

Pengaruh Aplikasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS) Melalui Sistem *Land Application* terhadap Produktivitas Kelapa Sawit

Beni Putra Pratama Silitonga^{*)}, Suprih Wijayani, Dian Pratama Putra

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, INSTIPER Yogyakarta

^{*)}Email Korespondensi: beniputrapratama2510@gmail.com

ABSTRAK

Limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) merupakan hasil samping industri pengolahan kelapa sawit yang masih mengandung bahan organik dan unsur hara sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi melalui sistem *Land Application* (LA). Pemanfaatan LCPKS diharapkan mampu meningkatkan produktivitas tanaman sekaligus mendukung pengelolaan limbah yang berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh aplikasi LCPKS melalui sistem LA terhadap produktivitas dan berat janjang rata-rata (BJR) tanaman kelapa sawit di Pundu Nabatindo Estate. Penelitian menggunakan data sekunder yang berasal dari tujuh blok LA dan tujuh blok *Non-Land Application* (*Non-LA*) dengan tahun tanam yang relatif seragam selama periode 2020–2023. Parameter yang diamati meliputi produktivitas dan BJR tanaman. Analisis data dilakukan menggunakan uji *Independent sample t-test* pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produktivitas tanaman kelapa sawit pada blok LA cenderung lebih tinggi dibandingkan blok *Non-LA*, dengan perbedaan yang nyata pada tahun 2022. Berat janjang rata-rata (BJR) pada blok LA juga menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan blok *Non-LA*, dengan perbedaan yang nyata pada tahun 2020 dan 2021, sedangkan pada tahun 2022 dan 2023 tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa aplikasi LCPKS melalui sistem *Land Application* berpengaruh terhadap produktivitas dan berat janjang rata-rata tanaman kelapa sawit, dengan tingkat signifikansi yang berbeda pada setiap tahun pengamatan.

Kata Kunci: Berat Janjang Rata-Rata, Kelapa Sawit, *Land Application*, Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit, Produktivitas.

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan utama yang memberikan kontribusi besar terhadap perekonomian Indonesia melalui peningkatan devisa negara, penyediaan lapangan kerja, serta penyediaan bahan baku industri pangan, oleokimia, dan energi terbarukan. Peningkatan produksi tandan buah segar (TBS) diikuti dengan meningkatnya volume limbah cair pabrik kelapa sawit (*Palm Oil Mill Effluent*; POME). Apabila tidak dikelola secara tepat, limbah cair tersebut berpotensi mencemari lingkungan karena memiliki kandungan bahan organik yang tinggi. Namun, setelah melalui proses pengolahan sesuai baku mutu, LCPKS masih mengandung berbagai unsur hara yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi bagi tanaman melalui sistem

Land Application (Dominic & Baidurah, 2022). Pemanfaatan LCPKS sebagai sumber unsur hara juga telah dilaporkan mampu mendukung peningkatan produktivitas tanaman apabila diaplikasikan sesuai kondisi lahan dan kebutuhan tanaman (Prayitno & Indradewa, n.d.).

