

DESAIN RODA BESI BERSIRIP TRAKTOR DUA-RODA DENGAN BANTUAN (CAD).

Computer Aided Design (CAD) System for Cage Wheel of Two Wheel Tractor.

Irwin Syahri Cebro¹, Wawan Hermawan², Desrial³

Abstract

Traction performance of a cage wheel for two-wheel tractor depends on its shape, dimension, lugs materials and soil condition. In order to get the optimum design of the cage wheel, the relation between tractor, implement and soil condition should be considered carefully. The objective of this research was to determine optimum design parameters of cage wheel based on working condition of tractor and to make a computer program for design analysis and for producing engineering drawing of the cage wheels. Soil condition and two-wheel tractor construction were measured and the data was used for getting the optimum design parameters by using optimization method. A computer program was developed and employed for the optimization process and for drawing the design result. As a trial of the program, the optimum design parameters of cage wheel for Yanmar YST-EX tractor working at Sawah Baru rice field were found to be: 80 cm of wheel diameter; 10 lugs; 19.63 cm × 9.68 cm of lug size; and 20° of lug angle. The result revealed that the program could determine the optimum design parameters and could produce the engineering drawing of the cage wheel properly.

Keywords: cage wheel, design parameter, engineering drawing, computer program.

PENDAHULUAN

Penggunaan traktor dua-roda sering menghadapi kendala antara lain kurangnya tenaga tarik yang dapat dihasilkan traktor untuk mengolah lahan dan besarnya nilai slip roda traksi traktor khususnya di lahan sawah. Besarnya tenaga tarik yang dapat diberikan oleh traktor umumnya dibatasi oleh alat traksinya dan kondisi tanah (Gill dan Berg, 1968). Traksi roda sangat tergantung

pada dimensi, bentuk dan bahan roda yang digunakan serta kondisi tanahnya. Hermawan *et al.* (1998) menyatakan traksi yang dihasilkan roda traktor harus dapat meningkatkan mobilitas traktor pada permukaan tanah jenuh dan tergenang air, dan roda besi bersirip telah terbukti menjadi salah satu yang terbaik untuk bekerja di lingkungan tersebut. Penggunaan roda besi bersirip yang belum optimal dapat menyebabkan operator sulit untuk bekerja dan efisiensi

¹ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jl. Medan-Banda Aceh Km. 280 Buketrata – Lhokseumawe 24301 P.O.Box 90, irwincst@yahoo.com.

² Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Darmaga-Bogor.

³ Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Darmaga-Bogor.

kerja traktor rendah. Phongsupasamit *et al.* (1988) mengemukakan bahwa untuk mendapatkan efisiensi kerja traktor yang optimum, dalam merancang roda besi bersirip harus memperhatikan: 1) traktor yang digunakan, 2) roda dan 3) bajak (implemen).

Perancangan roda besi bersirip dengan bantuan computer (*Computer Aided Design, CAD*) sangat diperlukan dalam optimisasi parameter-parameter desain roda serta pembuatan gambar kerja secara otomatis. Dengan sistem ini efisiensi waktu dan akurasi desain dapat ditingkatkan dibandingkan dengan proses perancangan manual.

Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) menentukan parameter-parameter desain optimal roda besi bersirip traktor dua-roda sesuai dengan kondisi penggunaannya dan (2) membuat program perhitungan analisa rancangan dan program untuk menggambar roda traktor dua-roda yang output gambarnya ditampilkan langsung pada program AutoCAD.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai Mei 2005 sampai November 2005. Pengambilan data kondisi tanah dilakukan

di sawah percobaan Laboratorium Lapangan Departemen Teknik Pertanian Leuwikopo dan di Kebun Percobaan Sawah Baru. Kegiatan pengkajian parameter rancang bangun roda besi bersirip, analisa rancang bangun dan pembuatan program komputer dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Budidaya Pertanian, Departemen Teknik Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Alat-alat Penelitian

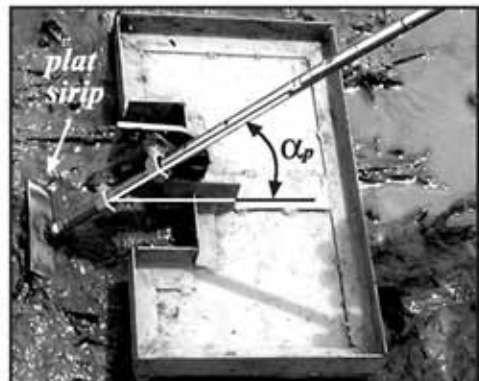
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Instrumen pengukuran tahanan penekanan tanah yang terdiri dari: 1) penyangga penetrometer, 2) penetrometer tipe SR-2, 3) plat sirip, dan 4) meteran.
- Unit komputer dan perangkat lunaknya untuk pembuatan program CAD dan printer.

