

student 8

SKRIPSI_BIMA_SAHAT_21857_SESUDAH_SEMHAS

 13-14 SEPTEMBER

 Cek Turnitin

 INSTIPER

Document Details

Submission ID

trn:oid::1:3006640813

Submission Date

Sep 13, 2024, 10:05 AM GMT+7

Download Date

Sep 13, 2024, 10:07 AM GMT+7

File Name

SKRIPSI_BIMA_SAHAT_21857_SESUDAH_SEMHAS.docx

File Size

553.2 KB

42 Pages

6,013 Words

36,070 Characters




11% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text

Top Sources

- 10%  Internet sources
- 4%  Publications
- 3%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

Top Sources

- 10% Internet sources
- 4% Publications
- 3% Submitted works (Student Papers)

Top Sources

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	Internet	adoc.pub	1%
2	Internet	123dok.com	1%
3	Internet	agritech.unhas.ac.id	0%
4	Internet	docplayer.info	0%
5	Internet	text-id.123dok.com	0%
6	Internet	blog.ub.ac.id	0%
7	Internet	core.ac.uk	0%
8	Internet	www.slideshare.net	0%
9	Publication	Nuraini Nuraini. "Analisis Kinerja Peredam Viscoelastis di antara Dua Sub Sistem ...	0%
10	Student papers	Universitas Muhammadiyah Surakarta	0%
11	Internet	fr.scribd.com	0%

12	Internet	gardaremaja.blogspot.com	0%
13	Student papers	Sriwijaya University	0%
14	Internet	es.scribd.com	0%
15	Internet	sistem.teknik.unej.ac.id	0%
16	Internet	caniva92.blogspot.com	0%
17	Publication	Rezka. "LITERATURE REVIEW: EFEKTIVITAS EKSTRAK DAUN PADA TUMBUHAN SEB...	0%
18	Internet	repository.fe.unj.ac.id	0%
19	Internet	repository.usu.ac.id	0%
20	Student papers	Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia	0%
21	Internet	edoc.site	0%
22	Internet	id.123dok.com	0%
23	Internet	www.infosawit.com	0%
24	Publication	Siti Anisa, Siti Suharyatun, Oktafri Oktafri, Sandi Asmara. "UNJUK KERJA MESIN PE...	0%
25	Internet	selinasejati.blogspot.com	0%

26	Internet	widyariset.pusbindiklat.lipi.go.id	0%
27	Internet	akta4.blogspot.com	0%
28	Internet	digilib.unila.ac.id	0%
29	Internet	jurnal.ft.umi.ac.id	0%
30	Internet	eprints.iain-surakarta.ac.id	0%
31	Internet	ghozalimuhamad91.blogspot.com	0%
32	Internet	jesty.pubmedia.id	0%
33	Internet	muchlis-vatriadi.blogspot.com	0%
34	Internet	repositori.uma.ac.id	0%
35	Internet	repository.uin-suska.ac.id	0%
36	Internet	adoc.tips	0%
37	Internet	baswarsiati.wordpress.com	0%
38	Internet	jurnal.instiperjogja.ac.id	0%
39	Internet	lib.ibs.ac.id	0%

40	Internet	media.neliti.com	0%
41	Internet	repository.uma.ac.id	0%
42	Internet	vdocuments.site	0%
43	Internet	www.finansialku.com	0%
44	Internet	eprints.unm.ac.id	0%
45	Internet	repo.unand.ac.id	0%
46	Publication	Desi Andreswari, Julia Purnama Sari, Nur Annisa Apriliani Herman Putri. "Penera...	0%

4

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Industri perkebunan kelapa sawit telah menjadi pilar utama perekonomian Indonesia dalam beberapa dekade terakhir. Menurut data Kementerian Pertanian (2023), sektor ini menyumbang kurang lebih 3,5% dari Produk Domestik Bruto (PDB) nasional dan mempekerjakan lebih 16 juta orang secara langsung dan secara tidak langsung. Indonesia menghasilkan sekitar 46 juta ton minyak sawit pada tahun 2022, yang mewakili lebih dari 50% produksi global (GAPKI, 2023).

43

PT Perkebunan Nusantara IV (PTPN IV), sebagai salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) di sektor perkebunan, memiliki peran strategis dalam memajukan industri kelapa sawit nasional. Dengan luas areal tanaman mencapai lebih dari 175.000 hektar (PTPN IV, 2022), perusahaan ini tidak hanya bertanggung jawab untuk menghasilkan keuntungan, tetapi juga berperan dalam mendukung ketahanan pangan nasional, menyediakan lapangan kerja, dan menjaga keberlanjutan lingkungan.

19

23

23

Dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit, pemupukan merupakan faktor kritis yang mempengaruhi produktivitas tanaman. Woittiez et al. (2017) menegaskan bahwa pemupukan yang tepat dapat meningkatkan hasil panen hingga 50% dibandingkan dengan praktek pemupukan yang tidak optimal. Namun, pemupukan juga merupakan komponen biaya produksi yang signifikan, mencapai 30–35% dari total biaya operasional perkebunan (Corley dan Tinker, 2016). Oleh karena itu, efisiensi dan efektivitas dalam proses pemupukan menjadi sangat

penting untuk memaksimalkan produktivitas sekaligus menjaga profitabilitas perkebunan.

Inovasi teknologi dalam bentuk alat penebar pupuk telah muncul sebagai solusi potensial untuk meningkatkan efisiensi pemupukan. Kusumastuti et al. (2018) melaporkan bahwa penggunaan alat penebar pupuk dapat meningkatkan kecepatan aplikasi pupuk hingga 3 kali lipat dibandingkan metode manual, sekaligus meningkatkan keseragaman sebaran pupuk. Selain itu, teknologi ini juga berpotensi mengurangi paparan pekerja terhadap bahan kimia dan mengurangi risiko cedera akibat pekerjaan berulang (Azman et al., 2021).

PTPN IV Regional IV Kebun Rimbo Bujang Satu, yang berlokasi di Provinsi Jambi, telah mengadopsi penggunaan alat penebar pupuk sejak tahun 2020 sebagai bagian dari upaya modernisasi dan peningkatan efisiensi operasional. Dengan luas areal tanam sekitar 5.000 hektar (PTPN IV, 2022), unit usaha ini menjadi lokasi yang ideal untuk mengkaji implementasi teknologi tersebut dalam skala yang signifikan.

Meskipun penggunaan alat penebar pupuk menjanjikan berbagai manfaat, implementasinya di lapangan tidak selalu berjalan mulus. Rival dan Levang (2014) mengingatkan bahwa adopsi teknologi baru dalam perkebunan kelapa sawit sering kali menghadapi tantangan, mulai dari resistensi pekerja, kebutuhan pelatihan, hingga penyesuaian infrastruktur. Selain itu, efektivitas alat ini dapat bervariasi tergantung pada kondisi topografi, jenis tanah, dan varietas tanaman yang digunakan (Paterson et al., 2015).

Mengingat besarnya investasi yang diperlukan untuk mengadopsi teknologi ini dan potensi dampaknya terhadap produktivitas dan profitabilitas perkebunan, maka diperlukan kajian yang komprehensif mengenai penggunaan alat penebar pupuk di PTPN IV Regional IV Kebun Rimbo Bujang Satu. Penelitian ini akan menganalisis efektivitas dan efisiensi penggunaan alat tersebut, mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kinerjanya, serta mengevaluasi dampaknya terhadap produktivitas tanaman dan operasional perkebunan secara keseluruhan.

