

Productivity of Oil Palm in Palm Oil Mill Effluent, Empty Bunch and Non-Application Block Areas

Yudha Van Heidel Sihite¹, Galang Indra Jaya^{1*}, Sri Manu Rochmiyati¹

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, INSTIPER Yogyakarta, Indonesia;

Article History

Received : Agustus 28th, 2024

Revised : September 19th, 2024

Accepted : October 01th, 2024

*Corresponding Author:

Galang Indra Jaya, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, INSTIPER Yogyakarta, Indonesia

Email:

galang@instiperjogja.ac.id

Abstract: Oil palm plants are commodities that are mostly processed to produce CPO (Crude Palm Oil) and PKO (Palm Kernel Oil), processing plants also produce waste (by product). The highest waste produced is liquid waste (POME) around 65% and empty palm bunches around 23%. In an effort to reduce environmental pollution, the company is committed to implementing zero waste by reusing palm oil mill waste as organic fertilizer. Research with the aim to determine the effect of the application of palm oil mill effluent, empty fruit bunches, and non-application (inorganic fertilizer) was conducted at the Sungai Rungau Estate (SRGE) plantation, PT Binasawit Abadi Pratama, East Kotawaringin Regency, Central Kalimantan, from November 2023 - April 2024. The research used a survey method to describe the research site and collect primary and secondary data, with each application consisting of 3 blocks. Production data and agronomic characters obtained were then analyzed using t test at 5% level. The results revealed that the application of POME resulted in higher agronomic and production characteristics than tankos. Oil palm production in blocks applied with POME and inorganic fertilizers showed values that were not significantly different and higher than tankos application blocks, and POME application showed productivity that tended to be stable every year.

Keywords: Empty fruit bunch, inorganic, palm oil, POME.

Pendahuluan

Pembangunan nasional didukung oleh pemasukan devisa negara dan kelapa sawit adalah salah satu tanaman komoditas ekspor non-migas yang penting dikarenakan menyumbang devisa negara yang besar (Sukamto, 2008). Tanaman kelapa sawit merupakan komoditas yang sebagian besar olahannya menghasilkan CPO (*Crude Palm Oil*), yang kemudian diolah lebih lanjut menjadi berbagai produk turunan yang digunakan sehari-hari, seperti minyak goreng dan sabun (Pahan, 2008).

Proses pengolahan kelapa sawit menghasilkan produk sampingan berupa limbah padat dan limbah cair. Limbah padat yang dihasilkan meliputi tandan kosong kelapa sawit, cangkang, dan serat. Sementara

itu, limbah cair diolah di unit pengelolaan limbah dan kemudian dimanfaatkan sebagai pupuk organik untuk tanaman kelapa sawit. Pemanfaatan limbah dari pengolahan kelapa sawit ini tidak hanya mengurangi pencemaran lingkungan akibat kegiatan pengolahan minyak kelapa sawit, tetapi juga mengurangi penggunaan pupuk anorganik, sehingga dapat menekan biaya operasional pemeliharaan kelapa sawit (Prayitno *et al.*, 2008).

Pengolahan 1 ton tandan buah segar menghasilkan 230 kg tandan kosong kelapa sawit, yaitu sekitar 23% dari berat total (Herman & Goenadi, 1999). Satu ton tandan kosong mengandung hara yang setara dengan 3 kg Urea, 0,6 kg RP, 12 kg KCl, dan 2 kg Kieserit Daromosarkoro & Rahutomo (2000). Hasil pengolahan tandan buah segar dan brondolan di pabrik menunjukkan bahwa

tandan kosong kelapa sawit (Tankos) mengandung nutrisi seperti C, N, C/N, P, K, Ca, dan Mg dengan kandungan masing-masing sebesar 35%, 2,34%, 15, 0,31%, 5,53%, 1,46%, dan 0,96% (Widiastuti & Panji, 2007).

Limbah cair pabrik kelapa sawit merupakan amelioran alternatif yang dapat digunakan untuk memperbaiki sifat kimia tanah karena mengandung unsur hara dan bahan organik terlarut (Hartatik & Widowat, 2007). LCPKS adalah limbah terbanyak yang dihasilkan dari pabrik kelapa sawit, yaitu sekitar 60-70% dari tandan buah segar (TBS), di mana setiap ton TBS yang diolah menghasilkan 0,6 – 0,7 ton limbah cair (Satyoso *et al.*, 2005). Setiap 1 ton LCPKS mengandung unsur hara yang setara dengan 1,56 kg urea, 0,25 kg TSP, 2,50 kg MOP, dan 1 kg kieserit (Fauzi & Susanti, 2008). Menurut Sutanto & Yuwono (2004), LCPKS juga mengandung 0,4% N, 0,2% P₂O₅, 1,3% K₂O, dan 0,4% MgO.

Bahan dan Metode

Tempat dan waktu

Penelitian dilakukan di Sungai Rungau Estate PT. Binasawit Abadi Pratama, Desa Rungau Raya, Kecamatan Telawang, Kabupaten Kota Waringin Timur, Kalimantan Tengah mulai bulan November 2023 sampai dengan bulan April 2024.

Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu form pengamatan, pole/fiber (pengukur tinggi pokok), tali ukur (mengukur lingkar batang), cat warna (penanda pokok sampel), *smartphone* (kamera), serta APD (sepatu dan helm). Bahan yang digunakan adalah blok tanaman kelapa sawit TM dengan varietas dan umur tanaman yang sama pada areal LCPKS, Tankos, dan non aplikasi (pupuk anorganik).

Metode penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode survei dengan tujuan untuk memperoleh gambaran lokasi yang akan dijadikan sebagai lokasi penelitian dan pengumpulan data primer serta sekunder. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan observasi untuk menentukan sampel

penelitian.