METODE PENELITIAN

Pengukuran tahanan tanah terhadap penekanan plat

Pengukuran tahanan tanah terhadap penekanan plat dilakukan dengan menggunakan penetrometer tipe SR-2 yang dilengkapi unit penyangga (Gambar 1). Pengukuran dilakukan di petakan sawah yang siap olah dengan variasi sudut penekanan (α_p): 30°; 45°; 60°; 75°



Gambar 1. Penetrometer dan penyangga penetrometer, metode pengukuran tahanan tanah

dan 90° dan variasi ukuran plat sirip: (5 x 5) cm², (7.5 x 5) cm² dan (10 x 5) cm². Gaya penekanan, masing-masing, diukur pada kedalaman 2.5 cm, 5 cm, 7.5 cm, 10 cm, 12.5 cm dan 15 cm.

Kondisi lahan sawah saat pengukuran untuk Lab. Lapangan Departemen Teknik Pertanian adalah: kadar air rata-rata 83.2% dan *bulk density* 0.84 g/cm³, sedangkan untuk tanah Sawah Baru: kadar air 89.4% dan *bulk density* 0.75 g/cm³. Pengukuran dilakukan pada tiga titik yang berbeda dan pada tiap titiknya dilakukan lima kali pengulangan untuk setiap sudut dan ukuran sirip. Nilai tahanan penekanan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$T_p = \frac{F_p}{A} \quad (1)$$

dimana F_p adalah gaya tahanan penekanan dan A adalah luas penampang plat.

b. Optimisasi parameter rancang bangun roda traktor

Parameter rancangan roda besi bersirip traktor dua-roda yang di optimisasi yaitu: diameter roda, jumlah sirip, luas sirip (panjang dan lebar sirip), dan sudut sirip yang diperoleh dengan metode optimisasi *exhaustive search* (setiap kemungkinan dicoba) berdasarkan data tahanan tanah, data konstruksi

traktor dan beban tarik (implemen). Keseimbangan gaya-gaya yang bekerja pada roda sirip (Gambar 2) digunakan untuk menentukan parameter desain roda. Berikut adalah tahapan proses optimisasi untuk mendapatkan parameter optimum rancangan.

Diameter roda

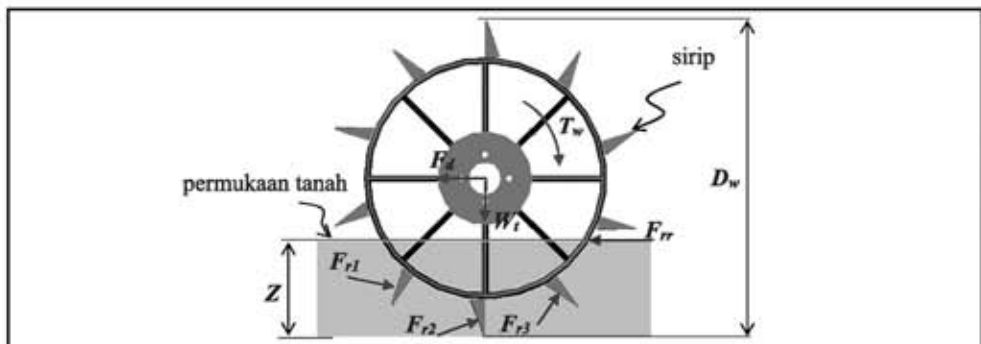
Selain ditentukan oleh kecepatan optimal pengolahan tanah (berkisar antara 0.25-1.2 m/detik) dengan pengaruh slip roda (sekitar 10-30%), ukuran roda ditentukan oleh batasan ruang pada sistem traktor-implemen-tanah. Jari-jari roda (R_w) minimum ditentukan menggunakan formasi dasar (Gambar 3) dengan persamaan berikut (Hermawan, 2001):

$$R_w = H_t + H_c + Z \quad (2)$$

dimana :

- H_t = jari-jari gear box,
- H_c = ground clearance dan
- Z = sinkage.