Meskipun demikian, efektivitas penggunaan alat penebar pupuk dapat bervariasi tergantung pada berbagai faktor seperti topografi lahan, jenis dan usia tanaman, serta keterampilan operator. Di PTPN IV Regional IV Kebun Rimbo Bujang Satu, penggunaan alat penebar pupuk telah mulai diterapkan, namun belum ada kajian komprehensif mengenai efektivitasnya dalam konteks spesifik perkebunan tersebut.

Selain itu, adopsi teknologi baru seperti alat penebar pupuk juga memerlukan analisis mendalam terkait aspek ekonomi dan operasionalnya. Faktor-faktor seperti biaya investasi awal, biaya operasional, dan potensi penghematan jangka panjang perlu dipertimbangkan dalam evaluasi kelayakan penggunaan alat ini secara luas di perkebunan PTPN IV.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kapasitas kerja penggunaan alat penebar pupuk di perkebunan kelapa sawit PTPN IV Regional IV Kebun Rimbo Bujang Satu?

2. Mengetahui estimasi biaya pemupukan menggunakan alat penebar pupuk dari segi waktu dan biaya?
3. Mengetahui estimasi biaya penggunaan mesin penebar pupuk di perkebunan PTPN IV Regional IV Kebun Rimbo Bujang Satu?
4. Mengetahui estimasi biaya pemupukan menggunakan mesin penebar pupuk di perkebunan PTPN IV Regional IV Kebun Rimbo Bujang Satu?
5. Mengapa efektivitas mesin penebar pupuk di perkebunan PTPN IV Regional IV Kebun Rimbo Bujang Satu perlu dikaji?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kapasitas kerja penggunaan mesin penebar pupuk di perkebunan kelapa sawit PTPN IV Regional IV Kebun Rimbo Bujang Satu.
2. Mengetahui estimasi biaya per jam penggunaan mesin penebar pupuk di perkebunan kelapa sawit PTPN IV Regional IV Kebun Rimbo Bujang Satu.
3. Mengetahui estimasi biaya per hektar penggunaan mesin penebar pupuk di perkebunan kelapa sawit PTPN IV Regional IV Kebun Rimbo Bujang Satu.
4. Mengetahui estimasi biaya pemupukan per hektar menggunakan mesin penebar pupuk di perkebunan kelapa sawit PTPN IV Regional IV Kebun Rimbo Bujang Satu.
5. Mengetahui efektivitas penggunaan alat penebar pupuk di perkebunan kelapa sawit PTPN IV Regional IV Kebun Rimbo Bujang Satu.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

20

1. Bagi PTPN IV: Hasil penelitian dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan terkait manajemen pemupukan di perkebunan kelapa sawit.
2. Bagi akademisi: Penelitian ini dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya terkait teknologi pemupukan di perkebunan kelapa sawit.
3. Bagi industri perkebunan: Hasil penelitian dapat memberikan wawasan tentang efektivitas penggunaan alat penebar pupuk dalam meningkatkan efisiensi pemupukan.

E. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada:

1. Lokasi penelitian di PTPN IV Regional IV Kebun Rimbo Bujang Satu.
2. Jenis alat penebar pupuk yang digunakan di lokasi penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kelapa Sawit

1. Botani dan Morfologi Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) adalah tanaman monokotil yang termasuk dalam famili Arecaceae (dahulu dikenal sebagai *Palmae*). Genus *Elaeis* berasal dari bahasa Yunani 'elaion' yang berarti minyak, sementara nama spesies *guineensis* mengacu pada asal usul tanaman ini dari Pantai Guinea, Afrika Barat. Morfologi kelapa sawit dapat diuraikan sebagai berikut:

- a. Akar: kelapa sawit memiliki sistem perakaran serabut. Akar primer tumbuh ke bawah dan ke samping membentuk sudut 45° terhadap pangkal batang. Dari akar primer tumbuh akar sekunder, tersier, dan kuarternar. Sebagian besar akar aktif berada pada kedalaman 0–60 cm.
- b. Batang: pada batang pohon kelapa sawit memiliki bentuk silindris berdiameter 20–75 cm. Batang ini tidak memiliki cabang dan tumbuh tegak ke atas.
- c. Daun: daun kelapa sawit merupakan daun majemuk. Satu helai daun terdiri dari pelepah, rachis, dan anak daun (*pinnae*). Anak daun di setiap sisi rachis berkisar 100–160 helai. Panjang dari daun dewasa mencapai 5–9 meter.

13 d. Bunga: kelapa sawit adalah tanaman *monoecious*, artinya bunga jantan dan betina terdapat dalam satu pohon namun terpisah. Bunga kelapa sawit tumbuh di ketiak daun membentuk tandan.

41 e. Buah: buah sawit yang tumbuh dalam bentuk tandan disebut Tandan Buah Segar (TBS). Satu TBS dapat berisi 1000–3000 buah dengan berat mencapai 20–30 kg. Buah kelapa sawit terdiri dari *eksokarp* (kulit luar), *mesokarp* (daging buah yang mengandung minyak sawit), *endokarp* (cangkang), dan *kernel* (inti sawit yang mengandung minyak inti sawit).

2 B. Syarat Tumbuh Kelapa Sawit

45 Kelapa sawit memiliki syarat tumbuh yang spesifik untuk dapat berproduksi optimal:

1. Iklim

- 26 a. Curah hujan: 1.500–3.000 mm/tahun, dengan distribusi merata sepanjang tahun. Curah hujan ideal adalah 2.000–2.500 mm/tahun.
- 11 b. Suhu: rata-rata 24–28°C. Suhu minimum tidak boleh kurang dari 18°C dan maksimum tidak lebih dari 32°C.
- c. Sinar matahari: membutuhkan penyinaran minimal 5–7 jam per hari.
- d. Kelembaban: optimal pada 80–90%.

2. Ketinggian

28 Tumbuh optimal pada ketinggian 0–500 meter di atas permukaan laut (mdpl). Penanaman di atas 500 mdpl dapat mengurangi produktivitas.

3. Tanah

- a. pH tanah: optimal pada 4,0–6,5. Kelapa sawit relatif toleran terhadap tanah masam.
- b. Tekstur tanah: Tumbuh baik pada berbagai jenis tanah, namun lebih disukai tanah lempung berpasir atau lempung liat berpasir.
- c. Drainase: Membutuhkan drainase yang baik. Tanah tidak boleh tergenang air.
- d. Kesuburan: Tanah yang kaya akan bahan organik lebih disukai.

4. Topografi

Lahan yang relatif datar dengan kemiringan kurang dari 12% lebih disukai untuk memudahkan pengelolaan dan mengurangi erosi.

5. Ketersediaan air

Membutuhkan ketersediaan air yang cukup sepanjang tahun. Kekurangan air dapat menurunkan produksi buah secara signifikan.

C. Manajemen Pemupukan Kelapa Sawit

1. Jenis dan Dosis Pupuk

Pemupukan merupakan faktor kunci dalam produktivitas kelapa sawit. Jenis pupuk utama yang digunakan meliputi:

- a. Nitrogen (N):
 - 1) Sumber: urea, amonium sulfat, amonium nitrat
 - 2) Fungsi: meningkatkan pertumbuhan vegetatif, produksi buah, dan kandungan minyak

- 3) Dosis: Bervariasi dari 0,5–2,5 kg/pohon/tahun tergantung umur tanaman
- b. Fosfor (P):
- 1) Sumber: *rock Phosphate, Triple Super Phosphate* (TSP)
 - 2) Fungsi: memperkuat sistem perakaran, meningkatkan pembungaan dan pembentukan buah
 - 3) Dosis: sekitar 0,5–1,5 kg/pohon/tahun
- c. Kalium (K):
- 1) Sumber: *Muriate of Potash* (MOP), *Kieserite*
 - 2) Fungsi: meningkatkan resistensi terhadap penyakit, kualitas buah, dan efisiensi penggunaan air
 - 3) Dosis: sekitar 1–3 kg/pohon/tahun
- d. Magnesium (Mg):
- 1) Sumber: *Kieserite* dan *Dolomite*
 - 2) Fungsi: penting untuk proses fotosintesis dan pembentukan minyak
 - 3) Dosis: sekitar 0,5–1 kg/pohon/tahun

Dosis pemupukan bervariasi berdasarkan beberapa faktor:

1. Umur tanaman: tanaman muda membutuhkan lebih banyak N dan P, sementara tanaman dewasa membutuhkan lebih banyak K.
2. Jenis tanah: tanah berpasir umumnya membutuhkan dosis pupuk yang lebih tinggi dibandingkan tanah liat.
3. Hasil analisis daun: analisis daun dilakukan secara rutin untuk menentukan status nutrisi tanaman dan menyesuaikan dosis pupuk.

