

UJI KINERJA MESIN PENANAM PNEUMATIK PADA SISTEM TANAM *TUMPANG SARI* (Performance Test of Pneumatic Seeder on Intercropping System)

Marulloh¹, Joko Wiyono¹, Harsono¹ dan Muqorob Tajalli¹

¹) Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian
Jl. Sinaras Boulevard, Pagedangan, Tangerang, Banten 15338
Telp: (021) 75675918
Email: 120892marulloh@gmail.com

Diterima: 10 Februari 2020; Disetujui: 26 Februari 2020

ABSTRAK

Pengaturan jarak tanam, jumlah benih tertanam, dan kedalaman tanam merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan dalam budidaya padi, jagung, dan kedelai dengan sistem tanam *tumpang sari* khususnya pada lahan kering. Sistem tanam *tumpang sari* memerlukan pengaturan jarak tanam (populasi) yang optimal untuk mengurangi persaingan antar tanaman terhadap cahaya, hara dan air yang dapat mengurangi hasil tanaman. Mesin penanam pneumatik merupakan suatu mesin penanam benih yang ditarik traktor roda empat dimana prinsip kerjanya dengan memanfaatkan putaran roda mesin dan putaran *power take-off* (PTO) dari traktor untuk mengeluarkan benih dari bagian penakar benih secara presisi dengan sistem pneumatik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja dan kualitas tanam dari mesin penanam pneumatik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rata-rata kapasitas lapang teoritis untuk mesin penanam pneumatik pada sistem tanam *tumpang sari* padi gogo-jagung sebesar 0,82 ha/jam dan kapasitas lapang efektif sebesar 0,70 ha/jam dengan efisiensi lapang 85,48%, sedangkan pada sistem tanam *tumpang sari* padi gogo-kedelai diperoleh kapasitas lapang teoritis sebesar 0,87 ha/jam dan kapasitas lapang efektif sebesar 0,76 ha/jam dengan efisiensi lapang 87,90%. Konsumsi bahan bakar solar sebesar 14,13 liter/jam pada sistem tanam *tumpang sari* padi gogo-jagung dan 13,41 liter/jam pada sistem tanam *tumpang sari* padi gogo-kedelai. Persentase jumlah lubang tidak tertanami pada sistem tanam *tumpang sari* padi gogo-jagung yaitu 4,14% untuk tanaman padi dan 5,28% untuk tanaman jagung. Sedangkan persentase jumlah lubang tidak tertanami pada sistem tanam *tumpang sari* padi gogo-kedelai yaitu 3,98% untuk tanaman padi dan 4,52% untuk tanaman kedelai.

Kata Kunci: Uji Kinerja, Penanam Pneumatik, Sistem Tanam *Tumpang sari*

ABSTRACT

Plant spacing, the number of seeds planted, and depth of planting are factors that need to be considered in the cultivation of paddy, maize, and soybean with an intercropping system, especially on dry land. Intercropping system require, optimal spacing (population) to reduce competition between plants for light, nutrients, and water that can reduce crop yields. A pneumatic seeder is a seed planter, which is pulled by a four-wheel tractor with the working principle by utilizing the wheel rotation of the implement and the rotation of the power take-off (PTO) from a tractor to extract seeds that comes out from the metering device precisely with a pneumatic system. The purpose of this research was to determine the performance and planting quality of pneumatic seeder. The test results showed the average theoretical field capacity of pneumatic seeder in the paddy - maize intercropping system of 0.82 ha/hr and the average effective field capacity of 0.70 ha/hr with field efficiency of 85.48%, while the average theoretical field capacity in the paddy-soybean intercropping system was 0.87 ha/hr and the average effective field capacity of 0.76 ha/hr, and the field efficiency of 87.90%. Oil fuel consumption for the paddy-maize intercropping system of 14.13 lt/hr and the paddy-soybean intercropping system of 13.41 lt/hr. The percentage of the missing hill for paddy - maize intercropping systems were 4.14% for paddy and 5.28% for maize. While the percentage of the missing hill for paddy-soybean intercropping systems were 3.98% for paddy and 4.52% for soybean.

Keywords: Performance Test, Pneumatic Seeder, Intercropping System

PENDAHULUAN

Pemerintah melalui Kementerian Pertanian memiliki program Upaya Khusus (*UPSUS*) untuk mencapai swasembada pangan dengan fokus tiga komoditas, yaitu padi, jagung, dan kedelai (*pajale*). Swasembada pangan bertujuan untuk mencapai ketersediaan pangan dalam jumlah yang cukup, mutu bahan pangan yang baik, serta nilai gizi yang tinggi memiliki dampak luas pada perekonomian dan mutu sumber daya manusia. Untuk mencapai target swasembada pangan tersebut, salah satunya perlu dilakukan optimalisasi pemanfaatan lahan kering untuk budidaya padi, jagung, dan kedelai (*pajale*).

Lahan kering adalah hamparan lahan yang tidak pernah digenangi atau tergenang air pada sebagian besar waktu dalam setahun (Adimihardja & Agus, 2000). Dalam pemanfaatan lahan kering terkendala beberapa faktor, diantaranya teknologi budidaya yang belum optimal dan tingginya biaya produksi. Salah satu cara untuk mengoptimalkan pemanfaatan lahan kering adalah dengan sistem tanam *tumpang sari*.

Sistem tanam *tumpang sari* merupakan pola tanam yang dapat diterapkan pada lahan kering yang memiliki keterbatasan air. Pola tanam *tumpang sari* dapat meningkatkan produktivitas lahan dan menjamin penutupan tanah, sehingga dapat mengurangi erosi. Pemilihan varietas yang tepat dengan teknik budidaya yang tepat akan meningkatkan produksi (Partohardjono & Makmur, 1993).

Sistem tanam *tumpang sari* telah banyak dilakukan oleh petani dengan cara konvensional seperti penggunaan alat tanam tugal, alat tanam dorong, maupun alat tanam benih langsung (*atabela*) yang ditarik traktor roda dua. Sistem tanam *tumpang sari* dengan cara konvensional masih memiliki beberapa kelemahan, diantaranya jarak dan kedalaman tanam serta jumlah benih yang tertanam tidak teratur. Selain itu, proses pemupukan masih dilakukan secara terpisah.

Penggunaan benih dan pupuk yang berlebihan dapat mengakibatkan biaya produksi yang tinggi. Menurut Prasad & Brook (2005), sistem tanam *tumpang sari* memerlukan pengaturan jarak tanam (*populasi*) yang optimal untuk mengurangi persaingan antar tanaman terhadap cahaya, hara dan air yang dapat mengurangi hasil tanaman. Selain hal tersebut, faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penerapan *tumpang sari* pada lahan kering, yaitu faktor kedalaman tanam. Pengaturan jarak tanam, jumlah benih tertanam, dan kedalaman tanam merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan dalam budidaya dengan sistem tanam *tumpang sari*.

Mesin penanam pneumatik (*pneumatic seeder*) merupakan salah satu inovasi dalam mekanisasi pertanian berupa mesin penanam biji-bijian yang ditarik traktor roda empat yang dapat melakukan proses pemupukan secara bersamaan. Prinsip kerja mesin penanam pneumatik memiliki perbedaan dibandingkan dengan *grain seeder*. *Grain seeder* menggunakan penakar benih dengan tipe *inclined disk* dan memanfaatkan gaya gravitasi

untuk mengisi benih pada lubang penakar (Purwadi, 1999). Sedangkan mesin penanam pneumatik menggunakan penakar benih dengan tipe pneumatik yang berputar searah dengan perputaran roda penggerak. Lubang-lubang penakar benih akan menghisap benih karena adanya aliran udara yang dihasilkan dari perputaran *impeller* vakum pada mesin dan putaran *power take off* (PTO) dari traktor.

Benih akan jatuh ke lubang tanam pada saat lubang penakar benih tidak mendapatkan aliran udara untuk menghisap. Mesin penanam pneumatik ini dapat digunakan untuk sistem tanam monokultur maupun tumpang sari, dimana parameter jarak tanam, kedalaman tanam, dan jumlah benih tertanam dapat diatur sesuai dengan komoditas yang akan ditanam.

