

Rancang Bangun dan Uji Performansi Tugal Semi Mekanis dengan Penambahan *Multi Seed Control* untuk Penanaman Jagung, Kedelai dan Padi Gogo

Febri Kristianto

Alumni Program Studi Teknik Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian
Univ. Jenderal Soedirman
E-mail: kristiantofebri@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat tugal semi mekanis *vertical sliding* yang dapat digunakan untuk penanaman biji. Alat yang dirancang memiliki dua bagian utama, yaitu perangkat mekanis dan perangkat elektronika. Dimensi alat ini 106,7 x 9,0 x 17,4 cm (tinggi x lebar x panjang). Hasil uji fungsional menunjukkan alat yang dirancang hanya layak untuk tanam jagung dan kedelai, untuk itu uji kinerja lapang alat hanya dilakukan dalam penanaman jagung dan kedelai. Dengan jarak tanam jagung 25 x 60 cm, kedalaman rata-rata 3,42 cm, % keberhasilan masuknya biji dalam lubang 78,1% dengan kapasitas efektif 0,032 ha/jam 4 HOK/ha dan efisiensi lapang 80,06%. Untuk tanam kedelai jarak tanam 20 x 40 cm, kedalaman rata-rata 3,04 cm, persentase keberhasilan masuknya biji dalam lubang 72,9% dengan kapasitas efektif 0,032 ha/jam empat HOK/ha dan efisiensi lapang 91,19%. Dapat disimpulkan bahwa alat tanam semi mekanis sudah dapat digunakan untuk menanam jagung dan kedelai dengan jumlah biji per lubang sebanyak dua butir, dengan frekuensi 26,1% untuk jagung dan 22,2% untuk kedelai, dibanding dengan cara manual (30 HOK/ha) alat tanam dapat menghemat tenaga 26 HOK/ha.

Kata kunci: jagung, kedelai, padi gogo, tugal semi mekanis, mekanisme *vertical sliding*

ABSTRACT

Design and Performance Test of Half-mechanical Dibble Added with Multi Seed Control for Corn, Soybean and Upland Rice Planting. This study aimed to develop a tool from half-mechanical vertical sliding for seed planting. The tool consisted of two main sections, i.e. mechanical part and electronic part. The tool dimension was 106.7 x 9.0 x 17.4 cm (height x width x length). The functional test showed that it can be only used for corn and soy bean planting, therefore the performance test was focused on these two commodities. Using planting distance of 25 x 60 cm and average depth of 3.42 cm for corn, percentage of the seed entering the hole was 78.10% with effective capacity of 0.032 ha/hour, one day four labours per ha, and field efficiency of 80.06%. Whereas for soy bean, with planting distance was 20 x 40 cm and average depth of 3.04 cm, percentage of the seed entering the hole was 72.90% with effective capacity of 0.032 ha/hour, one day four labours per ha, and field efficiency of 91.19%. This suggests that this tool is suitable for planting corn and soy bean with 2 seeds per hole and frequency of 26.1% and 22.2% for corn and soy bean, respectively. Using this tool, the working time can be reduced up to 26 days/ha, compared to manual method (30 days/ha).

Keywords: corn, soybean, upland rice, half-mechanical dibble, vertical sliding mechanism

PENDAHULUAN

Kondisi petani di Indonesia dapat dikatakan petani tradisional dengan luas lahan yang relative kecil, modal yang kecil serta pengetahuan akan teknologi bercocok tanam yang sederhana.

Penanaman pada budidaya pertanian di Indonesia masih dilakukan secara manual dengan metode tugal dan sebar. Dengan cara manual dibutuhkan tenaga kerja tanam sebesar 30 HOK/ha (Lamina 1989). Tugal yang dimaksud berupa sebatang kayu yang ujungnya diruncingkan untuk menembus tanah atau untuk membuat lubang pada tanah sebagai tempat untuk biji. Penanaman secara manual ini membutuhkan tenaga kerja yang besar serta waktu yang lama dan berisiko dalam rendahnya keseragaman distribusi biji.

Proses penanaman pada umumnya menggunakan alat tanam yang konvensional atau yang biasa disebut tugal (bambu atau kayu yang ditajamkan ujungnya), dimana model penanaman seperti ini memerlukan waktu yang lama. Permasalahan lainnya, sistem kerja tugal semi mekanis yang sudah ada masih belum ergonomis dan kapasitas kerja yang hampir sama dengan tugal manual. Adapun masalah yang terakhir, model penanaman secara mekanis memiliki kapasitas kerja yang besar serta lebih ergonomis tetapi tidak dapat menjangkau lahan yang sempit serta biaya operasional yang sangat mahal.

Dari hasil pengujian performansi tugal semi mekanis di lahan pada penanaman dengan menggunakan jarak tanam 15 x 40 cm menghasilkan kapasitas lapang efektif 0,015 ha/jam dan efisiensi lapang 87,5% (Wisnubrata 2003).

