

Analisis Kinerja *Fertilizer applicator* dan Biaya Pemupukan Mekanis dalam Budidaya Tebu

Muhammad Khairul Azmi Siregar¹, Radi^{*1}, Muhammad Luthfi Dinsaputro²

¹ Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Sleman 55281, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia.

² Kepala Bagian Quality Assurance PT Madubaru (PG-PS) Madukismo, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta

*Penulis Korespondensi: radi-tep@ugm.ac.id

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kinerja *fertilizer applicator* dan menganalisis efisiensi biaya pemupukan mekanis dalam aplikasi penebaran pupuk granular guna meningkatkan efisiensi pemupukan pada lahan tebu di PT Madubaru (PG-PS) Madukismo. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh produktivitas tebu yang mengalami penurunan pada tahun 2023. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas dan rendemen tebu adalah melalui kegiatan pemupukan. Oleh karena itu, pemilihan metode pemupukan yang sesuai, baik secara manual maupun mekanis, menjadi faktor penting karena berpengaruh terhadap besarnya biaya produksi dan efektivitasnya dalam pemupukan skala besar. Metode perhitungan yang dilakukan meliputi beberapa tahapan, yaitu penentuan dosis pupuk, pengukuran kecepatan kerja, pengukuran lebar kerja, pengukuran keseragaman sebaran pupuk dengan dua keluaran yaitu 0,5 kg/10 m dan 0,6 kg/10 m, pengukuran kapasitas dan efisiensi kerja, perhitungan biaya tetap dan tidak tetap, dan perhitungan biaya pokok. Hasil perhitungan menunjukkan kapasitas lapang teoritis (KLT) pada keluaran 0,6 kg/10 m yaitu sebesar 1,12 ha/jam sedikit lebih tinggi dibandingkan keluaran 0,5 kg/10 m yaitu sebesar 1,10 ha/jam, kemudian kapasitas lapang efektif (KLE) pada kedua keluaran sebesar 1 ha/jam. Efisiensi lapang (EL) pada keluaran 0,5 kg/10 m sebesar 91% dan 0,6 kg/10 m sebesar 89%. Keseragaman sebaran pupuk pada keluaran 0,5 kg/10 m sebesar 6,5%, pada keluaran 0,5 kg/10 m sebesar 2,6%. Kemudian, Selisih biaya pemupukan mekanis dengan manual mencapai sekitar Rp2.529.585,71 per hektar atau sebesar 84%, sehingga penggunaan mekanisasi mampu mengurangi biaya operasional secara signifikan.

Kata kunci: Analisis Biaya, Efisiensi, *Fertilizer Applicator*, Pemupukan,

Abstract

This study was conducted to analyze the performance of a fertilizer applicator and evaluate the cost efficiency of mechanical fertilization in the application of granular fertilizer spreading to improve fertilization efficiency on sugarcane fields at PT Madubaru (PG-PS) Madukismo. The study was motivated by the decline in sugarcane productivity in 2023. One of the efforts that can be made to increase sugarcane productivity and yield is through fertilization activities. Therefore, selecting an appropriate fertilization method, whether manual or mechanical, becomes an important factor because it affects production costs and effectiveness in large-scale fertilization. The calculation methods used in this study included several stages, namely determining fertilizer dosage, measuring working speed, measuring working width, measuring fertilizer distribution uniformity with two output settings of 0.5 kg/10 m and 0.6 kg/10 m, measuring field capacity and work efficiency, calculating fixed and variable costs, and calculating unit costs. The calculation results showed that the theoretical field capacity (TFC) at the 0.6 kg/10 m output was 1.12 ha/hour, slightly higher than the 0.5 kg/10 m output, which was 1.10 ha/hour. Meanwhile, the effective field capacity (EFC) for both outputs was 1 ha/hour. Field efficiency at the 0.5 kg/10 m output was 91%, while at the 0.6 kg/10 m output it was 89%. The fertilizer distribution uniformity at the 0.5 kg/10 m output was 6.5%, whereas at the 0.6 kg/10 m output it was 2.6%. Furthermore, the cost difference between mechanical and manual fertilization reached approximately IDR 2,529,585.71 per hectare, or about 84%, indicating that the use of mechanization was able to significantly reduce operational costs.

