plat yang digunakan untuk mendapatkan nilai tahanan tanah terhadap penekanan plat (dalam Pa). Hasil pengukuran dari beberapa petakan dianalisis sehingga diperoleh grafik hubungan tahanan penekanan plat terhadap kedalaman penekanan pada beberapa sudut penekanan. Lalu dengan menggunakan metode regresi yang sesuai, nilai tahanan tanah terhadap penekanan plat pada berbagai tingkat kedalaman dan beberapa sudut kemiringan sirip untuk tanah tersebut dapat diketahui. Nilai (data) tersebut yang selanjutnya digunakan untuk simulasi dalam penentuan ukuran plat sirip, jumlah sirip dan diameter roda dalam proses desain roda besi bersirip.

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 implement 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).

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

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

di mana: H_t 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:

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

Selain itu, diameter roda sirip maksimum dibatasi oleh ruang bebas yang tersedia pada traktor, yang dibatasi oleh lengan penggerak engine (di depan) dan implement (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 tahanan tanah terhadap penekanan plat (hasil pengukuran) digunakan untuk menentukan ukuran sirip ini. Dalam analisis, resultan gaya reaksi tanah pada setiap sirip aktif (yang bekerja pada tanah)

arah horizontal harus lebih dari beban tarik ($\frac{P_t}{2}$) dan tahanan gelinding roda (F_r). Resultan gaya reaksi

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

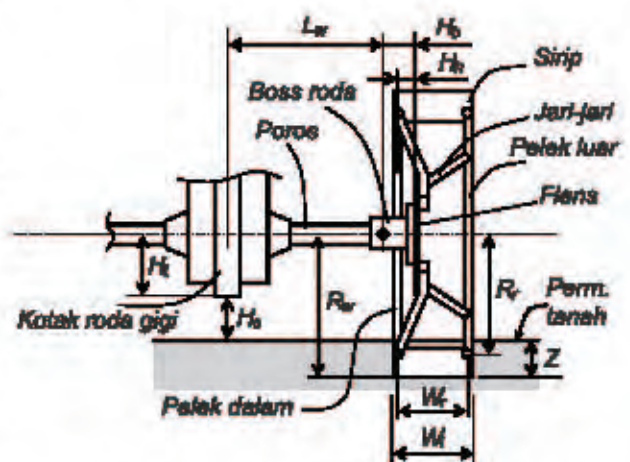
$$\sum_{i=1}^n F_{sh} \geq \left(\frac{P_t}{2} + F_r \right) \quad (3)$$

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

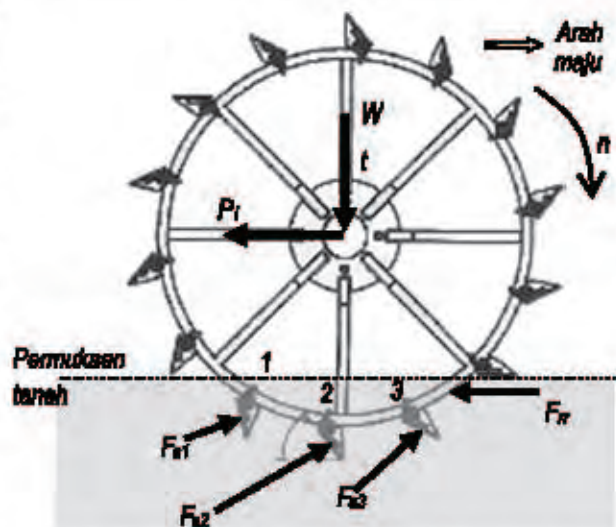
$$F_A = F_{sh} + F_{sv} \quad (5)$$

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_A resultan gaya reaksi tanah pada sirip.

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



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



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

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

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.

$$F_{shn} = F_{sn} \cos \alpha \tag{7}$$

$$F_{svn} = F_{sn} \sin \alpha \tag{8}$$

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

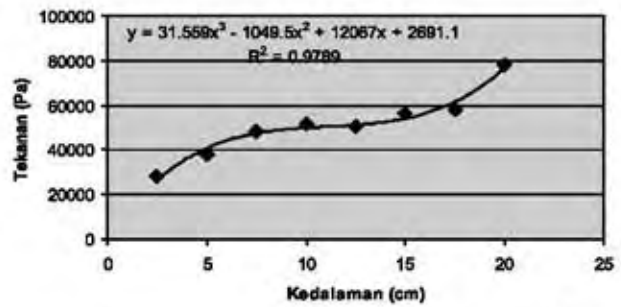
Jumlah sirip aktif J_{sa} , ukuran sirip (luas penampang, A_s) dan ketenggelman roda Z akan saling berkaitan dalam mencapai kesetimbangan gaya pada sistem roda. Ukuran sirip ditentukan dengan optimisasi menggunakan persamaan-persamaan di atas.