Pengujian mesin penanam pneumatik pada lahan kering dilakukan untuk mengetahui kinerja dan kualitas hasil tanam. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah mesin tersebut dapat mencapai target jarak tanam, kedalaman tanam, dan jumlah benih tertanam sesuai dengan komoditas yang akan ditanam, yaitu tumpang sari padi - jagung dan tumpang sari padi - kedelai.

Pengembangan teknologi ini merupakan upaya untuk mengoptimalkan penggunaan lahan kering dan air melalui pengaturan pola pertanaman dan populasi tanaman dengan lebih efisien dibandingkan dengan cara konvensional yang lebih membutuhkan biaya produksi yang lebih tinggi.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Pengujian kinerja mesin penanam pneumatik dilaksanakan di Desa Babojong, Kecamatan Mande, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat pada bulan Oktober 2019 sampai dengan bulan Januari 2020.

Bahan dan Alat Uji

Bahan uji yang digunakan meliputi; (1) implemen penanam pneumatik tipe 9 baris. (2) traktor John Deere 6100 B dengan *power engine* 106 Hp, (3) benih padi gogo varietas *Inpago* Agritan 11, benih kedelai varietas Dena 1, dan benih jagung varietas Bisi-18, (4) pupuk urea dan *NPK*, serta (5) hamparan lahan kering yang telah terolah siap tanam. Peralatan uji yang digunakan terdiri dari: rol meter, gelas ukur, *soil penetrometer*, timbangan dan *stopwatch*. *rollmeter* digunakan untuk mengukur luas lahan uji, lebar kerja, jarak tanam, kedalaman tanam dan slip roda. Gelas ukur digunakan untuk mengukur konsumsi bahan bakar traktor roda empat. *Penetrometer* digunakan untuk mengukur daya sangga tanah. Timbangan digunakan untuk mengukur konsumsi benih dan pupuk. *Stopwatch* digunakan untuk mengukur waktu kerja lapang dan kecepatan kerja lapang.

Tahapan Pengujian

Tahapan pengujian kinerja mesin penanam pneumatik terdiri dari: 1) survei dan pengolahan lahan uji, 2) konfigurasi mesin

penanam pneumatik, 3) desain *layout* penanaman, 4) perhitungan kebutuhan pupuk dan benih, 5) uji kinerja, serta 6) pengolahan data dan analisis.

Survei dan Pengolahan Lahan Uji

Survei lahan uji dilaksanakan dengan pengukuran luas lahan dan pengukuran daya sangga tanah. Lahan yang digunakan sebagai tempat uji adalah lahan dalam kondisi siap tanam, dan lahan petak uji berbentuk segi empat dengan lebar minimumnya 8 kali dari lebar kerja mesin penanam pneumatik serta permukaan tanah rata. Berdasarkan ketersediaan lahan uji, masing-masing konfigurasi tumpang sari padi gogo - jagung dan konfigurasi tumpang sari padi gogo-kedelai dilakukan pengujian sebanyak 2 kali ulangan.

Daya sangga tanah merupakan daya yang dibutuhkan oleh tanah untuk menahan beban yang berada di atasnya. Apabila suatu mesin berada di atas tanah, maka mesin tersebut akan memberikan daya penetrasi pada tanah (*ground pressure*). Jika daya penetrasi tanah (*ground pressure*) traktor roda empat lebih besar dari daya sangga tanah, maka traktor tersebut akan terbenam. Pengukuran daya sangga tanah pada pengujian ini menggunakan penetrometer dengan ukuran *cone* 1,4 x 5,4 cm dengan luas 23,74 cm². Pengukuran daya sangga tanah dilakukan dengan menekan *soil penetrometer* ke dalam tanah secara perlahan sampai dengan kedalaman tertentu hingga tidak mampu dilakukan penekanan lagi.

Pengukuran *cone index* dilakukan pada setiap kedalaman 5 cm. Pengukuran dilakukan secara acak pada area petak uji, dimana dilakukan pengukuran sebanyak 5 kali ulangan pada setiap petak uji untuk konfigurasi tumpang sari padi gogo - jagung dan padi gogo - kedelai. Hasil perbandingan daya sangga tanah dan daya penetrasi tanah dapat dijadikan acuan apakah mesin penanam pneumatik dan traktor dapat digunakan pada lahan uji atau tidak.

Sebelum dilakukan pengolahan lahan, pupuk kandang berupa kotoran ayam diberikan dengan cara disebar merata (*broadcast*) di permukaan tanah dengan dosis 12 ton/ha. Selanjutnya dilakukan pengolahan lahan pada petak uji dengan dua kali tahapan. Pada pengolahan pertama atau primer, pembajakan dilakukan dengan menggunakan implemen bajak rotari yang ditarik dengan traktor roda empat sebanyak 2 kali ulangan. Selanjutnya dilakukan pengolahan kedua atau sekunder dengan menggunakan implemen garu sehingga permukaan tanah menjadi lebih bersih dan rata.

Konfigurasi Mesin Penanam Pneumatik

Mesin penanam pneumatik (*pneumatic seeder*) untuk sistem tanam tumpang sari memiliki mekanisme kerja berupa implemen penanam yang bergerak maju dengan ditarik traktor roda empat (minimum 90 Hp). Gambar 1. menunjukkan gambar teknis mesin penanam pneumatik yang ditarik dan dihubungkan dengan traktor roda empat melalui tiga titik gandeng (A). Selanjutnya

mesin akan memanfaatkan putaran PTO traktor dengan *coupling* yang dihubungkan ke puli mesin (B). Puli PTO-mesin akan memutar puli *impeller* yang berukuran lebih kecil sehingga dapat memutar *impeller* vakum (C) lebih cepat dibandingkan dengan putaran PTO. Dalam proses penanaman digunakan putaran poros PTO sebesar 475 rpm dengan kecepatan putaran *engine* traktor pada 1800 rpm. Pada putaran poros PTO tersebut dihasilkan kecepatan udara hisap rata-rata pada *impeller* adalah 16,86 m/detik

Bagian penggerak, penanam, dan pemupuk dirakit pada rangka utama (D) dengan sistem bongkar pasang (*knock down*). Rangka utama (D) mesin penanam pneumatik menggunakan besi *hollow* sebagai komponen utama. Putaran *impeller* vakum akan menghasilkan hisapan udara yang kencang. Hisapan udara tersebut akan tersebar oleh komponen pembagi (F) dan dengan menggunakan selang PE (F), hisapan udara tersebut akan dihubungkan ke bagian penakar benih (*metering device*) (G). Jika mesin penanam pneumatik ditarik traktor roda empat, maka roda penggerak (H) akan berputar. Dengan sistem transmisi rantai *sproket*, maka poros penggerak (I) yang berbentuk segi enam akan berputar.

Putaran poros ini akan diteruskan ke poros pemupukan (J). Pupuk NPK dan urea yang telah dicampur sesuai dosis pada *hopper* pupuk (K) akan mengisi komponen penakar (*metering device*) pupuk (L). Jumlah pupuk yang dikeluarkan dapat diatur pada komponen penakar benih dengan bukaan 0 hingga 6 cm.

Pupuk selanjutnya akan turun menuju selang pemupukan (M) karena gaya gravitasi. Komponen pembuka alur (N) akan menghasilkan alur tanah yang terbuka untuk proses pemupukan. Dosis keluaran pupuk dapat diatur dengan memutar komponen pengatur bukaan pupuk (O). Sisa pupuk yang tidak digunakan, dapat dikeluarkan melalui *outlet* pengeluaran pupuk (P) yang terletak pada bagian depan *hopper* pupuk.

Putaran pada poros penggerak segi enam selanjutnya diteruskan pada putaran di dalam *gearbox* (Q). *Gearbox* memiliki 6 *gear* dengan jumlah gigi yang berbeda. Rasio *gear* tersebut berguna untuk mengatur jarak tanam dalam baris pada sistem tanam tumpang sari. Jarak tanam dalam baris yang dapat digunakan, yaitu 0,10 m, 0,14 m, 0,19 m, 0,21 m, 0,26 m, 0,29 m, dan 0,36 m. Jarak tersebut dapat dipilih, dengan menggerakkan tuas yang terdapat di atas *gearbox*.