Penanaman menggunakan alat *co-seeder* dengan mata tugal prisma memiliki kapasitas penanaman 11,65 jam/ha dengan efisiensi lapang penanaman sebesar 85%, sedangkan untuk mata tugal kerucut kapasitas penanaman 12,5 jam/ha yaitu dengan efisiensi lapang penanaman sebesar 63,49%. Dalam pengoperasinya masih terdapat kendala yang terjadi. Permasalahan teknik operasional alat yang masih sering terjadi yaitu terhambatnya putaran *matering device* oleh butiran furadan yang mengisi celah *hopper* dan *matering device* (Fatmawati 2011).

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Rekayasa alat tanam semi mekanis dilakukan di bengkel CV. Bhuana Agrotech di Jalan Dr. Gumberg no. 19 Mersi Purwokerto. Evaluasi kinerja alat berupa pengujian fungsional dan lapang dilakukan di Laboratorium Teknologi Pertanian dan Lahan Percobaan Kampus Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman, pada bulan Februari sampai Juli 2015.

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam rancang bangun tugal semi mekanis *vertical sliding* Gambar 1 ini berupa besi berbentuk silinder 30 mm, besi plat, besi pipa, plastic nylon dan beberapa bahan pendukung. Bahan penunjang lainnya berupa kawat las, cat, mur dan lain-lain. Plat besi digunakan untuk membuat bobot *hopper* menjadi ringan. Pembuatan konstruksi menggunakan peralatan bengkel seperti alat pemotong besi, bor, kikir, palu, tang jepit, las listrik, gerinda, kompresor dan peralatan perbengkelan.

Untuk evaluasi kinerja alat digunakan biji jagung, kedelai dan padi gogo yang dimensinya diukur dari 50 biji sampel (Tabel 1) acak dengan menggunakan alat jangka sorong.

Tabel 1. Hasil pengukuran rata-rata dimensi biji (50 biji sampel).

Jenis biji	Tebal (mm)	Panjang (mm)	Tinggi (mm)
Jagung	4,3	8,0	9,2
Kedelai	6,8	8,2	5,7
Padi Gogo	2,3	9,5	1,9