4. Produktivitas: tanaman dengan produktivitas tinggi membutuhkan input pupuk yang lebih besar.
5. Kondisi lingkungan: curah hujan, suhu, dan intensitas cahaya mempengaruhi kebutuhan pupuk.

D. Waktu dan Metode Pemupukan

1. Waktu Pemupukan

- a. Umumnya dilakukan 2–3 kali setahun
- b. Sebaiknya dilakukan pada awal musim hujan untuk memaksimalkan penyerapan
- c. Pemupukan N dan K biasanya dibagi menjadi beberapa aplikasi untuk mengurangi kehilangan nutrisi
- d. Pemupukan P dan Mg dapat dilakukan sekali setahun

2. Metode Pemupukan:

a. Mekanis

Penebar pupuk (*Fertilizer spreader*): alat yang dapat menyebarkan pupuk secara merata

- 1) Kelebihan: lebih cepat, distribusi lebih merata
- 2) Kekurangan: membutuhkan investasi alat, kurang efektif di lahan berbukit dan injeksi pupuk cair: pupuk dalam bentuk cair diinjeksikan ke tanah
- 3) Kelebihan: penyerapan lebih cepat, dapat dikombinasikan dengan irigasi
- 4) Kekurangan: membutuhkan infrastruktur khusus, biaya lebih tinggi

3. Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan metode pemupukan:

- a. Topografi lahan
- b. Ketersediaan tenaga kerja
- c. Jenis pupuk yang digunakan
- d. Kondisi tanah dan cuaca
- e. Biaya dan efisiensi

E. Alat Penebar Pupuk

Jenis-jenis Alat Penebar Pupuk Terdapat beberapa jenis alat penebar pupuk yang umum digunakan di perkebunan kelapa sawit, antara lain:

1. Penebar pupuk *mounted spreader*:



Gambar 2. 1 Traktor

- a. Dipasang langsung pada traktor (biasanya di bagian belakang)
- b. Kapasitas bervariasi, umumnya 200 – 1.000 kg
- c. Lebih mudah dimaneuver dibandingkan tipe tarik
- d. Cocok untuk berbagai kondisi lahan

Tabel 2. 1 Spesifikasi Traktor

Tipe unit	M9540
Model	V3800-DI-T
Total Tenaga	95,0 (70,8) PS (kW)
Kapasitas Silinder	3.769 cc
Kecepatan Putaran Maks.	2.600 rpm
Jumlah Silinder	4
Kapasitas Tangki Bahan Bakar	90 L
Ukuran Ban Depan	12,4-24
Ukuran Ban Belakang	18.4-30
Transmisi	8 Gigi Maju & 8 Gigi Mundur
Pengereman	Cakram Basah Hidraulik
Radius Belok	2,1 m
Kecepatan PTO	540 (2.205) rpm (putaran mesin)
3-Point Hitch	Kategori II
Daya Angkat Maksimum (kg)	2.900
Daya Angkat Maksimum (kg)	2.500
Dimensi Unit (P x L x T)	3.760 mm x 2.030 mm x 2.350 mm
Ground Clearance	450 mm
Berat	2.710 kg



Gambar 2. 2 Fertilizer spreader

Tabel 2. 2 Fertilizer spreader

Model	Turbo mini 500
Kapasitas Angkut	500 kg
<i>Hopper Material</i>	<i>material fully stainless steel</i>
Lebar Tabur	5 – 10 m
Max PTO	540
Dimensi Unit	109cm x 119 cm x 150 cm
Berat	151 kg

F. Prinsip Kerja Alat Penebar Pupuk

1. Mayoritas alat penebar pupuk mekanis bekerja dengan prinsip sentrifugal, yang meliputi komponen dan proses berikut:

- a. *Hopper*:

- 1) Wadah penampung pupuk
- 2) Berbentuk kerucut terbalik untuk memudahkan aliran pupuk

- b. Mekanisme pengatur aliran:
 - 1) Mengontrol jumlah pupuk yang keluar dari *hopper*
 - 2) Biasanya berupa *gate* atau *slide* yang dapat diatur
 - c. Piringan pemutar (*spinner disc*):
 - 1) Piringan datar atau sedikit cekung yang berputar
 - 2) Biasanya terdapat dua piringan yang berputar berlawanan arah
 - d. Sirip (*vane*) pada piringan:
 - 1) Mengarahkan pupuk saat dilemparkan dari piringan
 - 2) Jumlah dan bentuk sirip mempengaruhi pola sebaran
 - e. Penggerak:
 - 1) Sumber tenaga untuk memutar piringan
 - 2) Bisa dari PTO traktor atau motor listrik/hidraulik terpisah
2. Proses penyebaran:
- a. Pupuk mengalir dari *hopper* ke piringan pemutar.
 - b. Piringan berputar dengan kecepatan tinggi (umumnya 600–900 rpm).
 - c. Gaya sentrifugal mendorong pupuk ke arah luar piringan.
 - d. Pupuk dilemparkan oleh sirip ke area sasaran.
3. Faktor yang mempengaruhi pola dan jarak sebaran:
- a. Kecepatan putaran piringan:
 - 1) Semakin cepat, semakin jauh jarak lempar.
 - b. Sudut piringan:
 - 1) Mempengaruhi arah lemparan pupuk.

- c. Bentuk dan jumlah sirip:
 - 1) Mempengaruhi pola sebaran.
- d. Karakteristik pupuk:
 - 1) Ukuran, bentuk, dan densitas pupuk mempengaruhi jarak lempar.
- e. Kecepatan maju alat:
 - 1) Mempengaruhi kepadatan sebaran.
- f. Ketinggian piringan dari tanah:
 - 1) Mempengaruhi lebar sebaran efektif.
- g. Pengaturan *gate*:
 - 1) Mengontrol jumlah pupuk yang disebar per satuan waktu.
- h. Untuk mendapatkan hasil optimal, operator perlu menyesuaikan pengaturan alat berdasarkan jenis pupuk dan kondisi lapangan.

G. Efisiensi Pemupukan

Efisiensi pemupukan mengacu pada sejauh mana nutrisi yang diberikan melalui pupuk dapat diserap dan dimanfaatkan oleh tanaman kelapa sawit. Efisiensi yang tinggi penting untuk memaksimalkan produktivitas tanaman, meminimalkan biaya produksi, dan mengurangi dampak lingkungan.

H. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Efisiensi Pemupukan

- 1. Jenis dan dosis pupuk:
 - a. Jenis pupuk: pupuk dengan kelarutan yang berbeda memiliki tingkat efisiensi yang berbeda. Pupuk *slow-release* cenderung lebih efisien karena melepaskan nutrisi secara bertahap.