Pengambilan sampel dilakukan pada 3 blok tanaman yang diaplikasi LCPKS, 3 blok tankos, serta 3 blok tanaman yang diaplikasi keseluruhan pupuk anorganik tanpa aplikasi LCPKS atau tankos. Masing-masing blok diambil pokok sampel, dengan 1 pokok mewakili luas 1 hektar sehingga jumlah pokok sampel yang diamati menyesuaikan luasan blok tersebut. Penentuan pokok sampel sesuai dengan penentuan pokok sampel untuk LSU. Pengamatan serta pengukuran dilakukan secara langsung untuk memperoleh data primer sedangkan data sekunder diambil dari kantor besar SRGE yang kemudian dilakukan analisis dengan uji t untuk mengambil kesimpulan.

Hasil dan Pembahasan

Deskripsi lokasi penelitian

Sungai Rungau Estate adalah salah satu unit kebun dari PT. Binasawit Abadi Pratama yang memiliki tanaman kelapa sawit dengan tahun tanam 1997-2001 serta luas lahan 2,821.85 ha. Penelitian ini dilakukan pada blok tanaman kelapa sawit dengan tahun tanam 1999 (umur 24 tahun), varietas Lonsum yang berada pada topografi datar pada jenis tanah podzolik dengan kelas kesesuaian lahan S2. Dengan jumlah *stand per hectare* pada tahun 2023 untuk blok LCPKS sebesar 126 pokok/ha, blok tankos 136 pokok/ha dan blok anorganik 129 pokok/ha.

Curah hujan

Curah hujan adalah salah satu faktor yang menentukan kelas kesesuaian lahan, karena iklim yang terkait erat dengan air menjadi faktor utama dalam memproyeksikan produktivitas di suatu area tersebut. Curah hujan di lokasi penelitian dalam 10 tahun terakhir disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan data jumlah bulan kering dan bulan lembap selanjutnya ditentukan tipe iklim menurut Schmidt dan Ferguson (1951), yaitu :

$$Q = \frac{\text{Rerata Bulan Kering}}{\text{Rerata Bulan Basah}}$$
$$Q = \frac{1,1}{9,6}$$
$$Q = 0,114$$

Tabel 1. Curah Hujan Sungai Rungau Estate tahun 2014 – 2023

Tahun	Curah hujan	Hari hujan	Bulan basah	Bulan lembap	Bulan kering
2014	1417	68	7	1	4
2015	1461	89	9	0	3
2016	2025	124	11	1	0
2017	1998	179	10	2	0
2018	2743	200	10	2	0
2019	1954	147	8	3	1
2020	2364	199	12	0	0
2021	2779	271	12	0	0
2022	3739	238	12	0	0
2023	1977	169	5	4	3
Jumlah	22457	1684	96	13	11
Rerata	2245.7	168.4	9.6	1.3	1.1

Tabel 2. Tipe Iklim Menurut Schmidt & Ferguson (1951)

Iklim	Nilai Q	Sifat
A	0 - 0,134	Sangat Basah
B	0,134 - 0,333	Basah
C	0,333 - 0,6	Agak Basah
D	0,6 – 1	Sedang
E	1 - 1,67	Agak Kering
F	1,67 – 3	Kering
G	3 - 7	Sangat Kering
H	>7	Ekstrim

Klasifikasi iklim menurut Schmidt dan Ferguson (1951), lokasi penelitian memiliki nilai Q = 0,114 yang menunjukkan bahwa area ini termasuk dalam tipe iklim A (sangat basah). Tipe iklim ini sudah memenuhi persyaratan untuk pertumbuhan kelapa sawit. Rerata curah hujan sepuluh tahun terakhir dari 2014-2023 adalah 10 bulan basah dan 1 bulan kering. Hasil perhitungan defisit air berdasarkan data curah hujan dari tahun 2014 - 2023 di Sungai Rungau Estate, terdapat defisit air pada tahun 2014 sebesar 344 mm yang terjadi selama lima bulan dari Agustus-Desember, tahun 2015 defisit air sebesar 276 mm terjadi selama tiga bulan dari Agustus-Oktober, dan tahun 2023 defisit air sebesar 272 mm terjadi selama tiga bulan dari Agustus - Oktober. Dampaknya terhadap produksi adalah jika defisit air melebihi 250 mm/tahun, pertumbuhan dan produksi tanaman kelapa sawit dapat terganggu selama 2-3 tahun ke depan. Sedangkan defisit air di bawah 200 mm/tahun belum memberikan pengaruh signifikan pada penurunan produksi kelapa sawit (Yuliana & Hadi, 2012).

Pemupukan

Penelitian dilakukan pada blok aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit, tandan kosong kelapa sawit, dan pupuk anorganik. Limbah cair pabrik kelapa sawit diaplikasikan tiga rotasi dalam setahun dengan dosis 375 m³/ha/tahun atau setara dengan 2.750 liter/pokok/tahun, tandan kosong (Tankos) diaplikasikan dengan dosis 30 ton/ha/tahun atau setara dengan 220 kg/pokok/tahun, sedangkan pupuk anorganik diaplikasikan dalam dua semester setiap tahun yaitu semester pertama berlangsung dari bulan Januari hingga Juni, semester kedua berlangsung dari bulan Juli hingga Desember. Rincian pemberian pupuk ini tercantum dalam Tabel 3.

Tabel 4 dapat dilihat bahwa pada blok LCPKS dan blok tankos tetap diberikan sebagian pupuk anorganik dengan dosis yang jauh lebih rendah dibandingkan pada blok aplikasi pupuk anorganik. Pada blok LCPKS tidak diberikan pupuk Urea, super dolomit dan kieserit, kecuali pada tahun 2018 pupuk TSP diaplikasikan dengan dosis 2,5 x lebih besar, tahun 2022 RP diaplikasikan dengan dosis yang sama, dan Urea diaplikasikan dengan dosis yang lebih rendah, yaitu 40 % dari dosis pada blok pupuk anorganik. Pupuk MOP diaplikasikan dengan dosis 16,7 % - 66% dibandingkan pada blok pupuk anorganik, kecuali pada tahun 2021 tanpa aplikasi pupuk MOP. Sedangkan pupuk HGFB diberikan dengan dosis yang sama pada ke-3 blok perlakuan.