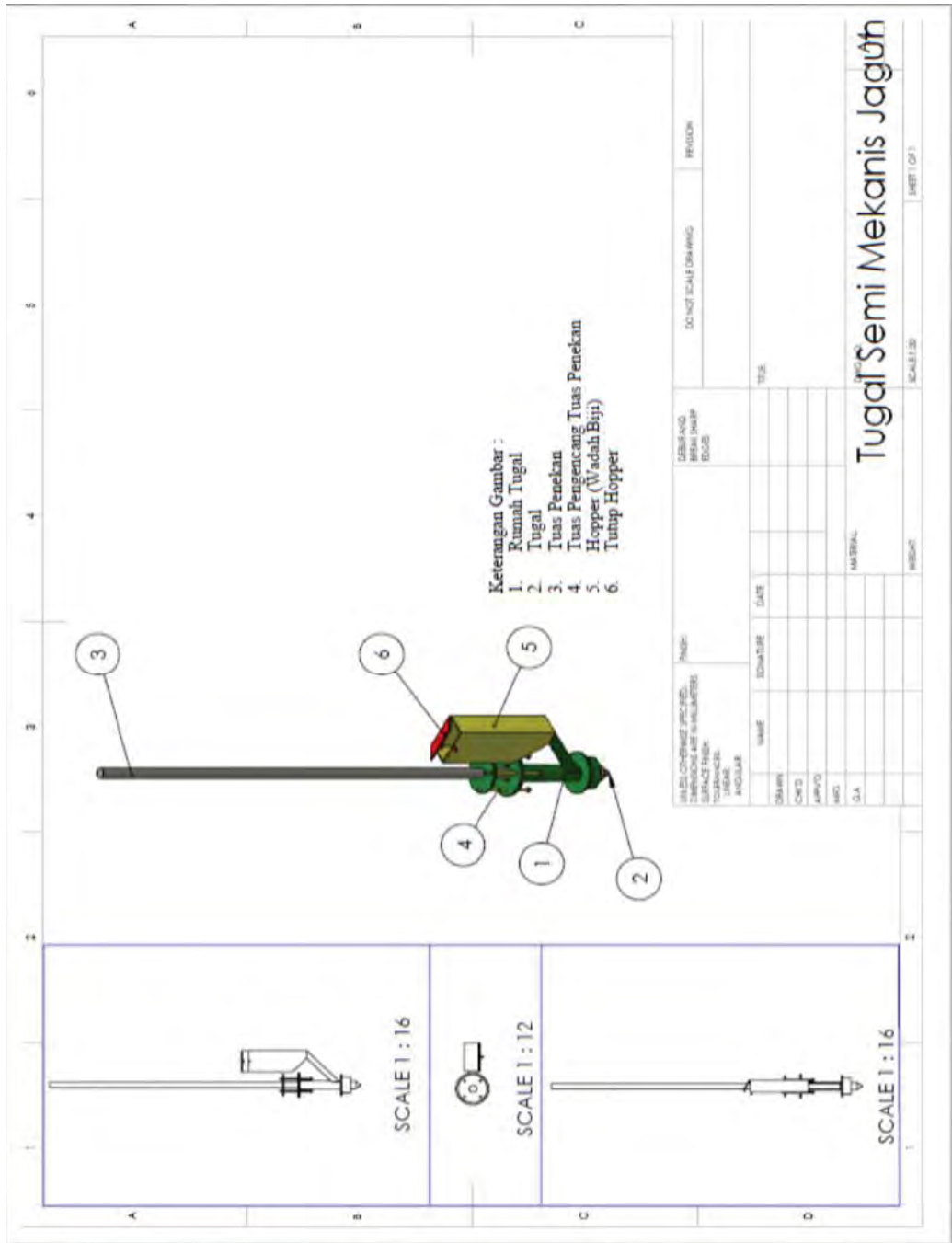
METODE RANCANGAN

Konsep Rancangan Alat

Tugal semi mekanis yang akan direkayasa ini mempunyai kegunaan untuk menanam kedelai, jagung dan padi gogo ke dalam tanah. Cara kerja alat ini adalah membuat lubang tanam dan sekaligus meletakkan biji yang telah ditakar ke dalam lubang tanam di tanah, sehingga kerja penanaman yang biasanya dilakukan oleh dua orang petani, dapat dilakukan hanya oleh seorang petani.

Pendekatan Fungsional

- a. Batangan tugal yang berfungsi sebagai tempat memegang alat. Bagian bawahnya dibuat ulir dengan diameter lebih kecil yang berfungsi sebagai penguat pada bagian tugal dengan batangan tugalnya.
- b. Badan tugal merupakan bagian terpenting dari tugal semi mekanis. Pada bagian ini terdapat wadah biji sebagai penampung biji dan rumah dasar biji sebagai tempat letak biji sementara sebelum jatuh ke lubang.
- c. Tugal terdapat tugal penjatah sebagai alur biji dan mata tugal sebagai pelubang tanah.
- d. Sistem transmisi tenaga terdiri dari mur baut dan pegas tarik. Mur baut berfungsi sebagai tempat pegas tarik agar sesuai dengan diameter pegas.



Gambar 1. Rancangan Tugal Semi Mekanis.

Desain struktural

- a. Batangan tugal terbuat dari besi cor dengan panjang 95 cm dan berdiameter 2 cm. Bagian bawah batangan tugal dibuat ulir untuk mengencangkan batangan tugal yang mempunyai panjang 2,8 cm dengan diameter 1,5 cm. Jarak yang dibuat 9 cm dari dasar batangan tugal di berikan plat besi berbentuk ring sebagai tempat pegas dengan tebal 4 mm dan berdiameter 8 cm. Lubang yang mengelilingi plat besi ini berjumlah 4 buah dengan diameter 10 mm.
- b. Badan tugal terbagi atas dua bagian. Pertama, bagian rumah tugal dan *hopper*. Kedua adalah bagian rumah dasar tugal berbentuk silinder. Wadah biji/*hopper* terletak pada bagian atas badan tugal yang berbentuk trapezium dan balok dengan tinggi 20,5 cm; panjang 8 cm; dan tebal 4,5 cm. Bagian *hopper* ini akan disambung kan dengan rumah tugal pada bagian corong pengeluaran biji berbentuk balok dengan panjang dan lebar 2 cm x 2 cm. Wadah biji ini juga dipasang dengan kemiringan 45°. Corong pengeluaran akan dihubungkan dengan rumah tugal dengan diameter dalam 3 cm. Pada rumah tugal dibuat lubang pengeluaran biji sebesar 2 cm x 2 cm, sesuai dengan besar corong pengeluaran. Rumah dasar tugal berbentuk silinder dengan diameter luar 6 cm dan diameter dalam 5,8 cm. Dasarnya dibuat melandai menyerupai kerucut dengan diameter sebesar 3 cm sesuai dengan diameter pada lubang rumah tugal.
- c. Tugal berbentuk kerucut yang puncaknya mengarah ke bawah. Kerucut ini mempunyai diameter alas sebesar 2,8 cm dan tinggi 2 cm. Tugal penjajah memiliki diameter sama dengan mata tugal sebesar 2,8 cm dengan panjang 16,5 cm. Tugal ini memiliki balok penjajah dengan volume $2 \times 1,5 \times 0,6 \text{ cm}^3$. Terletak pada 2 cm dari dasar mata tugal.
- d. Sistem transmisi tenaga berupa pegas tarik ini berdiameter 12 mm. Panjang pegas tarik ini adalah 10 cm. Salah satu ujung pegas tarik dihubungkan dengan plat besi berbentuk ring dengan dikencangkan menggunakan mur baut. Salah satu ujungnya dihubungkan dengan rumah tugal.

