



RANCANG BANGUN ALAT PENABUR PUPUK BUTIRAN TIPE GENDONG

Yuni Ernita¹, Jamaluddin¹, Elvin Hasman¹, Rildiwan¹, dan M. Riza Nurtam¹

¹ Program Studi Teknologi Mekanisasi Pertanian Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh

Korespondensi: yuni.ernita@yahoo.com

Diterima : 31 Desember 2020

Disetujui : 18 Agustus 2021

Diterbitkan : 28 Februari 2022

ABSTRAK

Pemupukan dapat dilakukan dengan dua cara yakni manual dan mekanis. Pemupukan manual menghasilkan aplikasi pupuk yang beragam dan membutuhkan tenaga kerja yang banyak. Peralatan pemupuk berbentuk tugal belum efisien untuk proses pemupukan, maka perlu adanya alat yang dapat mempermudah proses pemupukan tanpa memerlukan waktu dan tenaga yang terlalu banyak. Alat penabur pupuk butiran tipe gendong adalah salah satu alat untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi pada proses pemupukan tanaman terutama tanaman palawija. Tujuan penelitian adalah melakukan rancang bangun, analisa kinerja, dan analisa ekonomi alat penabur pupuk butiran tipe gendong. Alat penabur pupuk butiran tipe gendong dibuat dan diujicobakan di Bengkel Logam dan Lahan Percobaan Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh pada bulan Juni hingga September 2020. Pembuatan alat dilakukan memenuhi rancangan struktural dan fungsional. Spesifikasi alat penebar pupuk butiran tipe gendong hasil rancangan adalah sebagai berikut: berat alat 2 kg, jarak kerja alat 25 cm, kedalaman kerja alat, 3-5 cm, material hopper terpal, volume hopper 5 kg, material outlet PVC. Hasil uji kinerja alat penabur pupuk butiran didapatkan kapasitas kerja efektif sebesar 0,0379 ha/jam, kapasitas kerja teoritis adalah 0,0532 ha/jam, sehingga efisiensi kerja alat penabur pupuk butiran adalah 71,24%. Hasil analisa ekonomi didapatkan biaya tetap alat sebesar Rp. 500.000,-/tahun. Biaya tidak tetap sebesar Rp. 10.675/jam, biaya pokok penaburan pupuk butiran sebesar Rp. 287.150/Ha. *Break event point*/titik impas adalah sebesar 4,225 Ha/tahun.

Kata Kunci : rancang bangun, alat penabur pupuk, tipe gendong

ABSTRACT

Fertilization can be done in two ways, manual and mechanical. Manual fertilization produces a variety of fertilizer applications and requires a lot of labor. Fertilizer equipment in the form of tugal is not efficient for the fertilization process, it is necessary to have a tool that can facilitate the fertilization process without requiring too much time and effort. The carrying type of granular fertilizer sprinkler is one of the tools to increase the effectiveness and efficiency in the process of fertilizing plants, especially palawija plants. The purpose of this research is to design, analyze performance, and analyze the economics of a carrying type of granular fertilizer. The carrying type of granular fertilizer spreader was made and tested at the Metal Workshop and Experimental Field of the Payakumbuh State Agricultural Polytechnic from

June to September 2020. The tools were made according to structural and functional designs. The specifications of the sling type fertilizer spreader are as follows: tool weight 2 kg, tool working distance 25 cm, tool working depth, 3-5 cm, tarpaulin hopper material, hopper volume 5 kg, PVC outlet material. The results of the performance test of the granular fertilizer sowing equipment obtained an effective working capacity of 0.0379 ha/hour, the theoretical working capacity is 0.0532 ha/hour, so that the working efficiency of the granular fertilizer sower is 71.24%. The results of the economic analysis obtained a fixed cost of Rp. 500,000,-/year. Variable costs of Rp. 10,675/hour, the basic cost of sowing granulated fertilizer is Rp. 287,150/Ha. The break event point is 4,225 ha/year.

Keywords: *design, fertilizer sprinklers, carrying type*

PENDAHULUAN

Pupuk merupakan produk yang sangat dibutuhkan dalam usaha budidaya tanaman. Pupuk merupakan material yang ditambahkan pada media tanam atau tanaman untuk mencukupi kebutuhan hara yang diperlukan tanaman (Dwicaksono dkk., 2013). Menurut Juniyati dkk., (2016) pemupukan dapat membantu menahan air dan memperbaiki porositas dan struktur tanah. Pemupukan secara umum memberikan kontribusi minimal 20% dalam sistem produksi pertanian, dengan demikian, rekomendasi pemupukan yang sesuai dengan status hara tanah dengan target hasil optimal sangat dibutuhkan (Husnain dkk., 2016).