Tabel 3. Jenis dan Dosis Pupuk (kg/pokok) di Sungai Rungau Estate pada Blok Aplikasi LCPKS, Tankos, dan Pupuk Anorganik tahun 2018 – 2022

Tahun	Blok aplikasi	Jenis dan dosis pupuk (kg/pohon/tahun)						
		Urea gran	RP	TSP	MOP	Super Dolomite	Kies gran	HGFB
2018	LCPKS	0.00	0.00	0.50	0.50	0.00	0.00	0.05
	Tankos	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
	Anorganik	3.00	0.00	2.50	3.00	0.00	1.50	0.05
2019	LCPKS	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.05
	Tankos	0.00	0.00	1.50	1.00	1.50	0.00	0.05
	Anorganik	2.50	1.50	0.00	3.00	0.00	1.50	0.05
2020	LCPKS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
	Tankos	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
	Anorganik	2.00	0.00	1.50	3.00	1.50	0.00	0.05
2021	LCPKS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
	Tankos	0.00	0.00	1.00	1.50	1.50	0.00	0.05
	Anorganik	2.00	2.00	0.00	3.00	1.50	0.00	0.05
2022	LCPKS	1.00	2.00	0.00	2.00	0.00	0.00	0.05
	Tankos	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.75	0.05
	Anorganik	2.50	2.00	0.00	3.00	1.50	0.00	0.05

Blok tankos, pupuk Urea hanya diaplikasikan pada tahun 2018 dengan dosis 33 %, pupuk P diaplikasikan dalam bentuk pupuk TSP pada tahun 2019 dengan dosis lebih tinggi dan tahun 2021, RP hanya diaplikasikan pada tahun 2022 dengan dosis 75 % dari dosis yang diaplikasikan pada blok pupuk anorganik. Pupuk MOP diaplikasikan hanya pada tahun 2019 dan 2021 dengan dosis 33 % dan 50 % dari dosis aplikasi pada blok pupuk anorganik. Areal blok pemupukan anorganik, pupuk urea *granule* dari tahun 2019 – 2021 terjadi penurunan dosis kg/pokok dengan nilai rata-rata penurunan 33%. Pupuk RP tidak diaplikasikan pada tahun 2018 dan 2020 yang disubstitusi ke pupuk TSP, pupuk RP diaplikasikan pada tahun 2019, 2021 dan 2022 dengan kenaikan dosis kg/pokok rata-rata yaitu 25%.

Pupuk TSP diaplikasikan tahun 2018 dan 2020 dengan kenaikan dosis kg/pokok sebesar 25%, sisanya ditahun 2019, 2021 dan 2022 TSP disubstitusi ke pupuk RP. Untuk setiap tahun yang tidak diaplikasikan RP ataupun TSP terjadi saling substitusi jenis pupuk untuk memenuhi unsur hara P₂O₅. Pupuk MOP diaplikasikan dengan dosis yang sama setiap tahunnya 3 kg/pohon/tahun. Pupuk Super *dolomite* diaplikasikan tahun 2020 – 2022 dengan dosis 1,5 kg/pohon/tahun. Pupuk Kieserit granular diaplikasikan tahun 2018 - 2019 dengan dosis 1,5 kg/pohon/tahun. Pupuk HGFB hanya

diaplikasikan sekali dalam setahun untuk memenuhi unsur hara mikro pada kelapa sawit dengan dosis 0,05 kg/pohon/tahun untuk setiap blok aplikasi LCPKS, tankos dan pupuk anorganik.

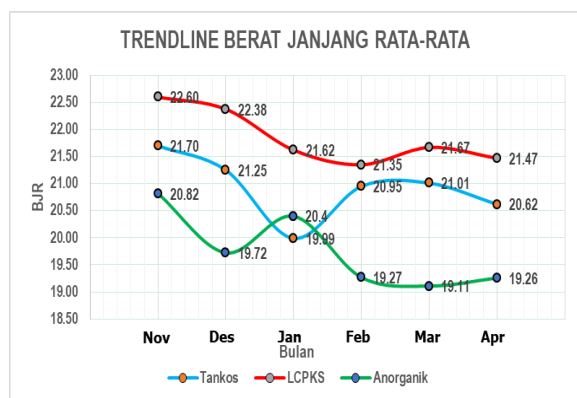
Produksi

Tabel 4 menunjukkan bahwa tanaman kelapa sawit yang diapikasi dengan limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) pada setiap tahunnya menghasilkan produktivitas yang sama baiknya dengan blok aplikasi pupuk anorganik, yang keduanya lebih tinggi dibandingkan pada blok aplikasi tankos, kecuali pada tahun 2019 produktivitas pada blok LCPKS berpengaruh sama dengan blok tankos dan lebih rendah dibandingkan dengan blok pupuk anorganik. Blok aplikasi LCPKS produksi kelapa sawit pada setiap tahunnya berfluktuasi, pada tahun 2020 meningkat 34 % dibandingkan produksi tahun 2019, kemudian tahun 2021 turun 4%, dan meningkat lagi sebesar 13 % ditahun berikutnya, tapi tahun 2023 mengalami penurunan sebesar 33 % dibanding tahun 2022. Blok aplikasi tankos dari tahun 2019 – 2023 mengalami penurunan pada setiap tahunnya yang berkisar antara 5 – 22 %. Blok aplikasi pupuk anorganik, juga menurun pada setiap tahunnya berkisar antara 5 – 91 %, kecuali tahun 2022 mengalami peningkatan 15 %.