Keywords: Cost Analysis, Efficiency, Fertilizer applicator, Fertilization

I. PENDAHULUAN

Tanaman tebu merupakan salah satu komoditas perkebunan penting sebagai bahan baku industri gula nasional, sehingga peningkatan produktivitasnya perlu dilakukan secara berkelanjutan. Salah satu faktor yang memengaruhi produktivitas tanaman tebu adalah kegiatan pemupukan yang tepat dan efisien

[1]. Namun, pemupukan manual yang masih umum digunakan memiliki beberapa kelemahan, seperti membutuhkan tenaga kerja dalam jumlah besar, waktu pelaksanaan yang lama, serta ketepatan dosis dan pemerataan pupuk yang kurang optimal. Kondisi tersebut dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman tidak seragam dan berpotensi menurunkan hasil produksi, sehingga diperlukan penerapan mekanisasi pertanian melalui penggunaan *fertilizer applicator* untuk meningkatkan efisiensi kerja dan ketepatan aplikasi pupuk [2].

PT Madubaru (PG-PS Madukismo) sebagai perusahaan agroindustri tebu telah menerapkan mekanisasi pada proses pemupukan menggunakan *fertilizer applicator*. Penggunaan alat tersebut diharapkan mampu meningkatkan kapasitas kerja, efisiensi lapang, dan distribusi pupuk yang lebih merata, namun masih perlu dilakukan analisis kinerja dan biaya untuk mengetahui efektivitas serta efisiensi ekonominya dibandingkan metode manual. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menguji operasional alat dan mesin pertanian secara langsung serta menganalisis kinerja *fertilizer applicator* dan biaya pemupukan mekanis pada budidaya tebu, sehingga hasilnya dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengembangan mekanisasi pertanian guna meningkatkan produktivitas dan efisiensi budidaya tebu.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kinerja *fertilizer applicator* dan biaya pemupukan mekanis melalui pendekatan eksperimental di lapangan. Permasalahan dalam penelitian ini difokuskan pada tingkat kinerja, efisiensi, serta keseragaman distribusi pupuk terhadap berbagai variasi bukaan. Parameter utama yang dianalisis dalam penelitian ini mencakup kapasitas lapang teoritis (KLT), kapasitas lapang efektif (KLE), efisiensi kerja, keseragaman sebaran pupuk, biaya tetap, biaya tidak tetap, dan biaya tidak tetap.

2.1 Analisis Kinerja *fertilizer applicator*

kapasitas lapang teoritis (KLT) dilakukan untuk menunjukkan kemampuan maksimum alat pada kondisi ideal dengan menggunakan persamaan berikut.

$$KLT = 0,36 (W \times V) \quad [1]$$

Dimana W adalah lebar kerja teoritis alat dalam satuan meter, sedangkan V merupakan kecepatan operasi alat dalam satuan meter per detik. Sementara itu, kapasitas lapang efektif (KLE) menunjukkan kinerja nyata alat di lapangan dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$KLE = \frac{A}{T} \quad [2]$$

Dimana A adalah luas lahan yang diaplikasi dalam satuan hektar, sedangkan T merupakan waktu kerja efektif alat dalam satuan menit. Kemudian efisiensi kerja alat dianalisis berdasarkan perbandingan antara kapasitas aktual dengan kapasitas teoritis yang dinyatakan melalui persamaan berikut.

$$EL = \left(\frac{KLE}{KLT} \right) \times 100\% \quad [3]$$

Nilai efisiensi ini digunakan untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian kinerja alat terhadap kondisi ideal sekaligus mengidentifikasi adanya potensi penurunan performa selama proses operasi berlangsung. Selanjutnya, Untuk menghitung keseragaman sebaran pupuk dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\% \quad [4]$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad [5]$$

Dimana s merupakan simpangan baku dosis pupuk dalam satuan gram, $\bar{X}$ adalah rata-rata dosis pupuk (g), X_i merupakan dosis pupuk pada setiap ulangan (g), sedangkan n adalah jumlah ulangan pengamatan.

2.2 Analisis Biaya Pemupukan Mekanis

Analisis biaya pemupukan mekanis dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut.

