

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, Yogyakarta

Ririn Novitasari¹, Iswahyono^{1*}, Muhammad Luthfi Dinsaputro², Siti Djamila¹, Elok Kurnia Novita Sari¹

¹Keteknikan Pertanian, Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember

²Kepala Stasiun Traktor PG. Madukismo Yogyakarta

*Email Koresponden: iswahyono@polije.ac.id

Received : 2 Juli 2025 | Accepted : 7 Juli 2025 | Published : 10 Juli 2025

Kata Kunci

Biaya, Budidaya Tebu, Manual, Mekanis, Pemupukan

Copyright (c) 2025

Authors Faizzatun Nafisah, Iswahyono, Muhammad Luthfi Dinsaputro, Siti Djamila, Elok Kurnia Novita Sari



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

ABSTRAK

Tebu merupakan komoditas penting dalam industri gula nasional, namun produksi gula mengalami penurunan pada tahun 2023. Pemupukan merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas dan rendemen tebu. Pemilihan metode pemupukan yang tepat antara manual dan mekanis sangat berpengaruh terhadap biaya produksi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi biaya antara pemupukan manual menggunakan tenaga manusia dibanding dengan metode mekanis menggunakan traktor Ford 6640 dan *Fertilizer Applicator* pada budidaya tebu di PG. Madukismo Yogyakarta. Metode perhitungan yang digunakan meliputi kapasitas kerja, biaya tetap, biaya tidak tetap, dan biaya pokok. Hasil menunjukkan bahwa biaya pemupukan manual membutuhkan Rp3.000.000/ha dengan kapasitas kerja 0,008 ha/jam, sedangkan mekanis hanya membutuhkan Rp1.408.013/ha dengan kapasitas 0,472 ha/jam. Artinya, pemupukan mekanis mampu menghemat biaya sebesar 53% dan waktu hingga 87% dibanding metode manual. Pemupukan mekanis lebih murah jika diaplikasikan pada lahan minimal 31 hektar, untuk lahan yang lebih kecil, metode manual lebih murah.

Keywords

ABSTRACT

*Cost, Sugarcane Cultivation,
Manual, Mechanical,
Fertilization*

Sugarcane is a vital commodity in the national sugar industry; however, sugar production experienced a decline in 2023. Fertilization is one of the efforts to increase productivity and sugarcane yield. The selection of the right fertilization method between manual and mechanical greatly affects production costs. This study aims to analyze the cost efficiency of manual fertilization using human labor compared to mechanical methods that employ Ford 6640 tractors and fertilizer applicators in sugarcane cultivation at PG Madukismo, Yogyakarta. The calculation methods utilized include work capacity, fixed costs, variable costs, and basic costs. The results indicate that the cost of manual fertilization is IDR 3,000,000 per hectare, with a work capacity of 0.008 hectares per hour, whereas mechanical fertilization costs only IDR 1,408,013 per hectare, with a capacity of 0.472 hectares per hour. This implies that mechanical fertilization can reduce costs by 53% and save time by up to 87% compared to manual methods. Mechanical fertilization becomes more cost-effective when applied to a minimum of 31 hectares of land; for smaller plots, the manual method is more economical.

1. PENDAHULUAN

Tebu sebagai bahan utama dalam industri gula merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki peran penting dalam perekonomian Indonesia. Gula yang dihasilkan dari pengolahan tebu menjadi bahan pokok yang sangat dibutuhkan masyarakat. Permintaan gula di tingkat nasional, baik untuk keperluan rumah tangga maupun sektor industri, akan terus melonjak sejalan dengan pertambahan populasi penduduk. Namun, perkembangan produksi gula pada tahun 2023 mengalami penurunan sebesar 2,23 juta ton setara dengan 7,01% dibandingkan dengan capaian produksi tahun 2022 (BPS, 2024). Menurut Ikka dkk. (2021), untuk mencapai peningkatan dalam produktivitas dan produksi tebu, diperlukan penerapan teknik budidaya tebu yang tepat.