Diameter roda maksimum didasarkan pada ruang bebas roda yang tersedia pada traktor dengan mengetahui: 1) jarak pusat poros roda ke sisi terluar implemen, 2) jarak lengan engkol ke pusat poros roda, 3) jarak dari titik tengah traktor ke lengan engkol dan 4) lebar rotari.



Gambar 2. Skema gaya-gaya yang bekerja pada roda besi bersirip untuk penentuan parameter desain roda.

Jumlah sirip

Menurut Sakai *et al.* (1998) jumlah sirip untuk lahan sawah antara 8-20 buah. Jumlah sirip maksimum perlu dibatasi, karena spasi antar sirip yang terlalu sempit akan menyebabkan tanah atau gulma mudah terperangkap pada sela antar sirip. Menurut Hermawan (2001) jarak spasi sirip (L_s) dihitung dengan:

$$L_s = \frac{\pi D_w}{J_s} \quad (3)$$

dimana :

J_s = jumlah sirip dan
 D_w = diameter roda.

Ukuran sirip roda

Ukuran sirip ditentukan melalui optimisasi luas sirip dimana disyaratkan gaya reaksi tanah pada sirip roda mampu mengatasi bobot traktor (arah vertikal)

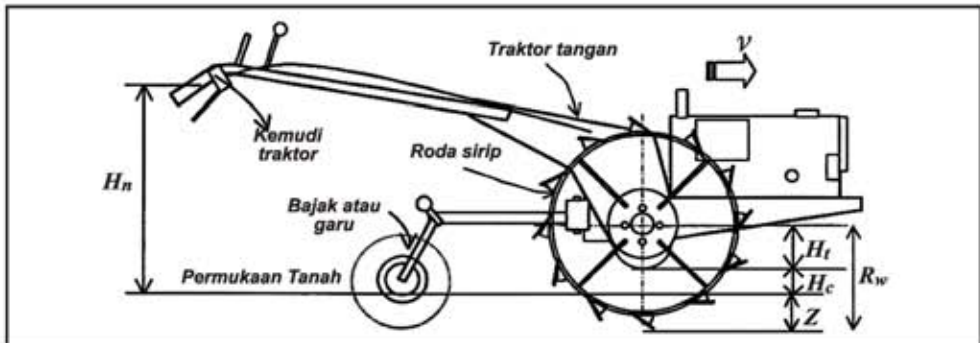
dan beban tarik serta tahanan guling roda (arah horizontal). Dalam hal ini syarat rancangannya adalah:

$$F_{rv} > \frac{W_t}{2} \quad (4)$$

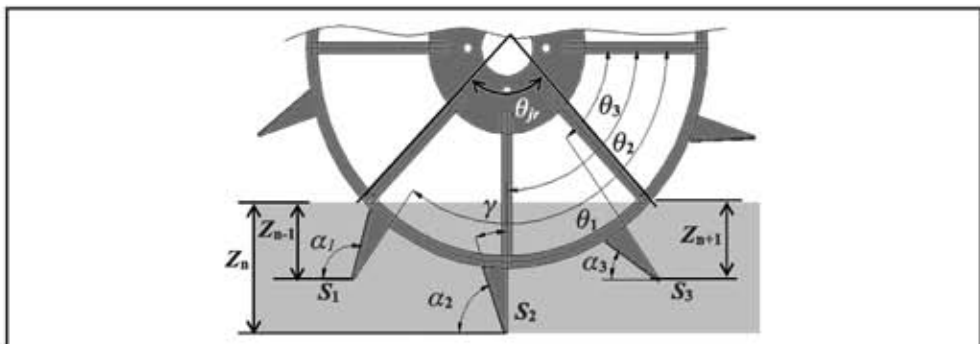
$$F_{rh} > \frac{F_d}{2} + F_{rr}$$

dimana F_{rv} adalah gaya resutan reaksi tanah vertikal, W_t adalah bobot traktor, F_{rh} adalah gaya resutan reaksi tanah horizontal, F_d adalah *draft* implemen dan F_{rr} adalah gaya tahanan guling roda. F_{rv} dan F_{rh} diperoleh dengan menghitung gaya reaksi tanah pada sirip roda yang bekerja pada tanah (sirip aktif). Jumlah sirip aktif (J_{sa}) dihitung dengan persamaan:

$$J_{sa} = \frac{J_s \cos^{-1} \left[\frac{R_w - Z}{R_w} \right]}{180} \quad (5)$$



Gambar 3. Formasi dasar traktor dua-roda dalam pembajakan dan penggaruan tanah sawah yang baku di Indonesia (Hermawan, 2001)



Gambar 4. Skema posisi dan sudut sirip roda

dimana R_w adalah jari-jari roda dan Z adalah ketenggelaman roda.