2.2.1 Biaya Tetap

Biaya tetap merupakan jenis pengeluaran yang besarnya relatif konstan dalam suatu periode tertentu serta tidak dipengaruhi oleh jumlah produksi maupun lamanya waktu pengoperasian mesin [3]

1. Biaya Penyusutan

Biaya penyusutan merupakan penurunan nilai mesin yang terjadi seiring berjalannya waktu akibat penggunaan alat yang memiliki umur pakai terbatas dalam periode tertentu. Biaya penyusutan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Penyusutan} = \frac{P-S}{N} \quad [6]$$

2. Biaya Pajak

Di Indonesia, ketentuan terkait pajak alat berat diatur dalam Pasal 20 ayat (1) UU HKPD yang menyatakan bahwa tarif pajak maksimum ditetapkan sebesar 0,2% dari nilai awal alat berat yang bersangkutan [2]

$$\text{Biaya Pajak} = 0,2\% P \quad [7]$$

3. Bunga Modal dan Asuransi

Besarnya tingkat bunga mengacu pada BI Rate tahun 2024 sebesar 6%, sedangkan nilai asuransi diperkirakan berada pada kisaran 0,24% [2].

$$I = \frac{i(P)(N+1)}{2N} \quad [8]$$

Dimana i merupakan tingkat bunga modal dan asuransi, P adalah harga beli alat dalam satuan rupiah, sedangkan N merupakan umur ekonomis alat yang dinyatakan dalam tahun.

4. Biaya Garasi

Biaya garasi diperkirakan berkisar antara 0,5% hingga 1% dari harga awal per tahun [2].

$$\text{Biaya Garasi} = 1\% P \quad [9]$$

2.2.2 Biaya Tidak Tetap

Biaya tidak tetap merupakan biaya yang besarnya berubah-ubah mengikuti tingkat produksi, sehingga akan meningkat ketika jumlah produksi bertambah dan menurun apabila produksi berkurang [4]. Biaya tidak tetap dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

1. Biaya Perawatan dan Perbaikan

Biaya perbaikan meliputi berbagai pengeluaran yang diperlukan untuk mempertahankan kondisi mesin agar tetap bekerja secara optimal. Perhitungan biaya perbaikan traktor dilakukan menggunakan persamaan 10, sedangkan biaya perbaikan *Fertilizer applicator* dihitung menggunakan persamaan 11.

$$\text{Biaya Perbaikan Traktor} = \frac{1,2\% P}{100 \text{ jam}} \quad [10]$$

$$\text{Biaya Perbaikan Fertilizer Applicator} = \frac{2\% (P-S)}{100 \text{ jam}} \quad [11]$$

Dimana P adalah harga pembelian mesin (Rp) dan S adalah harga akhir (Rp)

2. Biaya Operator

Biaya operator merupakan pengeluaran yang dialokasikan untuk tenaga kerja operator, yang dinyatakan dalam satuan rupiah per hari atau per jam. Besarnya upah yang diterima operator ditentukan oleh standar pengupahan yang berlaku di wilayah setempat.

3. Biaya Bahan Bakar

Untuk menghitung biaya bahan bakar dapat dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$\text{Bahan Bakar} = \frac{0,20 \text{ lt}}{\text{HP jam}} \times P_m \times W_t \times F_p \quad [12]$$

Dimana P_m adalah daya motor (HP), W_t adalah jam kerja per tahun (jam/tahun), dan F_p adalah harga bahan bakar per liter (Rp/liter)

4. Biaya Pelumas

Untuk menghitung biaya pelumas dapat dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$\text{Minyak Pelumas} = \frac{0,40 \text{ lt}}{\text{HP.100 jam}} \times P_m \times W_t \times O_p \quad [13]$$

Dimana O_p adalah harga minyak pelumas per liter (Rp/liter)

5. Biaya Ban

Untuk menghitung biaya ban dapat menggunakan persamaan berikut ini.

$$\text{Ban} = \text{Jumlah Ban} \times \frac{N \times T_p \times W_t}{N_t} \quad [14]$$

6. Biaya Grease

Untuk menghitung biaya greas dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{Biaya Grease} = 60\% \times \text{Biaya Pelumas} \quad [15]$$

2.2.3 Biaya Pokok

Biaya pokok mesin merupakan keseluruhan biaya yang dikeluarkan dalam penggunaan alat atau mesin untuk melaksanakan suatu pekerjaan. Perhitungan biaya pokok pada pemupukan manual maupun pemupukan mekanis menggunakan *Fertilizer applicator* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{BP Manual} = \text{Upah Opertator} \times \text{Jumlah Pekerja} \quad [16]$$

$$BP \text{ Mekanis} = \frac{\{(BT \div x) + BTT\}}{K_a} \quad [17]$$

Dimana BT adalah biaya tetap (Rp/tahun), BTT adalah biaya tidak tetap (Rp/jam), K_a adalah kapasitas kerja (ha/jam), dan x adalah perkiraan jam kerja per tahun (jam/tahun).