Budidaya tebu mencakup beberapa tahapan penting, mulai dari pengolahan lahan, penanaman, pemeliharaan tanaman, hingga proses pemanenan. Setiap tahapan memerlukan biaya yang cukup besar, terutama pada fase pemeliharaan seperti kegiatan pemupukan. Pupuk memiliki peran penting dalam menunjang pertumbuhan tanaman tebu karena menyediakan unsur hara yang diperlukan untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman tebu (Kiswanto dan Wijayanto, 2014). Namun, tingginya harga pupuk serta kebutuhan tenaga kerja dalam proses distribusinya menambah beban biaya yang harus ditanggung petani. Dalam menghadapi tantangan tersebut, efisiensi biaya dapat dilakukan melalui pemilihan metode pemupukan yang tepat. Terdapat dua metode utama dalam kegiatan pemupukan pada budidaya tebu, yaitu pemupukan manual yang dilakukan dengan tenaga kerja manusia dan pemupukan mekanis yang menggunakan alat berat traktor dan *Fertilizer Applicator* (FA).

Setiap metode memiliki keunggulan dan kelemahan tersendiri, baik dari segi biaya, kebutuhan tenaga kerja, maupun efisiensi waktu. Pemupukan mekanis dianggap lebih efektif karena dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manusia yang semakin

mahal. Namun, investasi awal untuk membeli alat serta biaya perawatan yang tinggi sering kali menjadi penghalang bagi petani. Sementara itu, pemupukan manual, meskipun memiliki biaya awal yang lebih rendah, sering kali kurang efisien dalam hal waktu yang dapat memengaruhi produktivitas lahan. Persoalan ini menjadi semakin relevan di tengah tuntutan untuk meningkatkan efisiensi dalam budidaya tebu.

Oleh karena itu, analisis perbandingan biaya antara metode pemupukan manual dan mekanis menjadi penting untuk menentukan pilihan yang lebih hemat dan efisien. Perbandingan biaya merupakan perhitungan yang menggunakan biaya pokok untuk menentukan total pengeluaran dalam pemupukan, sehingga dapat diketahui metode yang paling ekonomis. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai metode pemupukan yang paling efektif serta efisien dalam segi biaya. Dengan demikian, petani dapat mengambil keputusan yang tepat dalam memilih metode pemupukan yang paling sesuai dengan kondisi dan sumber daya yang tersedia.

2. METODE

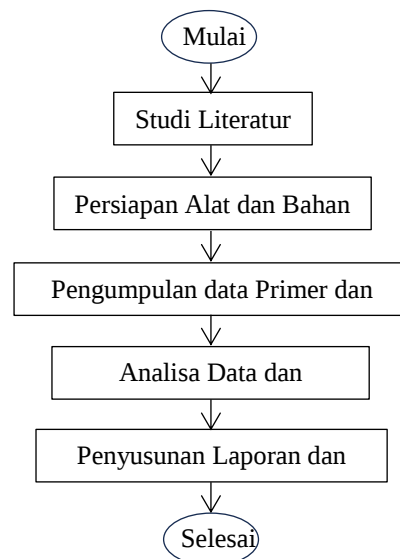
2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah traktor *Ford 6640*, *Fertilizer Applicator*, cangkul, meteran, *stopwatch*, alat tulis.

Bahan yang digunakan adalah pupuk NPK dan ZA, bahan bakar, serta lahan pengujian.

2.2 Metode Pelaksanaan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengikuti diagram alir yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Pelaksanaan

Prosedur pelaksanaan dalam menganalisis biaya operasional pemupukan manual dan mekanis menggunakan *Fertilizer Applicator* adalah sebagai berikut.