Pemupukan dapat dilakukan dengan dua cara antara lain pemupukan manual dan pemupukan secara mekanis dengan power spreader. Pemupukan manual menghasilkan aplikasi pupuk yang beragam dan membutuhkan tenaga kerja yang banyak. Pemupukan manual tidak mampu mencapai hasil yang maksimal sehingga masih terdapat kekurangan yang harus diperbaiki seperti pengujian alat dan kalibrasi dosis pupuk harus sesuai dan tepat dosis, aplikasi pemupukan harus benar dan tepat sasaran, pengawasan pekerjaan pemupukan harus intensif dan efektif, serta kualitas pemupukan harus mencapai mutu hasil yang lebih baik.

Proses pengaplikasian pupuk di lahan sangat dipengaruhi oleh sifat fisik pupuk yang digunakan. Menurut De (1989), sifat-sifat fisik pupuk memberi pengaruh baik secara agronomi maupun dalam penanganan, transportasi, penyimpanan, dan saat pengaplikasian. Penanganan yang tidak sesuai terhadap sifat fisik pupuk dapat mengakibatkan terjadinya permasalahan pengaplikasian pupuk melalui aplikator pupuk, seperti segregasi, penggumpalan, dan higroskopisitas yang tinggi. Beberapa sifat pupuk yang harus dipertimbangkan dalam mendesain aplikator pupuk adalah sudut curah pupuk, sifat higroskopis, massa jenis pupuk, ukuran partikel pupuk, dan kekuatan partikel pupuk.

Alat pemupuk digolongkan menjadi tiga, yaitu alat penebar pupuk kandang, alat penebar pupuk butiran, dan alat penyebar pupuk cair dan gas (Smith *et al.*, 1977). Pupuk butiran



diaplikasikan ke lahan melalui beberapa cara yaitu sebar acak (broadcast application) ataupun diaplikasikan dalam alur tertentu yang disebut banded application (Srivastava *et al.*, 2006). Peralatan yang digunakan untuk menebarkan pupuk butiran ke lahan ini tipe gravitasi, rotary (centrifugal), dan tekanan udara (pneumatic) (Ichniarsyah 2013). Menurut Mahler (2001), aplikasi pupuk dengan metode sebar acak (broadcast) dibagi menjadi beberapa metode aplikasi, yaitu: broadcast topdress, broadcast incorporated (plow moldboard), broadcast incorporated (plow chisel), broadcast incorporated (plow disk).

Prinsip kerja mesin peneban pupuk (power spreader) adalah dengan memanfaatkan gaya sentrifuse, di mana pupuk yang ada di dalam hopper disalurkan dengan gaya sentrifugal dengan bantuan blower, kemudian disebarkan menyamping, akibatnya pupuk hanya jatuh ke permukaan tanah. Kendala pupuk disebar dengan alat tersebut dimana pupuk hanya disebarkan di samping tanaman, (dengan menggunakan mesin spreader) sehingga pupuk tersebut tidak jatuh pada tanaman, ketika pupuk disebar begitu saja tanpa ada tindak lanjut dapat menguap karena pengaruh dari faktor lingkungan. Sehingga kegiatan ini menghasilkan pemupukan yang kurang efektif (Kholis, 2013). Mukminin dkk., (2015) telah merancang alat pemupukan dengan spesifikasi : aplikator pupuk yang dirancang terdiri dari sistem transmisi, rotor penjatah, hopper, dan saluran pengeluaran pupuk. Unit aplikator pupuk didesain terdiri dari dua buah hopper sehingga memiliki kapasitas yang lebih besar dibandingkan prototipe-prototipe sebelumnya.

Petani di Kabupaten Lima Puluh Kota masih banyak melakukan pemupukan dengan cara menyebarkan pupuk di atas permukaan tanah, sehingga sebagian besar pupuk yang diberikan menguap dan tidak dapat diserap tanaman. Selain itu, proses pemupukan masih dikerjakan secara tradisional dengan menggunakan alat sederhana, yaitu tugal dan sebagian besar lainnya pemupukan dilakukan dengan cara membuat goresan di samping tanaman sepanjang barisan kemudian menaburkan pupuk di atasnya. Proses pemupukan tersebut membutuhkan waktu dan biaya yang terlalu tinggi sehingga kurang produktif.