Penelitian ini menggunakan pupuk Phonska dan ZA dengan dosis 60:40 dan traktor roda empat sebagai penarik *fertilizer applicator*. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan metode, meliputi pengukuran spesifikasi teknis traktor roda empat dan *fertilizer applicator*, pengukuran kecepatan kerja, pengukuran lebar kerja, pengukuran kapasitas dan efisiensi kerja, pengukuran keseragaman pupuk, dan wawancara. Pengukuran spesifikasi teknis traktor roda empat dan *fertilizer applicator* bertujuan untuk memastikan kesesuaian spesifikasi teknis traktor roda empat dan *fertilizer applicator*, pengukuran kecepatan kerja, lebar kerja, kapasitas dan efisiensi kerja, serta keseragaman sebaran pupuk dilakukan di lapangan menggunakan dua jenis keluaran yaitu 0,5 kg/10 m dan 0,6 kg/10 m, guna memperoleh data kinerja aktual alat. Metode wawancara dilakukan bertujuan untuk mendapatkan data berupa biaya tetap, biaya tidak tetap, dan biaya pokok pemupukan mekanis maupun manual.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa hasil sebagai berikut.



Gambar 3.1 Implementasi *Fertilizer applicator*

3.1. Spesifikasi Teknis Traktor Roda Empat dan *Fertilizer Applicator*

Tabel 4.1 Spesifikasi Traktor New Holland TS6030

Spesifikasi Traktor New Holland TS6030	
Mesin Utama	FPT 6.7L 6-cyl diesel, 2200 rpm
Tenaga Mesin	115 HP (85,8kW)
Transmisi	9F, 3R
Silinder	6
Rasio Kompresi	17,5 : 1
Tenaga PTO	95 HP (70,8kW)
Kecepatan PTO	1375 rpm
Kapasitas Bahan Bakar	249,8 L
Dimensi (P x L x T)	4,29 x 1,91 x 2,89 m
Rem	Hidrolik

Tabel 4.2 Spesifikasi *Fertilizer applicator*

Spesifikasi <i>Fertilizer applicator</i>	
Jumlah Hopper	2
Bobot Hopper	60 – 75kg
Jumlah Jugar	2
Pusat ke Pusat (PKP)	182 cm
Lebar Kerja Teoritis	231 cm

Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui traktor yang digunakan untuk menganalisis kinerja *fertilizer applicator* yaitu traktor New Holland TS6030 yang dilengkapi mesin diesel FPT 6,7 L enam silinder yang beroperasi pada 2200 rpm dengan daya 115 HP (85,8 kW), sehingga termasuk dalam kategori traktor berdaya menengah hingga besar untuk kebutuhan pertanian skala luas. Sistem transmisinya memiliki 9 percepatan maju dan 3 mundur yang memberikan fleksibilitas kerja, sementara rasio kompresi 17,5:1 menunjukkan efisiensi pembakaran yang tinggi. Traktor ini juga memiliki tenaga PTO sebesar 95 HP (70,8 kW) pada 1375 rpm untuk mendukung berbagai implement seperti *fertilizer applicator*, serta kapasitas bahan bakar 249,8 L yang memungkinkan waktu operasi lebih lama. Dengan dimensi $4,29 \times 1,91 \times 2,89$ m dan sistem rem hidrolik, traktor ini memberikan keseimbangan yang baik antara stabilitas, kinerja, dan keselamatan dalam pelaksanaan mekanisasi pertanian.

Kemudian pada Tabel 4.2 diketahui spesifikasi, *fertilizer applicator* yang digunakan memiliki dua hopper dengan bobot masing-masing berkisar 60 – 75 kg, yang menunjukkan kapasitas penampungan pupuk cukup besar untuk mendukung efisiensi kerja di lapangan. Selain itu, pada hopper terdapat bukaan hopper yang berfungsi untuk mengatur dosis keluaran hopper, bukaan hopper yang digunakan dalam menganalisis kinerja *fertilizer applicator* yaitu 0,5 kg/10m dan 0,6 kg/10m. Alat ini juga dilengkapi dengan dua saluran penyalur (jugar), sehingga distribusi pupuk dapat dilakukan secara lebih merata pada dua titik aplikasi sekaligus. Jarak pusat ke pusat (PKP) sebesar 182 cm menunjukkan kesesuaian alat dengan jarak tanam tertentu, sedangkan lebar kerja teoritis sebesar 231 cm menunjukkan cakupan area aplikasi dalam satu lintasan. Secara keseluruhan, spesifikasi tersebut menunjukkan bahwa *fertilizer applicator* digunakan untuk meningkatkan efisiensi distribusi pupuk, ketepatan aplikasi, serta produktivitas kerja dalam kegiatan pemupukan mekanis pada lahan tebu.