1. Melakukan studi literatur dari buku, artikel, jurnal, situs web terkait teknik pemupukan manual maupun mekanis yang menggunakan *Fertilizer Applicator*, dan perhitungan biaya operasional.
2. Mempersiapkan alat dan bahan, menentukan lokasi budidaya tebu yang menerapkan metode pemupukan manual dan mekanis, dan mengidentifikasi kebutuhan bahan bakar, pupuk, traktor, dan *Fertilizer Applicator*.
3. Melakukan pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dengan melakukan pengujian kinerja metode pemupukan manual dan mekanis menggunakan traktor dan *Fertilizer Applicator* di lapang, wawancara kepada petani berupa waktu total pengerjaan, total luasan lahan dan jumlah tenaga kerja serta mengidentifikasi kebutuhan bahan bakar dan pupuk. Data sekunder berupa data biaya pembelian traktor, biaya *Fertilizer Applicator*, biaya bahan bakar, biaya pelumas, biaya ban, dan biaya tenaga kerja.
4. Melakukan analisis data kapasitas kerja dan biaya operasional. Kapasitas kerja diperoleh dengan menghitung total luasan lahan, jumlah tenaga kerja dan total jam kerja. Dan untuk perhitungan biaya operasional pemupukan manual, dilakukan dengan menghitung biaya tenaga kerja dan jumlah tenaga kerja. Sedangkan perhitungan biaya pada pemupukan mekanis dilakukan dengan menghitung biaya tetap, biaya tidak tetap, biaya total, dan biaya pokok.
5. Melakukan evaluasi data dengan membandingkan kapasitas kerja untuk menentukan metode pemupukan yang lebih efisien dan membandingkan biaya operasional untuk menentukan metode pemupukan yang lebih ekonomis.

2.3 Analisis Biaya

2.3.1 Kapasitas Kerja

Kapasitas kerja merupakan indikator yang menggambarkan kemampuan riil suatu mesin dalam menyelesaikan pekerjaan di kondisi operasional yang sesungguhnya. Menurut Sebastian dan Meinilwita (2017), perhitungan kapasitas kerja dapat dilakukan dengan persamaan 1.

$$Ka = \frac{\text{Luas Lahan}}{\text{Total Jam Kerja}} \quad (1)$$

Keterangan:

Ka = Kapasitas Kerja (ha/jam)

2.3.2 Biaya Tetap

Biaya tetap merupakan pengeluaran yang nilainya tidak berubah dalam periode tertentu dan tidak dipengaruhi oleh volume produksi maupun waktu operasi mesin (Wisaksono, 2022).

1. Biaya Penyusutan

Biaya penyusutan merupakan pengurangan nilai mesin seiring waktu karena penggunaannya yang terbatas dalam periode tertentu. Salah satu metode yang digunakan untuk menghitung biaya penyusutan adalah metode garis lurus, di mana nilai penyusutan dibagi secara merata selama umur ekonomis mesin tanpa memperhitungkan bunga modal.

Menurut Wisaksono (2022), besarnya biaya penyusutan dapat dihitung dengan persamaan 2.

$$D = \frac{P-S}{N} \quad (2)$$

Keterangan :

D = Biaya penyusutan (Rp/tahun)

P = Harga beli alat (Rp)

S = Nilai akhir (Rp)

N = Umur ekonomis alat (tahun)

2. Biaya Pajak

Di Indonesia, regulasi terkait pajak untuk alat berat ditetapkan melalui Pasal 20 ayat (1) UU HKPD, dengan batasan maksimum 0,2% dari nilai awal. Besaran biaya pajak dapat dihitung dengan persamaan 3.

$$\text{Biaya Pajak} = 0,2\% P \quad (3)$$

3. Biaya Garasi

Di negara maju, biaya garasi ini diperkirakan berkisar antara 0,5% hingga 1% dari harga awal per tahun. Perhitungan biaya garasi dapat dilakukan menggunakan persamaan 4.

$$\text{Biaya Garasi} = 1\% P \quad (4)$$

4. Biaya Bunga Modal dan Asuransi

Besaran bunga didasarkan pada BI Rate tahun 2024 sebesar 6% dan besaran asuransi yang diperkirakan sebesar 0.24%. Menurut Wisaksono (2022), perhitungan biaya modal dan asuransi dapat dilakukan menggunakan persamaan 5.

$$I = \frac{i(P)(n+1)}{2n} \quad (5)$$

Keterangan :

I = Total bunga modal dan asuransi (Rp/tahun)

i = Tingkat bunga modal dan asuransi (%)

P = Harga beli alat (Rp)

n = Umur ekonomis alat (tahun)

2.3.3 Biaya Tidak Tetap

Biaya tidak tetap merupakan biaya yang berfluktuasi seiring dengan perubahan jumlah produksi, di mana meningkat saat produksi naik dan menurun saat produksi turun (Marsudi, 2024).