Peralatan pemupuk berbentuk tugal belum efisien untuk proses pemupukan, maka perlu adanya alat yang dapat mempermudah proses pemupukan tanpa memerlukan waktu dan tenaga yang terlalu banyak. Alat peneban pupuk butiran tipe gendong adalah salah satu alat untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi pada proses pemupukan tanaman terutama adalah tanaman palawija.

Tujuan penelitian adalah melakukan rancang bangun, analisis kinerja, dan analisis ekonomi alat penabur pupuk butiran tipe gendong. Hasil penelitian secara umum bermanfaat terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sebagai aplikasi ilmu teknologi industri pertanian dalam bidang teknologi mekanisasi pertanian. Secara khusus manfaat dari penelitian ini adalah alat ini diharapkan dapat membantu petani dalam penaburan pupuk sebagai sarana untuk efisiensi waktu dan tenaga.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan Bulan Agustus - November 2020 di Workshop dan lahan praktek Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh.

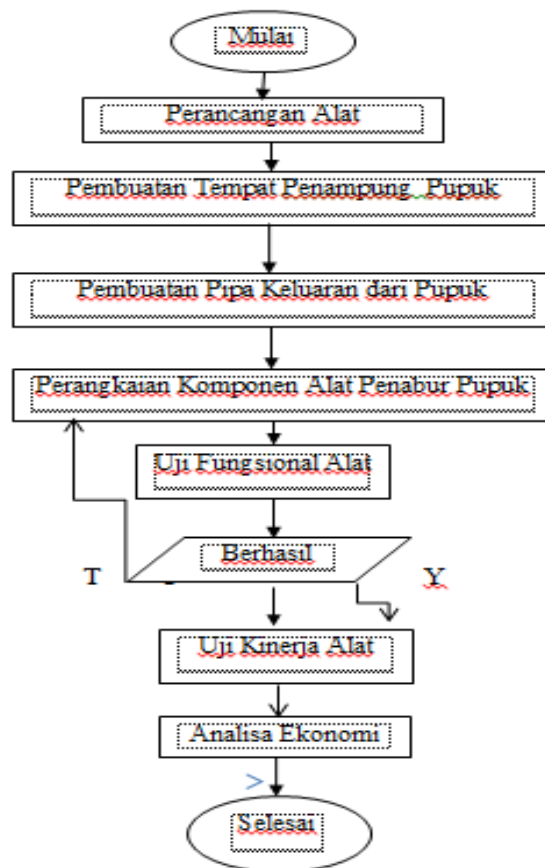
Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan adalah meteran, gunting, gergaji, timbangan, stopwatch, T 3/4 inch, Kni 3/4 inch, PVC 1 inch, Dof 3/4, PVC 1/2 inch, Per (pegas), Kawat, Tas ransel, dan pupuk butiran.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dalam bentuk rancang bangun dan ujicoba kinerja alat. Pembuatan alat dilakukan memenuhi rancangan struktural dan fungsional dengan skema alur penelitian sebagai berikut (Gambar 1).

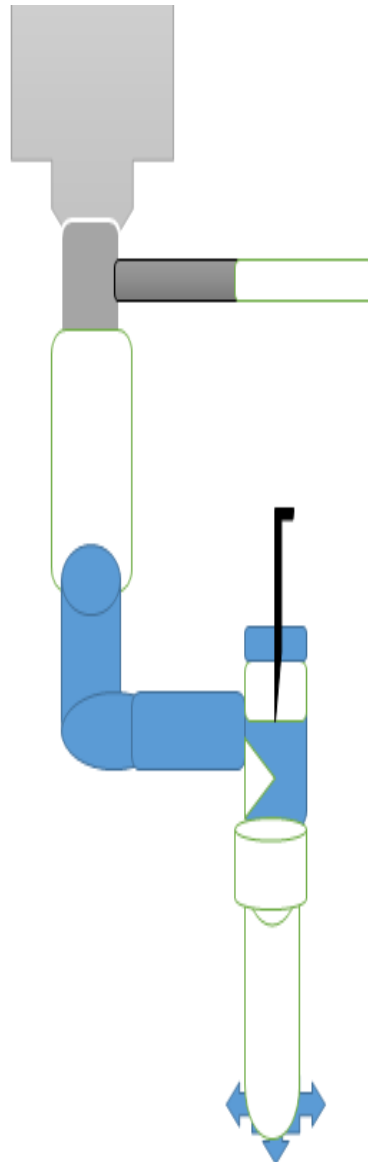
Pelaksanaan penelitian dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu : 1) rancang bangun alat penabur pupuk butiran tipe gendong, 2) uji kinerja alat penabur pupuk butiran tipe gendong, 3) analisis ekonomi alat penabur pupuk butiran tipe gendong.