3.2. Spesifikasi Pupuk

Tabel 4.3 Data Pupuk Granular

Spesifikasi Pupuk Granular	
Dosis Phonska	60
Dosis ZA	40
Berat Phonska	18 kg
Berat ZA	12 kg
Berat Total	30 kg

Berdasarkan Tabel 4.3 diketahui data pupuk granular yang digunakan untuk menganalisis kinerja *fertilizer applicator* yaitu dengan menggunakan dua jenis pupuk, yaitu Phonska dan ZA, dengan dosis masing-masing sebesar 60 dan 40. Komposisi tersebut menunjukkan perbandingan pemupukan yang lebih dominan pada Phonska sebagai pupuk majemuk dibandingkan ZA sebagai sumber nitrogen tambahan. Dari sisi massa, berat Phonska yang digunakan sebesar 18 kg dan ZA sebesar 12 kg, sehingga total berat pupuk yang digunakan mencapai 30 kg. Perbandingan ini menunjukkan penyesuaian kebutuhan unsur hara tanaman, di mana kombinasi kedua pupuk tersebut diharapkan mampu memenuhi kebutuhan nutrisi makro secara seimbang serta mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman tebu secara [1].

3.3 Analisis Kinerja *Fertilizer applicator*

Tabel 4.4 Hasil Analisis kerja *fertilizer applicator*

Parameter	Keluaran 0.5 (kg/10m)	Keluaran 0.6 (kg/10m)
KLT (ha/jam)	1.10	1.12
KLE (ha/jam)	1.00	1
EL (%)	91	89
SD	71.95	32.86
CV (%)	6.5	2.6

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 4.4 diperoleh nilai kapasitas lapang teoritis (KLT) pada keluaran 0,6 kg/10 m sedikit lebih tinggi dibandingkan keluaran 0,5 kg/10 m. Hal tersebut dapat terjadi karena peningkatan laju keluaran pupuk umumnya diikuti oleh peningkatan kontinuitas aliran bahan pada mekanisme penjatah pupuk. Hal tersebut dapat terjadi karena aliran pupuk granular yang lebih stabil dapat meningkatkan performa kerja alat sehingga waktu kehilangan akibat gangguan distribusi menjadi lebih kecil [5]. Namun demikian, kapasitas lapang efektif (KLE) pada kedua perlakuan relatif sama karena dipengaruhi oleh faktor lapangan seperti waktu belok, pengisian ulang pupuk, serta keterampilan operator, sehingga peningkatan keluaran pupuk tidak secara langsung meningkatkan luas kerja efektif secara signifikan.

Kemudian, diperoleh nilai efisiensi lapang (EL) yang lebih tinggi pada keluaran 0,5 kg/10 m yaitu sebesar 91% dibandingkan 0,6 kg/10 m sebesar yaitu 89%. Hal tersebut menunjukkan bahwa penggunaan dosis yang lebih rendah cenderung mengurangi beban kerja alat dan hambatan selama pengoperasian. Pada alat pemupukan mekanis, efisiensi lapang dipengaruhi oleh kehilangan waktu operasional, slip roda, dan kestabilan gerakan alat di lapangan [6]. Faktor lainnya yaitu pada keluaran yang lebih tinggi, beban pupuk yang lebih besar dapat menyebabkan distribusi menjadi kurang stabil sehingga efisiensi sedikit menurun [6].