1. Biaya Perawatan dan Perbaikan

Biaya perbaikan mencakup berbagai pengeluaran yang diperlukan untuk menjaga kondisi mesin tetap optimal. Menurut Wisaksono (2022), biaya perbaikan traktor dihitung menggunakan persamaan 6 dan biaya perbaikan *Fertilizer Applicator* menggunakan persamaan 7.

$$\text{Biaya Perbaikan Traktor} = \frac{1,2\% P}{100 \text{ jam}} \quad (6)$$

$$\text{Biaya Perbaikan Fertilizer Applicator} = \frac{2\% (P-S)}{100 \text{ jam}} \quad (7)$$

Keterangan :

P = Harga beli alat (Rp)

S = Nilai akhir (Rp)

2. Biaya Operator

Biaya yang dikeluarkan untuk operator dihitung dalam Rp/hari atau Rp/jam, besaran upah yang diterima oleh operator dipengaruhi oleh standar upah yang berlaku di daerah setempat.

3. Biaya Bahan Bakar

Menurut Wisaksono (2022), konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis mesin dan kondisi operasionalnya tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Konsumsi Bahan Bakar Berdasarkan Jenis Mesin

Jenis Mesin	Konsumsi Bahan Bakar (liter/BHP/jam)	
	Beban Normal	Beban Berat
Traktor Tangan	0,09	0,17
Traktor Roda 4	0,12	0,18
Traktor Diesel Stasioner	0,11	0,16
Traktor Rantai	0,01	0,18

4. Biaya Pelumas

Menurut Wisaksono (2022), konsumsi pelumas berdasarkan jenis mesin dan tenaganya tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Konsumsi Pelumas Berdasarkan Jenis Mesin

Jenis Mesin	BHP	Kebutuhan Oli (liter/jam)
Mesin Bensin	20-40	0.045
	40-60	0.054
	60-80	0.059
	80-100	0.073
Mesin Diesel	20-40	0.050
	40-60	0.054
	60-80	0.059
	80-100	0.077
	100-120	0.095

5. Biaya Ban

Biaya ban terkait dengan penggantian atau perbaikan pada traktor yang digunakan dalam proses kegiatan. Menurut Wisaksono (2022), perhitungan biaya ban menggunakan persamaan 8.

$$\text{Biaya Ban} = \text{Jumlah Ban} \times \frac{\text{Biaya Penggantian Ban}}{\text{Umur Ban}} \quad (8)$$

6. Biaya Grease

Biaya *grease* atau gemuk adalah biaya yang dikeluarkan untuk melumasi komponen bergerak sehingga dapat mengurangi gesekan dan mencegah keausan. Menurut Santosa (2011), perhitungan biaya *grease* dapat dihitung menggunakan persamaan 9.

$$\text{Biaya Grease} = 60\% \times \text{Biaya Pelumas} \quad (9)$$

2.3.4 Biaya Pokok

Biaya pokok mesin adalah total biaya yang dikeluarkan dalam penggunaan alat atau mesin untuk melaksanakan suatu kegiatan. Menurut Wisaksono (2022), biaya pokok pemupukan manual dan pemupukan mekanis dengan *Fertilizer Applicator* dapat dihitung dengan persamaan 10.

$$\text{BP Manual} = \text{upah operator} \times \text{jumlah pekerja} \quad (10)$$

$$\text{BP Mekanis} = \frac{\{(BT \div x) + BTT\}}{Ka} \quad (11)$$

Keterangan :

BP = Biaya pokok (Rp/ha)

BT = Biaya tetap (Rp/tahun)

BTT = Biaya tidak tetap (Rp/jam)

Ka = Kapasitas kerja (ha/jam)

x = Perkiraan jam kerja per tahun (jam/tahun)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kapasitas Kerja

Hasil kapasitas kerja pemupukan manual dapat dilihat pada Tabel 3. dan hasil kapasitas kerja pemupukan mekanis dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 3. Kapasitas Kerja Pemupukan Manual

Lokasi	Luas Lahan (ha)	Total Kerja (jam)	Jumlah Pekerja (orang)	Kapasitas Kerja (ha/jam)
1	9,36	56	20	0,008
2	4,21	30	15	0,009
3	1,08	16	10	0,007
Jumlah	14,65	102	45	0,024
Rata-rata	4,88	34	15	0,008