Gaya resultan $F_{r1}, F_{r2}, F_{r3}, \dots, F_{rn}$ ditentukan berdasarkan hasil pengukuran tahanan penekanan tanah (berdasarkan persamaan regresi dari masing-masing sudut penekanan dan kedalaman penekanan).

$$F_r = \sum_{j=1}^{i-j_{sa}} (A_s \cdot T_{pi}) \quad (6)$$

$$F_{rv} = F_r \cos \alpha \quad (7)$$

$$F_{rh} = F_r \sin \alpha \quad (8)$$

dimana A_s adalah luas sirip, T_p adalah tahanan penekanan, adalah sudut yang dibentuk sirip terhadap tanah.

Gaya tahanan guling dihitung sebagai berikut:

$$F_{rg} = W_t C_{rg} \quad (9)$$

dimana C_{rg} adalah koefisien tahanan

guling (sebagai data masukan). Lebar sirip ditentukan dari spasi horizontal antarsirip (S_{hs}) yang dihitung dengan persamaan:

$$S_{hs} = \frac{(1 - S) \pi D_w}{J_s} \quad (10)$$

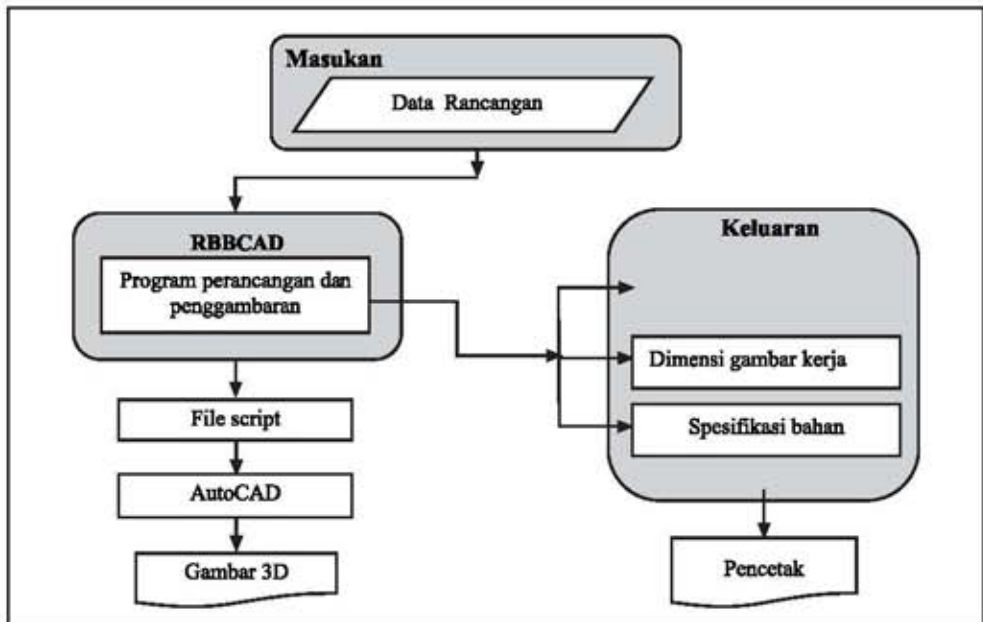
dimana S adalah slip roda. Dalam desain lebar sirip ditentukan = $0.55 S_{hs}$. Selanjutnya panjang sirip ditentukan dengan membagi luas sirip dengan lebar sirip.

Sudut sirip

Dalam proses optimisasi, khususnya dalam menghitung gaya reaksi tanah pada sirip, sudut yang terbentuk oleh permukaan sirip aktif ke- n dihitung dengan persamaan berikut:

$$\alpha_n = \theta_n - \gamma \quad (11)$$

dimana θ_n adalah sudut sirip aktif ke- n terhadap sumbu horizontal dan γ adalah sudut sirip (lihat Gambar 4). Sudut α_n digunakan dalam menghitung gaya reaksi



Gambar 5. Diagram alir perancangan roda traktor.

tanah pada sirip. Pada proses optimisasi, selanjutnya diperoleh sudut sirip γ .