Analisis teknis

Analisis teknis disini bertujuan untuk menentukan ukuran dan bentuk komponen tugal semi mekanis yang perlu dimodifikasi sesuai dengan keinginan sehingga didapat komponen tugal semi mekanis seperti yang diharapkan.

a. Analisis kemampuan tugal

Mekanisme kerja tugal dalam prototype ini menggunakan prinsip *vertical sliding* (gerak luncur vertical). Menurut Budi *et al* (2012), pengukuran diameter tugal dapat dihitung dengan persamaan (1):

$$d^3 = \frac{F \cdot L \cdot 0,5 \cdot 64}{\sigma \cdot \pi} \dots\dots\dots (1)$$

d : diameter batangan tugal (m); F : gaya yang diberikan operator (N); L : panjang bahu operator (m); σ : modulus elastisitas bahan (Pa).

Kemampuan tugal dalam melakukan pengaruh terhadap tanah dapat digunakan rumus gaya penetrasi tanah pada persamaan (2):

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2)$$

P : tekanan penetrasi tanah (Pa); F : gaya tahanan tanah (N); dan A : luas permukaan mata tugal (m^2).

b. Analisis tugal penjatah dan mata tugal

Desain dari tugal penjatah biji dipengaruhi oleh dimensi rata-rata biji jagung dan jarak tempuh optimum dari pergerakan tugal penjatah. Jumlah biji yang diinginkan adalah 1–4 biji, maka tebal (t_1) tugal penjatah maksimal empat kali rata-rata tebal (t) biji ditambah rata-rata tinggi (T) biji dan minimal satu kali rata-rata tebal (t) biji ditambah rata-rata tinggi (T) biji berturut-turut jagung, kedelai dan padi gogo dibagi dua. Dapat dilihat pada persamaan (3) (Wisnubrata 2003):

$$1 \left(\left(\frac{t+T}{2} \right) \right) < t_1 < 4 \left(\left(\frac{t+T}{2} \right) \right) \text{ mm} \dots\dots\dots (3)$$

Mata tugal didesain agar didapat bentuk yang optimal. Maka didapat mata tugal yang berbentuk kerucut pejal terbalik yang harus memiliki diameter (D_1) alas yang lebih kecil dari diameter (D_2) badan tugal bagian bawah agar tekanan melubangi tanah optimal. Selain itu, tinggi (T_k) kerucut juga tidak boleh lebih besar dari kedalaman (t_2) maksimum penanaman biji (Wisnubrata 2003):

$$D_1 < D_2 \text{ mm} \dots\dots\dots (4)$$

$$T_k < t_2 \text{ mm} \dots\dots\dots (5)$$

Tugal semi mekanis digerakkan menggunakan gerak vertikal yang merupakan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB) tanpa kecepatan awal ($v_0 = 0$), maka menentukan waktu mencapai tanah dapat dilihat pada persamaan (6) dan (7) (Endarko *et al.*, 2008):

$$v_t = v_0 + gt = g \cdot t \dots\dots\dots (6)$$

syarat mencapai tanah ($h = 0$):

$$t = \sqrt{\frac{2 h_0}{g}} \dots\dots\dots (7)$$

h : ketinggian setelah t sekon di permukaan bumi (m); h_0 : ketinggian mula-mula (m) (di atas permukaan bumi); g : gravitasi bumi (m/s^2); t : waktu (s).

c. Analisis pegas

Pegas tarik yang digunakan berfungsi untuk mengembalikan tugal ke posisi membuka tugal penjatah dalam keadaan tugal tidak dioperasikan. Pegas akan bekerja apabila mendapat beban yang lebih besar dari berat tugal ditambah dengan berat biji yang akan ditugalkan. Menurut Mustofa dan Rauf (1980), rumus yang digunakan untuk mendapatkan diameter kawat pegas tarik dapat dilihat pada persamaan (8):

$$d = \left[\frac{8 F D^3 N}{G \delta} \right]^{1/4} \dots\dots\dots (8)$$

D : diameter pegas (mm); d : diameter kawat pegas (mm); n : jumlah lilitan yang memegas; δ : lendutan (mm); G : modulus kekakuan baja pegas (N/m^2); F : gaya tekan terhadap pegas (N).