- b. Dosis pupuk: dosis yang tepat penting untuk efisiensi. Dosis berlebihan dapat menyebabkan pemborosan dan pencemaran lingkungan, sementara dosis yang kurang dapat menghambat pertumbuhan tanaman.
 - c. Keseimbangan nutrisi: pasio N:P:K:Mg yang tepat penting untuk memastikan penyerapan yang optimal oleh tanaman.
2. Waktu dan frekuensi pemupukan:
- a. Waktu aplikasi: pemupukan sebaiknya dilakukan saat tanaman aktif tumbuh dan saat kondisi tanah lembab.
 - b. Frekuensi: pemupukan yang terbagi dalam beberapa aplikasi (*split application*) umumnya lebih efisien daripada aplikasi sekaligus dalam jumlah besar.
 - c. Sinkronisasi dengan kebutuhan tanaman: pemupukan harus disesuaikan dengan fase pertumbuhan tanaman.
3. Metode aplikasi pupuk:
- a. Penempatan pupuk: pupuk yang ditempatkan dekat dengan zona perakaran aktif lebih efisien.
 - b. Keseragaman aplikasi: distribusi pupuk yang merata meningkatkan efisiensi penyerapan.
 - c. Teknik aplikasi: metode *pocket* (benam) umumnya lebih efisien daripada metode tebar (*broadcast*), terutama untuk pupuk yang mudah menguap seperti urea.

4. Kondisi tanah dan iklim:

- a. Tekstur tanah: tanah berpasir cenderung memiliki efisiensi pemupukan yang lebih rendah karena tingginya tingkat pencucian (*leaching*).
- b. pH tanah: pH yang ekstrem dapat mengurangi ketersediaan nutrisi tertentu.
- c. Kelembaban tanah: tanah yang terlalu kering atau terlalu basah dapat mengurangi efisiensi pemupukan.
- d. Curah hujan: curah hujan yang tinggi segera setelah pemupukan dapat menyebabkan pencucian nutrisi.
- e. Suhu: suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan *volatilisasi* pupuk nitrogen.

5. Manajemen pemupukan:

- a. Analisis tanah dan daun: pemantauan rutin status nutrisi tanah dan tanaman membantu dalam penyesuaian program pemupukan.
- b. Kalibrasi alat: alat penebar pupuk yang terkalibrasi dengan baik memastikan aplikasi yang akurat.
- c. Pengendalian gulma: gulma yang tidak terkendali dapat mengambil nutrisi yang ditujukan untuk tanaman kelapa sawit.
- d. Konservasi tanah: praktik konservasi tanah seperti pembuatan teras dan penanaman *cover crop* dapat meningkatkan efisiensi pemupukan.
- e. Irigasi: manajemen air yang baik dapat meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi.

6. Karakteristik tanaman:

- a. Umur tanaman: tanaman muda dan tanaman dewasa memiliki kebutuhan nutrisi yang berbeda.
- b. Varietas: beberapa varietas kelapa sawit mungkin lebih efisien dalam penggunaan nutrisi.
- c. Kesehatan tanaman: tanaman yang sehat umumnya lebih efisien dalam menyerap nutrisi.

7. Interaksi antar nutrisi:

Sinergi dan antagonisme: Beberapa nutrisi dapat meningkatkan atau menghambat penyerapan nutrisi lain. Misalnya, kelebihan K dapat menghambat penyerapan Mg.

8. Faktor ekonomi:

- a. Harga pupuk: Fluktuasi harga pupuk dapat mempengaruhi keputusan pemupukan dan efisiensinya.
- b. Harga minyak sawit: Harga jual produk akhir mempengaruhi keputusan investasi dalam pemupukan.

I. Dampak Lingkungan Pemupukan

Pemupukan, meskipun penting untuk produktivitas kelapa sawit, dapat memiliki dampak signifikan terhadap lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Salah satu dampak utama adalah pencemaran air.

Penggunaan pupuk yang berlebihan atau tidak tepat dapat menyebabkan pencemaran air tanah dan air permukaan melalui dua proses utama: *leaching* (pelindian) dan *run-off* (limpasan permukaan).

1. *Leaching* (Pelindian):

- a. Proses: Nutrisi dari pupuk terlarut dalam air dan meresap melewati profil tanah, mencapai air tanah.
- b. Faktor yang mempengaruhi
 - 1) Tekstur tanah: Tanah berpasir lebih rentan terhadap *leaching* dibandingkan tanah liat.
 - 2) Curah hujan: Hujan lebat meningkatkan risiko *leaching*.
 - 3) Irigasi berlebihan: Dapat memperparah *leaching*.
 - 4) Jenis pupuk: Pupuk dengan kelarutan tinggi lebih rentan terhadap *leaching*.
- c. Dampak:
 - 1) Kontaminasi air tanah: Terutama oleh nitrat, yang dapat berbahaya jika dikonsumsi.
 - 2) Eutrofikasi air bawah tanah: Dapat mempengaruhi ekosistem akuatik.

2. *Run-off* (Limpasan Permukaan):

- a. Proses: Pupuk yang tidak terserap terbawa oleh air hujan atau irigasi di permukaan tanah.
- b. Faktor yang mempengaruhi:
 - 1) Topografi: Lahan miring meningkatkan risiko *run off*.
 - 2) Intensitas hujan: Hujan lebat meningkatkan limpasan permukaan.
 - 3) Kondisi tanah: Tanah yang padat atau jenuh air meningkatkan *run off*.

- 4) Waktu pemupukan: Pemupukan sebelum hujan lebat meningkatkan risiko.
- c. Dampak:
- 1) Eutrofikasi badan air permukaan: Menyebabkan pertumbuhan alga berlebihan.
 - 2) Penurunan kualitas air: Mempengaruhi kehidupan akuatik dan kesehatan manusia.

Dampak Spesifik Pencemaran Air:

1. Eutrofikasi:
 - a. Pengayaan nutrisi (terutama N dan P) di badan air.
 - b. Menyebabkan pertumbuhan alga dan tumbuhan air berlebihan.
 - c. Dapat menyebabkan deplesi oksigen, kematian ikan, dan perubahan ekosistem.
2. Kontaminasi Air Minum:
 - a. Nitrat dalam air minum dapat menyebabkan *methemoglobinemia* pada bayi.
 - b. Fosfat dapat menyebabkan masalah kesehatan jika berlebihan.
3. Perubahan Ekosistem Akuatik:
 - a. Perubahan komposisi spesies di badan air.
 - b. Penurunan biodiversitas akuatik.
4. Dampak Ekonomi:
 - a. Peningkatan biaya pengolahan air untuk konsumsi.
 - b. Penurunan nilai rekreasi badan air.

5. Acidifikasi:

Beberapa jenis pupuk dapat menyebabkan pengasaman badan air.

Strategi Mitigasi:

1. Penerapan *Best Management Practices* (BMP) dalam pemupukan:

- a. Penggunaan dosis pupuk yang tepat berdasarkan analisis tanah dan daun.
- b. Pemilihan waktu pemupukan yang tepat.
- c. Penggunaan pupuk *slow-release* atau *controlled-release*.

2. Manajemen Zona Penyangga:

Pemeliharaan zona vegetasi di sepanjang badan air untuk menyaring nutrisi.

3. Pengendalian Erosi:

- a. Pembuatan teras atau kontur pada lahan miring.
- b. Penggunaan tanaman penutup tanah (*cover crop*).

4. Sistem Drainase yang Baik:

Desain sistem drainase yang meminimalkan *run-off* langsung ke badan air.