Pada perancangan ini ada tiga syarat optimisasi yang digunakan yaitu:

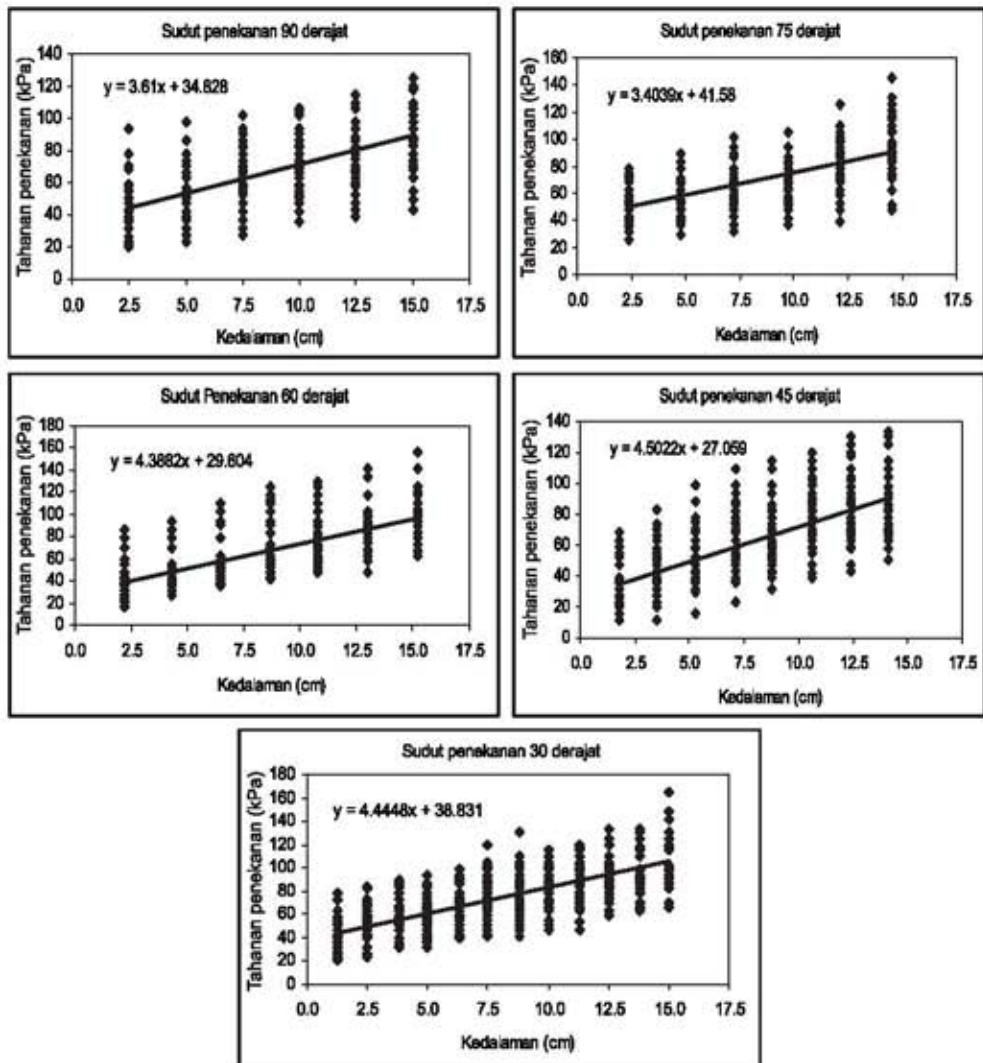
1. *Decision variable*

Variabel yang dioptimisasi terdiri dari; 1) diameter roda, 2) jumlah sirip, 3) sinkage, 4) sudut sirip dan 5) luas sirip.

2. Fungsi Kendala:

- diameter roda $D_w = \{50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100\}$ cm.

- jumlah sirip $J_s = \{8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20\}$
- sinkage $Z = \{10, 12.5, 15\}$ cm
- sudut Sirip $\gamma = \{20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60\}$ (°)
- luas sirip $A_s = \{160, 170, 180, 190, 200, 210, 220\}$ cm²
- Resultan gaya reaksi tanah arah vertikal harus lebih besar dari Bobot Traktor ($F_{rv} > F_{Bt}$)
- Resultan gaya reaksi tanah arah horizontal harus lebih besar dari



Gambar 6. Grafik hubungan tahanan penekanan terhadap kedalaman tanah lokasi Sawah Baru.