Tabel 4. Produksi TBS pada Blok Aplikasi LCPKS, Tankos dan Pupuk Anorganik 2019-2023 (ton/ha)

Tahun tanam	Produksi Kelapa Sawit (ton/ha)						
	LCPKS		Tankos		Pupuk Anorganik		Potensi produksi Lahan S2* (Ton/Ha)
	Produksi (Ton/Ha)	Δ Produksi (%)	Produksi (Ton/Ha)	Δ Produksi (%)	Produksi (Ton/Ha)	Δ Produksi (%)	
2019	22.09 b		24.88 b		28.06 a		23
2020	26.21 a	18.65	24.65 b	-0.95	26.92 a	-4.07	23
2021	25.70 a	-1.94	23.77 b	-3.55	24.72 a	-8.17	22
2022	27.34 a	6.36	23.61 b	-0.68	26.63 a	7.74	21
2023	23.38 a	-14.48	20.45 b	-13.39	16.08 ab	-39.62	19
Rerata	24.94 a	2.15	23.47 b	-4.64	24.48 a	-11.03	21.6

Apabila dibandingkan dengan potensi produksi lahan S2, maka produksi pada blok limbah cair pabrik kelapa sawit, tandan kosong kelapa sawit dan pupuk anorganik sudah mencapai potensi produksinya sesuai dengan kelas lahannya, kecuali produktivitas pada tahun 2019 pada aplikasi LCPKS dan tahun 2023 pada aplikasi pupuk anorganik belum mencapai potensi produksinya dengan persentase sebesar 4,11 % dan 18,15 %.



Gambar 1. Trendline BJR November 2023–April 2024

Rerata produktivitas terbesar terdapat pada perlakuan LCPKS dengan 24,94 ton/ha, sedangkan non aplikasi meningkatkan produktivitas sebesar 24,48 ton/ha, dan yang paling rendah pada aplikasi tankos dengan 23,47ton/ha. Produksi LCPKS lebih tinggi sebesar 3,34 ton/ha/tahun atau 13,39 % dari rerata potensi produksi. Sedangkan blok sampel tankos memiliki produktivitas lebih tinggi dari potensi produksi yaitu 1,87 ton/ha/tahun atau 7,96 %, dan aplikasi pupuk anorganik mampu meningkatkan produktivitas lebih tinggi sebesar

2,88 ton/ha/tahun dari rerata potensi produksi atau 11,76%.

Hasil analisis pengamatan produksi, rerata berat tandan kelapa sawit, BJR meningkat secara signifikan dengan perlakuan LCPKS dan tankos dibandingkan dengan aplikasi pupuk anorganik. Rerata berat tandan buah terbesar pada pengamatan *trendline* BJR selama 6 bulan terdapat pada perlakuan LCPKS dengan berat 21,47 kg, kemudian tandan kosong dengan berat sebesar 20,62 kg, sedangkan yang terkecil pada perlakuan pupuk anorganik dengan 19,26 kg.

Karakter agronomi

Pengamatan karakter agronomi dilakukan untuk melihat gambaran secara umum terhadap efek dari perlakuan yang telah diberikan. Pengambilan data pada tanaman yang berumur 24 tahun pada tahun 2023. Pengambilan sampel dilakukan pada lahan yang memiliki kenampakan yang identic serta tahun tanam dan varietas yang sama. Data pada tabel 5 dapat dilihat bahwa aplikasi LCPKS memiliki tinggi tanaman, tebal *petiole*, lebar *petiole*, dan jumlah tandan yang tertinggi dibandingkan aplikasi tankos dan pupuk anorganik, sedangkan aplikasi pupuk anorganik menunjukkan nilai terendah. Panjang *petiole*, jumlah bunga betina dan sex ratio pada aplikasi LCPKS menunjukkan nilai yang sama dan lebih tinggi disbanding kan pada aplikasi pupuk anorganik, pada jumlah bunga jantan semua jenis aplikasi pupuk menunjukkan hasil yang sama. Sebaliknya aplikasi LCPKS menunjukkan diameter batang yang paling rendah.

Tabel 5. Karakter Agronomi pada Blok Aplikasi LCPKS, Tankos dan Pupuk Anorganik tahun 2023

Karakter Agronomi	Blok aplikasi		
	LCPKS	Tankos	Pupuk anorganik
Tinggi tanaman (cm)	1266 a	1140 b	1102 c
Diameter batang (cm)	60.78 b	63 ab	64.73 a
Panjang <i>petiole</i> (cm)	618 a	607 a	581 b
Tebal <i>petiole</i> (cm)	4.63 a	4.29 b	4.36 b
Lebar <i>petiole</i> (cm)	11.03 a	9.37 b	9.06 c
Jumlah bunga betina	2.44 a	2.19 a	1.92 b
Jumlah bunga jantan	1.74 a	1.31 a	1.55 a
Jumlah tandan	3.30 a	2.57 b	2.82 b
Sex ratio (%)	77.01 a	69 ab	73.00 b

Berdasarkan data perhitungan jumlah bunga yang tersedia, maka dapat dihitung nilai sex ratio dari masing-masing blok sampel disajikan pada tabel 6. Tabel 6 menunjukkan persentase *sex ratio* dari ketiga perlakuan LCPKS, tankos dan pupuk anorganik lebih tinggi dibandingkan potensi *sex ratio* sesuai dengan umur tanaman varietas Lonsum. Studi oleh Rajanaidu *et al* (2000), bahwa tanaman dewasa *sex ratio* bisa mencapai hingga 60% dalam kondisi optimal.