Diameter (D) pegas ditentukan dari diameter luar (D_l) dan diameter (d) kawat pegas seperti yang terlihat dari persamaan (9):

$$D = (D_l - d) \text{ mm} \dots\dots\dots (9)$$

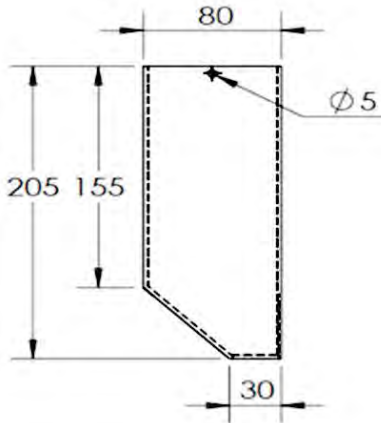
Pegas tarik dapat menghasilkan gaya, maka langkah pertama dicari nilai konstanta (k) dari pegas tersebut (Sarojo 2002):

$$k = \frac{M \cdot r^4}{4 n R^3} \dots\dots\dots (10)$$

maka gaya yang dihasilkan dari pegas, sebagai berikut:

$$F = k \cdot \Delta x \dots\dots\dots(11)$$

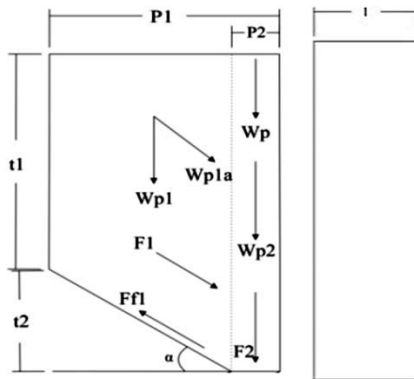
d. Analisis kapasitas *hopper*



Gambar 2. Wadah biji (*hopper*).

$$\text{Kapasitas} = (\text{gram/liter}) \times \text{volume} \dots\dots\dots(12)$$

e. Analisis pendugaan percepatan biji



Gambar 3. Pendugaan percepatan biji.

Pengembangan model pendugaan percepatan biji diperoleh berdasarkan hasil analisis gaya-gaya yang bekerja selama proses keluarnya biji. Analisis pendugaan ini dilakukan untuk mengetahui gaya-gaya yang terdapat di dalam *hopper* seperti yang terlihat pada Gambar 2. Gaya-gaya yang bekerja pada biji di dalam *hopper* diduga dari persamaan (13-18) berikut (Ichniarsyah *et al.* 2014):

$$W_p = (l (P_1 (t_1 + 0,5t_2)) \times \rho_b) \times g \dots\dots\dots (13)$$

$$F_{f1} = (\mu_k ((l (\frac{P_1 - P_2}{2}) (t_1 + 0,5t_2) \times \rho_b) \times g \times \cos \alpha) \dots\dots\dots (14)$$

$$W_{p1a} = ((l ((\frac{P_1 - P_2}{2}) (t_1 + 0,5t_2) \times \rho_b) \times g \times \sin \alpha) \dots\dots\dots (15)$$

$$F_1 = W_{p1a} - F_{f1} \dots\dots\dots (16)$$

$$F_2 = W_{p2} + F_1 \sin \alpha = ((l (P_2 (t_1 + t_2)) \times \rho_b) \times g) + (F_1 \sin \alpha) \dots \dots \dots (17)$$

$$a = \left(\frac{F_2}{m}\right) \dots \dots \dots (18)$$

di mana,

$W_p, W_{p1},$

W_{p2} : komponen gaya berat biji (N)

F_{f1} : komponen gaya gesek biji – dinding *hopper* (N)

F_1, F_2 : komponen gaya di penjajah biji (N)

α : sudut kemiringan *hopper* ($^\circ$)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

ρ_b : berat jenis biji (kg/m^3)

μ_k : koefisien gesek antara biji dengan bahan *hopper*

a : percepatan biji (m/s^2).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Fungsional

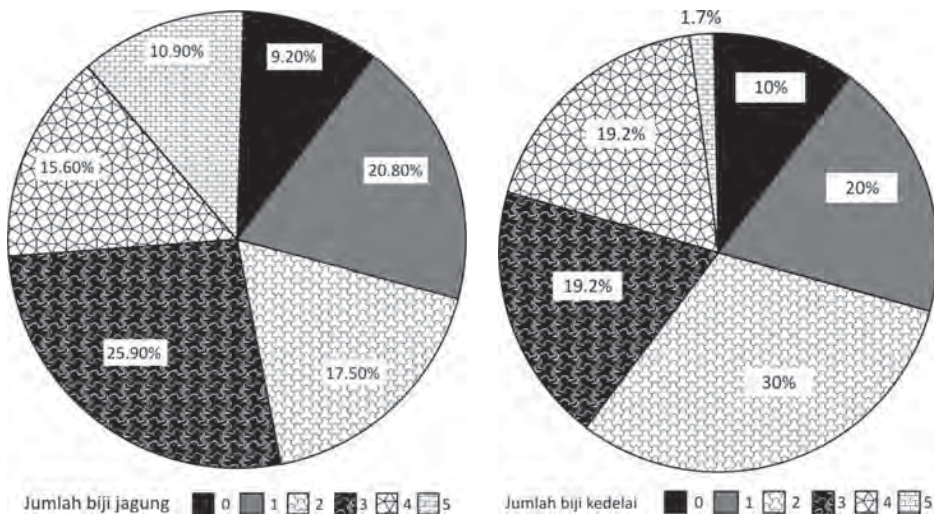
Jumlah biji yang harus ditakar untuk sekali penugalan harus memiliki selang 1–4 biji jagung dan kedelai serta 4–6 benih padi gogo. Pengujian fungsional ini dilakukan dengan 4 kali ulangan, dimana setiap ulangan dilakukan 30 penugalan, dengan hasil keluaran seperti pada Tabel 2 dan 3:

Tabel 2. Uji fungsional tugas semi mekanis untuk penanaman biji jagung.