Perputaran *gearbox* selanjutnya diteruskan ke masing-masing sistem transmisi bagian penanam melalui poros penanam (R). Dengan sistem transmisi *sproket* dan rantai, poros tersebut akan memutar penakar benih berupa plat *stainless steel* dengan tebal 4 mm yang berbentuk lingkaran. Plat ini memiliki 2 jenis, yaitu plat dengan 1 lubang hisap dan plat dengan 2 lubang hisap untuk setiap lubang tanam. Plat dengan 2 lubang hisap merupakan hasil pengembangan dari plat dengan 1 lubang hisap.

Berdasarkan petunjuk teknis yang dikeluarkan oleh BPTP Jawa Timur, keluaran benih yang dianjurkan untuk sistem tanam *tumpang sari* pada komoditas kedelai adalah 2 biji per lubang. Untuk mencapai target populasi tanaman sesuai petunjuk teknis, maka dilakukan konfigurasi jarak tanam dalam baris,

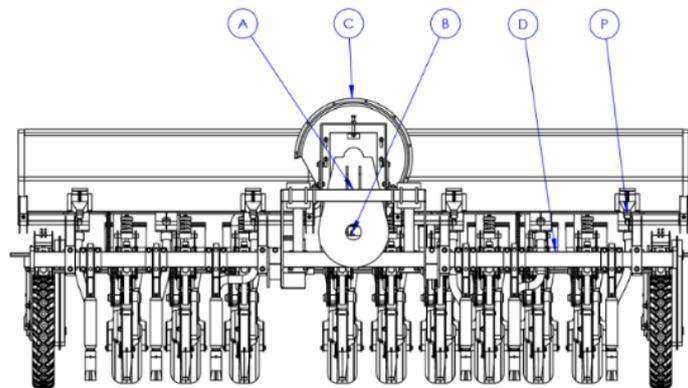
jarak antara tanaman, dan keluaran benih sesuai dengan spesifikasi teknis mesin penanam pneumatik. Tabel 1 menunjukkan hasil konfigurasi mesin penanam pneumatik berdasarkan petunjuk teknis tumpang sari BPTP Jawa Timur.

Tabel 1. Konfigurasi Mesin Penanam Pneumatik

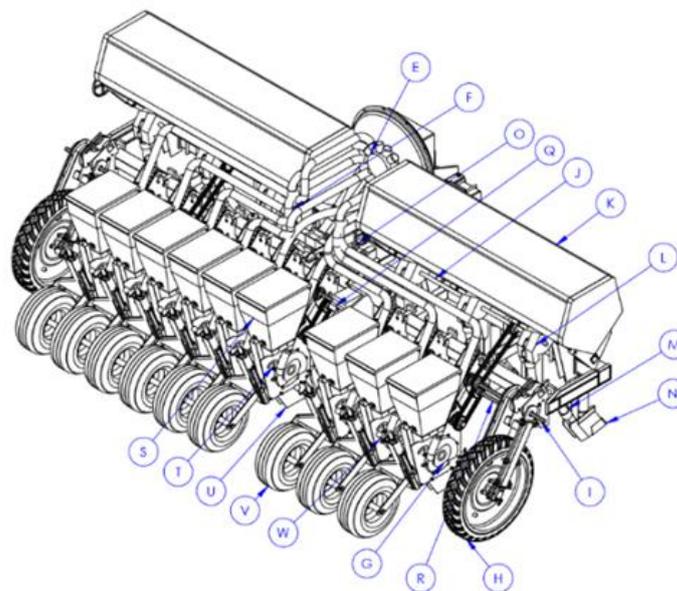
Parameter	Satuan	Juknis BPTP Jawa Timur		Mesin Penanam Pneumatik	
		Padi Gogo - Jagung	Padi Gogo - Kedelai	Padi Gogo - Jagung	Padi Gogo - Kedelai
- Jarak Tanam Dalam Baris	cm				
• Padi Gogo		10	10	10	10
• Jagung		15		14	
• Kedelai			15		14
- Jarak Antara Baris Tanaman	cm				
• Padi Gogo		20	20	25	25
• Jagung		40		40	
• Kedelai			30		30
- Keluaran Benih Per Lubang	Biji				
• Padi Gogo		3-5	3-5	7	7
• Jagung		1		1	
• Kedelai			2		2

Udara vakum yang dihasilkan dari *impleller* vakum akan menghisap benih melalui lubang-lubang pada plat tersebut. Pada saat plat berputar, maka terdapat bagian penjatah benih (T) yang berfungsi untuk mengatur bukaan lubang hisap untuk komoditas tertentu. Bagian penjatah benih terdiri dari 5 tipe yang dinotasikan dengan angka 1 hingga 5. Sebelum mencapai 1 putaran penuh, plat penakar benih melalui bagian tanpa hisapan udara. Dengan adanya

hal tersebut dan ditambah dengan faktor gravitasi, maka benih akan jatuh di belakang pembuka alur benih (U). Hasil bukaan alur tanah yang telah terisi benih selanjutnya ditutup oleh roda penutup alur (V). Ketinggian roda penutup alur dapat diatur dengan memutar tuas roda penutup alur (W). Gambar 1 dan 2 menunjukkan komponen-komponen penanam dan pemupuk pada mesin penanam pneumatik.



Gambar 1. Komponen Mesin Penanam Pneumatik (Tampak Depan)

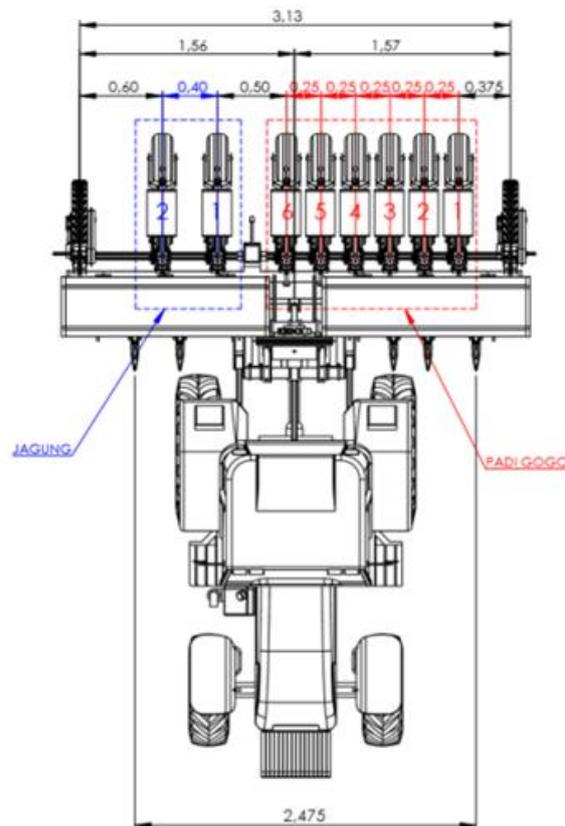


Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan
A	Tiga Titik Gandeng	L	Komponen Penakar (<i>metering device</i>) pupuk
B	Pulley Implemen	M	Selang Pemupukan
C	Impeller Vakum	N	Komponen Pembuka Alur
D	Rangka Utama	O	Komponen Pengatur Buka-an Pupuk
E	Komponen Pembagi	P	Outlet Pengeluaran Pupuk
F	Selang PE	Q	<i>Gearbox</i>
G	Komponen Penakar (<i>metering device</i>) Benih	R	Poros Penanam
H	Roda Penggerak	S	Hooper Benih
I	Poros Penggerak	T	Bagian Penjatak Benih
J	Poros Pemupukan	U	Pembuka Alur Benih
K	Hooper Pupuk	V	Roda Penutup Alur
		W	Tuas Roda Penutup Alur

Gambar 2. Komponen Mesin Penanam Pneumatik (Tampak Isometrik)

Mesin penanam pneumatik dapat dipasang hingga 10 unit *hopper* benih atau 10 baris tanaman. Pada sistem tanam tumpang sari padi gogo - jagung, mesin penanam pneumatik dipasang dengan 8 *hopper* yang terdiri dari 6 *hopper* padi gogo dan 2 *hopper* jagung. Jarak antara baris tanaman padi adalah 0,25 m, sedangkan jarak antara baris tanaman jagung adalah 0,40 m. Jarak antara baris tanaman padi dan jagung adalah 0,50 m, dimana pada area ini dipasang *gearbox*. Pemberian jarak antara komoditas ini dimaksudkan agar mencegah kurangnya sinar matahari yang diterima oleh tanaman yang lebih pendek karena adanya faktor naungan tanaman yang lebih tinggi (Rusliyadi, 2007).