Hasil dan Pembahasan

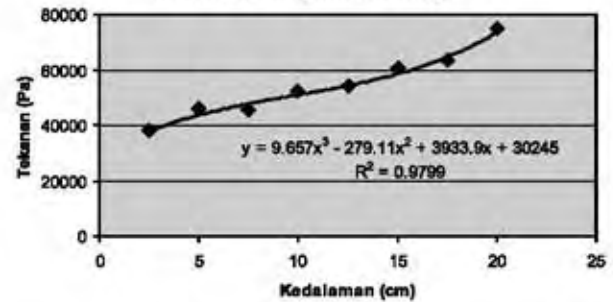
Hasil pengukuran tahanan tanah sawah terhadap penekanan plat menunjukkan bahwa terjadi peningkatan tahanan untuk setiap peningkatan kedalaman penekanan. Untuk sawah di Kabupaten Cianjur, pola peningkatan tahanan tersebut tidak linier dan cenderung ada peningkatan tajam pada kedalaman 0-10 cm, diikuti 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°, 45°, 60°, 75° dan 90°. Untuk sawah di Subang hasilnya disajikan pada Gambar 11-15.

Untuk sawah di Cianjur, pada kedalaman 15-20 cm dengan sudut tekan 90° 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. Ketenggelman roda (sinkage) akan terjadi lebih tinggi di lokasi sawah Ci anjur ini.

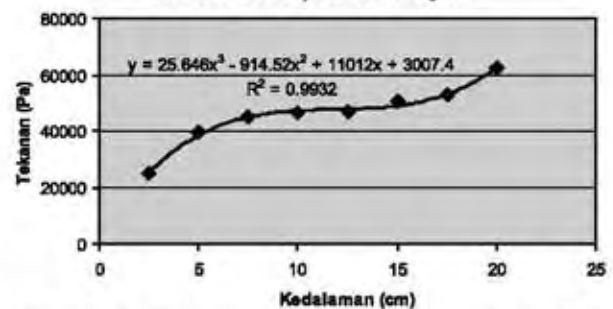
Berbeda dengan sawah Cianjur, tahanan penekanan plat di sawah Subang memiliki karakteristik yang terus meningkat cukup tajam dari kedalam 6 cm hingga 20 cm. Lapisan keras sudah ditemui pada kedalaman 15-20 cm. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa pada kedalaman 15-20 cm, tahanan penekanan plat lebih dari 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.



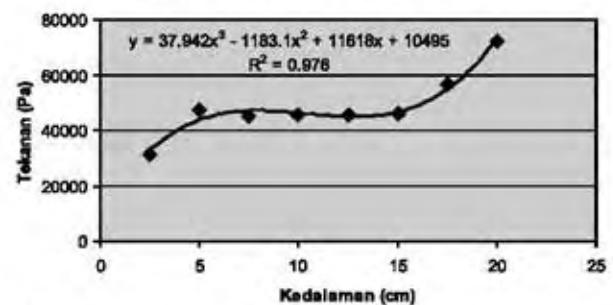
Gambar 6. Tekanan plat pada sudut tekan 30° di sawah Kabupaten Cianjur



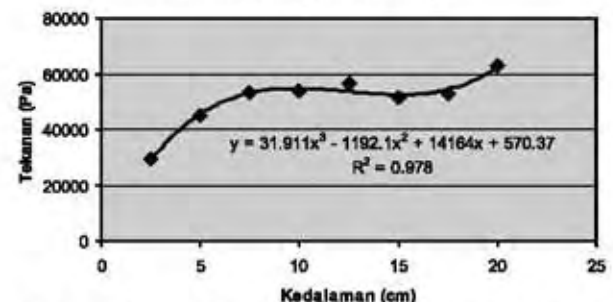
Gambar 7. Tekanan plat pada sudut tekan 45° di sawah Kabupaten Cianjur



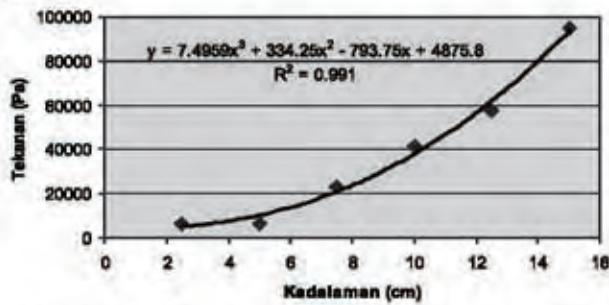
Gambar 8. Tekanan plat pada sudut tekan 60° di sawah Kabupaten Cianjur