Ulang.	Frekuensi Banyaknya Biji yang Keluar						Total	Jumlah Penugalan
	0	1	2	3	4	5		
1	1 3,3%	7 23,3%	7 23,3%	9 30%	5 16,7%	1 3,3%	100%	30
2	3 10%	7 23,3%	4 13,3%	6 20%	6 20%	4 13,3%	100%	30
3	4 13,3%	4 13,3%	6 20%	8 26,7%	5 16,7%	3 10%	100%	30
4	3 10%	7 23,3%	4 13,3%	8 26,7%	3 10%	5 16,7%	100%	30
Rataan	9,2%	20,8%	17,5%	25,9%	15,6%	10,9%	100%	30
Rataan Data	2,75	6,25	5,25	7,75	4,75	3,25		
Standar Deviasi	1,26	1,50	1,50	1,26	1,26	1,71		

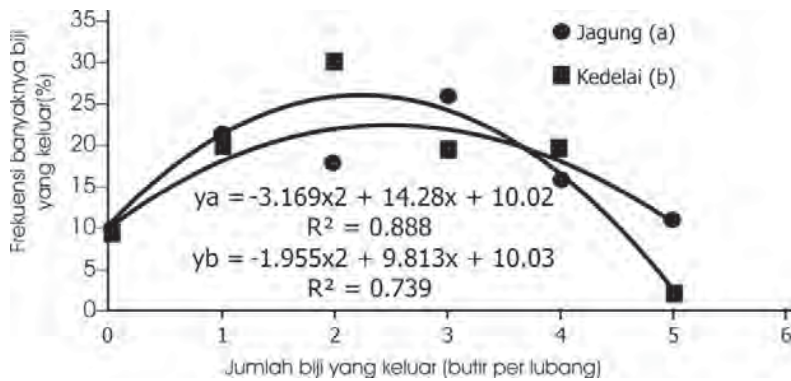
Tabel 3. Uji fungsional tugal semi mekanis untuk penanaman biji kedelai.

Ulang	Frekuensi Banyaknya Biji yang Keluar						Total	Jumlah penugalan
	0	1	2	3	4	5		
1	2 6,67%	5 16,7%	10 33,3%	9 30%	4 13,3%	0 0%	100%	30
2	4 13,3%	7 23,3%	8 26,7%	2 6,67%	7 23,3%	2 6,67%	100%	30
3	3 10%	4 13,3%	11 36,67	7 23,3%	5 16,7%	0 0%	100%	30
4	3 10%	8 26,7%	7 23,3%	5 16,7%	7 23,3%	0 0%	100%	30
Rataan	10%	20%	30%	19,2%	19,2%	1,7%	100%	30
Rataan data	3	6	9	5,75	5,75	0,5		
Standar Deviasi	0,82	1,83	1,83	2,98	1,5	1		



Gambar 4. Persentase biji tidak di lahan.

Gambar 4 menunjukkan bahwa rata-rata biji jagung yang keluar untuk 0, 1, 2, 3, 4 dan 5 biji adalah 9,2%; 20,8; 17,5%; 25,9%; 15,6%; dan 10,9%. Jumlah jagung yang diizinkan adalah 1–4 biji tiap lubang, maka akan didapat persentase keberhasilannya sebesar 79,8%, sedangkan rata-rata biji kedelai yang keluar untuk 0, 1, 2, 3, 4 dan 5 biji adalah 10%; 20%; 30%; 19,2%; 19,2%; dan 1,7%. Jumlah kedelai yang diizinkan adalah 1–4 biji tiap lubang, maka akan didapat persentase keberhasilannya sebesar 88,4%.



Gambar 5. Optimalisasi kinerja alat tugal semi mekanis.

Tabel 4. Optimalisasi kinerja alat.

Jenis biji	Butir	Lubang	X (optimum) butir/lubang	Y (optimum)
Jagung	-14,28	-3,17	2,1	26,1
Kedelai	-9,81	-1,96	2,2	22,2

Keluaran biji padi gogo masih perlu perbaikan karena pengeluaran tersebut tidak sesuai keinginan operator. Pengeluaran bijinya hingga 22 biji, melebihi keluaran biji padi yang diharapkan hanya 4–6 biji. Penyebab beragamnya keluaran biji padi gogo ini adalah ukuran dimensinya yang kecil dan balok penjatanya tidak sesuai dengan ukuran dimensi biji padi.