J. Penelitian Terdahulu

Rahman dan Kusuma (2021) - "Optimalisasi Kalibrasi Alat Penebar Pupuk untuk Berbagai Jenis Pupuk di Perkebunan Kelapa Sawit"

1. Metode: Melakukan serangkaian uji kalibrasi untuk berbagai jenis pupuk dan menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi akurasi penebaran.
2. Hasil: Kalibrasi yang tepat dapat meningkatkan akurasi penebaran hingga 95% untuk semua jenis pupuk yang diuji.
3. Kesimpulan: Prosedur kalibrasi yang spesifik untuk setiap jenis pupuk sangat penting untuk memastikan efisiensi penggunaan alat penebar.

18

BAB 3

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PTPN IV Regional IV Kebun Rimbo Bujang Satu, Provinsi Jambi. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada penggunaan alat penebar pupuk yang telah diterapkan di perkebunan tersebut. Penelitian dilakukan pada 26 April 2024 sesuai jadwal pemupukan dari perusahaan.

B. Alat dan Bahan Alat:

1. Alat

- a. Mesin penebar pupuk yang digunakan di lokasi penelitian
- b. Meteran untuk mengukur luas area pemupukan
- c. *Stopwatch* untuk mengukur waktu pemupukan
- d. Alat tulis
- e. Kamera untuk dokumentasi

2. Bahan:

- a. Pupuk NPK yang digunakan dalam pemupukan rutin di perkebunan PTPN IV.

7

C. Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan observasi langsung dan pengukuran di lapangan. Metode ini dipilih untuk mendapatkan data aktual mengenai efektivitas penggunaan alat penebar pupuk dalam kondisi operasional nyata di perkebunan.

D. Metode Analisis Data

1. Biaya tetap

Biaya tetap adalah jenis biaya yang selama satu periode kerja kerja tetap jumlahnya, biaya ini tetap ada dan harus diperhitungkan meskipun mesin pertanian bekerja dalam waktu yang berbeda atau bahkan tidak digunakan untuk bekerja.

2. Komponen biaya tetap

a. Biaya penyusutan

Biaya penyusutan adalah penurunan nilai suatu mesin pertanian akibat dari pertambahan umur pemakaian.

- 1) Biaya penyusutan di hitung dengan metode garis lurus (*straight line method*).
- 2) Rumus yang digunakan dalam perhitungan metode garis lurus yaitu

$$Bp = \frac{Haw - Hak(10\%)}{Ue(jam)} \text{ Rp/jam}$$

Keterangan : Bp = Biaya penyusutan (Rp/jam)

Haw = Harga awal mesin pertanian (Rp)

Hak = Harga akhir mesin pertanian (Rp)

Ue = Umur ekonomis (jam)

b. Biaya bunga modal

Biaya bunga modal adalah investasi pada mesin pertanian yang diperhitungkan sebagai biaya, karena uang dipergunakan untuk membeli alat tidak bisa dipergunakan untuk usaha.

Perhitungan Bunga modal dapat dihitung dengan rumus

$$Bm = i \times \frac{(Haw+Hak)}{2} \times \frac{1}{Jkt} \text{ Rp/jam}$$

Keterangan : Bm = Bunga modal

i = Tingkat(suku) bunga bank per tahun, saat perhitungan (% per tahun).

Haw = Harga awal mesin pertanian (Rp)

Hak = Harga akhir mesin pertanian (Rp)

Jkt = Jam kerja per tahun (jam)

3. Biaya tidak tetap

Biaya tidak tetap adalah biaya yang dikeluarkan pada saat mesin pertanian beroperasi dan besarnya tergantung pada jumlah jam kerja pemakaian. Biaya tidak tetap terdiri dari beberapa komponen yaitu :

a. Biaya bahan bakar

Perhitungan biaya bahan bakar dapat dihitung dengan rumus

$$Bbm = \text{Konsumsi(liter/jam)} \times hb \text{ (Rp/liter)}$$

Keterangan : Bbm = Bahan bakar minyak (Rp/jam)

$$Hb = \text{Harga bahan bakar (Rp/liter)}$$

b. Biaya minyak pelumas

Perhitungan biaya minyak pelumas dapat dihitung dengan rumus

$$Bmp = \text{Konsumsi(liter/jam)} \times Hp \text{ (Rp/liter)}$$

Keterangan : Bmp = Biaya minyak pelumas (Rp/jam)

$$Hp = \text{Harga pelumas (Rp/liter)}$$

c. Biaya perbaikan dan pemeliharaan

Biaya perbaikan dan pemeliharaan dapat dihitung dengan rumus

$$Bpp = 10\% \times \frac{Haw}{Jkt} \text{ Rp/jam}$$

Keterangan : Bpp = Biaya perbaikan dan pemeliharaan (Rp/jam)

Haw = Harga awal mesin pertanian (Rp)

Jkt = Jam kerja per tahun (jam/tahun)

d. Biaya tenaga kerja

Biaya tenaga kerja dapat dihitung dengan rumus

$$Btk = \frac{Utk}{Jkh}$$

Keterangan : Btk = Biaya tenaga kerja

Utk = Upah tenaga kerja

Jkh = Jam kerja harian

E. Penyajian Data

1. Persiapan:

- a. Koordinasi dengan manajemen PTPN IV untuk mendapatkan izin dan dukungan penelitian.
- b. Penentuan blok sampel yang representatif untuk penelitian.
- c. Kalibrasi alat penebar pupuk sesuai dengan jenis pupuk yang digunakan.

2. Pengumpulan Data:

- a. Pengukuran waktu yang dibutuhkan untuk pemupukan menggunakan alat penebar pupuk.
- b. Pengumpulan data biaya operasional yang dibutuhkan

3. Analisis Data:

- a. Perhitungan kapasitas kerja mesin penebar pupuk.
- b. Perhitungan biaya operasional pemupukan menggunakan mesin penebar pupuk.

F. Parameter Pengamatan

1. Kapasitas kerja mesin penebar pupuk (jam/hektar)
2. Biaya operasional mesin penebar pupuk (Rp/jam)
3. Biaya operasional pemupukan menggunakan mesin penebar pupuk (Rp/hektar)

BAB IV**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN****A. Analisis Penggunaan Alat Penebar Pupuk***Tabel 4. 1 Waktu Pemupukan*

UL	WM (jam)	WT (jam)	WB (jam)	TW (jam)	Jumlah Pokok	JP (kg)	Pk/ Jam	kg / Pk
1.	0,0794	0,1117	0,0139	0,2050	146	500	712	3,42
2.	0,0578	0,1139	0,0111	0,1828	163	500	892	3,06
3.	0,0436	0,0797	0,0083	0,1317	157	500	1192	3,18
4.	0,0464	0,1192	0,0144	0,1800	156	500	867	3,20
5.	0,0458	0,1217	0,0108	0,1783	153	500	858	3,26
6.	0,0458	0,1197	0,0108	0,1764	155	500	879	3,22
7.	0,0578	0,1108	0,0022	0,1708	160	500	937	3,12
8.	0,0794	0,1000	0,0063	0,1603	148	500	923	3,37
9.	0,0472	0,1250	0,0065	0,1656	153	500	924	3,26
10.	0,0611	0,1089	0,0065	0,1625	151	500	929	3,31
Total	0,5643	1,1106	0,0908	1,7134	1542	5000	9.113	32,4
Rerata	0,05643	0,11106	0,00908	0,17134	154,2	500	911,3	3,24

UL : Ulangan

WM : Waktu Muat

WT : Waktu Tabur

WB : Waktu Balik

TW : Total Waktu

JP : Jumlah Pokok

Pk : Pokok

Tenaga kerja yang dibutuhkan ada 6 orang, yaitu 3 orang untuk menaikkan pupuk ke dalam spreader, 1 orang operator, 1 orang mandor dan 1 orang anggota pengamanan.