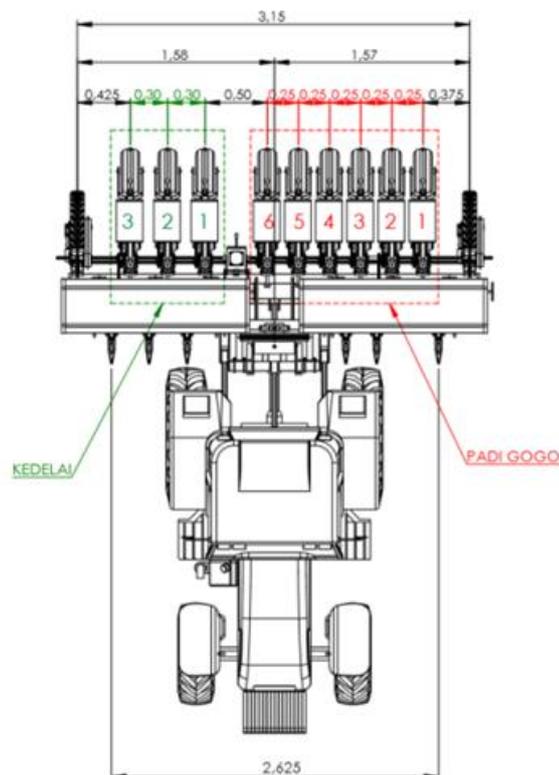
Lebar kerja teoritis mesin penanam pneumatik untuk tumpang sari padi gogo - jagung sebesar 2,48 m. Lebar kerja teoritis ini merupakan jarak terjauh antara peletakan benih pada baris tanam sisi kiri dan kanan dari arah laju mesin penanam pneumatik ditambah dengan setengah dari jarak antara baris tanam dari komoditas tersebut. Penambahan setengah dari jarak antara baris tanam sesuai dengan komoditas yang ditanam bertujuan agar jarak antar baris tanaman akan sama pada saat traktor dan mesin penanam pneumatik melaju dengan pola penanaman bolak balik rapat. Jenis plat yang digunakan pada komoditas padi gogo dan jagung adalah plat dengan 1 lubang hisap. Gambar 3 menunjukkan konfigurasi mesin penanam pneumatik untuk sistem tanam tumpang sari padi gogo - jagung.



Gambar 3. Konfigurasi Mesin Penanam Pneumatik Tumpang sari Padi Gogo - Jagung

Pada sistem tanam tumpang sari padi kedelai, mesin penanam pneumatik dipasang dengan 9 *hopper* yang terdiri dari 6 *hopper* padi gogo dan 3 *hopper* kedelai. Jarak antara baris tanaman padi adalah 0,25 m, sedangkan jarak antara baris tanaman kedelai adalah 0,30 m. Jarak antara baris tanaman padi dan kedelai adalah 0,50 m, dimana pada area ini dipasang *gearbox*. Lebar kerja teoritis mesin

penanam pneumatik untuk tumpang sari padi gogo - kedelai sebesar 2,625 m. Jenis plat yang digunakan pada komoditas padi gogo adalah plat dengan 1 lubang hisap, sedangkan pada komoditas kedelai adalah plat dengan 2 lubang hisap. Gambar 4 menunjukkan konfigurasi mesin penanam pneumatik untuk sistem tanam tumpang sari padi gogo - kedelai.

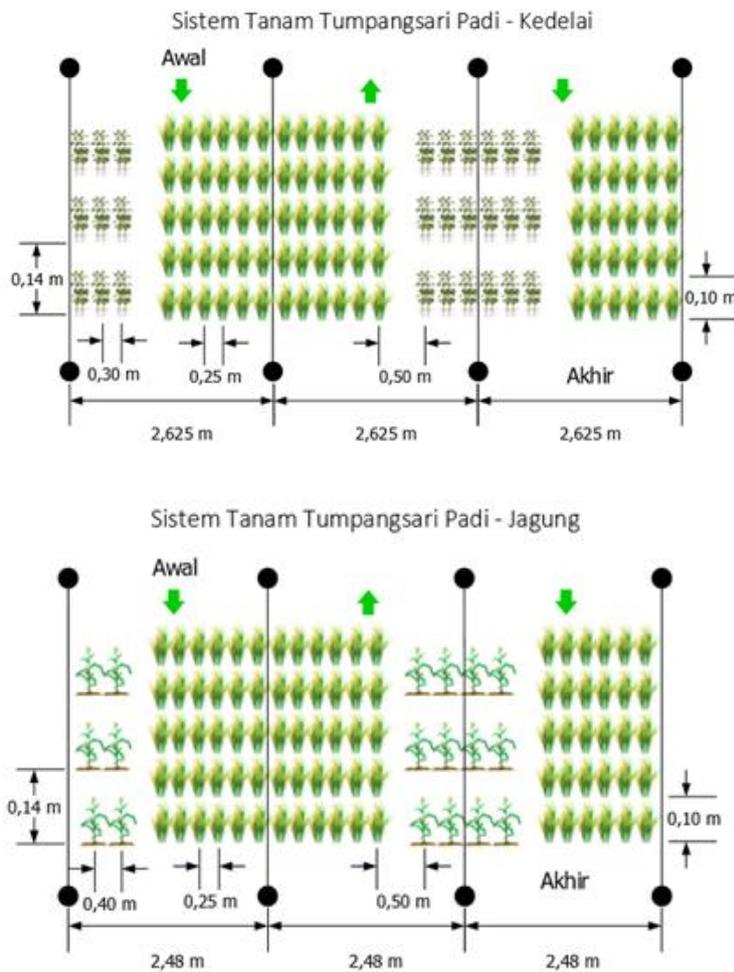


Gambar 4. Konfigurasi Mesin Penanam Pneumatik Tumpang sari Padi Gogo - Kedelai

Layout Penanaman

Pola penanaman yang digunakan pada sistem tanam tumpang sari dengan menggunakan mesin penanam pneumatik adalah pola bolak balik rapat. Konfigurasi mesin penanam pneumatik dan *layout* penanaman dirancang dengan mempertimbangkan lebar

kerja dari mesin panen multikomoditas yang memiliki lebar kerja pemotongan sebesar 1,6 m. sehingga dapat memanen padi selebar 6 baris tanam dalam satu kali proses pemanenan. *Layout* tumpang sari padi - jagung dan padi - kedelai dengan mesin penanam pneumatik ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Layout Penanaman Mesin Penanam Pneumatik

Kebutuhan Benih, Populasi Benih, dan Pupuk

Hasil konfigurasi mesin penanam pneumatik berdasarkan petunjuk teknis tumpang sari yang dikeluarkan oleh BPTP Jawa Timur, diperoleh jarak tanaman dalam baris untuk komoditas padi gogo adalah 0,10 m, sedangkan untuk komoditas jagung dan kedelai adalah 0,14 m. Populasi tanaman untuk sistem tanam *tumpang sari* padi gogo - jagung dan tumpang sari padi gogo - kedelai dihitung dengan menggunakan rumus:

$$PT = \frac{L \times TB \times H}{LKT \times JT} \dots\dots\dots (1)$$

sedangkan untuk perhitungan kebutuhan benih menggunakan rumus:

$$KB = PT \times BB \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- PT= Populasi Tanaman (tanaman)*
- KB= Kebutuhan Benih (kg)
- L = Luas lahan (m²)
- BB= Berat Benih (kg/biji)
- TB = Target Benih per lubang (biji)
- LKT = Lebar Kerja Teoritis (m)

H = Jumlah *Hopper* (unit)

JT = Jarak Tanam Dalam Baris (m)

* Perhitungan populasi tanaman padi gogo tidak menggunakan target benih (satuan: rumpun)

Berdasarkan rumus tersebut diperoleh kebutuhan benih untuk satu hektar untuk sistem tanam tumpang sari padi gogo – jagung, yaitu sebanyak 44,37 kg/ha benih padi gogo dan 21,89 kg/ha benih jagung. Populasi tanaman padi gogo mencapai 241.938 rumpun/ha (80,77%) sedangkan populasi tanaman jagung mencapai 57.604 batang/ha (19,23%).