Uji Kinerja

Uji kinerja alat hanya dilakukan untuk menanam biji jagung dan kedelai oleh karena itu secara fungsional alat belum layak untuk menanam padi gogo. Hasil pengukuran langkah maju dengan menggunakan persamaan (13) diperoleh kecepatan maju rata-rata tugal dalam penanaman jagung sebesar 0,224 m/s dan pada penanaman kedelai diperoleh kecepatan sebesar 0,242 m/s. Dengan lebar kerja alat 0,5 m untuk jagung diperoleh kapasitas efektif sebesar 0,03228 ha/jam (4 HOK/ha) dan efisiensi lapang 80,06%. Untuk kedelai dengan lebar kerja 0,4 m diperoleh kapasitas lapang sebesar 0,03178 ha/jam (4 HOK/ha) dan efisiensi lapang 91,19% (Lampiran 1). Dengan demikian dapat dihemat tenaga kerja sebanyak 26 HOK jika dibandingkan dengan cara tradisional (Lamina, 1989) yang membutuhkan 30 HOK/ha (Lampiran 2).

Menurut Simatupang (2000) dalam penelitian tugal semi mekanis pada biji kedelai bahwa kecepatan maju alat pada lahan sebesar 0,172 m/s pada 12 penugalan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa data kecepatan maju dari penelitian ini lebih besar daripada tugal yang sudah ada dikarenakan jumlah penugalan yang berbeda. Artinya, penelitian ini memiliki kecepatan yang lebih cepat, sehingga diperoleh penugalan yang singkat dalam satu lintasan.

KESIMPULAN

Perancangan tugal semi mekanis dengan mekanisme gerak luncur vertikal (*vertical sliding*) penanam biji jagung, kedelai dan padi gogo telah berfungsi dengan baik dalam melakukan pengujian performansi di laboratorium maupun pada lahan percobaan. Dimensi tugal adalah tinggi maksimum 106,7 cm; lebar 9 cm; panjang 17,4 cm; dan berat kosong tugal 3 kg.

Dari hasil pengujian performansi tugal di lahan percobaan pada penanaman dengan menggunakan jarak tanam jagung 25 x 60 cm, kedalaman rata-rata 3,42 cm, % keberhasilan masuknya biji dalam lubang 78,1% dengan kapasitas efektif 0,032 ha/jam dan efisiensi lapang 80,06%. Sedangkan jarak tanam kedelai 20 x 40 cm, kedalaman rata-rata 3,04 cm, % keberhasilan masuknya biji dalam lubang 72,9% dengan kapasitas efektif 0,032 ha/jam dan efisiensi lapang 91,19%. Sedangkan jarak tanam padi gogo 20 x 20 cm, kedalaman rata-rata 1,40 cm, % keberhasilan masuknya biji dalam lubang 163,9% dengan kapasitas efektif 0,011 ha/jam dan efisiensi lapang 66,30%.

Dari tiga komoditi yang dicoba (padi, jagung, dan kedelai) alat tanam baru dapat berfungsi untuk penanaman jagung dan kedelai. Hasil optimasi menunjukkan bahwa secara fungsional alat tanam tugal semi otomatis sudah dapat berfungsi untuk menanam kedelai dan jagung dengan jumlah biji per lubang sebanyak 2 butir, namun frekuensinya hanya mencapai 26,1% untuk jagung dan 22,2% untuk kedelai.

Penghematan tenaga kerja dengan menggunakan alat tanam semi mekanis untuk penanaman jagung dan kedelai sama yaitu sebesar 26 HOK/ha.

Disarankan untuk memodifikasi sistem pengeluaran biji, guna meningkatkan frekuensi banyaknya biji per lubang 2 butir hingga lebih dari 95%, agar penggunaan benihnya per ha lebih efisien. Untuk penanaman padi, disarankan sistem pengeluaran bijinya dirancang berbeda untuk jagung dan kedelai mengingat adanya perbedaan dimensi biji yang nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- Budi, H. A., Yuswar, Y., Idkham, M. 2012. Analisis Sifat Fisika Tanah Akibat Lintasan dan Bajak Traktor Roda Empat. *Jurnal*. Vol (1):43–53.
- Endarko, 2008. *Buku Ajar Fisika Jilid I*. SMK Teknologi. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta. Vol (2):39–42.
- Fatmawati, H. 2011. Analisis Unjuk Kerja “CO Seeders” Prototipe II Alat Penanam Benih yang Presisi dan Fleksibel. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor. Hlm 9–13.
- Ichniarsyah, 2014. Analisis Kebutuhan Torsi Penjatah Pupuk Butiran Tipe Edge-Cell untuk Mesin Pemupuk Jagung. *Jurnal*. Pascasarjana Departemen Teknik Mesin Pertanian dan Pangan. Institut Pertanian Bogor, Bogor. Hlm 26–28.
- Mustofa, M dan Rauf, M. 1980. *Perkembangan Penggunaan Pupuk*. Proc. Lokakarya Nasional Efisiensi Penggunaan Pupuk. Jakarta, Indonesia, 8–10 April 1980. Vol (3):13–18.
- Simatupang, Z. 2000. Desain dan Uji Performansi Tugal Semi Mekanis Penanam Kedelai dan Pembenam Pupuk Granular. *Skripsi*. Jurusan Teknik Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor. Hlm 30–32.
- Wisnubrata, R. 2003. Desain dan Uji Performansi Tugal Semi Mekanis Penanam dan Pemupuk Kedelai (Pupuk Granular) untuk Lahan Kering. *Skripsi*. Jurusan Teknik Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor. Hlm 33–36.