Tabel 6. Persentase *Sex ratio* pada Blok Aplikasi LCPKS, Tankos dan Pupuk Anorganik dengan Potensi *Sex ratio* Varietas Lonsum

Perlakuan	Varietas	Sex Ratio (%)	Potensi (%)
LCPKS	Lonsum	77,01	60,00
Tankos	Lonsum	69,90	60,00
Anorganik	Lonsum	73,00	60,00

Pembahasan

Curah hujan merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap produktivitas kelapa sawit. Kekurangan air dapat menurunkan hasil TBS karena menyebabkan keguguran saat perbungaan dan menurunkan rasio jenis kelamin, yang keduanya berkontribusi pada pengurangan jumlah tandan (Corley & Tinker, 2003). Sebaliknya, Kelebihan air, terutama selama musim hujan yang berkepanjangan, dapat menyebabkan kondisi tanah yang terlalu jenuh air, yang berdampak negatif pada produktivitas kelapa sawit. Pengaruh ini terjadi melalui berbagai mekanisme yang saling terkait, yang semuanya berujung pada penurunan hasil tandan buah segar (TBS). Ketika tanah jenuh air, pori-pori tanah yang biasanya diisi oleh udara (oksigen) digantikan oleh air. Ini menyebabkan

kondisi anaerobik, di mana kadar oksigen di sekitar akar sangat rendah. Akar membutuhkan oksigen untuk proses respirasi yang menghasilkan energi bagi tanaman. Jika akar kekurangan oksigen, proses respirasi terhambat, ATP sebagai energi terhadap proses penyerapan hara juga rendah, yang mempengaruhi kemampuan akar dalam menyerap air dan nutrisi.

Terganggunya penyerapan nutrisi akibat kondisi anaerobik dan kerusakan akar, tanaman kelapa sawit cenderung mengalami defisiensi nutrisi, terutama nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), yang sangat penting bagi pertumbuhan dan produksi. Defisiensi ini menyebabkan kelapa sawit tumbuh lebih lambat, daun menjadi kuning, dan terjadi penurunan dalam pembentukan bunga dan buah. Tanaman kelapa sawit yang kekurangan energi cenderung menghasilkan daun yang lebih sedikit dan lebih kecil, yang berdampak langsung pada kemampuan tanaman untuk mendukung pembentukan buah. Kondisi curah hujan yang terlalu tinggi dapat memicu aborsi bunga dan buah, sehingga mengurangi jumlah buah yang dapat dipanen. Aborsi ini terjadi karena tanaman mengalihkan energi yang terbatas untuk mempertahankan organ vegetatif daripada organ reproduktif. Kurangnya nutrisi dan energi yang memadai menyebabkan buah yang terbentuk menjadi lebih kecil dan jumlah buah per tandan menjadi lebih sedikit. Ini menyebabkan penurunan berat dan kualitas tandan buah segar (TBS) yang dihasilkan (Breure, 2003; Dufour *et al.*, 2009).

Lokasi kebun penelitian, defisit air yang terjadi pada tahun 2014 masuk ke dalam stadia II (defisit air 300-400 mm/tahun), yang mengakibatkan penurunan produktivitas sekitar 15-20%. Sedangkan defisit air pada tahun 2015 dan 2023 termasuk dalam stadia I (defisit air 200-300 mm/tahun), yang dapat menurunkan produksi

antara 0-15% setelah satu tahun (Badan Litbang Pertanian, 2011). Ddata curah hujan tahun 2018 – 2022 dan data produksi tahun 2019 - 2023 menunjukkan bahwa curah hujan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap produksi kelapa sawit di Sungai Rungau Estate. Hal ini terjadi karena tidak ada korelasi antara data produksi 5 tahun terakhir dengan penurunan produksi berdasarkan teori yang dipaparkan.

Hasil analisis produksi pada Tabel 5 menunjukkan bahwa produksi pada tahun 2019 di blok LCPKS lebih rendah dibandingkan dengan blok tankos dan pupuk anorganik. Produksi di blok LCPKS mencapai 22,09 ton/ha, sedangkan blok tankos menghasilkan 24,88 ton/ha, dan blok pupuk anorganik mencapai 28,06 ton/ha. Rendahnya produksi di blok LCPKS pada tahun 2019 kemungkinan besar disebabkan oleh karakteristik tanah podzolik yang memiliki tingkat kesuburan rendah. Tanah ini sering kekurangan nutrisi penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), serta cenderung memiliki sifat asam (pH rendah), yang menghambat ketersediaan nutrisi, terutama fosfor bagi tanaman kelapa sawit. Rendahnya kapasitas tukar kation pada tanah ini menyebabkan kemampuan untuk menahan dan menyimpan nutrisi seperti kalium, kalsium, dan magnesium menjadi terbatas, sehingga tanah lebih rentan mengalami pencucian hara, terutama saat curah hujan tinggi. (Harahap *et al.*, 2014).

Aplikasi pupuk TSP dan MOP sebesar 0,5 kg/pokok/tahun mungkin tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan hara tanaman pada tanah podzolik, sehingga dosis pupuk yang lebih tinggi atau penggunaan bahan pembenah tanah seperti kapur atau dolomit di dalam tanah diperlukan untuk meningkatkan ketersediaan hara. Blok yang menerima aplikasi tankos dengan kandungan bahan organik yang lebih tinggi cenderung memiliki struktur tanah yang lebih baik dan kemampuan retensi nutrisi yang lebih optimal. Sementara itu, blok yang diberi pupuk anorganik dengan dosis lebih tinggi mungkin dapat mempertahankan produksi yang lebih baik dibandingkan dengan blok LCPKS (Manik *et al.*, 2018). Sedangkan pada tahun 2020–2022, produksi di blok LCPKS dan blok pupuk anorganik tidak menunjukkan beda nyata antara dua perlakuan tersebut, tetapi keduanya memiliki produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan blok tankos, yang hasilnya terlihat berbeda nyata.