Pada sistem tanam tumpang sari padi gogo - kedelai, diperoleh kebutuhan benih untuk satu hektar sebanyak 41,92 kg/ha benih padi gogo dan 26,12 kg/ha benih kedelai. Populasi tanaman padi gogo mencapai 228.571 rumpun/ha (58,33%) sedangkan populasi tanaman kedelai mencapai 163.265 batang/ha (41,67%).

Kebutuhan pupuk teoritis mengacu pada petunjuk teknis dosis pemupukan sistem tanam tumpang sari padi, jagung, dan kedelai yang dikeluarkan oleh BPTP Jawa Timur (2018), yaitu untuk pupuk NPK sebesar 200 kg/ha dan pupuk urea 100 kg/ha. Total kapasitas tampung dari *hopper* penampung pupuk NPK dan urea (dosis 2:1) pada mesin penanam pneumatik, yaitu 75 kg dimana masing-masing *hopper* kanan dan kiri berisi 37,5 kg. Proses pemupukan dilakukan bersamaan dengan proses penanaman. Mesin penanam pneumatik ini hanya memiliki 6 lubang pengeluaran pupuk.

Pemupukan dilakukan di belakang komponen pembuka alur dan ditempatkan di antara baris tanaman. Penempatan pupuk tersebut bertujuan untuk meningkatkan kemampuan bersaing tanaman dalam sistem tumpang sari (Singgih *et al.*, 1989).

Metode Pengujian

Metode pengujian mesin penanam pneumatik mengacu pada SNI 8754:2019 mengenai alat penanam biji-bijian dan pemupuk ditarik traktor roda empat. Sebelum dilakukan uji kinerja, terlebih dahulu dilakukan uji kalibrasi pada mesin penanam pneumatik di Laboratorium Kerekayasaan Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian (BBP Mektan) untuk mendapatkan tipe bukaan penjatah benih yang tepat sesuai komoditas yang akan ditanam. Padi gogo dan jagung menggunakan plat penakar benih dengan 1 lubang hisap sedangkan kedelai menggunakan plat penakar benih dengan 2 lubang hisap.

Hasil uji kalibrasi menunjukkan tipe bukaan yang cocok digunakan untuk benih padi gogo yaitu tipe bukaan 4 dengan target 7 biji per lubang, benih jagung dengan tipe bukaan 5 dengan target 1 biji per lubang, dan benih kedelai dengan tipe bukaan 5 dengan target 2 biji per lubang.

Pengujian mesin penanam pneumatik dilakukan dengan menggunakan traktor john deere 6100 B dengan 2 (dua) kali ulangan untuk

setiap konfigurasi, yaitu tumpang sari padi gogo - jagung dan tumpang sari padi gogo - kedelai. Pengujian dilakukan pada kecepatan putaran *engine* traktor 1800 rpm dan kecepatan persneling maju pada posisi L2.

Parameter yang diukur dalam pengujian ini yaitu kecepatan kerja teoritis, lebar kerja teoritis, lebar kerja efektif, kedalaman tanam, kecepatan kerja aktual, kapasitas *Kerja Lapang Efektif* (KLE), kapasitas *Kerja Lapang Teoritis* (KLT), efisiensi lapang, slip roda traktor dan roda tanam, waktu total operasi, waktu kerja efektif, waktu kerja tidak efektif, luas lahan terolah, dan pemakaian bahan bakar. Parameter kualitas penanaman yang diukur antara lain jarak tanam, kedalaman tanam, jumlah benih per lubang, konsumsi benih lapang, dan jumlah lubang yang tidak tertanam (*missing hill*). Kualitas penanaman diukur sebanyak 10 kali ulangan pada setiap petak uji.

Pengukuran jumlah lubang tidak tertanami dilakukan dengan sampling petak uji dengan panjang 2,5 meter dan lebar disesuaikan dengan lebar kerja teoritis mesin penanam pneumatik. Pengukuran penggunaan pupuk dilakukan untuk dibandingkan dengan kebutuhan pupuk teoritis. Terdapat 4 tipe pengaturan bukaan keluaran pupuk yang akan diuji, yaitu 1,5 cm dan 2 cm pada tumpang sari padi gogo dan jagung serta 2,5 cm dan 3 cm pada tumpang sari padi gogo dan kedelai.

Berdasarkan hasil pengukuran penggunaan pupuk dari ke-empat tipe pengaturan bukaan keluaran pupuk tersebut, maka selanjutnya dapat ditentukan tipe yang hasilnya paling mendekati dengan kebutuhan pupuk teoritis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Daya Sangga Tanah

Hasil pengukuran daya penetrasi tanah (*ground pressure*) dari traktor *John Deere* 6100 B diperoleh sebesar 0,61 kg/cm². Jika dibandingkan dengan hasil pengukuran daya sangga tanah pada Tabel 2, maka dapat diketahui bahwa nilai daya sangga tanah sebesar 0,79 kg/cm² pada kedalaman tanah 10 cm masih lebih besar dibandingkan dengan daya penetrasi tanah (*ground pressure*) dari traktor yang digunakan untuk menggerakkan implemen penanam. Sehingga petak lahan uji dapat digunakan untuk menguji mesin penanam pneumatik beserta traktor roda empat. Jika nilai daya penetrasi tanah (*ground pressure*) dari mesin penanam lebih besar dari daya sangga tanah, maka akan berpengaruh pada kedalaman tanam terutama pada baris tanaman yang sebelumnya dilalui oleh roda traktor. Benih yang keluar pada area tersebut akan jatuh tertanam lebih dalam dibandingkan dengan baris tanaman yang lain dan kemungkinan akan sulit tumbuh dalam fase vegetatif.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Daya Sangga Tanah

Kedalaman Tanah (cm)	Nilai <i>Cone Index</i> (kg/cm ²)
0	0,00
5	0,36
10	0,79
15	1,93

Hasil Uji Kinerja

Hasil uji unjuk kerja mesin penanam pneumatik untuk sistem tanam tumpang sari padi gogo-jagung dan padi gogo–kedelai seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh rata-rata kapasitas lapang efektif untuk mesin penanam pneumatik pada sistem tanam tumpang sari padi gogo - jagung sebesar 0,70 ha/jam dengan rata-rata kecepatan kerja lapang 3.37 km/jam, sedangkan

pada sistem tanam tumpang sari padi gogo-kedelai sebesar 0,76 ha/jam dengan rata-rata kecepatan kerja lapang 3,30 km/jam. Jika dibandingkan dengan kapasitas lapang teoritis masing-masing komoditas, maka efisiensi lapang mesin penanam pneumatik pada sistem tanam tumpang sari padi gogo-jagung adalah sebesar 85,48%, sedangkan pada sistem tanam tumpang sari padi gogo-kedelai sebesar 87,90%.