- tahanan tarik implemen di tambah tahanan guling ($F_{rh} > (F_{lm} + F_{rr})$).
3. Fungsi tujuan, meminimumkan ($F_{rv} - F_{bt}$) dan ($F_{rr} - (F_{lm} + F_{rr})$)

Pembuatan program perancangan

Struktur program perancangan terdiri dari enam bagian utama sebagai berikut:

- Bagian program input nilai-nilai data rancangan
- Bagian program perhitungan dan penentuan ukuran komponen roda besi bersirip.
- Bagian program analisa tegangan tarik.
- Bagian program penyajian data masukan dan hasil rancangan.
- Bagian program untuk penyajian gambar roda besi bersirip.

Output dari program RBBCAD (Roda Besi Bersirip CAD) terdiri dari 1) data rancangan (berasal dari input yang diberikan), 2) dimensi dan ukuran roda besi bersirip hasil rancangan dan 3) gambar roda besi bersirip hasil rancangan melalui program CAD. Diagram alir perancangan roda besi bersirip traktor di sajikan pada Gambar 5.

HASIL DAN PEMBAHASAN

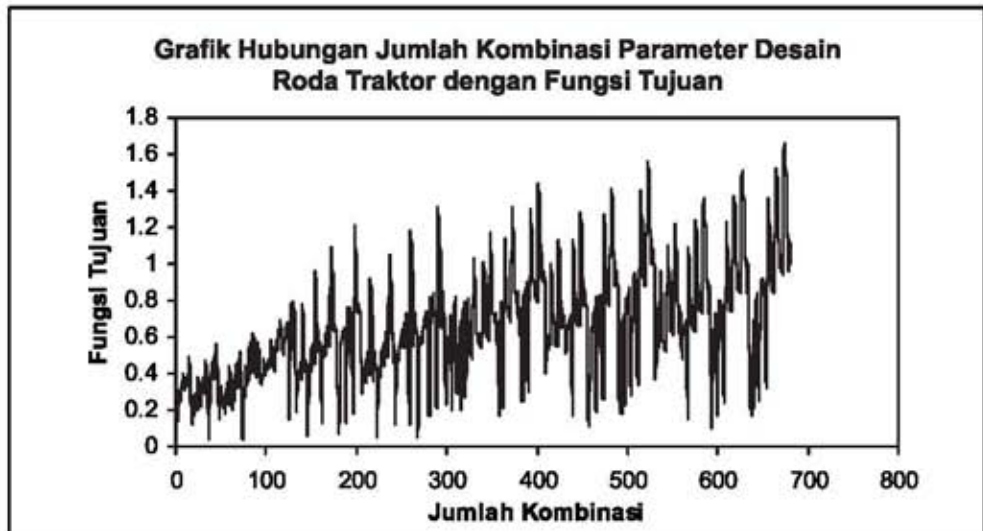
Tahanan Tanah terhadap Penekanan Plat

Data hasil pengukuran tahanan penekanan tanah untuk lokasi Sawah Baru berupa hubungan antara tahanan penekanan terhadap kedalaman tanah untuk setiap sudut penekanan disajikan pada Gambar 6.

Dari grafik terlihat bahwa pada setiap sudut tekan dan *range* pengukuran yang dilakukan ada kecenderungan bahwa besarnya tahanan penekanan tergantung kedalaman penekanan. Semakin dalam plat menembus tanah semakin besar tahanan penekannya. Selanjutnya data ini digunakan untuk menghitung besarnya gaya reaksi tanah pada setiap sirip aktif (F_r). Grafik hubungan jumlah kombinasi parameter desain roda traktor dengan fungsi tujuan sesuai dengan parameter yang di-inputkan ditampilkan pada Gambar 7.]