Penerapan sistem *Land Application* tidak hanya berfungsi sebagai alternatif pengelolaan limbah, tetapi juga menjadi upaya pemanfaatan kembali unsur hara yang terkandung di dalam LCPKS. Aplikasi LCPKS mampu meningkatkan kandungan bahan organik tanah sehingga memperbaiki ketersediaan unsur hara dan efisiensi penyerapannya oleh tanaman kelapa sawit. (Saputra *et al.*, 2022) melaporkan bahwa aplikasi LCPKS meningkatkan serapan unsur nitrogen, fosfor, dan kalium pada tanaman kelapa sawit, sedangkan (Mutaqin *et al.*, 2023) menunjukkan bahwa penerapan *Land Application* mampu meningkatkan kandungan nitrogen dalam tanah dan jaringan tanaman sehingga berpotensi mendukung pertumbuhan serta produktivitas tanaman.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemanfaatan LCPKS memberikan dampak positif terhadap produksi tanaman kelapa sawit. (Pohan *et al.*, 2023) melaporkan bahwa kombinasi aplikasi LCPKS dan tandan kosong pada lahan mineral mampu meningkatkan produksi kelapa sawit dibandingkan tanpa aplikasi bahan organik. Hasil tersebut diperkuat oleh (Gunawan *et al.*, 2024) yang menyatakan bahwa aplikasi LCPKS mampu memperbaiki kesehatan tanah dan meningkatkan produktivitas tanaman pada lahan pasir. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut lebih banyak mengevaluasi pengaruh LCPKS terhadap sifat tanah atau kondisi tanaman pada lokasi tertentu sehingga kajian yang menggunakan data produksi aktual dalam jangka waktu beberapa tahun masih relatif terbatas.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menggunakan data produksi aktual selama periode 2020–2023 pada blok *Land Application* dan *Non-Land Application* dengan karakteristik tanaman yang relatif seragam di Pundu Nabatindo Estate. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang lebih representatif mengenai pengaruh aplikasi LCPKS terhadap produktivitas dan berat janjang rata-rata (BJR) tanaman kelapa sawit. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkuat temuan (Sihite *et al.*, 2024) mengenai potensi peningkatan produktivitas tanaman pada areal yang menerapkan aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit. Temuan tersebut juga sejalan dengan (Prayitno & Indradewa, n.d.) yang melaporkan bahwa aplikasi LCPKS mampu meningkatkan produktivitas tanaman melalui peningkatan ketersediaan unsur hara.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Pundu Nabatindo Estate, PT Windu Nabatindo Lestari, Kalimantan Tengah, dengan memanfaatkan data produksi tanaman kelapa sawit periode 2020–2023. Penelitian menggunakan metode survei dengan pendekatan kuantitatif melalui analisis data sekunder yang diperoleh dari arsip dan laporan produksi perusahaan. Pendekatan ini dipilih untuk mengevaluasi pengaruh penerapan limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) melalui sistem *Land Application* terhadap produktivitas tanaman dan berat janjang rata-rata (BJR) pada kondisi operasional perkebunan.

Objek penelitian terdiri atas blok tanaman kelapa sawit yang menerapkan sistem *LA* dan blok yang tidak menerapkan sistem tersebut (*Non-Land Application*). Pengambilan sampel dilakukan secara purposive sampling, yaitu berdasarkan kesamaan tahun tanam, kondisi tanaman, dan ketersediaan data produksi yang lengkap. Berdasarkan kriteria tersebut diperoleh tujuh blok *LA* dan tujuh blok *Non-LA* sebagai sampel penelitian.

Parameter yang diamati meliputi produktivitas tanaman kelapa sawit (ton/ha) dan berat janjang rata-rata (kg/tandan). Sebagai data pendukung, digunakan informasi mengenai curah

hujan tahunan dan karakteristik blok penelitian untuk membantu menginterpretasikan hasil penelitian. Seluruh data diperoleh dari dokumen resmi perusahaan yang meliputi luas areal, produksi tandan buah segar (TBS), produktivitas, berat janjang rata-rata, serta data curah hujan selama periode penelitian.

Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak *IBM SPSS Statistics*. Sebelum pengujian hipotesis, data diuji normalitas dan homogenitas sebagai prasyarat analisis parametrik. Selanjutnya dilakukan *Independent sample t-test* pada taraf nyata 5% ($\alpha = 0,05$) untuk membandingkan produktivitas dan berat janjang rata-rata antara blok *LA* dan *Non-LA*. Perbedaan dinyatakan signifikan apabila nilai $p < 0,05$, sedangkan nilai $p \geq 0,05$ menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok. Pendekatan ini umum digunakan untuk mengevaluasi perbedaan rata-rata dua kelompok yang saling independen pada penelitian komparatif di bidang budidaya kelapa sawit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Produktivitas tanaman kelapa sawit dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah kondisi iklim, terutama curah hujan. Ketersediaan air yang memadai berperan penting dalam proses fisiologis tanaman, penyerapan unsur hara, serta pembentukan tandan buah segar. Oleh karena itu, data curah hujan digunakan sebagai informasi pendukung untuk menginterpretasikan produktivitas dan berat janjang rata-rata (BJR) tanaman selama periode penelitian (Jamidi *et al.*, 2025).