Tabel 3. Hasil Uji Kinerja Mesin Penanam Pneumatik

Parameter Uji	Satuan	Sistem Tanam Tumpang sari	
		Padi Gogo - Jagung	Padi Gogo - Kedelai
- Luas Lahan	m ²	1.630	754
- Kecepatan Kerja Teoritis	km/jam	3,31	3,31
- Kecepatan Kerja Lapang	km/jam	3,37	3,30
- Lebar Kerja Teoritis	m	2,48	2,63
- Lebar Kerja Aktual	m	2,51	2,65
- Kapasitas Lapang Teoritis	ha/jam	0,82	0,87
- Kapasitas Lapang Efektif	ha/jam	0,70	0,76
- Efisiensi Lapang	%	85,48	87,90
- Konsumsi BBM	liter/jam	14,13	13,41
- Slip Roda Traktor	%	0,14	0,24
- Slip Roda Penanam	%	3,24	2,79

Perbedaan efisiensi lapang pada sistem tumpang sari padi gogo-jagung dengan padi gogo-kedelai disebabkan oleh faktor kondisi lahan. Pada petak uji tumpang sari padi gogo-kedelai kondisi lahanya lebih bersih dari seresah dibandingkan petak uji tumpang sari padi gogo-jagung. Seresah dapat menghambat mobilitas traktor dan perputaran roda tanam mesin penanam pneumatik. Nilai efisiensi lapang untuk kedua konfigurasi tersebut telah memenuhi parameter efisiensi lapang minimum traktor roda empat sebesar 70%. Efisiensi lapang dan kapasitas lapang efektif mesin penanam pneumatik juga menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan atabela dengan penggerak

traktor roda dua yang hanya memiliki efisiensi lapang 70% dengan kapasitas lapang efektif 0,25 ha/jam (Marsudi, 2016).

Rata-rata konsumsi bahan bakar solar pada pengujian mesin penanam pneumatik pada sistem tanam tumpang sari padi gogo-jagung sebesar 14,13 liter/jam, sedangkan pada sistem tanam tumpang sari padi gogo-kedelai adalah sebesar 13,41 liter/jam. Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa kebutuhan bahan bakar pada pengujian pertama (tumpang sari padi gogo-jagung) lebih besar dibandingkan dengan pengujian kedua (tumpang sari padi gogo-kedelai).

Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya kondisi lahan, ukuran dan bentuk petakan, kecepatan kerja, dan keterampilan operator. Kondisi lahan yang belum terolah sempurna dan topografi lahan yang tidak rata mengakibatkan beban traktor menjadi lebih berat, hal tersebut tentunya dapat mempengaruhi konsumsi BBM. Ukuran dan bentuk petakan yang kecil (tidak dalam hamparan luas) mengakibatkan lebih banyaknya BBM yang terpakai dalam proses belok traktor.

Konsumsi bahan bakar juga dipengaruhi faktor kecepatan kerja, hal ini berdasarkan data dari Zulias & Zulkifli (2014), bahwa kecepatan kendaraan dan konsumsi bahan bakar mempunyai hubungan yang kuat. Semakin cepat maju traktor maka konsumsi bahan bakar akan semakin meningkat, semakin banyak BBM yang dibakar maka semakin banyak tenaga yang dihasilkan sehingga semakin cepat kendaraan bergerak. Kedalaman tanam juga mempengaruhi konsumsi bahan bakar. Semakin dalam bagian pembuka alur mesin penanam pneumatik, maka beban yang ditarik oleh traktor juga semakin besar terlebih lagi lahan yang digunakan untuk pengujian kali ini adalah lahan kering. Sehingga tanah dalam kondisi yang kering (tidak ada air yang tergenang). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Fadly *et al.* (2015), ketiadaan genangan air saat proses penanaman akan membuat beban traktor menjadi berat yang dapat memperbesar konsumsi bahan bakar.

Operator yang masih belum terampil dalam mengendarai traktor roda empat karena selain harus fokus dalam mengendarai traktor,

operator juga harus memperhatikan alur tanaman terutama saat memutar traktor untuk memulai baris baru. Spasi putaran dan radius putar traktor roda empat pada pengujian pertama (tumpang sari padi gogo-jagung) masih terlalu besar serta operator masih memundurkan traktor untuk menyamakan lebar kerja. Spasi putaran (*turning space*) merupakan diameter lingkaran terkecil dari putaran traktor yang diukur dari pusat lingkaran ke bagian terluar dari traktor sedangkan jari-jari putar (*turning radius*) traktor merupakan jari-jari lingkaran terkecil roda terluar traktor tegak lurus dari putaran traktor dengan dan tanpa pengereman.

Hasil pengukuran slip roda menunjukkan rata-rata persentase slip roda traktor roda empat dengan mesin penanam pneumatik pada sistem tanam tumpang sari padi gogo - jagung diperoleh sebesar 0,14%, sedangkan pada sistem tanam tumpang sari padi gogo-kedelai diperoleh sebesar 0,24%. Jika dibandingkan hasil efisiensi lapang dan konsumsi BBM, maka hasil pengukuran slip roda traktor roda empat tidak berbanding lurus. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi hal tersebut. Salah satunya adalah area sampling pengukuran slip roda dan area pengukuran efisiensi lapang dan konsumsi BBM.

Pengukuran slip roda dilakukan pada area tengah petak uji sedangkan pengukuran efisiensi lapang meliputi seluruh area petak uji serta pengukuran konsumsi BBM juga mempertimbangkan waktu belok dan waktu hilang (penambahan pupuk, benih, halangan, dan penggumpalan).

Berdasarkan pengamatan pada uji kinerja mesin penanam pneumatik, kecepatan kerja pada traktor yang dihasilkan berbeda-beda pada saat mendekati area berputar terutama pada sistem tanam padi gogo - jagung dibandingkan pada sistem tanam padi gogo - kedelai. Pada sistem tanam tumpang sari padi gogo - jagung, operator masih belum terampil dan cenderung menurunkan kecepatan pada saat akan berbelok meskipun area perputaran masih jauh sehingga membutuhkan waktu operasi yang lebih lama. Hal tersebut mempengaruhi efisiensi lapang serta konsumsi BBM. Sedangkan pada sistem tanam tumpang sari padi gogo - kedelai, operator telah terampil sehingga menghasilkan efisiensi kerja yang lebih tinggi dan konsumsi BBM yang lebih rendah meskipun rata-rata kecepatan kerja lebih rendah.

Hasil pengukuran juga menunjukkan persentase slip roda tanam mesin penanam pneumatik pada sistem tanam tumpang sari padi gogo - jagung sebesar 3,24% sedangkan pada sistem tanam tumpang sari padi gogo - kedelai sebesar 2,79%. Hasil tersebut masih di bawah batas slip roda pemutar maksimum sesuai SNI 8754:2019, yaitu sebesar 20%. Tekstur tanah pada area penelitian yang berpasir dan kering menghasilkan slip roda yang tidak besar. Hasil tersebut juga menunjukkan nilai slip roda traktor roda empat lebih kecil dibandingkan dengan slip roda tanam. Menurut Gill & Vanden Berg (1968), bila traksi lebih besar dari torsi yang disalurkan, akan menurunkan slip pada roda. Besarnya nilai traksi tergantung dari tenaga mesin, dimensi roda, beban pada roda terhadap jalan dan koefisien gesek antara roda

dengan jalan. Slip pada roda traktor lebih kecil karena bidang sentuh roda dan berat beban lebih besar dibandingkan dengan roda tanam.

Menurut Kalsim & Sapei (2003) slip roda yang terjadi akan menambah tenaga yang diperlukan untuk penarikan karena gaya horizontal yang diperlukan di atas permukaan tanah lebih besar. Kondisi tanah yang lembek atau lunak merupakan faktor yang dapat memperbesar deformasi tanah sehingga slip yang terjadi akan semakin besar. Menurut Sembiring *et al.* (1990), menyatakan bahwa slip roda dapat terjadi pada kondisi tanah yang kering ataupun basah dengan adanya beban traktor dan kondisi tanah itu sendiri. Selain itu, dipengaruhi oleh keadaan vegetasi yang dapat menghambat atau terjadi kemacetan pada laju traktor akibat terhambat oleh semak-semak atau alang-alang yang terdapat pada lahan tersebut. Bentuk dan bahan roda penggerak menjadi komponen yang penting dalam mengurangi slip pada roda penggerak (Hermawan *et al.*, 2015).