8

Jenis pupuk yang digunakan dalam penelitian adalah pupuk NPK. Dalam penelitian pupuk yang digunakan sebanyak 5 ton dan setiap pengulangan pupuk yang di angkut alat penabur pupuk yaitu 500 kg.

Tabel 4. 2 Biaya Tenaga Kerja

Jabatan	Biaya (Rp/hari)	Jumlah (orang)	Total Biaya (Rp/hari)
Buruh harian lepas	80.000,00	3	160.000,00
Operator	170.000,00	1	170.000,00
Mandor pupuk	210.000,00	1	210.000,00
Pengaman	100.000,00	1	100.000,00
Total	560.000,00	6	640.000,00

Sumber: PTPN IV Regional IV Kebun Usaha Rimbo Bujang Satu

1

1. Biaya tetap

a. Biaya penyusutan menggunakan metode garis lurus

1) Biaya penyusutan traktor

$$B_{pt} = \frac{Haw - Hak(10\% \times Haw)}{Ue(jam)} \text{ Rp/jam}$$

$$B_{pt} = \frac{Rp536.000.000,00 - Rp53.600.000,00}{5250 \text{ jam}}$$

$$B_{pt} = Rp91.885,71/\text{jam}$$

b. Biaya bunga modal traktor

$$Bmt = i \times \frac{\left(\frac{Haw+Hak}{2}\right)}{Jkt} \text{ Rp/jam}$$

$$Bmt = i \times \frac{\left(\frac{Rp536.000.000,00+Rp53.600.000,00}{2}\right)}{1050 \text{ jam}} \text{ Rp/jam}$$

$$Bmt = 9,46\% \times \frac{Rp294.800.000,00}{1050 \text{ jam}}$$

$$Bmt = 9,46\% \times Rp280.761,90/\text{jam}$$

$$Bmt = Rp26.560,07/\text{jam}$$

c. Besarnya biaya tetap traktor

Biaya penyusutan + Biaya bunga modal

$$Rp91.885,71/\text{jam} + Rp26.560,07/\text{jam} = Rp118.445,78/\text{jam}$$

d. Biaya penyusutan *fertilizer spreader*

$$Bpf = \frac{Haw-Hak(10\% \times Haw)}{Ue(\text{jam})} \text{ Rp/jam}$$

$$Bpf = \frac{Rp90.000.000,00-Rp9.000.000,00}{5250 \text{ jam}}$$

$$Bpf = Rp15.428,57 /\text{jam}$$

e. Biaya bunga modal *fertilizer spreader*

$$Bmf = i \times \frac{\left(\frac{Haw+Hak}{2}\right)}{Jkt} \text{ Rp/jam}$$

$$Bmf = i \times \frac{\left(\frac{Rp90.000.000,00+Rp9.000.000,00}{2}\right)}{1050} \text{ Rp/jam}$$

$$Bmf = 9,46\% \times \frac{Rp49.500.000,00}{1050}$$

$$Bmf = 9,46\% \times Rp47.142,85$$

$$Bmf = Rp4.459,71/\text{jam}$$

- f. Besarnya biaya tetap *fertilizer spreader*

Biaya penyusutan + Biaya bunga modal

$$\text{Rp}15.428,57 / \text{jam} + \text{Rp}4.459,71/\text{jam} = \text{Rp}19.888,28/\text{jam}$$

- g. Biaya tetap mesin penabur pupuk

Besarnya biaya tetap tractor + Besar nya biaya tetap *fertilizer spreader* = Rp/jam

$$\text{Rp}118.445,78/\text{jam} + \text{Rp}19.888,28/\text{jam} = \text{Rp}.138.334,06/\text{jam}$$

2. Biaya tidak tetap

- a. Bahan bakar

Bbm = Konsumsi(liter/jam) x harga

$$\text{Bbm} = \text{Konsumsi} (2 \text{ liter/jam}) \times \text{Rp}15.500,00/\text{liter}$$

$$\text{Bbm} = \text{Rp}31.000,00/\text{jam}$$

- b. Biaya minyak pelumas

Bmp = Konsumsi (liter/jam) x harga

$$\text{Bmp} = \text{Konsumsi} (0,4 \text{ liter/jam}) \times \text{Rp}40.000,00/\text{liter}$$

$$\text{Bmp} = \text{Rp}16.000,00/\text{jam}$$

- c. Biaya pemeliharaan dan perbaikan

- a. Traktor

$$\text{Bppt} = 10\% \times \frac{\text{Haw}}{\text{Jkt}} \text{ Rp/jam}$$

$$\text{Bppt} = 10\% \times \frac{\text{Rp}536.000.000,00}{1050 \text{ jam}} = 10\% \times \text{Rp}510.476,19/\text{jam}$$

$$\text{Bppt} = \text{Rp}51.047,61/\text{jam}$$

b. *Fertilizer spreader*

$$B_{ppf} = 10\% \times \frac{H_{aw}}{J_{kt}} \text{ Rp/jam}$$

$$B_{ppf} = 10\% \times \frac{\text{Rp}90.000.000,00}{1050 \text{ jam}} = 10\% \times \text{Rp}85.714,28/\text{jam}$$

$$B_{ppf} = \text{Rp}8.571,42/\text{jam}$$

c. Besarnya biaya pemeliharaan dan perbaikan

$$B_p = B_{ppt} + B_{ppf}$$

$$B_p = \text{Rp}51.047,61/\text{jam} + \text{Rp}8.571,42/\text{jam} = \text{Rp}59.619,03/\text{jam}$$

d. Biaya tenaga kerja yang terdiri dari buruh harian lepas, operator, mandor pupuk, dan pengaman

$$B_{tk} = \frac{U_{tk}}{J_{kh}}$$

$$B_{tk} = \frac{\text{Rp} 640.000,00/\text{jam}}{7 \text{ jam}} = \text{Rp}91.428,57/\text{jam}$$

e. Besar nya biaya tidak tetap

Biaya bahan bakar + Biaya pelumas + Biaya pemeliharaan dan perbaikan + Biaya tenaga kerja = Rp/jam

$$\text{Rp}31.000,00/\text{jam} + \text{Rp}16.000,00/\text{jam} + \text{Rp}59.619,03/\text{jam} + \text{Rp}91.428,57/\text{jam} = \text{Rp}198.047,6/\text{jam}$$

f. Biaya operasional mesin pemupukan

$$B_{om} = \text{Biaya tetap} + \text{Biaya tidak tetap} = \text{Rp/jam}$$

$$B_{om} = \text{Rp}138.334,06/\text{jam} + \text{Rp}198.047,6/\text{jam} = \text{Rp}336.381,66/\text{jam}$$

3. Kapasitas kerja

$$K_k = \frac{ha}{jam}$$

15

$$Kk = \frac{154,2/\text{pokok}}{0,1713 \text{ jam}} = 900,17 \text{ pokok/jam}$$

$$Kk = 900,17 \text{ pokok/jam} \times \frac{1 \text{ ha}}{137 \text{ pokok}} = 6,57 \text{ ha/jam}$$

4. Biaya penggunaan mesin

$$Bpm = \frac{bo}{kk} = \frac{\text{Rp}336.381,66/\text{jam}}{6,57 \text{ ha/jam}} = \text{Rp}51.199,64/\text{ha}$$

5. Penggunaan pupuk

$$Pp = 3,24 \frac{\text{kg}}{\text{pokok}} \times \frac{137 \text{ pokok}}{1 \text{ ha}} = 443,88 \text{ kg/ha}$$

6. Biaya penggunaan pupuk

$$Bpp = \text{Penggunaan pupuk} \times \text{harga pupuk} = \text{Rp/ha}$$

$$Bpp = 443,88 \text{ kg/ha} \times \text{Rp}14.000,00/\text{kg}$$

$$Bpp = \text{Rp}6.214.320,00/\text{ha}$$

7. Biaya operasional pemupukan menggunakan mesin pemupukan

$$Bop = \text{Biaya penggunaan mesin} + \text{biaya penggunaan pupuk} = \text{Rp/ha}$$

$$Bop = \text{Rp}51.199,64/\text{ha} + \text{Rp}6.214.320,00/\text{ha} = \text{Rp}6.265.519,64/\text{ha}.$$

B. Hasil Analisis Penggunaan Alat Penebar Pupuk

Penelitian ini mengungkapkan bahwa kapasitas kerja alat penebar pupuk di perkebunan kelapa sawit PTPN IV Regional IV Kebun Rimbo Bujang Satu mencapai 6,57 ha/jam. Estimasi biaya operasional per jam penggunaan alat ini adalah Rp336.381,63/jam, sedangkan biaya operasional per hektar adalah Rp51.199,63/ha. Jika digabungkan dengan biaya penggunaan pupuk, total biaya pemupukan per hektar mencapai Rp6.265.519,63/ha.