Sementara itu pada keseragaman distribusi, keluaran 0,6 kg/10 m menunjukkan kinerja yang lebih baik, yang ditandai dengan nilai simpangan baku (SD) yang lebih rendah, yaitu 32,86 pada keluaran 0,6 kg/10 m dibandingkan 71,95 pada keluaran 0,5 kg/10 m, serta nilai koefisien variasi (CV) yang lebih kecil, yakni 2,6% pada keluaran 0,6 kg/10 m dibandingkan 6,5% pada keluaran 0,5 kg/10 m. Kondisi ini menunjukkan bahwa distribusi yang dihasilkan lebih seragam dan konsisten. Kondisi ini terjadi karena peningkatan debit aliran pupuk membuat ruang penjatah terisi lebih konsisten sehingga aliran pupuk menjadi lebih kontinu dan tidak mudah terputus. Nilai CV yang kecil menunjukkan mutu aplikasi yang baik karena sebaran pupuk antar titik aplikasi menjadi lebih seragam [7].

Sebaliknya, pada keluaran yang lebih rendah, aliran pupuk cenderung lebih fluktuatif sehingga variasi distribusi meningkat dan menghasilkan nilai SD serta CV yang lebih besar. Berdasarkan nilai CV pada keluaran 0,6 kg/10 m dan 0,5 kg/10 m dapat diketahui hasil sebaran pupuk *fertilizer applicator* pada PT Madubaru (PG-PS Madukismo) sangat baik karena hasil pada keluaran 0,6 kg/10 m dan 0,5 kg/10 m dibawah 10% [7].

3.4 Biaya Pemupukan Manual

Tabel 4.5 Perhitungan Biaya Pokok Pemupukan Manual

Uraian	Satuan	Nilai
1 Ha = 2 hari		
10 orang		
1 Hari HKO = Rp.150.000	Rp	Rp 1,500,000.00
Biaya Pokok	Rp/Ha	Rp 3,000,000.00

Kemudian diperoleh hasil analisis pemupukan manual yang dapat dilihat pada Tabel 4.5 yaitu perhitungan biaya pokok pemupukan manual, diketahui bahwa untuk mengerjakan lahan seluas 1 hektar dibutuhkan waktu selama 2 hari dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 10 orang. Upah tenaga kerja ditetapkan sebesar Rp150.000 per hari per orang (HKO), sehingga total biaya tenaga kerja per hari mencapai Rp1.500.000. Dengan durasi pekerjaan selama dua hari, maka total biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan pemupukan manual mencapai Rp3.000.000 per hektar. Nilai ini menunjukkan bahwa metode pemupukan manual membutuhkan biaya tenaga kerja yang cukup besar, dikarenakan memerlukan tenaga kerja yang banyak dan memakan waktu yang cukup lama. Sehingga diperlukan alat mekanis seperti *fertilizer applicator* agar dapat menekan biaya operasional.

3.5 Biaya Pemupukan Mekanis

Tabel 4.6 Perhitungan Biaya Pokok Pemupukan Mekanis

Jenis Biaya	Satuan	Nilai
Biaya Traktor New Holland TS6030	Rp/Jam	Rp 440,900.86
Biaya Total <i>Fertilizer applicator</i>	Rp/Jam	Rp 29,513.43
Biaya Pokok	RP/ha	Rp 470,414.29

Berdasarkan Tabel 4.5 dan 4.6 dapat dilihat biaya pokok pemupukan manual mencapai Rp3.000.000 per hektar, sedangkan biaya pokok pemupukan mekanis hanya sebesar Rp470.414,29 per hektar. Hal ini menunjukkan bahwa metode pemupukan mekanis jauh lebih ekonomis dibandingkan metode

manual. Selisih biaya antara kedua metode tersebut mencapai sekitar Rp2.529.585,71 per hektar atau sebesar 84%, sehingga penggunaan mekanisasi mampu mengurangi biaya operasional secara signifikan. Hasil analisis ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [2] dan [8], yang menunjukkan bahwa metode pemupukan mekanis mampu menekan biaya pemupukan hingga 50%. Oleh karena itu, penggunaan metode mekanis direkomendasikan bagi petani dalam kegiatan pemupukan karena dinilai lebih efisien dan ekonomis dibandingkan metode manual.