Perbedaan lebar tanam antara sistem tanam tumpang sari padi gogo - jagung dan padi gogo - kedelai disebabkan karena jumlah baris tanam pada tumpang sari padi gogo - kedelai (9 baris) lebih banyak dibandingkan dengan jumlah baris tanam padi gogo - jagung (8 baris). Perbedaan kedalaman tanam pada hasil pengukuran kualitas penanaman seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5 disebabkan beberapa faktor, diantaranya posisi ketinggian mesin penanam pneumatik setelah proses belok yang tidak sama serta deformasi tanah akibat roda traktor roda empat.

Dahono (1997), mengemukakan perbedaan lebar dan kedalaman tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu keterampilan operator saat menjalankan traktor agar tetap berjalan lurus, pengaruh putaran rotari yang menimbulkan getaran dan guncangan serta saat pengangkatan mesin, apabila traktor menabrak halangan seperti batu, tanah keras, batang, maka akan menimbulkan gesekan atau getaran.

Hasil Uji Kualitas Penanaman

Hasil pengukuran kualitas tanam pada Tabel 4 menunjukkan perbedaan rata-rata jarak tanam dalam baris dan jumlah benih per lubang. Rata-rata jarak tanam dalam baris pada komoditas padi, yaitu sebesar 10,84 cm, jagung 15,75 cm, dan kedelai 14,45 cm. Perbedaan pada rata-rata jarak tanam dan jumlah benih

dibandingkan dengan jarak teoritis dalam baris disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya daya hisap udara pada komponen penakar benih (*metering device*) yang tidak selalu stabil, getaran dan hentakan pada bagian pembuka alur mesin yang membuat benih jatuh dengan jarak yang tidak sama, dan faktor sifat fisik benih. Hasil pengukuran juga menunjukkan beberapa sampel memiliki jarak tanam yang lebih rapat dibandingkan dengan jarak tanam teoritis. Salah satu faktor yang mempengaruhi hal tersebut adalah slip roda tanam. Slip pada roda tanam mengakibatkan perputaran penakar benih menjadi lebih cepat sehingga jarak tanam dalam baris menjadi lebih rapat. Menurut Abdolazare & Mehdizabeh (2018), kondisi tanah merupakan faktor penting yang mempengaruhi keseragaman jarak benih. Hal tersebut juga berpengaruh pada hasil konsumsi benih aktual mesin penanam.

Tabel 4. Hasil Uji Kualitas Penanaman Mesin Penanam Pneumatik

Parameter Uji	Satuan	Sistem Tanam Tumpangsari	
		Padi Gogo - Jagung	Padi Gogo - Kedelai
- <i>Missing Hill</i>	%		
• Padi Gogo		4,14	3,98
• Jagung		5,28	-
• Kedelai		-	4,52
- Kedalaman Tanam	cm		
• Padi Gogo		5,80	6,22
• Jagung		5,79	-
• Kedelai		-	5,81
- Jarak Tanam dalam Baris	cm		
• Padi Gogo		10,85	10,83
• Jagung		15,75	-
• Kedelai		-	14,45
- Jumlah Benih per Lubang	Benih/lubang		
• Padi Gogo		8	7
• Jagung		1	-
• Kedelai		-	2
- Konsumsi Benih Aktual	kg/ha		
• Padi Gogo		39,20	37,81
• Jagung		19,54	-
• Kedelai		-	23,74

Berdasarkan hasil uji kualitas penanaman diperoleh rata-rata kedalaman tanam yaitu 6,01 cm untuk padi gogo, 5,79 cm untuk jagung, dan 5,81 cm untuk kedelai. Hasil kedalaman tanam untuk padi gogo, jagung, dan kedelai diketahui masih terlalu dalam dibandingkan dengan rekomendasi kedalaman tanam padi gogo sekitar 4-5 cm (BB Padi, 2015), jagung sekitar 3-4 cm dan kedelai sekitar 2-3 cm (Balitkabi, 2018). Perbedaan pada kedalaman tanam benih disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah kontur tanah hasil pengolahan yang tidak rata. Baris tanam yang telah dilalui oleh roda traktor sebelumnya akan menghasilkan lubang tanam yang lebih dalam dibandingkan baris tanam yang hanya dilalui oleh bagian pembuka alur.

Rata-rata jumlah benih tertanam per lubang pada sistem tanam tumpang sari padi gogo – jagung, yaitu 8 biji per lubang untuk padi gogo dan 1 biji per lubang untuk jagung. Rata-rata jumlah benih tertanam per lubang pada sistem tanam tumpang sari padi gogo - kedelai yaitu 7 biji per lubang untuk padi gogo dan 2 biji per lubang untuk kedelai. Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan jumlah benih per lubang teoritis berdasarkan konfigurasi mesin penanam pneumatik dan petunjuk teknis tumpang sari BPTP Jawa Timur.

Hasil pengukuran jumlah lubang tidak tertanami (*missing hill*) pada mesin penanam pneumatik menunjukkan persentase jumlah lubang tidak tertanami (*missing hill*) pada sistem tanam tumpang sari padi gogo-jagung adalah 4,14% untuk padi dan 5,28% untuk jagung.

Sedangkan persentase *missing hill* pada sistem tanam tumpang sari padi gogo-kedelai adalah 3,98% untuk padi dan 4,52% untuk kedelai. Hasil tersebut masih rendah dibandingkan dengan persentase maksimum jumlah lubang tidak tertanami yang dipersyaratkan pada SNI 8754:2019, yaitu sebesar 6%. Faktor yang menyebabkan terjadinya *missing hill* diantaranya slip roda, getaran, dan kemacetan pada sistem transmisi sproket (Cay *et al.*, 2018). Kecepatan hisap udara pada sistem pneumatik juga salah satu faktor penting yang mempengaruhi kinerja penakar benih dalam proses penanaman (Manquan *et al.*, 2012).

Rata-rata pemakaian benih aktual pada sistem tanam tumpang sari padi gogo – jagung, yaitu sebesar 39,20 kg/ha untuk padi gogo dan 19,54 kg/ha untuk jagung. Rata-rata pemakaian benih aktual pada sistem tanam tumpang sari padi gogo – kedelai, yaitu sebesar 37,81 kg/ha untuk padi gogo dan 22,65 kg/ha untuk kedelai. Berdasarkan hasil tersebut, diketahui konsumsi benih aktual untuk tanaman padi, jagung, dan kedelai lebih sedikit dibandingkan dengan kebutuhan benih teoritis. Rata-rata penyimpangan konsumsi benih aktual dengan kebutuhan benih teoritis adalah 10%. Faktor yang mempengaruhi hal tersebut adalah jarak tanam dalam baris.

Berdasarkan hasil pengukuran jarak tanam, ketiga komoditas tumpang sari, yaitu padi gogo, jagung, dan kedelai memiliki jarak tanam aktual yang lebih besar dibandingkan dengan jarak tanam teoritis. Hal tersebut dipengaruhi oleh roda tanam yang tidak berputar

(*wheel sliding*) sehingga penakar benih tidak dapat mengeluarkan benih sesuai dengan jarak tanam teoritisnya. Hal ini juga diperkuat dengan hasil pengukuran jumlah lubang tidak tertanami (*missing hill*) sebesar 4-5% sehingga konsumsi benih aktual lebih sedikit dibandingkan kebutuhan benih teoritis. Faktor lain yang mempengaruhi konsumsi benih aktual adalah

kecepatan udara yang tidak sama dan konsisten pada masing-masing komponen penakar benih. Kecepatan udara yang rendah menyebabkan benih tidak mampu terhisap dan keluar dari komponen penakar benih. Sehingga berdampak juga pada jumlah lubang yang tidak tertanami.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Konsumsi Pupuk Mesin Penanam Pneumatik

Parameter Uji	Satuan	Sistem Tanam Tumpang Sari	
		Padi Gogo - Jagung	Padi Gogo - Kedelai
- Bukaan <i>Hopper</i> 2 cm	kg/ha	284,68	
- Bukaan <i>Hopper</i> 3 cm	kg/ha	422,25	
- Bukaan <i>Hopper</i> 1,5 cm	kg/ha		213,80
- Bukaan <i>Hopper</i> 2,5 cm	kg/ha		364,69