Tahun 2023, hasil analisis menunjukkan bahwa produksi di blok pupuk anorganik, dengan produktivitas sebesar 16,45 ton/ha, tidak berbeda secara signifikan dibandingkan dengan dua perlakuan lainnya. Blok LCPKS memiliki produktivitas lebih tinggi, yaitu 23,38 ton/ha, dibandingkan dengan blok tankos yang mencapai 20,45 ton/ha. Curah hujan yang melebihi kapasitas optimum menyebabkan pencucian hara yang lebih besar di blok anorganik, terutama karena pupuk anorganik cenderung lebih mudah tercuci dibandingkan dengan hara dari bahan organik seperti tankos (Ramdani & Sutanto, 2018). Akibatnya, nutrisi penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium bisa hilang dari zona perakaran, menyebabkan defisiensi yang menghambat pertumbuhan dan produksi. Blok LCPKS dan tankos diperkirakan masih mendapatkan keuntungan dari aplikasi bahan organik sebelumnya, yang meningkatkan kapasitas tanah dalam menyimpan air dan nutrisi, serta memperbaiki struktur tanah. Hal ini membuat tanaman di blok tersebut lebih mampu bertahan dalam kondisi lingkungan yang kurang optimal, seperti curah hujan yang berlebihan (Manik & Pratiwi, 2018).

Selisih produksi yang cukup jauh antara blok pupuk anorganik (16,45 ton/ha), blok LCPKS (23,38 ton/ha), dan blok tankos (20,45 ton/ha) yang tidak berbeda secara signifikan berdasarkan uji t jenjang 5% dapat dijelaskan melalui koefisien variasi (CV). Koefisien variasi adalah ukuran variabilitas relatif dalam data yang dinyatakan dalam persentase, dihitung dengan membagi standar deviasi oleh rata-rata dan dikalikan 100 (Sudjana, 2005). Jika CV dalam kelompok data cukup tinggi, hal ini menunjukkan bahwa data tersebut memiliki variabilitas yang tinggi, yang dapat mempengaruhi hasil uji signifikansi. Dalam konteks ini, meskipun terdapat perbedaan rata-rata produktivitas yang signifikan secara numerik antara blok-blok, variabilitas yang tinggi dalam pengukuran produktivitas di masing-masing blok dapat menyebabkan uji statistik tidak mendeteksi perbedaan signifikan. Dengan demikian, meskipun perbedaan rata-rata produksi terlihat cukup besar secara numerik, hasil uji signifikansi statistik bisa tidak menunjukkan perbedaan nyata karena variabilitas dalam data yang tinggi, yang tercermin dalam koefisien variasi.

Berdasarkan rerata produksi pada Tabel 5, menunjukkan bahwa aplikasi LCPKS dan pupuk

anorganik memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata terhadap produksi tanaman, dengan rerata produksi LCPKS 24,94 ton/ha dan pupuk anorganik 24,48 ton/ha, akan tetapi keduanya berbeda nyata dengan blok tankos dengan produktivitas 23,47 ton/ha. Hal ini karena limbah cair mengandung unsur hara yang lebih mudah diserap oleh tanaman dibandingkan dengan tankos. Unsur nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dalam LCPKS sebagian besar berada dalam bentuk yang larut dalam air, sehingga lebih cepat tersedia untuk tanaman (Sulaiman & Abdul, 2010). Efisiensi penggunaan hara yang terkandung dalam LCPKS ketika diaplikasikan dapat langsung berinteraksi dengan zona akar, sehingga memberikan hara dalam jumlah yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Ini meningkatkan efisiensi penggunaan hara dan mengurangi kehilangan hara akibat penguapan atau pencucian (Caliman & Southworth, 2007).

Pupuk anorganik mengandung nutrisi yang siap diserap oleh tanaman, memungkinkan tanaman untuk memanfaatkan nutrisi tersebut lebih cepat daripada nutrisi yang terdapat dalam tankos, yang memerlukan waktu untuk terurai. Selain itu, pupuk anorganik diformulasikan untuk menyediakan nutrisi tertentu dalam konsentrasi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan tanaman, sehingga penggunaannya bisa sangat efisien (Purwanto & Susanto, 2009). Unsur hara dalam tankos untuk dapat dimanfaatkan bagi tanaman memerlukan proses dekomposisi lebih dulu. Menurut Rezki *et al.*, (2023), proses dekomposisi tankos memerlukan waktu cukup lama karena kandungan lignoselulosa yang tinggi dalam tankos, yaitu 45,95% selulosa, 16,49% hemiselulosa, dan 22,84% lignin, yang sulit terdekomposisi, sehingga hara dari tankos tidak segera tersedia bagi tanaman, yang dapat mengurangi efektivitasnya dalam jangka pendek. LCPKS dan pupuk anorganik tidak memerlukan proses dekomposisi, sehingga hara tersedia lebih cepat setelah aplikasi, yang berarti tanaman dapat merespons lebih cepat dan menunjukkan peningkatan produksi dalam waktu yang lebih singkat (Sulaiman & Abdul, 2010).