Lampiran 1. Perhitungan Kapasitas dan Efisiensi Lapang Tugal.

Jagung

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan Maju Alat (vma)} &= 0,224 \text{ m/s} \\ \text{Luas lahan (Al)} &= 1,2 \times 3,9 \text{ m}^2 = 4,68 \text{ m}^2 \\ \text{Lebar Kerja Alat (Lka)} &= 0,5 \text{ m} \\ \text{Total Waktu Kerja (Wk)} &= 52,2 \text{ detik} \\ &= 0,87 \text{ menit.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Lapang Efektif (KLE)} &= \text{Al/Wk} \\ &= 4,68/0,87 \text{ m}^2/\text{menit} \\ &= 5,37 \text{ m}^2/\text{menit} \\ &= 322,759 \text{ m}^2/\text{jam} \\ &= 0,03228 \text{ Ha/jam.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Lapang Teoritis (KLT)} &= \text{Vma} \times \text{Lka.} \\ &= 0,224 \times 0,5 \text{ m}^2/\text{detik} \\ &= 0,112 \text{ m}^2/\text{detik} \\ &= 6,72 \text{ m}^2/\text{menit} \\ &= 403,2 \text{ m}^2/\text{jam} \\ &= 0,04032 \text{ Ha/jam.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi Lapang (Elp)} &= (\text{KLE/KLT}) \times 100\% \\ &= (0,03228/0,04032) \times 100\% \\ &= 0,8006 \times 100\% \\ &= 80,06 \text{ \%}.\end{aligned}$$

Kedelai

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan Maju Alat (vma)} &= 0,242 \text{ m/s} \\ \text{Luas lahan (Al)} &= 1,1 \times 3,9 \text{ m}^2 = 4,29 \text{ m}^2 \\ \text{Lebar Kerja Alat (Lka)} &= 0,4 \text{ m} \\ \text{Total Waktu Kerja (Wk)} &= 48,46 \text{ detik} \\ &= 0,81 \text{ menit.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Lapang Efektif (KLE)} &= \text{Al/Wk} \\ &= 4,29/0,81 \text{ m}^2/\text{menit} \\ &= 5,29629 \text{ m}^2/\text{menit} \\ &= 317,778 \text{ m}^2/\text{jam} \\ &= 0,03178 \text{ Ha/jam.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kapasitas Lapang Teoritis (KLT)} &= \text{Vma} \times \text{Lka.} \\ &= 0,242 \times 0,4 \text{ m}^2/\text{detik} \\ &= 0,0968 \text{ m}^2/\text{detik} \\ &= 5,808 \text{ m}^2/\text{menit} \\ &= 348,48 \text{ m}^2/\text{jam} \\ &= 0,03485 \text{ Ha/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi Lapang (Elp)} &= (\text{KLE/KLT}) \times 100\% \\ &= (0,03178/0,03485) \times 100\% \\ &= 0,9119 \times 100\% \\ &= 91,19 \text{ \%}.\end{aligned}$$

Lampiran 2. Kebutuhan Tenaga Kerja (KTK)

Kebutuhan tenaga kerja (KTK) per ha dengan menggunakan alat tugal semi mekanis hanya dapat dilakukan untuk jagung, dan kedelai, oleh karena untuk padi gogo secara fungsional masih belum layak. Ini dapat dihitung dari Kapasitas lapang efektif alat (KLE)

Asumsi 1 HOK = 8 jam kerja orang efektif per hari

KTK = $(1/KLE)/8$ HOK/ha(19)

Untuk jagung KLE = 0,03228 ha/jam
 KTK = $(1/0,03228)/8$
 = 3,87 HOK/ha
 = 4 HOK/ha (dibulatkan)

Untuk kedelai KLE = 0,03178 ha/jam
 KTK = $(1/0,03178)/8$
 = 3,93 HOK/ha
 = 4 HOK/ha (dibulatkan)

Dibulatkan (HOK/ha)	Cara manual kebutuhan tenaga menurut Lamina(1989) (HOK/ha)	Hemat tenaga kerja HOK/ha
4	30	26
4	30	26