Program RBBCAD

Program RBBCAD direkayasa dengan bahasa program. Tampilan program



Gambar 7. Grafik Hubungan Jumlah Kombinasi Parameter Desain Roda Traktor dengan Fungsi Tujuan

RBBCAD terdiri dari beberapa bagian utama yaitu,

1. Unit *splash screen*, unit ini bersifat opsional berisi nama program, nama pembuat, tahun pembuatan, gambar dan institusi.
2. Unit *form login*, unit tampilan ini untuk memeriksa identitas pengguna yaitu dengan cara mengisi user ID dan *password*. User ID dan *password* harus diisi secara benar untuk dapat masuk ke menu utama dan memiliki otoritas penuh terhadap perangkat lunak. Unit ini juga dilengkapi dengan gambar dan beberapa keterangan yang bersifat opsional
3. Unit utama perancangan roda traktor (Gambar 7) merupakan tampilan yang berisi input output dan beberapa keterangan yang lain dengan rincian sebagai berikut:
 - Input, terdiri dari 3 bagian yaitu 1) input traktor dan elemen standar, 2) input implemen dan koefisien tahanan guling roda, 3) input bahan roda dan 4) input parameter tanah.
 - Output, terdiri dari data input, data parameter desain hasil perhitungan/optimisasi dan output gambar roda 3-dimensi pada program CAD.
4. Unit penyimpanan yaitu bagian program untuk menyimpan data input dan data output hasil rancangan ke basis data.

Perancangan Roda Traktor

File Scip AutoCAD

Nama File: C:\Roda1.scr

Nama File: C:\Roda2.scr

Nama File: C:\Roda3.scr

Proses

Input traktor dan elemen standar

No: 1

Merek Traktor: Yanmar

Type: YST-EX

Daya rata-rata: 7.5 kW

Daya max: 8.5 kW

Putaran rata: 2200 ipm

Putaran max: 2200 ipm

Berat: 175 kg

Gaya V: 1.715 kN

Slip: 0.2

Ruang Roda: 50-60-70-80-9 cm

Diameter Baut: 1.4 cm

Diameter L. Baut: 12 cm

Diameter Flens: 24 cm

Tebal Flens: 0.6 cm

Diameter L. Poros: 8 cm

Implement dan koefisien rol resistance

Nama: Singkal

Tahanan tarik: 0.2 kN

Koefisien RR: 0.3

Gaya RR: 0.5145 kN

Gaya H: 0.7145 kN

Bahan Roda

Jenis Bahan: S45C

Stress maks: 96.84 kN/cm²

Massa jenis: 7801

Output

	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	
Resultan Gaya Vertikal	1.742	1.724	1.722	kN
Resultan Gaya Horizontal	0.810	0.852	0.869	kN
Resultan Gaya V dan H	1.921	1.923	1.929	kN
Sudut Antar Siip	40.00	40.00	45.00	derajat
Besar Sudut Juring	77.88	96.38	82.82	derajat
Jumlah Siip Aktif	2	2	2	
Diameter Roda	90	60	100	cm
Diameter Rim	36	22	41	cm
Jumlah Siip	9	9	8	
Sudut Siip	20	25	25	derajat
Sinkage	10.00	10.00	12.50	cm
Luas Siip	160	170	170	cm ²
Panjang Siip	16.000	18.440	17.000	cm
Lebar Siip	10.000	9.219	10.000	cm
Diameter Bahan Rim	1.687	1.429	1.767	cm
Diameter Bahan Jari-jari	1.674	1.242	1.794	cm
Tebal Siip	0.390	0.390	0.391	cm
Volume 2 Roda	4091.032	2955.478	4656.930	cm ³
Berat 2 Roda	31.914	22.276	36.329	kg

Simpan ke Basisdata

Basisdata Traktor

Basisdata Roda

Gambar

Tanah

Roda

Simpan Hasil

Kembali


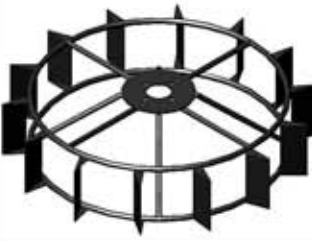

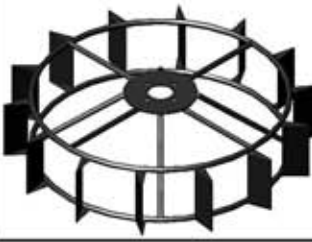
About

Help

0%

Gambar 8. Tampilan menu utama RBBCAD

Tabel 1. Contoh hasil *running* program

Traktor	Parameter desain	Lokasi	
		Sawah baru	Leuwi kopo
Yanmar YST DX	D_w	80	100
	J_s	10	14
	γ	20	20
	L_s	9.680	8.643
	P_s	19.628	19.669
ISEKI KL 781	D_w	90	100
	J_s	11	14
	γ	20	30
	L_s	9.9	8.643
	P_s	18.182	21.983
Gambar AutoCAD	Yanmar YST DX		
	ISEKI KL 781		