Sungai Rungau Estate menggunakan dosis 375 m³/ha/tahun atau setara 2.757 liter/pokok/tahun untuk aplikasi LCPKS. Berdasarkan hasil uji lab pada bulan februari 2024, hasil analisis kandungan hara unsur makro LCPKS menunjukkan nilai Nitrogen (N) 0,31

kg/m³, Fosfor (P₂O₅) 0,058 kg/m³, Kalium (K₂O): 1,10 kg/m³, Magnesium (MgO) 0,18 kg/m³ (SMARTRI, 2024). Apabila dikonversikan maka, total N per pokok/tahun = 0,31 kg/m³ × 2.757 liter ÷ 1.000 = 0,85 kg N/pokok/tahun atau setara dengan 1,84 kg Urea/pokok/th. P₂O₅ per pokok/tahun = 0,058 kg/m³ × 2.757 liter ÷ 1.000 = 0,15 kg P₂O₅/pokok/tahun atau setara dengan 0,32 kg TSP/pokok/th. Sedangkan K₂O per pokok/tahun = 1,10 kg/m³ × 2.757 liter ÷ 1.000 = 3,03 kg K₂O/pokok/tahun setara dengan 5,05 kg MOP/pokok/th. MgO per pokok/tahun = 0,18 kg/m³ × 2.757 liter ÷ 1.000 = 0,49 kg MgO/pokok/tahun atau setara dengan 1,81 kg Kieserite/pokok/th.

Kandungan hara dari pemberian LCPKS per pokok/tahun jika dikonversikan dengan dosis pupuk anorganik kg/pokok/tahun (Urea, TSP, dan Kieserite) memang lebih rendah, namun dosis pupuk MOP lebih tinggi dari rerata dosis kg/pokok/tahun pada blok tankos dan pupuk anorganik. Kalium (K) yang terkandung dalam pupuk MOP sangat penting untuk produksi kelapa sawit karena mendukung regulasi air, pembentukan buah, dan ketahanan terhadap stres. Aplikasi LCPKS yang mengandung kalium lebih tinggi (5,05 kg MOP/pokok/tahun) dibandingkan tankos dan blok anorganik membantu menjaga produksi tandan buah segar (TBS) yang optimal dan stabil. Selain itu, berdasarkan hasil analisis pH tanah blok LCPKS sebesar 7,08 memungkinkan penyerapan unsur hara yang lebih efisien, terutama dibandingkan dengan tanah podzolik yang memiliki sifat asam dan menghambat ketersediaan fosfor. Magnesium (MgO) yang terkandung dalam LCPKS juga penting untuk fotosintesis, dengan dosis yang cukup membantu mempertahankan produktivitas tanaman. Kombinasi bahan organik, keseimbangan hara, dan kondisi tanah yang mendukung berkontribusi pada hasil produksi yang lebih stabil di blok LCPKS.

Produksi yang lebih rendah pada lahan yang diberi aplikasi tankos disebabkan oleh penggunaan tankos langsung sebagai mulsa, yang belum dapat menyuplai nutrisi tambahan karena proses dekomposisinya memerlukan waktu yang cukup lama serta tergantung dari tutupan lahan (Jaya, *et al.*, 2024). Proses dekomposisi tankos membutuhkan nitrogen untuk mengaktifkan bakteri pengurai, yang diambil dari dalam tanah, sehingga tanaman mengalami kekurangan nitrogen sebelum tankos terdekomposisi sepenuhnya

(Firmansyah, 2010). Penggunaan tankos sebagai mulsa atau pupuk organik di perkebunan kelapa sawit bisa memberikan manfaat hara yang signifikan, namun untuk menyetarakan dengan pupuk anorganik seperti Urea, TSP, MOP, dan Kiserit, diperlukan informasi spesifik mengenai kandungan hara dalam tankos dan dosis yang diaplikasikan. Umumnya, kandungan hara dalam 1 ton tankos adalah Nitrogen (N) : 2,5 - 3,0 kg, Fosfor (P_2O_5) : 0,4 - 0,6 kg, Kalium (K_2O) : 4,0 - 5,0 kg dan Magnesium (MgO) : 0,6 - 0,8 kg (Dharma, 2012).

Aplikasi pupuk organik tankos di Sungai Rungau Estate yaitu 30 ton/ha/tahun, maka kandungan hara yang diberikan adalah Nitrogen (N) $30 \text{ ton} \times 3 \text{ kg} = 90 \text{ kg N/ha}$ atau setara dengan 195 kg Urea/ha/th atau 1,43 kg Urea/pokok/th, Fosfor (P_2O_5) $30 \text{ ton} \times 0,6 \text{ kg} = 18 \text{ kg } P_2O_5/\text{ha}$ atau setara dengan 39 kg TSP/pokok/th atau 0,28 kg TSP/pokok/th. Kalium (K_2O) $30 \text{ ton} \times 5 \text{ kg} = 150 \text{ kg } K_2O/\text{ha}$ atau setara dengan 249 kg MOP/ha/th atau 1,83 kg MOP/pokok/th, Magnesium (MgO) $30 \text{ ton} \times 0,8 \text{ kg} = 24 \text{ kg } MgO/\text{ha}$ atau setara dengan 24 kg kieserite/ha atau 0,66 kg kieserite/pokok/th dengan SPH 136 pokok/ha.

Kesimpulan

Produksi kelapa sawit pada blok yang diaplikasi LCPKS dan pupuk anorganik menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata dan lebih tinggi dibandingkan blok aplikasi tankos, serta aplikasi LCPKS menunjukkan produktivitas yang cenderung stabil setiap tahunnya dari antara dua perlakuan lainnya. Produksi kelapa sawit pada blok aplikasi LCPKS, tankos dan pupuk anorganik sudah melampaui potensi produksinya sesuai dengan lahan kelas S2, kecuali produksi tahun 2019 pada blok aplikasi LCPKS dan tahun 2023 pada blok aplikasi pupuk anorganik masih di bawah potensi produksinya. Perawatan tanaman mempengaruhi rerata berat tandan buah kelapa sawit, khususnya kegiatan *maintenance pruning* yang ditunjukkan pada trendline BJR yang kurang stabil dari tiga blok sampel dari November 2023 – April 2024, perlakuan LCPKS, tankos dan pupuk anorganik memiliki nilai BJR secara berurutan dari tinggi sampai terendah.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada seluruh pihak yang terlibat khususnya Bapak/Ibu dosen serta teman-teman seperjuangan yang telah membantu penelitian ini.