Tabel 4. Kapasitas Kerja Pemupukan Mekanis

Lokasi	Luas Lahan (ha)	Total Kerja (jam)	Jumlah Alat (unit)	Kapasitas Kerja (ha/jam)
1	2,20	6,00	1	0,367
2	3,60	8,00	1	0,450
3	1,80	3,00	1	0,600
Jumlah	7,60	17,00	3	1,417
Rata-rata	2,53	5,67	1	0,472

Perhitungan kapasitas kerja untuk pemupukan manual sebesar 0,008 ha/jam dan untuk pemupukan mekanis sebesar 0,472 ha/jam. Pemupukan mekanis dapat menghemat

waktu hingga 87% dibandingkan metode manual. Besar kecilnya kapasitas kerja pemupukan dipengaruhi oleh lamanya jam kerja, metode manual memerlukan waktu lebih lama karena proses pencangkulan dan penaburan pupuk dilakukan secara bertahap dan tenaga manusia terbatas, sedangkan metode mekanis proses pembuatan alur pemupukan dan penaburan pupuk dilakukan secara simultan dan tenaga yang dihasilkan cukup besar sehingga waktu yang diperlukan lebih pendek dan dapat melakukan pemupukan dalam area yang lebih luas.

3.2 Biaya Pemupukan

Berikut hasil perhitungan biaya pemupukan secara manual menggunakan tenaga manusia dan pemupukan mekanis menggunakan *Fertilizer Applicator*.

3.2.1 Pemupukan Manual

Dengan upah pekerja (HKO) sebesar Rp. 150.000/hari. Untuk lahan seluas 1 hektar membutuhkan pekerja sekitar 10 orang dengan masa pengerjaan selama 2 hari. Hasil perhitungan biaya pokok pemupukan manual dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Biaya Pokok Pemupukan Manual

Uraian	Satuan	Nilai
1 Ha = 2 hari 10 orang		
1 Hari HKO = Rp. 150.000	Rp	1.500.000
Biaya Pokok	Rp/ha	3.000.000

3.2.2 Pemupukan Mekanis

Dalam perhitungan biaya pokok pemupukan mekanis diperlukan investasi alat, biaya total traktor *Ford 6640*, dan biaya total *Fertilizer Applicator*

1. Investasi

Rincian investasi pemupukan mekanis disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Investasi Pemupukan Mekanis

Parameter	Satuan	Angka
Harga Traktor <i>Ford 6640</i>	Rp	500.000.000
Daya Traktor <i>Ford 6640</i>	HP	90
Nilai Akhir Traktor <i>Ford 6640</i>	Rp	50.000.000
Harga <i>Fertilizer Applicator</i>	Rp	50.000.000
Nilai Akhir <i>Fertilizer Applicator</i>	Rp	5.000.000
Umur Ekonomis	tahun	10
Tingkat Bunga Modal dan Asuransi	%	6,24
Harga Bahan Bakar Solar	Rp/liter	10.000

Harga Pelumas	Rp/liter	62.500
Upah Operator		
Sopir	Rp/liter	190.000
Pembantu	Rp/liter	140.000
Jam Kerja	jam/tahun	177
Harga Ban :		
Ban Depan Luar	Rp	7.770.000
Ban Depan Dalam	Rp	500.000
Ban Belakang Luar	Rp	13.700.000
Ban Belakang Dalam	Rp	1.750.000

2. Biaya Traktor *Ford 6640*

Hasil perhitungan traktor *Ford 6640* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Biaya Traktor *Ford 6640*

Jenis Biaya	Rincian Biaya	Satuan	Nilai
Biaya Tetap	Biaya Penyusutan	Rp/tahun	45.000.000
	Biaya Pajak	Rp/tahun	1.000.000
	Biaya Garasi	Rp/tahun	5.000.000
	Biaya Bunga Modal & Asuransi	Rp/tahun	17.160.000
	Total Biaya Tetap	Rp/tahun	68.160.000
		Rp/jam	385.084
Biaya Tidak Tetap	Biaya Perbaikan	Rp/jam	60.000
	Biaya Bahan Bakar	Rp/jam	108.000
	Biaya Pelumas	Rp/jam	1.444
	Biaya Operator	Rp/jam	23.750
	Biaya Ban	Rp/jam	20.742
	Biaya Grease	Rp/jam	866
	Total Biaya Tidak Tetap	Rp/jam	214.802
Biaya Total		Rp/jam	599.887