Hasil Percobaan Program

Contoh rancangan program RBBCAD untuk traktor dua-roda merek Yanmar YST-DX dengan bobot 225.23 kg dan Iseki KL 781 dengan bobot 218.896 kg, input lainnya dianggap sama untuk kedua jenis traktor yaitu slip roda: 0.3, ruang bebas roda: 50-100 cm, tahanan tarik implemen: 0.2 kN, koefisien tahanan guling: 0.25, dan bahan roda: S45C dengan tegangan tarik maksimum: 56.84

kN/cm² disajikan pada Tabel 1.

Bila dibandingkan dengan roda besi yang merupakan pasangan traktor Yanmar dan Iseki yang ada, ukuran diameter roda dan lebar sirip hasil rancangan tidak jauh berbeda dengan diameter roda yang digunakan oleh kedua jenis traktor tersebut (lihat Tabel 2). Namun, pada parameter yang lain terdapat perbedaan yakni pada panjang sirip, sudut sirip dan jumlah sirip, dimana

Tabel 2. Perbandingan hasil rancangan RBBCAD dengan roda rancangan Yanmar dan Iseki

Parameter desain	Yanmar		Iseki	
	YST DX	RBBCAD	KL 781	RBBCAD
D_w (cm)	79.5	80	90	90
J_s	14	10	16	11
γ (°)	45	20	40	20
L_s (cm)	8.7	9.680	7.8	9.9
P_s (cm)	26.5	19.628	27.7	18.182

hasil rancangan RBBCAD memiliki ukuran yang lebih kecil sehingga kebutuhan bahan lebih ekonomis.

Parameter desain hasil rancangan RBBCAD yang diperoleh dari hasil optimisasi berdasarkan jenis traktor, implemen dan hasil pengukuran tahanan penekanan tanah diharapkan dapat meningkatkan efisiensi roda besi bersirip traktor dua roda.

KESIMPULAN

Paket program sistem desain rancang bangun dan penggambaran roda besi bersirip RBBCAD telah berhasil dibuat. Paket program tersebut direkayasa dengan menggunakan bahasa program. Hasil uji program untuk lahan Sawah Baru menunjukkan parameter desain optimum untuk traktor Yanmar YST-DX dengan bobot 225.23 kg yaitu: diameter roda 80 cm, jumlah sirip 10, sudut sirip 20° dan ukuran sirip 19.63 cm 9.68 cm. Untuk traktor ISEKI KL 781 dengan bobot 218.896 kg diperoleh: diameter roda 90 cm, jumlah sirip 11, sudut sirip 20° dan ukuran sirip 18.18 cm 9.9 cm.

Proses perancangan roda besi bersirip menggunakan program rancang bangun RBBCAD meningkatkan efisiensi waktu perancangan dan dapat menghasilkan rancangan dengan kekuatan dan ketelitian yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Gill, W. R. and G. E Vandenberg. 1968. **Soil Dynamic in Tillage and Traction**. Agriculture Research Service United State Departement of Agricultural.
- Hermawan, W., Oida, A. dan Yamazaki, M. 1998. **Kemampuan Traksi Roda Besi Bersirip Gerak**. Proseding Seminar dan Kongres PERTETA 1998, Yogyakarta.
- Hermawan, W., Suastawa, I. N., dan Sudianto, D. 2001. **Traction Performance of Movable Lug Wheels with Spring Mechanism and Rubber Lug**. Journal of ISSAAS 7 (1): 58-67.
- Phongsupasamit, S. 1988. **Basic Research on Walking Tractors Engineering Design Theories**. Dissertasi. Kyushu University. Japan.
- Sakai, J., Sitompul, R.G, Sembiring, E.N., Setiawan, R.P.A., Suastawa, I.N. dan Mandang, T. 1998. **Traktor 2-Roda**. Laboratorium Alat dan Mesin Budidaya Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, FATETA, IPB, Bogor.
- Sugondo, S. 1999. **Imfrastruktur Industrialisasi Pertanian Pedesaan**. Persatuan Insinyur Indonesia PII, Jakarta.
- Triratanasirichai, K. 1991. **Study on the Cage Wheel for Small Power Tillers**. Dissertation. Nigata University, Japan.