Tabel 1. Curah Hujan Tahunan dan Bulan Kering PNBE Tahun 2017–2022

Tahun	Curah Hujan (mm)	Bulan Kering
2017	3.172.9	0
2018	2,780.5	1
2019	2,485.4	2
2020	3,291.9	0
2021	3,176.6	0
2022	3,378.5	0

Berdasarkan Tabel 1, curah hujan tahunan di Pundu Nabatindo Estate selama periode 2017–2022 berkisar antara 2.485,4–3.378,5 mm dengan jumlah bulan kering sebanyak 0–2 bulan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan air di lokasi penelitian relatif mencukupi untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman kelapa sawit. Curah hujan yang relatif stabil juga mendukung proses dekomposisi bahan organik dari LCPKS sehingga unsur hara menjadi lebih mudah tersedia bagi tanaman. Kondisi tersebut diduga turut mendukung efektivitas aplikasi LCPKS dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman (Gunawan *et al.*, 2024); (Mutaqin *et al.*, 2023)

Karakteristik blok penelitian pada areal *Land Application* (LA) dan *Non-Land Application* (Non-LA) memiliki tahun tanam yang relatif sama sehingga pengaruh umur tanaman terhadap produktivitas dapat diminimalkan. Dengan demikian, perbedaan produktivitas maupun berat janjang rata-rata yang diperoleh dalam penelitian ini lebih mencerminkan pengaruh penerapan LCPKS dibandingkan faktor umur tanaman.

Tabel 2. Produktivitas Tanaman Kelapa Sawit pada Blok *Land Application* dan *Non-Land Application* Tahun 2020–2023

Tahun	<i>Land Application</i> (ton/ha)	<i>Non-Land Application</i> (ton/ha)
2020	24,79 a	22,71 a
2021	24,28 a	22,79 a
2022	27,48 a	22,11 b
2023 (s/d April)	6,56 a	5,32 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan hasil Independent sample t-test pada taraf nyata 5%.

Tabel 2 menunjukkan bahwa produktivitas tanaman kelapa sawit pada blok *Land Application* (LA) cenderung lebih tinggi dibandingkan blok *Non-Land Application* (Non-LA) selama periode pengamatan tahun 2020–2023. Hasil uji *Independent Sample t-test* menunjukkan bahwa perbedaan produktivitas terjadi secara nyata pada tahun 2022 ($P < 0,05$), sedangkan pada tahun 2020, 2021, dan 2023 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P > 0,05$). Meskipun demikian, nilai rata-rata produktivitas pada blok LA secara konsisten lebih tinggi dibandingkan blok Non-LA pada setiap tahun pengamatan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa aplikasi LCPKS melalui sistem *Land Application* memberikan kecenderungan peningkatan produktivitas tanaman kelapa sawit, meskipun responsnya tidak selalu muncul secara nyata pada setiap periode pengamatan. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian (Prayitno & Indradewa, n.d.) yang melaporkan bahwa aplikasi limbah cair pabrik kelapa sawit mampu meningkatkan produktivitas tanaman melalui peningkatan ketersediaan unsur hara di dalam tanah. Hasil serupa juga dilaporkan oleh (Sihite *et al.*, 2024), yang menunjukkan bahwa produktivitas kelapa sawit pada areal yang menerapkan aplikasi LCPKS cenderung lebih tinggi dibandingkan areal tanpa aplikasi.