Referensi

- Badan Litbang Pertanian. (2011). *Pedoman Umum Adaptasi Perubahan Iklim Sektor Pertanian*. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Breure, C. J. (2003). Palm oil. In: *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (Second Edition). Academic Press.
- Caliman, J. P. & A. Southworth. (2007). Managing Soil Fertility in Oil Palm Plantations. *Planter*, 83(980), 247-261.
- Corley, R. H. V. & P. B. Tinker. (2003). *The Oil Palm Fourth Edition*. Blackwell Science Ltd, United Kingdom.
- Darmosarkoro, W. & S. Rahutomo. (2000). Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Bahan Pembenah Tanah. *Jurnal Lahan dan Pemupukan Kelapa Sawit Edisi*, 1(1), 112–118.
- Dharma, S. (2012). Aplikasi Pupuk Organik dan Anorganik dalam Budidaya Kelapa Sawit. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 24(1), 45-56.
- Dufour, B., J. P. Frangi., L. Delhomme. & A. Frangi. (2009). Root Development of Oil Palm under Waterlogged Conditions. *Experimental Agriculture*, 45(2), 145-160.
- Fauzi, A. M. & H. Susanti. (2008). Efektivitas Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit sebagai Pupuk Cair pada Tanaman Kelapa Sawit. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 36(3), 125-132.
- Firmansyah, Y. (2010). Pengaruh Pemberian Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Ketersediaan Hara dan Pertumbuhan Kelapa Sawit. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 12(2), 121-130.
- Harahap, Z., H. Santoso., A. Lubis. & Z. Hasyim. (2014). Analisis Kesuburan Tanah dan Respon Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap Pemupukan pada Tanah Podsolik Merah Kuning. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 22(3), 15-24.
- Hartatik, W. & L. R. Widowati. (2007). Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit sebagai

- Amelioran Tanah: Pemanfaatan dan Potensinya. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 25(1), 23-30.
- Herman, D. H. & Goenadi. (1999). Manfaat dan Prospek Pengembangan Industri Pupuk Hayati di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*, 18(3), 91–97. <https://doi.org/10.31850/jgt.v8i2.417>.
- Jaya, G. I., Avianto, Y., Handru, A., & Novyanto, A. (2024). Hubungan antara Respirasi Tanah dengan Sifat Tanah Dibawah Kondisi Tegakan Vegetasi yang Berbeda di Ungaran, Jawa Tengah. *AGROISTA: Jurnal Agroteknologi*, 8(1), 11–19. <https://doi.org/10.55180/agi.v8i1.1213>
- Manik, T.A. & E. Pratiwi. (2018). Perbaikan Kualitas Tanah dan Hasil Kelapa Sawit melalui Aplikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit (Tankos) di Tanah Marginal. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 5(1), 22-30.
- Manik, T.A., E. Pratiwi. & H. Fitria. (2018). Pengaruh Pupuk Anorganik terhadap Hasil Produksi Kelapa Sawit di Tanah Podzolik Merah Kuning di Kalimantan Barat. *Jurnal Agroekoteknologi*, 10(1), 34-42.
- Pahan, I. (2008). *Panduan Lengkap Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir* (Vol. 411). Jakarta: Penebar Swadaya Grup.
- Prayitno, S., D. Indradewa. & B. H. Sunarminto. (2008). Produktivitas Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) yang Dipupuk dengan Tandan Kosong dan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, 15(1), 37–48. <https://doi.org/10.22146/veg.23941>.
- Purwanto, S. & A. Sutanto. (2009). Perbandingan Efektivitas Pupuk Anorganik dan Organik dalam Meningkatkan Kualitas Tanah dan Produktivitas Tanaman. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 17(1), 56-64.
- Rezki, A. S., Y. R. Wulandari., L. R. Alvita. & N. P. Sari. (2023). Potential of Empty Fruit Bunches (EFB) Waste as Bioenergy to Produce Bio-Oil using Pyrolysis Method: Temperature Effects. *Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, 7(1), 22–29. <https://rbaet.ub.ac.id/index.php/rbaet/article/view/2930>.
- Satyoso, H., S. M. Hutabarat. & S. Harimurti. (2005). Pemanfaatan Limbah Cair PKS Di PT. Astra Agro Lestari Tb. Berlian. *Makalah Pada Pertemuan Teknis Kelapa Sawit*.
- Schmidt, F. H. & J. H. A. Ferguson. (1951). *Rainfall Types Based on Wet and Dry Period Ratios for Indonesia with Western New Guinea*. Kementerian Perhubungan Djawatan Meteorologi and Geofisika. Jakarta.
- Smartri. (2024). *Hasil Uji Laboratorium Kandungan Hara dalam LCPKS*. Kalimantan Tengah: SMARTRI.
- Sudjana, N. (2005). *Metoda Statistika* (6th ed.). Bandung: Tarsito.
- Sukanto, I. T. N. (2008). *58 Kiat Meningkatkan Produktivitas dan Mutu Kelapa Sawit* (Vol. 84). Jakarta: Penebar Swadaya Grup.
- Sulaiman, F. & A. Abdul. (2010). Utilization of Palm Oil Fuel Ash (POFA) as a Resource for Sustainable Agriculture. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 12(3), 561-570. [10.1016/j.proeng.2015.11.119](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.119)
- Sutanto, A. P. & N. W. Yuwono. (2004). Komposisi Unsur Hara dalam Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dan Potensinya sebagai Pupuk Alternatif. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 9(2), 67-75.
- Widiastuti, H. & P. Panji. (2007). Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sisa Jamur Merang (*Volvariella volvacea*)(TKSJ) sebagai Pupuk Organik pada Pembibitan Kelapa Sawit. *Menara Perkebunan*, 75(2), 70–79. <https://doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.v75i2.148>