3. Biaya *Fertilizer Applicator*

Hasil perhitungan Biaya *Fertilizer Applicator* dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perhitungan Biaya *Fertilizer Applicator*

Jenis Biaya	Rincian Biaya	Satuan	Nilai
Biaya Tetap	Biaya Penyusutan	Rp/tahun	4.500.000
	Biaya Pajak	Rp/tahun	100.000
	Biaya Garasi	Rp/tahun	500.000
	Biaya Bunga Modal & Asuransi	Rp/tahun	1.716.000
	Total Biaya Tetap	Rp/tahun	6.816.000
		Rp/jam	38.508
Biaya Tidak Tetap	Biaya Perbaikan	Rp/jam	9.000
	Biaya Operator	Rp/jam	17.500
	Total Biaya Tidak Tetap	Rp/jam	26.500

Biaya Total	Rp/jam	65.008
--------------------	---------------	---------------

4. Biaya Pokok

Rincian biaya pokok pemupukan mekanis dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan Biaya Pokok Pemupukan Mekanis

Jenis Biaya	Satuan	Nilai
Biaya Total Traktor <i>Ford 6640</i>	Rp/jam	599.887
Biaya Total <i>Fertilizer Applicator</i>	Rp/jam	65.008
Biaya Pokok	Rp/ha	1.408.013

Total biaya pemupukan manual sebesar Rp. 3.000.000/ha, biaya ini mencakup upah tenaga kerja dan peralatan sederhana tetapi tidak termasuk konsumsi pupuk. Total biaya pemupukan mekanis sebesar Rp. 1.408.013/ha, biaya ini mencakup bahan bakar, biaya perawatan mesin, dan tenaga operator tetapi tidak termasuk penggunaan pupuk. Terlihat bahwa pemupukan mekanis dapat mengurangi biaya hingga Rp. 1.591.987/ha atau sebesar 53% dibanding metode manual. Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nawale dkk. (2009) dan Kumar dkk. (2024) bahwa pemupukan mekanis dapat menghemat biaya pemupukan hingga 50%, sehingga disarankan bagi petani yang ingin melakukan pemupukan, sebaiknya menggunakan metode mekanis karena lebih ekonomis.

3.3 Biaya Pemupukan Mekanis Dan Manual Per Hektar

Rincian biaya metode mekanis dan manual per hektar dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Biaya Pemupukan Mekanis Dan Manual Per Hektar

Luas Lahan (ha)	Mekanis (Rp)	Manual (Rp)
1	75.487.233	3.000.000
2	75.998.466	6.000.000
3	76.509.699	9.000.000
10	80.088.330	30.000.000
20	85.200.660	60.000.000
25	87.756.825	75.000.000
30	90.312.990	90.000.000
31	90.824.223	93.000.000

Besaran biaya yang diperlukan per hektar untuk pemupukan dengan *Fertilizer Applicator* dan tenaga kerja manusia. Biaya pemupukan untuk luasan satu hektar dengan *Fertilizer Applicator* lebih besar dibanding dengan tenaga manusia. Biaya yang dibutuhkan untuk pemupukan dengan *Fertilizer Applicator* mencapai Rp. 75.487.233, sementara pemupukan dengan tenaga manusia hanya memerlukan biaya Rp. 3.000.000. Selisih sebesar ini dipengaruhi oleh biaya tetap traktor dan *Fertilizer Applicator* yang mahal. Akan tetapi, pada area lahan seluas 31 hektar pemupukan dengan *Fertilizer Applicator* menghasilkan biaya yang lebih rendah dibanding dengan tenaga manusia. Total biaya pemupukan menggunakan *Fertilizer Applicator* yaitu Rp. 90.824.223, sementara dengan tenaga manusia mencapai Rp. 93.000.000. Hal ini menunjukkan bahwa