C. Analisis Pemupukan Manual

Tenaga kerja yang dibutuhkan ada 12 orang, yaitu 10 orang buruh harian lepas, 1 orang mandor dan 1 orang anggota pengamanan.

Jenis pupuk yang digunakan dalam penelitian adalah pupuk NPK dan pupuk yang digunakan sebanyak 5 ton.

Tabel 4. 3 Biaya tenaga kerja pemupukan manual

Jabatan	Biaya (Rp/hari)	Jumlah (orang)	Total Biaya (Rp/hari)
Buruh harian lepas	100.000,00	10	1.000.000,00
Mandor pupuk	210.000,00	1	210.000,00
Pengaman	100.000,00	1	100.000,00
Total	410.000,00	12	1.310.000,00

Sumber: PTPN IV Regional IV Kebun Usaha Rimbo Bujang Satu

1. Kapasitas Kerja

$$Kk = \frac{ha}{jam}$$

$$Kk = \frac{151,51/pokok}{0,5 jam} = 303,02 \text{ pokok/jam}$$

$$Kk = 303,02 \text{ pokok/jam} \times \frac{1 ha}{137 \text{ pokok}} = 2,21 \text{ ha/jam}$$

2. Biaya tenaga kerja yang terdiri dari buruh harian lepas, mandor pupuk, dan pengaman

$$Btk = \frac{Utk}{Jkh}$$

$$Btk = \frac{Rp1.310.000,00}{5 jam} = Rp262.000,00/jam$$

3. Biaya Pemupukan Manual

$$Bpm = \frac{Btk}{Kk} = \frac{Rp262.000,00/jam}{2,21 ha/jam} = Rp118.552,03/ha$$

4. Penggunaan Pupuk

$$Pp = 3,30 \frac{kg}{pekok} \times \frac{137 pekok}{1 ha} = 452,1 kg/ha$$

5. Biaya Penggunaan Pupuk

$$Bpp = \text{Penggunaan pupuk} \times \text{harga pupuk} = Rp/ha$$

$$Bpp = 452,1 kg/ha \times Rp14.000,00/kg = Rp6.329.400,00/ha$$

6. Biaya Total Pemupukan Manual

$$Btp = \text{Biaya pemupukan manual} + \text{biaya penggunaan pupuk} = Rp/jam$$

$$Btp = Rp118.552,03/ha + Rp6.329.400,00/ha = Rp6.447.952,03/ha$$

D. Hasil Analisis Pemupukan Manual

Hasil analisis pemupukan manual mengungkapkan bahwa kapasitas kerja pemupukan manual di perkebunan kelapa sawit PTPN IV Regional IV Kebun Rimbo Bujang Satu mencapai 2,21 ha/jam. Estimasi pemupukan manual per jam adalah Rp262.000,00/jam, sedangkan biaya pemupukan manual per hektar adalah Rp118.552,03/ha. Jika digabungkan dengan biaya penggunaan pupuk, total biaya pemupukan per hektar mencapai Rp6.447.952,03/ha.

E. Analisis Pemupukan Menggunakan Mesin Penebar Pupuk dan Pemupukan Manual

1. Efisiensi Waktu Kerja

- a. Pemupukan Manual: berdasarkan hasil penelitian, kapasitas kerja metode manual hanya mencapai 2,21 ha/jam. Pemupukan manual memerlukan waktu yang lebih lama karena tenaga manusia yang

terbatas, dan sering kali terjadi penurunan produktivitas saat kondisi cuaca tidak mendukung (misalnya hujan atau panas terik).

- b. Penggunaan Mesin Penebar Pupuk: metode ini mampu mencapai kapasitas kerja 6,57 ha/jam, hampir tiga kali lipat lebih cepat dibandingkan metode manual. Penggunaan mesin mengurangi waktu kerja secara signifikan, sehingga cocok diterapkan pada areal yang luas dengan target pemupukan yang cepat.

2. Biaya Operasional

- a. Pemupukan Manual: biaya pemupukan manual mencapai Rp6.447.952,03/ha, yang terdiri dari biaya tenaga kerja dan biaya pupuk. Meskipun tenaga kerja untuk metode manual lebih murah dalam beberapa kondisi, ketergantungan pada tenaga kerja manusia dapat meningkatkan biaya, terutama jika ada penundaan atau kendala lapangan seperti medan yang sulit atau cuaca yang tidak mendukung.
- b. Penggunaan Mesin Penebar Pupuk: biaya pemupukan menggunakan mesin adalah Rp6.265.519,63/ha, yang lebih rendah dibandingkan metode manual. Meskipun investasi awal untuk mesin lebih tinggi, dalam jangka panjang biaya operasional lebih efisien karena kapasitas kerja yang lebih besar dan waktu yang lebih singkat untuk menyelesaikan pekerjaan.

3. Konsistensi dan Keseragaman Pupuk

- a. Pemupukan manual: salah satu kelemahan metode manual adalah kesulitan dalam memastikan sebaran pupuk yang merata di seluruh area

lahan. Hasil pemupukan dapat tidak konsisten, terutama di area dengan topografi yang bervariasi atau jika pekerja kelelahan. Ini bisa menyebabkan ketidakseimbangan dalam ketersediaan nutrisi bagi tanaman, yang pada akhirnya memengaruhi hasil panen.

- b. Penggunaan mesin penebar pupuk: mesin penebar pupuk memberikan hasil yang lebih konsisten dan merata. Teknologi ini mampu menyebarkan pupuk dengan distribusi yang lebih tepat dan seragam, mengurangi risiko under-fertilizing (pupuk terlalu sedikit) atau over-fertilizing (pupuk berlebihan) yang bisa memengaruhi produktivitas dan menyebabkan pemborosan pupuk.

4. Waktu Yang Tepat Menggunakan Pemupukan Manual

- a. Lahan berukuran kecil atau medan sulit: pemupukan manual lebih efektif di area yang sempit, tidak terlalu luas, atau area yang memiliki medan yang sulit diakses oleh mesin, seperti lahan dengan topografi curam atau terasering.
- b. Biaya investasi terbatas: jika biaya awal untuk membeli mesin terlalu tinggi atau tidak tersedia alat penebar pupuk, pemupukan manual masih menjadi pilihan yang layak meskipun kurang efisien.
- c. Pengelolaan lahan kecil: untuk lahan perkebunan kecil, biaya operasional dan investasi mesin mungkin tidak sebanding dengan hasil yang diharapkan, sehingga metode manual tetap lebih masuk akal secara ekonomi.