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

1. Rancang Bangun Alat Penabur Pupuk

Rancangan alat penabur pupuk ini mempunyai keunggulan yaitu bersifat portabel/dapat dibawa-bawa. Rangka utama alat penabur pupuk terbuat dari pipa PVC yang ukurannya bervariasi. Hopper yang berfungsi sebagai penampung pupuk yang akan ditaburkan terbuat dari dirijen. Pipa saluran yang terbuat dari PVC berfungsi sebagai penyalur pupuk dari tangki penampungan. Rancangan alat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan Alat Penabur Pupuk

Rancangan Struktural

Rancangan struktural merupakan suatu rancangan yang mengungkapkan bagaimana alat penabur pupuk ini tersusun dari komponen yang membangunnya. Adapun komponen yang termasuk adalah : 1). Hopper berupa ransel yang terbuat dari terpal dengan volume 15 kg; 2). Pipa pengeluaran (outlet) dibuat dari PVC 1 dan ½ inch; 3) katup pengeluaran pupuk terbuat dari per dan kawat; 4) pembuka alur tanah terbuat dari besi.

Rancangan Fungsional

Rancangan fungsional merupakan suatu rancangan yang memberikan informasi tentang fungsi dari komponen – komponen alat : 1) hopper berfungsi sebagai tempat pupuk yang akan ditabur; 2) pipa pengeluaran berfungsi untuk menyalurkan pupuk dari hopper ke tempat



pengeluaran; 3) katup pengeluaran berfungsi untuk mengatur pupuk yang akan ditaburkan; dan 4) pembuka alur berfungsi untuk membuka bagian tanah yang akan ditaburkan pupuk.

2. Uji Kinerja Alat

Kapasitas Kerja Efektif (Ha/jam)

Kapasitas kerja efektif alat dapat diperoleh dengan membandingkan luas lahan pemupukan dengan waktu total yang diperlukan alat untuk memupuk pada lintasan tertentu. Data untuk kapasitas kerja efektif berdasarkan hasil pengamatan dan Kapasitas kerja efektif setiap ulangan tidak jauh beda. Pada umumnya, hal ini disebabkan beberapa faktor yaitu: waktu yang hilang ketika belok, waktu yang hilang ketika pengaturan alat, dan waktu untuk istirahat. Selanjutnya Moens (1978), mengungkapkan bahwa kapasitas kerja pengoperasian alat atau mesin pertanian tergantung pada : tipe dan besarnya alat atau mesin pertanian, keterampilan operator, dan sumber tenaga yang tersedia dan keadaan kerja. Pengamatan dilakukan dengan menghitung waktu total yang digunakan untuk mengoperasikan alat pada satuan luas tertentu. Kapasitas kerja efektif dapat dihitung dengan menggunakan rumus (Santosa, 2005) :

$$KE = A/t \dots\dots\dots(1)$$

keterangan :

- KE = Kapasitas kerja efektif (ha/jam)
- A = Luas lahan (ha)
- t = waktu total pengoperasian alat (jam)

Kecepatan Alat Penabur Pupuk (m/det)

Untuk bisa menghitung kapasitas kerja teoritis harus ada data kecepatan alat. Kemampuan mengendalikan alat penabur pupuk, operator juga bisa mempengaruhi kapasitas kerja efektif dan kerja kapasitas teoritis. Sehingga lamanya pemupukan bukan hanya tergantung pada alat pemupuk tetapi kemampuan operator juga bisa mempengaruhi.