Tingginya biaya pada pemupukan manual disebabkan oleh besarnya kebutuhan tenaga kerja dan lamanya waktu pengerjaan, yaitu 10 orang selama 2 hari. Sebaliknya, pemupukan mekanis memanfaatkan traktor dan *fertilizer applicator* yang memiliki kapasitas kerja lebih tinggi sehingga pekerjaan dapat diselesaikan lebih cepat dengan kebutuhan tenaga kerja yang lebih sedikit. Oleh karena itu, penggunaan *fertilizer applicator* lebih efisien, terutama untuk lahan pertanian berskala luas, karena mampu meningkatkan produktivitas kerja sekaligus menekan biaya produksi.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian kinerja dan analisis biaya, penggunaan *fertilizer applicator* pada pemupukan mekanis menunjukkan kinerja yang baik serta lebih efisien dibandingkan metode manual. Pada keluaran 0,5 kg/10 m diperoleh kapasitas lapang teoritis (KLT) sebesar 1,10 ha/jam, kapasitas lapang efektif (KLE) sebesar 1,00 ha/jam, efisiensi lapang (EL) sebesar 91%, simpangan distribusi (SD) sebesar 71,95, dan koefisien variasi (CV) sebesar 6,5%, sedangkan pada keluaran 0,6 kg/10 m diperoleh KLT sebesar 1,12 ha/jam, KLE sebesar 1,00 ha/jam, EL sebesar 89%, SD sebesar 32,86, dan CV sebesar 2,6%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa keluaran 0,6 kg/10 m menghasilkan distribusi pupuk yang lebih seragam karena memiliki nilai SD dan CV yang lebih rendah, meskipun efisiensi lapangnya sedikit lebih kecil dibandingkan keluaran 0,5 kg/10 m. Dari aspek ekonomi, biaya pokok pemupukan manual sebesar Rp3.000.000,00/ha, sedangkan biaya pokok pemupukan mekanis menggunakan traktor New Holland TS6030 dan *fertilizer applicator* hanya sebesar Rp470.414,29/ha, sehingga pemupukan mekanis terbukti lebih hemat, efisien, dan mampu meningkatkan kapasitas kerja serta keseragaman penebaran pupuk pada lahan tebu.

REFERENSI

- [1] D. F. Rahayu, S. Budi, and W. Nurlailiyah, "Pupuk Phonska Plus Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L .) Dengan Metode Bagal Satu Mata Tunas," *Jurnal Tropicrops*, vol. 4, no. 2, pp. 78–87, 2021.
- [2] R. Novitasari, M. Luthfi Dinsaputro, S. Djamila, and E. Kurnia Novita Sari, "Analisis Biaya Pemupukan Secara Manual dan Mekanis Menggunakan Fertilizer Applicator pada Budidaya Tebu di PG. Madukismo Yogyakarta Analysis of Manual and Mechanical Fertilization Costs Using Fertilizer Applicators in Sugarcane Cultivation at PG Madukismo," *Agustus*, vol. 3, no. 1, pp. 16–27, 2025.
- [3] A. Wisaksono, *Buku Ajar Mata Kuliah Pengantar Manajemen Ekonomi Teknik*. 2022. doi: 10.21070/2022/978-623-464-030-4.
- [4] U. Y. Murti, Iqbal, and Daniel, "Uji Kinerja dan Analisis Biaya Traktor Roda 4 Model AT 6504 dengan Bajak Piring (Disk Plow) pada Pengolahan Tanah," *Jurnal AgriTechno*, vol. 9, no. 1, pp. 63–69, 2016.
- [5] A. Abdul, R. P. A. Setiawan, and I. D. M. Subrata, "Disain dan Pengujian Metering Device untuk Alat Penjatah Pupuk Granular Laju Variabel (Variable Rate Granular Fertilizer Applicator) Design," *Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP)*, vol. 25, no. 2, pp. 79–85, 2011.
- [6] J. P. A. R. Cunha and R. S. Filho, "Broadcast distribution uniformity of fertilizer with centrifugal spreaders used in variable rate application," *Engenharia Agricola*, vol. 36, no. 5, pp. 928–937, 2016, doi: 10.1590/1809-4430-eng.agric.v36n5p928-937/2016.
- [7] F. Kömekçi, C. Kömekçi, D. Doğu, and E. Aykas, "Effects of number of vanes, vane angle and disc peripheral speed on the distribution uniformity of twin-disc granular fertilizer broadcaster," *Heliyon*, vol. 10, no. 18, pp. 1–13, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e37922.
- [8] P. Kumar *et al.*, "Efficiency and Cost-effectiveness Analysis of Developed Embedded System-Controlled Seed and Fertilizer Applicator," *Journal of Experimental Agriculture International*, vol. 46, no. 5, pp. 626–635, 2024, doi: 10.9734/jeai/2024/v46i52418.