Berdasarkan hasil pengukuran konsumsi pupuk aktual pada Tabel 5 menunjukkan kebutuhan pupuk aktual pada tumpang sari padi gogo - jagung adalah 284,68 kg/ha dengan rincian 189,79 kg/ha pupuk NPK dan 94,89 kg/ha pupuk urea dengan pengaturan bukaan keluaran 2 cm. Sedangkan dengan pengaturan bukaan keluaran 3 cm diperoleh hasil yang lebih besar, yaitu 422,25 kg/ha dengan rincian 281,50 kg/ha pupuk NPK dan 140,75 kg/ha pupuk urea. Pada kebutuhan pupuk aktual pada tumpang sari padi gogo - kedelai adalah 213,80 kg/ha dengan rincian 142,53 kg/ha pupuk NPK dan 71,27 kg/ha pupuk urea dengan pengaturan bukaan keluaran 1,5 cm. Sedangkan dengan pengaturan bukaan keluaran 2,5 cm diperoleh hasil yang lebih besar, yaitu 364,69 kg/ha dengan rincian 243,12 kg/ha pupuk NPK dan 121,56 kg/ha pupuk urea.

Hasil pengukuran ini menunjukkan banyaknya pupuk yang keluar dari mesin penanam pneumatik sangat dipengaruhi oleh besarnya pengaturan keluaran benih. Jika dibandingkan dengan kebutuhan teoritis pupuk, maka pengaturan bukaan *hopper* pupuk yang paling optimal, yaitu dengan tipe bukaan keluaran 2 cm. Hasil pengukuran menunjukkan angka yang paling mendekati dengan rekomendasi pupuk yang diberikan pada tanaman tumpang sari padi gogo - jagung maupun padi gogo - kedelai.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji kinerja mesin penanam pneumatik diperoleh nilai rata-rata kapasitas lapang teoritis pada sistem tanam tumpang sari padi gogo - jagung sebesar 0,82 ha/jam dan kapasitas lapang efektif 0,70 ha/jam

dengan efisiensi 85,48%. Pada sistem tanam tumpang sari padi gogo-kedelai, diperoleh kapasitas lapang teoritis sebesar 0,87 ha/jam dan kapasitas lapang efektif 0,76 ha/jam dengan efisiensi 87,90%. Konsumsi bahan bakar mesin penanam pneumatik yaitu, 14,13 liter/jam pada sistem tanam tumpang sari padi gogo-jagung dan 13,41 lt/jam pada sistem tanam tumpang sari padi gogo-kedelai.

Persentase jumlah lubang tidak tertanami pada sistem tanam tumpang sari padi gogo-jagung sebesar 4,14% untuk padi gogo dan 5,28% untuk jagung. Sedangkan persentase jumlah lubang tidak tertanami pada sistem tanam tumpang sari padi gogo-kedelai sebesar 3,98% untuk tanaman padi dan 4,52% untuk kedelai. Penggunaan pupuk NPK dan Urea mencapai 213,80 kg/ha dengan rasio dosis pupuk 2:1.

Saran

Pengembangan mesin penanam pneumatik ini sebaiknya perlu dilakukan perbaikan konfigurasi mesin penanam pneumatik pada baris penanam pneumatik sehingga tidak sejajar dengan jalur roda traktor dan dapat mencapai kedalaman tanam sesuai dengan yang direkomendasikan, serta perlu adanya perbaikan pada komponen penakar benih untuk mengurangi *missing hill* dari mesin penanam pneumatik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdolahzare, Z., & Mehdizabeh, S. A. (2018). *Real Time Laboratory and field Monitoring of the Effect of the Operational Parameters On Seed Falling Speed and Trajectory of Pneumatic Planter. Computer and Electronics in Agriculture*, 145, 187-198.
- Adimihardja, A., & Agus, F. (2000). *Pengembangan Teknologi Konservasi Tanah Pasca-NWMCP. Prosiding Lokakarya Nasional Pembahasan Hasil Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Bogor, 25-38.
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur. (2018). *Petunjuk Teknik Budidaya Tumpang sari Pajale Sistem Tanam Rapat*. Balitbang Pertanian, Kementerian Pertanian, 6-11.
- Balai Besar Penelitian Tanaman Padi. (2015). *Info Teknologi: Olah tanah dan tanam padi gogo*. Diakses pada Desember 12, 2019, dari <http://bbpadi.litbang.pertanian.go.id/index.php/info-berita/info-teknologi/olah-tanah-dan-tanam-padi-gogo>
- Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan umbi. (2018). *Budidaya Kedelai Secara Tumpang sari Dengan Jagung Pada Lahan Kering Beriklim Kering Alfisol*. Balitbang Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Cay, A., Kocabiyik, H., & May, S. (2018). *Development of an Electro-Mechanic Control System for Seed-Metering Unit of Single Seed Corn Planters, Part I: Design and laboratory simulation. Computer and Electronics in Agriculture*, 144, 71-79.
- Dahono. (1997). *Pengolahan Tanah dengan Traktor Tangan*. Jakarta: Bagian Proyek Pendidikan Kejuruan Teknik IV.

- Fadly, A. R., Saipul, B., D., & Nazif I. (2015). *Kajian efisiensi biaya produksi terhadap sumberdaya pertanian untuk pengolahan tanah pada lahan sawah di Desa Pelawi Utara Kecamatan Babalan Kabupaten Langkat*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Gill, W.R. & Vandenberg G.E (1968). *Soil Dynamic in Tillage and Traction, U.S.A. Departement of Agriculture, Handbook 316*.
- Hermawan, W., Mandang, T., Sutejo, A., & Sitorus, A. (2015). *Evaluasi System Penggerak dan Modifikasi Mesin Penanam Jagung Bertenaga Traktor Tangan*. Jurnal Keteknikan Pertanian, 3(1), 25-32.
- Kalsim, D.K, & A. Sapei. (2003). *Fisika Lemas Tanah*. Bogor: Jurusan Teknik Pertanian. Fakultas Teknik Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Manquan, Z., Yongwen, H., & Yueqin, L. (2012). *Measurement and Analysis On Vibration Characteristics of Pneumatic Seed Metering Device of No-Till Seeder*. Chinese Society of Agricultural Engineering.
- Marsudi. (2016). *Atabela Jarwo dengan Penggerak Traktor Roda Dua*. Jakarta: Badan Litbang Kementerian Pertanian. <http://www.litbang.pertanian.go.id/info-teknologi/2552/>.
- Partohardjono, S., & A. Makmur. (1993). *Peningkatan Produksi Padi Gogo*. Bogor: Balittan.
- Prasad, R.B., & Brook, R.M. (2005). *Effect of Varying Maize Densities On Intercropped Maize and Soybean in Nepal*. *Experimental Agriculture*, 41, 365-382.
- Purwadi, T. (1999). *Mesin dan Peralatan*. Jogjakarta: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada.
- Rusliyadi, M. (2007). *Pengaruh Bioporasi Terhadap Penyerapan Hara N, P, dan K serta Hasil Padi Gogo Varietas Jatiluhur Yang Ditanam Tumpang sari dengan Jagung*. Gorontalo: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Gorontalo.
- Sembiring, E.N., I.N. Suastawa, & Desrial. (1990). *Sumber Tenaga Tarik di Bidang Budidaya Pertanian*. Bogor: Perguruan Tinggi Institut Pertanian Bogor.
- Singgih, S., Panbiru, A.M., Alla, A., & Pairunan, A.K. (1989). *Pemupukan Nitrogen pada Tumpang sari Jagung dan Kedelai*. Agrikam.
- Zulias, M., & Zulkifli. (2014). *Analisis Kapasitas Kerja dan Kebutuhan Bahan Bakar Traktor Tangan Berdasarkan Variasi Pola Pengolahan Tanah Kedalaman Pembajakan dan Kecepatan Kerja*. Riau: Universitas Islam Riau.