Peningkatan produktivitas pada blok LA diduga berkaitan dengan bertambahnya kandungan bahan organik dan unsur hara yang berasal dari LCPKS. Aplikasi LCPKS diketahui mampu meningkatkan ketersediaan nitrogen, fosfor, dan kalium di dalam tanah sehingga penyerapan unsur hara oleh tanaman menjadi lebih optimal. Kondisi tersebut mendukung pertumbuhan vegetatif maupun generatif tanaman yang pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan produksi tandan buah segar. Hasil penelitian ini sejalan dengan (Saputra *et al.*, 2022) yang melaporkan bahwa aplikasi LCPKS meningkatkan serapan unsur hara makro pada tanaman kelapa sawit, sedangkan (Mutaqin *et al.*, 2023) menyatakan bahwa penerapan *Land Application* mampu meningkatkan kandungan nitrogen dalam tanah dan jaringan tanaman. Peningkatan kandungan unsur hara tersebut berkontribusi terhadap efisiensi penyerapan nutrisi oleh tanaman sehingga pertumbuhan vegetatif dan pembentukan tandan berlangsung lebih optimal. Perbaikan ketersediaan unsur hara tersebut umumnya diikuti oleh peningkatan kualitas fisik tanah yang mendukung perkembangan sistem perakaran serta efisiensi penyerapan air dan unsur hara oleh tanaman (Indriyani *et al.*, 2023).

Perbedaan produktivitas yang signifikan pada tahun 2022 mengindikasikan bahwa manfaat aplikasi LCPKS bersifat bertahap atau kumulatif. Penambahan bahan organik secara berulang memerlukan waktu sebelum mampu memperbaiki kondisi tanah secara optimal, sehingga pengaruhnya terhadap produktivitas tanaman lebih nyata setelah beberapa tahun aplikasi. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian (Gunawan *et al.*, 2024) yang menunjukkan bahwa aplikasi LCPKS mampu memperbaiki kekhilangan tanah dan memberikan pengaruh positif terhadap produksi kelapa sawit. Temuan serupa juga dilaporkan oleh (Pohan *et al.*, 2023), yang menyatakan bahwa pemanfaatan LCPKS pada lahan mineral mampu meningkatkan produksi tanaman apabila diaplikasikan secara berkelanjutan. Hasil tersebut juga sejalan dengan (Khusrizal *et al.*, 2022) yang melaporkan bahwa aplikasi LCPKS mampu memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah sehingga produktivitas tanaman meningkat.

Tidak ditemukannya perbedaan yang nyata pada tahun 2020, 2021, dan 2023 menunjukkan bahwa produktivitas tanaman kelapa sawit tidak hanya dipengaruhi oleh aplikasi LCPKS, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti kondisi iklim, karakteristik tanah, umur tanaman, dan pengelolaan kebun. Selain itu, data produktivitas tahun 2023 hanya mencakup periode Januari hingga April sehingga belum sepenuhnya menggambarkan produksi tanaman selama satu tahun. Meskipun demikian, kecenderungan produktivitas yang lebih tinggi pada

blok LA memperlihatkan bahwa pemanfaatan LCPKS tetap memberikan pengaruh positif terhadap produksi tanaman. Hasil penelitian ini juga mendukung penelitian (Sihite *et al.*, 2024) yang melaporkan bahwa produktivitas kelapa sawit pada areal yang memperoleh aplikasi limbah cair pabrik cenderung lebih tinggi dibandingkan areal tanpa aplikasi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa efektivitas aplikasi LCPKS juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan dinamika ketersediaan unsur hara di dalam tanah sehingga respons tanaman dapat berbeda pada setiap lokasi penelitian (Sham *et al.*, 2024).

Selain itu, pemanfaatan LCPKS melalui sistem *Land Application* tidak hanya meningkatkan produktivitas tanaman, tetapi juga menjadi salah satu bentuk pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan karena unsur hara yang masih terkandung di dalam limbah dapat dimanfaatkan kembali oleh tanaman (Dominic & Baidurah, 2022). Konsep pemanfaatan kembali limbah tersebut juga didukung oleh (Nasrin *et al.*, 2022) yang menjelaskan bahwa pengolahan POME sebelum diaplikasikan ke lahan dapat mengurangi risiko pencemaran sekaligus memberikan manfaat agronomis.