penggunaan *Fertilizer Applicator* menjadi lebih efisien jika diterapkan pada lahan yang lebih luas karena dipengaruhi oleh biaya tidak tetap traktor dan *Fertilizer Applicator* yang relatif murah.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil analisis menunjukkan bahwa biaya pemupukan manual membutuhkan Rp 3.000.000/ha dengan kapasitas kerja 0,008 ha/jam, sedangkan mekanis hanya membutuhkan Rp 1.408.013/ha dengan kapasitas 0,472 ha/jam. Dengan demikian, pemupukan mekanis lebih efisien, mampu menghemat biaya hingga 53% dan waktu hingga 87% dibandingkan metode manual. Pemupukan mekanis lebih murah jika diaplikasikan pada lahan minimal 31 hektar, untuk lahan yang lebih kecil, metode manual cenderung lebih murah. Oleh karena itu, disarankan agar petani mulai mengadopsi metode pemupukan mekanis untuk meningkatkan efisiensi budidaya tebu dan diharapkan pemerintah dapat mendukung melalui fasilitas pembiayaan dan penyediaan alat dan mesin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami sampaikan kepada PT. Madubaru, PG. Madukismo, Yogyakarta, yang telah memberikan dukungan berupa fasilitas dan layanan kegiatan penelitian. Terimakasih kepada Bapak M. Luthfi Dinsaputra, S.Tp, selaku kepala stasiun traktor yang telah memberikan dukungan dan bimbingan selama melakukan kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik tebu Indonesia 2023* (Vol. 14). BPS Statistics Indonesia.
- Ikka, N. D. A., Purnamasari, I., & Setiawan, M. (2021). Studi Komparasi Usaha Budidaya Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Varietas Cening (Klon TK 386) Dan Varietas PS 864 Di Kabupaten Tuban Jawa Timur. *Jurnal Agrinika: Jurnal Agroteknologi dan Agribisnis*, 5(1), 63-72.
- Kiswanto, Wijayanto, B. (2014). Petunjuk Teknis Budidaya Tebu. Balai Pengkajian teknologi Pertanian Lampung, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementrian Pertanian.
- Kumar, P., Kushwaha, H. L., Meena, M. C., Parray, R. A., Singh, T., Sarkar, S. K., & Rathod, S. K. (2024). Efficiency And Cost-Effectiveness Analysis Of Developed Embedded System-Controlled Seed And Fertilizer Applicator. *Journal of Experimental Agriculture International*, 46(5), 626-635.
- Mansyur, N. I., Pudjiwati, E. H., & Murtilaksono, A. (2021). *Pupuk dan Pemupukan*. Syiah Kuala University Press.
- Marsudi, M. (2024). *Pengantar Ekonomi Teknik*. Banjarmasin: Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al-Banjari.
- Nawale, S. A., Landage, R. S., Sable, H. P., Kadu, V. M., Lende, A. B., & Gharte, L. V. (2009). Performance Evaluation Of Low Hp Tractor Drawn Sugarcane Earthing-Up Cum Fertilizer Applicator Suitable For Wide Row Sugarcane Crop. *International Journal of Agriculture Environment & Biotechnology*, 2(4), 471-475

-
- Santosa. (2011). Rumus untuk Perhitungan Biaya Pokok dan Titik Impas pada Kegiatan On Farm dan Off Farm. Scribd. <https://id.scribd.com/document/49627956/Rumus-untuk-Perhitungan-Biaya-Pokok-dan-Titik-Impas-pada-Kegiatan-On-Farm-dan-Off-Farm>
- Sebastian, dan Y. Meinilwita. (2017). Buku Panduan Praktikum Alat dan Mesin Budidaya Pertanian I. Politeknik Negeri Lampung.
- Septia, Y., Soekarno, S., & Suryaningrat, I. B. (2016). Uji Kinerja Dan Analisis Biaya Trencher Bertenaga Traktor Roda Empat Untuk Pembuatan Parit Pada Tanah Padas Di PT. Perkebunan Nusantara X Jember. *Prosiding Seminar Nasional APTA*, 301-305.
- Sulaiman, A. A., Djufry, F., Wijanarko, A., Bahrin, A. H., Musa, Y., & Arsyad, M. (2023). *Teknologi Budidaya dan Analisa Usahatani Tebu Terstandar*. Unhas Press.
- Wisaksono, A. (2022). *Pengantar Manajemen Ekonomi Teknik*. UMSIDA Press.