Kapasitas Kerja Teoritis (ha/jam)

Pengukuran kapasitas kerja teoritis alat penabur pupuk dilakukan dengan mengukur kecepatan kerja dan lebar alat. Semakin lebar kerja alat, maka semakin tinggi kapasitas kerja teoritis. Hal ini sejalan dengan pendapat Hunt (1979), bahwa kapasitas kerja teoritis adalah kemampuan alat atau mesin untuk menyelesaikan suatu pekerjaan pada suatu bidang lahan, jika alat atau mesin berjalan dengan sepenuh waktu (100%) dan bekerja dengan lebar maksimum. Kapasitas kerja teoritis alat penabur pupuk dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$KT = V \cdot W \cdot 0,36 \dots\dots\dots(2)$$

keterangan :

- KT = Kapasitas kerja teoritis (ha/jam)
 V = kecepatan (m/det)
 W = lebar kerja alat (m)
 0,36 = konversi satuan 1 m/det = 0,36 ha/jam

Efisiensi alat (%)

Efisiensi alat dipengaruhi pada kapasitas kerja efektif dan kapasitas kerja teoritis yang dimana total waktu kapasitas kerja efektif dihitung dengan waktu kerja pada lahan lurus, waktu belok dan waktu istirahat sehingga waktu kapasitas kerja efektif cenderung lebih besar. Efisiensi alat penabur pupuk dapat dihitung dengan membandingkan kapasitas kerja efektif dengan kapasitas kerja teoritis, atau dengan rumus :

$$E = KE/KT \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

keterangan :

- E = Efisiensi lapang (%)
 KE = Kapasitas kerja efektif (ha/jam)
 KT = Kapasitas kerja teoritis (ha/jam)

3. Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi di lakukan untuk menentukan biaya operasi, titik impas (BEP), rasio keuntung – biaya (B/C ratio), dan internal rate of return (IRR) dari alat penabur pupuk butiran. Perhitungan dilakukan berdasarkan analisis biaya yang di sarankan oleh Hunt (1986) dan De Garmon *et al.*(1984).

Biaya Pokok

Biaya pokok alat penabur pupuk terdiri dari biaya tetap dan biaya tidak tetap. Biaya tetap di hitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Biaya tetap per tahun} = D+I \dots\dots\dots (4)$$

$$D = (P-S)/N \dots\dots\dots (5)$$

$$I = (IR \cdot (P+S))/N \dots\dots\dots (6)$$

Jadi biaya per jam (BTJ) dapat di hitung sebagai berikut:

$$\text{Biaya tetap per jam} = (\text{Biaya tetap per tahun}) / (\text{Jumlah jam penaburan pupuk per tahun})$$



Keterangan :

- D=Biaya penyusutan alat,
- I = Bunga bank, Rp/th
- P=Harga beli alat, Rp
- S=harga alat setelah N tahun, Rp
- N=umur alat, tahun
- IR=suku bunga bank tahunan, decimal

Sedangkan biaya tidak tetap per jam (BTTJ) akan ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\text{Biaya tidak tetap per jam} = L + R \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

- L= biaya tenaga kerja, Rp/jam
- R=biaya perbaikan dan penjagaan, Rp/jam

Jadi biaya pokok penaburan pupuk (Rp/kg) dapat dihitung dengan persamaan ;

$$\text{Biaya penaburan pupuk} = (\text{BTJ} + \text{BTTJ})/\text{kapasitas alat} \dots\dots\dots (8)$$

Break Event Point (BEP) /Titik impas

Break Event Point (BEP) adalah keadaan dimana jumlah pendapatan sama besarnya dengan jumlah biaya. Titik impas (BEP) luas lahan yang dipupuk per unit waktu dimana biaya operasi penaburan pupuk yang dirancang sama dengan biaya yang dikeluarkan untuk pemupukan secara manual dengan persamaan berikut ;

$$BEP = \frac{BT}{R - \frac{BTT}{C}} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

- BEP : Titik Balik Pokok (Ha/tahun)
- C : Kapasitas Kerja (Ha/jam)
- BTT : Biaya Tidak Tetap (Rp/jam)
- BT : Biaya Tetap (Rp/tahun)
- R : Upah atau sewa (Rp)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Rancangan Alat Penabur Pupuk Butiran

Alat penabur pupuk butiran yang dirancang terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu : wadah tempat pupuk (hopper), pipa pengeluaran (outlet), katup pengeluaran dan pembuka alur (Gambar 3).