Tabel 3. Berat Janjang Rata-rata (BJR) Tanaman Kelapa Sawit pada Blok *Land Application* dan *Non Land Application*

Tahun	<i>Land Application</i> (kg)	<i>Non Land Application</i> (kg)
2020	21,61 a	20,61 b
2021	18,09 a	17,64 b
2022	17,89 a	18,60 a
2023	20,04 a	19,46 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan hasil Independent sample t-test pada taraf nyata 5%.

Tabel 3 menunjukkan bahwa berat janjang rata-rata (BJR) tanaman kelapa sawit pada blok *Land Application* (LA) cenderung lebih tinggi dibandingkan blok *Non Land Application* (Non LA) selama periode penelitian. Hasil uji *Independent Sample t-test* menunjukkan bahwa perbedaan BJR terjadi secara nyata pada tahun 2020 dan 2021 ($P < 0,05$), sedangkan pada tahun 2022 dan 2023 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ($P > 0,05$). Meskipun demikian, nilai rata-rata BJR pada blok LA umumnya tetap lebih tinggi dibandingkan blok Non LA. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan LCPKS melalui sistem *Land Application* memberikan kecenderungan peningkatan kualitas hasil panen, meskipun besarnya respons berbeda pada setiap tahun pengamatan.

Peningkatan BJR pada blok LA diduga berkaitan dengan meningkatnya ketersediaan unsur hara, terutama nitrogen, fosfor, dan kalium yang berperan dalam pembentukan serta pengisian tandan. Ketersediaan unsur hara yang lebih baik memungkinkan proses fotosintesis dan translokasi hasil asimilasi berlangsung lebih optimal sehingga mendukung peningkatan bobot tandan. (Saputra *et al.*, 2022b) melaporkan bahwa aplikasi LCPKS meningkatkan serapan unsur hara makro pada tanaman kelapa sawit, sedangkan (Mutaqin *et al.*, 2023) menunjukkan bahwa *Land Application* mampu meningkatkan kandungan nitrogen tanah dan jaringan tanaman yang berkontribusi terhadap pertumbuhan serta perkembangan tanaman.

Perbedaan nyata pada tahun 2020 dan 2021 menunjukkan bahwa aplikasi LCPKS memberikan pengaruh positif terhadap pembentukan berat tandan pada awal periode pengamatan. Namun, pada tahun 2022 dan 2023 tidak ditemukan perbedaan yang signifikan antara blok LA dan Non-LA. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa pembentukan BJR tidak hanya dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti distribusi curah hujan, kondisi tanah, umur tanaman, serta manajemen pemeliharaan kebun. Selain itu, data tahun 2023 hanya mencakup periode Januari hingga April sehingga belum sepenuhnya mencerminkan produksi selama satu tahun. Kondisi ini memungkinkan

respons tanaman terhadap aplikasi LCPKS belum menggambarkan secara menyeluruh. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa faktor iklim, khususnya distribusi curah hujan, turut menentukan keberhasilan aplikasi LCPKS terhadap pembentukan tandan (Jamidi *et al.*, 2025).