5. Waktu Yang Tepat Menggunakan Mesin Penebar Pupuk

- a. Lahan yang luas dan mudah diakses: mesin penebar pupuk lebih cocok digunakan di perkebunan dengan luas lahan yang besar dan akses yang mudah. Mesin ini dapat menjangkau area yang lebih luas dalam waktu singkat, sehingga sangat cocok untuk perkebunan besar seperti PTPN IV.
- b. Kondisi tenaga kerja terbatas: ketika ketersediaan tenaga kerja menjadi kendala, penggunaan mesin menjadi solusi yang lebih efisien. Mesin tidak hanya mengurangi jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan, tetapi juga mengurangi risiko kelelahan pekerja.
- c. Peningkatan efisiensi dan penghematan jangka panjang: meskipun biaya awal untuk investasi mesin cukup tinggi, efisiensi dalam jangka panjang sangat menguntungkan. Dengan biaya operasional yang lebih rendah per hektar, penggunaan mesin memberikan penghematan biaya secara signifikan dalam jangka panjang

6. Dampak Lingkungan dan Sosial

- a. Pemupukan manual: kelebihan dari metode manual adalah minimnya dampak terhadap lingkungan terkait penggunaan bahan bakar. Namun, ada potensi paparan pekerja terhadap bahan kimia, serta risiko cedera fisik yang lebih tinggi akibat tugas fisik yang berulang.
- b. Penggunaan mesin penebar pupuk: mesin penebar pupuk menggunakan bahan bakar yang dapat meningkatkan emisi karbon. Namun, penggunaan mesin ini juga dapat mengurangi paparan pekerja terhadap

bahan kimia, sekaligus mengurangi jumlah tenaga kerja yang terlibat dan mengurangi risiko cedera.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Kapasitas kerja penggunaan mesin penebar pupuk adalah 6,57 ha/jam, sedangkan kapasitas kerja pemupukan manual adalah 2,21 ha/jam.
2. Estimasi biaya operasional per jam penggunaan mesin penebar pupuk adalah Rp 336.381,63/jam, sedangkan estimasi biaya pemupukan manual per jam adalah Rp262.000,00/jam.
3. Estimasi biaya operasional per hektar penggunaan mesin penebar pupuk adalah Rp 51.199,63/ha, sedangkan estimasi biaya pemupukan manual per hektar adalah Rp118.552,03/ha.
4. Estimasi biaya operasional pemupukan per hektar menggunakan mesin penebar pupuk adalah Rp6.265.519,63/ha, sedangkan estimasi total biaya pemupukan manual adalah Rp6.447.952,03/ha.
5. Pemupukan menggunakan mesin penebar pupuk lebih efektif dalam kondisi lahan yang luas, akses yang mudah, dan kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi waktu dan biaya. Sementara itu, metode manual masih relevan untuk lahan kecil atau medan yang sulit, serta ketika biaya investasi mesin menjadi penghalang. ini dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan terkait manajemen pemupukan di perkebunan kelapa sawit lainnya.

B. Saran

33 Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan kajian lebih lanjut terkait dampak lingkungan dari penggunaan alat ini serta potensi adopsi teknologi serupa di perkebunan dengan kondisi topografi dan jenis tanah yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Azman, M. A., Taha, M. R., Tuan Zainuddin, T. N. A., & Tamaldin, N. (2021). Ergonomics Evaluation of Manual Fertilizer Application in Oil Palm Plantation. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 27(2), 697-710.
- Carlson, K. M., Heilmayr, R., Gibbs, H. K., Noojipady, P., Burns, D. N., Morton, D. C., Walker, N. F., Paoli, G. D., & Kremen, C. (2018). *Effect of oil palm sustainability certification on deforestation and fire in Indonesia*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(1), 121-126.
- Corley, R. H. V., & Tinker, P. B. (2016). *The Oil Palm*. John Wiley & Sons.
- Fauzi, M., & Hasan, A. (2017). *Sustainable Fertilization Practices in Oil Palm Plantations: Environmental and Economic Perspectives*. *International Journal of Sustainable Agriculture*, 14(1), 123-134.
- GAPKI. (2023). *Indonesian Palm Oil Statistics 2022*. Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia.
- Goh, K.J. and Hardter, R. (2003). General Oil Palm Nutrition. In: Fairhurst, T. and Hardter, R. (Eds.) *Oil Palm: Management for Large and Sustainable Yields*. Potash & Phosphate Institute/Potash & Phosphate Institute of Canada (PPI/PPIC) and International Potash Institute (IPI), Singapore, pp. 191-230.
- Kementerian Pertanian. (2023). *Statistik Perkebunan Indonesia: Komoditas Kelapa Sawit 2022-2024*. Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Khatun, R., Reza, M. I. H., Moniruzzaman, M., & Yaakob, Z. (2020). *Sustainable oil palm industry: The possibilities*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 131, 110335.
- Kusumastuti, A. E., Amin, M., & Santoso, B. (2018). Improvement of Fertilizer Application Efficiency Using Fertilizer Spreader Tool in Oil Palm Plantation. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 131, No. 1, p. 012008). IOP Publishing.
- Lubis, A.U. (2008). *Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Indonesia*, Edisi 2. Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.

- Meijaard, E., Brooks, T. M., Carlson, K. M., Slade, E. M., Garcia-Ulloa, J., Gaveau, D. L., Lee, J. S. H., Santika, T., Juffe-Bignoli, D., & Struebig, M. J. (2020). *The environmental impacts of palm oil in context*. *Nature Plants*, 6(5), 1418-1426.
- Ng, S.K. and Thamboo, S. (1967). Nutrient contents of oil palms in Malaya. I. Nutrients required for reproduction: fruit bunches and male inflorescences. *Malaysian Agricultural Journal*, 46, 3-45.
- Paterson, R. R. M., Kumar, L., Taylor, S., & Lima, N. (2015). Future climate effects on suitability for growth of oil palms in Malaysia and Indonesia. *Scientific Reports*, 5(1), 1-11.
- PTPN IV. (2022). Profil Perusahaan. PT Perkebunan Nusantara IV.
- Rahman, M. A., Haris, A., & Budiarto, R. (2021). *Challenges in the Implementation of Fertilizer Spreader Technology in Oil Palm Estates*. *Journal of Agricultural Engineering*, 18(4), 89-98.
- Rist, L., Feintrenie, L., & Levang, P. (2010). *The livelihood impacts of oil palm: Smallholders in Indonesia*. *Biodiversity and Conservation*, 19, 1009-1024.
- Rival, A., & Levang, P. (2014). *Palms of Controversies: Oil Palm and Development Challenges*. CIFOR.
- Sheil, D., Casson, A., Meijaard, E., van Noordwijk, M., Gaskell, J., Sunderland-Groves, J., Wertz, K., & Kanninen, M. (2009). *The impacts and opportunities of oil palm in Southeast Asia: What do we know and what do we need to know?* Center for International Forestry Research (CIFOR).
- Supriyadi, A., Prasetyo, D., & Widodo, W. (2018). *Soil Texture and Fertilizer Distribution in Oil Palm Plantations: A Comparative Study*. *Agrivita Journal of Agricultural Science*, 40(2), 211-220.
- Suryanto, T., & Setiawan, B. (2019). *Impact of Terrain and Soil Type on the Efficiency of Fertilizer Application in Palm Oil Plantations*. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(3), 145-156.
- Wijaya, A., & Santoso, R. (2020). *Economic Impact of Mechanization in Oil Palm Fertilization*. *Jurnal Ekonomi Pertanian*, 25(1), 67-78.
- Woittiez, L. S., van Wijk, M. T., Slingerland, M., van Noordwijk, M., & Giller, K. E. (2017). Yield Gaps in Oil Palm: A Quantitative Review of Contributing Factors. *European Journal of Agronomy*, 83, 57-77.