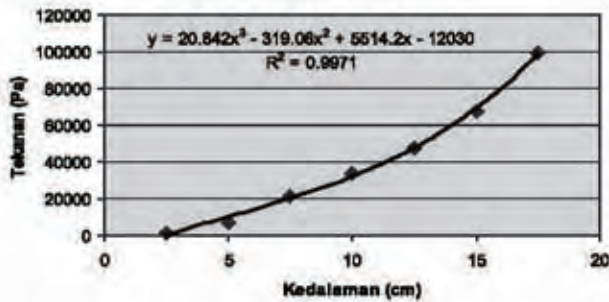
Gambar 9. Tekanan plat pada sudut tekan 75° di sawah Kabupaten Cianjur



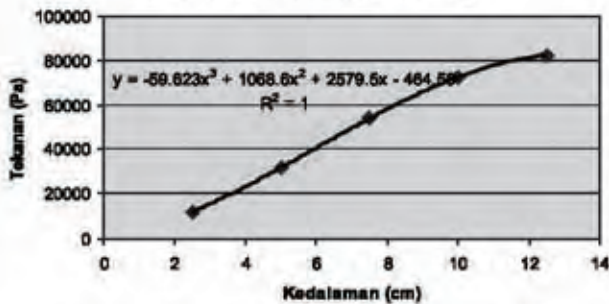
Gambar 10. Tekanan plat pada sudut tekan 90° di sawah Kabupaten Cianjur



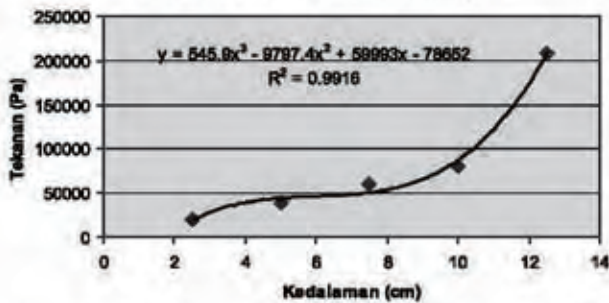
Gambar 11. Tekanan plat pada sudut tekan 30° di sawah Kabupaten Subang



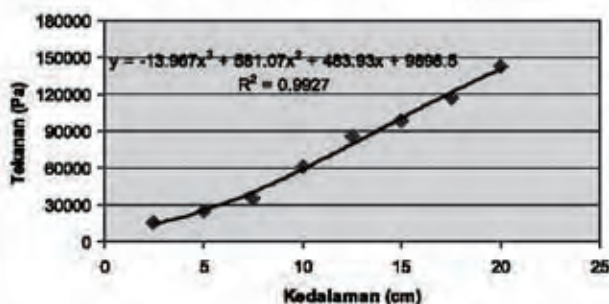
Gambar 12. Tekanan plat pada sudut tekan 45° di sawah Kabupaten Subang



Gambar 13. Tekanan plat pada sudut tekan 60° di sawah Kabupaten Subang



Gambar 14. Tekanan plat pada sudut tekan 75° di sawah Kabupaten Subang



Gambar 15. Tekanan plat pada sudut tekan 90° di sawah Kabupaten Subang

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.

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°. Dengan dasar ini, sudut kemiringan plat sirip pada roda dalam perancangan ditentukan 45° 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.

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_t) 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:

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

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,

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_c)	113 cm	126 cm
Ground Clearance (H_g)	29.5 cm	28 cm
Jari-jari dasar kotak gigi reduksi (H_r)	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_b)	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_i)	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

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 cm² yang perlu diperluas karena dengan

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)	(cm)	(cm)
12	22.00	30.00	16.689711	11.682800
14	18.91	25.71	14.305467	10.013830
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

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

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

ukuran tersebut ketenggelaman roda sangat dalam. Dengan demikian, luas sirip roda harus melebihi 217 cm², 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 cm² 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 cm² maka diperoleh panjang sirip 35 cm.

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

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

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°. 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°.

Daftar Pustaka

- Cebro, I.S., Hermawan, W. 2006. Sistem desain dengan bantuan komputer untuk roda besi bersirip traktor dua-roda. *Jurnal Keteknikan 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.
- Listyati, 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.