Hasil penelitian ini sejalan dengan (Pohan *et al.*, 2023) yang melaporkan bahwa pemanfaatan LCPKS pada lahan mineral mampu meningkatkan produksi tanaman melalui perbaikan kondisi tanah dan ketersediaan unsur hara. Temuan ini juga didukung oleh (Gunawan *et al.*, 2024) yang menyatakan bahwa aplikasi LCPKS berkontribusi terhadap peningkatan keharmonisan tanah dan memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan serta hasil tanaman kelapa sawit. Dengan demikian, aplikasi LCPKS melalui sistem *Land Application* berpotensi meningkatkan berat janjang rata-rata, meskipun tingkat responsnya dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan pengelolaan kebun. Temuan tersebut juga konsisten dengan hasil penelitian (Sihite *et al.*, 2024) yang menunjukkan bahwa blok yang memperoleh aplikasi LCPKS memiliki kecenderungan menghasilkan produktivitas dan komponen hasil yang lebih baik dibandingkan blok tanpa aplikasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Aplikasi LCPKS melalui sistem *Land Application* meningkatkan produktivitas tanaman kelapa sawit dibandingkan *Non Land Application*, dengan perbedaan nyata pada tahun 2022.
2. Aplikasi LCPKS meningkatkan berat janjang rata-rata (BJR), namun perbedaan nyata hanya terjadi pada tahun 2020 dan 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Dominic, D., & Baidurah, S. (2022). Recent Developments in Biological Processing Technology for Palm Oil Mill Effluent Treatment—A Review. *Biology*, 11(4), 525. <https://doi.org/10.3390/biology11040525>
- Gunawan, S., Hidayat, W., Purwoto, H., Wirianata, H., & Renjani, R. A. (2024). Aplikasi Limbah Cair Pabrik terhadap Keharmonisan Tanah dan Tanaman serta Pengaruhnya terhadap Produksi Kelapa Sawit di Tanah Pasiran. *Agrotechnology Research Journal*, 8(1), 43–48. <https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v8i1.91881>
- Indriyani, F., Ivansyah, O., & Sutanto, Y. (2023). Respons Sifat Fisika Tanah terhadap Penerapan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit di Perkebunan Kelapa Sawit. *PRISMA FISIKA*, 11(3), 84. <https://doi.org/10.26418/pf.v11i3.65283>
- Jamidi, Muatho, M. I., Nasruddin, Ismadi, & Baidhawi. (2025). Agroclimatic suitability analysis for oil palm under projected climate in North Aceh Regency, Indonesia. *Journal of Agrometeorology*, 27(2), 177–183. <https://doi.org/10.54386/jam.v27i2.2662>
- Khusrizal, Agani, N., & Muliana. (2022). Penggunaan limbah organik cair pabrik kelapa sawit dan industri tahu dalam meningkatkan kualitas fisikokimia dan stok karbon tanah haplusteps. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 19(2). <https://doi.org/10.31849/jip.v19i2.9884>
- Mutaqin, Z., Muliani, M., Fakhrudin, J., Ivansyah, O., & Siahaan, N. F. (2023). Pengaruh Land Application Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit terhadap Kadar Nitrogen Dalam Tanah dan Tanaman Kelapa Sawit Menghasilkan. *Soilrens*, 20(2), 78. <https://doi.org/10.24198/soilrens.v20i2.45267>
- Nasrin, A. B., Abdul Raman, A. A., Bukhari, N. A., Sukiran, M. A., Buthiyappan, A., Subramaniam, V., Aziz, A. A., & Loh, S. K. (2022). A critical analysis on biogas production and utilisation potential from palm oil mill effluent. *Journal of Cleaner Production*, 361, 132040. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132040>
- Pohan, A. K. S., Wirianata, H., & Hastuti, P. B. (2023). Efektivitas Pengaplikasian Tandan Kosong dan LCPKS pada Lahan Mineral untuk Meningkatkan Produksi Kelapa Sawit

- (*Elaeis guineensis* Jacq.). *AGROISTA: Jurnal Agroteknologi*, 6(2), 101–109. <https://doi.org/10.55180/agi.v6i2.278>
- Prayitno, S., Indradewa, D., & Sunarminto, B. H. (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://journal.ugm.ac.id/jip/article/view/1546>.
- Saputra, F., Tampubolon, G., & Ahmad Mahbub, I. (2022). Pengaruh Aplikasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Terhadap Serapan Hara N, P, Dan K Pada Tanaman Kelapa Sawit. *Jurnal Agroecotania : Publikasi Nasional Ilmu Budidaya Pertanian*, 4(2), 51–62. <https://doi.org/10.22437/agroecotania.v4i2.20441>
- Sham, I. N., Yap, C. K., Nulit, R., Peng, S. H. T., & Chai, E. W. (2024). Nutrient Leaching in Oil Palm Plantation: A Review on Special Reference to Fertilization Application. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences (PJLSS)*, 22(2). <https://doi.org/10.57239/PJLSS-2024-22.2.0062>
- Sihite, Y. V. H., Jaya, G. I., & Rochmiyati, S. M. (2024). Productivity of Oil Palm in Palm Oil Mill Effluent, Empty Bunch and Non-Application Block Areas. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(4), 337–346. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i4.7655>