Gambar 3. Alat Penabur Pupuk Butiran Tipe Gendong

Spesifikasi alat penabur pupuk yang diaplikasikan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Alat Penabur Pupuk Tipe Gendong

Parameter	Keterangan
Berat alat	2 kg
Jarak Kerja alat (cm)	25 x 25
Kedalaman kerja alat	3 – 5 cm
Material hopper	Terpal
Volume hopper	5 kg
Material outlet	PVC

2. Analisa Kinerja Alat Penabur Pupuk Butiran

Uji kinerja alat dilakukan untuk menentukan kelayakan alat penabur pupuk butiran yang dikembangkan. Uji kinerja dilakukan di lahan tanaman pangan.

Kapasitas Kerja Efektif (KKE)

Hasil pengujian alat penabur pupuk butiran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian alat penabur pupuk butiran

Ulangan	Jarak Tanam (Cm)	Luas Pemupukan (Ha)	Waktu Total (Jam)	KKE (Ha/Jam)
1	25 x 25	0,003	0,085	0,035
2		0,003	0,078	0,038
3		0,003	0,079	0,040
Rata-rata		0,003	0,079	0,0379



Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa rata – rata kapasitas kerja efektif alat penabur pupuk butiran adalah 0,0379 Ha/Jam. Waktu efektif pemupukan lebih besar dari waktu teoritis, hal ini disebabkan oleh beberapa factor, diantaranya adalah waktu yang hilang disaat berbelok, waktu pengaturan alat, dan waktu yang digunakan untuk istirahat (Hunt, 1979). Menurut Moens (1978), kapasitas kerja pengoperasian alat atau mesin pertanian tergantung pada beberapa hal, yaitu : 1) tipe dan ukuran alat atau mesin pertanian, 2) tingkat keterampilan operator, 3) sumber tenaga dan keadaan kerja.

Kapasitas Kerja Teoritis (KKT)

Penentuan kapasitas kerja teoritis alat penabur pupuk butiran tipe gendong yang dikembangkan, dilakukan dengan menghitung kecepatan kerja dan lebar kerja alat penabur pupuk. Data pengukuran untuk mendapatkan kapasitas kerja teoritis dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian Kapasitas Kerja Teoritis (KKT)

Ulangan	Lebar Kerja (m)	Kecepatan (m/det)	KKT (Ha/Jam)
1	0,25	0,498	0,0538
2	0,25	0,489	0,0528
3	0,25	0,492	0,0531
Rata-rata	0,25	0,493	0,0532

Kapasitas kerja teoritis rata-rata dari alat penabur pupuk butiran tipe gendong adalah 0,0532 ha/jam. Besar kecilnya kapasitas kerja teoritis tergantung kepada besar lebar kerja alat penabur pupuk. Semakin besar lebar kerja alat penabur pupuk, maka semakin tinggi kapasitas kerja teoritis alat penabur pupuk, yang dalam hal ini adalah jarak tanam dari tanaman yang akan dipupuk.

Efisiensi Kerja Alat

Efisiensi kerja alat merupakan fungsi dari kapasitas kerja teoritis dan kapasitas kerja efektif yang berhubungan erat dengan kecepatan majualat dan lebar kerja alat dalam melakukan pekerjaan (Harnel dan Buharman, 2011) , yang dalam hal ini adalah alat penabur pupuk butiran tipe gendong. Berdasarkan hasil pelaksanaan pemupukan dari alat yang dikembangkan didapatkan efisiensi kerja alat penabur pupuk sebesar 71,24%.

3. Analisa Ekonomi Alat Penabur Pupuk Butiran

Analisa ekonomi alat penabur pupuk butiran dilakukan dengan beberapa asumsi :

- a. Harga alat (P) : Rp. 500.000,-

- b. Upah tenaga kerja : Rp. 80.000/hari
- c. Umur ekonomis alat : 1 tahun
- d. Jam kerja/tahun : 25 hari/bln x 8 jam/hari x 12 bulan/tahun = 2400 jam/tahun

Berdasarkan beberapa asumsi tersebut didapatkan biaya penyusutan alat sebesar RP. 450.000,-/tahun, biaya bunga modal sebesar Rp. 50.000,-/tahun, dari hasil ini didapatkan biaya tetap alat sebesar Rp. 500.000,-/tahun. Biaya tidak tetap alat penabur pupuk butiran adalah sebesar Rp. 10.675/jam, yang diperoleh dari penjumlahan biaya tenaga kerja sebesar Rp. 10.000/jam, ditambah dengan biaya pemeliharaan alat sebesar Rp. 675/jam. Biaya pokok penaburan pupuk butiran didapatkan sebesar Rp. 287.150/Ha. *Break event point*/titik impas pemakaian alat penabur pupuk jika diketahui upah penaburan pupuk secara manual Rp.400.000/ha adalah sebesar 4,225 Ha/tahun. Dari penghitungan Break Even Point (BEP) sebesar 4,225 Ha/tahun ini jauh lebih menguntungkan, karena untuk mencapai titik balik modal/titik impas cuma di butuhkan adalah sekitar 4,225 Ha dalam satu tahun.

KESIMPULAN

Rancang bangun alat penabur pupuk butiran yang dilakukan dengan spesifikasi berat alat 2 kg, jarak kerja alat 25 cm, kedalaman kerja alat, 3-5 cm, material hopper terpal, volume hopper 5 kg, material outlet PVC. Hasil uji kinerja alat penabur pupuk butiran didapatkan kapasitas kerja efektif sebesar 0,0379 ha/jam, kapasitas kerja teoritis adalah 0,0532 ha/jam, sehingga efisiensi kerja alat penabur pupuk butiran adalah 71,24%. Hasil analisa ekonomi didapatkan biaya tetap alat sebesar Rp. 500.000,-/tahun. Biaya tidak tetap sebesar Rp. 10.675/jam, biaya pokok penaburan pupuk butiran sebesar Rp. 287.150/Ha. *Break event point*/titik impas adalah sebesar 4,225 Ha/tahun.

REFERENSI

- De D. (1989). Flow behaviour of chemical fertilizers as affected by their properties. *J. agric. Engng Res.* 42: 235-249.
- De Garmo, E. D. G. Sullivan and J. R. Canada. 1984. Engineering economics.
- Dwicaksono., M, R. Bagus., B, Suharto., dan L. D, Susanawati. 2013. Pengaruh Penambahan Effective Microorganisms pada Limbah Cair Industri Perikanan Terhadap Kualitas Pupuk Cair Organik. *Jurnal Sumberdaya Alam & Lingkungan.* Universitas Brawijaya. Malang.



- Harnel., dan Buharman. 2011. Kajian Teknis dan Ekonomis Mesin Penyang (Power Weeder) Padi di Lahan Sawah Tadah Hujan. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian* vol 14. No 1 : 1-10.
- Hasibuan, B.E. (2010). *Pupuk dan Pemupukan*. USU Press. Medan.
- Husnain., D, Nursyamsi., M, Syakir. (2016). Teknologi Pemupukan Mendukung Jarwo Super. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 10 (1): 1-10.
<http://repository.pertanian.go.id/handle/123456789/2267>
- Ichniarsyah, A.N. (2013). Analisis kebutuhan torsi dan desain penjatah pupuk butiran tipe *edge-cell* untuk mesin pemupuk jagung [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Juniyati, T., A. Adam., dan Patang. (2016). Pengaruh Komposisi Media Tanam Organik Arang Sekam Dan Pupuk Padat Kotoran Sapi Dengan Tanah Timbunan Terhadap Pertumbuhan Dan Kelangsungan Hidup Tanaman Kangkung Darat (*Ipomea reptans* Poir). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*. 2 (1): 9-15.
- Kholis, D. 2013. Rancang Bangun Mesin Pemupuk Kelapa Sawit. Skripsi. Institut Pertanian Bogor.
- Mukminin., A. Hermawan., dan Wawan. (2015). Desain Dan Uji Kinerja Unit Aplikator Pupuk Pada Mesin Penanam Dan Pemupuk Jagung Terintegrasi.
<http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/75423>
- Mahler, R.L. (2001). *Fertilizer Placement*. Ed ke-2. Moscow (RU): University of Idaho Pr.
- Moens, A. (1978). Objectives of Agricultural mechanization Strategy. Nuffic The/LWH-1
- Poeloengan, Z, M. L., Fadli., Winarna, S., Rahutomo., dan E. S. Sutarta. (2003). Permasalahan pemupukan pada perkebunan kelapa sawit, hal. 67 – 80.
- Santosa. (2005). Kinerja Traktor Tangan untuk Pengolahan Tanah. *Akademika* ISSN 0854-4336 9 (2).
- Smith HP., Wilkes LH. (1977). *Farm Machinery and Equipment*. New Delhi (IN): Mc Graw Hill.
- Srivastava AK., Goering C.E., Rohrbach, R.P. (2006). *Engineering Principle of Agricultural Machine*. Michigan (US): American Society of Agriculture Engineering.