

Analisis Kandungan Hara N, P, dan K pada Perbedaan Lahan yang Ditanami Karet dan Kelapa Sawit

Nur Hidayanti, Muhammad Mahbub*, Abdul Haris

Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Jalan Jenderal A.Yani KM 36 Simpang Empat, Banjarbaru 70714, Indonesia.

*Email penulis korespondensi: mmahbub@ulm.ac.id

Informasi Artikel

Received 04 Maret 2024
Accepted 20 Maret 2024
Published 22 Maret 2024
Online 22 Maret 2024

Keywords:

Nitrogen; Oil palm;
Phosphor; Potassium; Rubber

Abstract

The general obstacles in cultivating rubber and oil palm are soil acidity and limited availability of nutrients, especially N, P, and K. These nutrients play an important role in the growth of rubber and oil palm plants. Knowing the nutrient content is necessary to be able to determine the management that needs to be carried out. The objective of this study is to determine differences in the nutrient content of N, P, and K on various lands planted with rubber and oil palm plants. Soil sample analysis was conducted in the laboratory for available N, available P, and available K. To determine differences in land use for the elements N, P and K, data were analyzed using an unpaired two sample t test. The results showed differences in available K and available P levels between the two land types, while no differences were observed in N availability between the two land types. This variation may be caused by differences in land management practices.

1. Pendahuluan

Sektor perkebunan di Kalimantan Selatan memiliki potensi yang besar dengan penekanan pada komoditas karet dan kelapa sawit. Komoditas-komoditas ini dikelola oleh berbagai pihak, termasuk perusahaan negara, perusahaan swasta besar, dan petani perkebunan. Sebagai hasilnya, sektor perkebunan memiliki peran sentral dalam pertumbuhan ekonomi Provinsi Kalimantan Selatan, dimana luas areal tanam kelapa sawit di Kalimantan Selatan di tahun 2023 seluas 444.784 Ha dengan produksi tahunan sebesar 1.175.098 ton dan perkebunan karet seluas 268.893 Ha dengan produksi 197.589 (Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Selatan, 2024). Dengan luas area jika dibandingkan dengan produksi maka termasuk rendah jika dibandingkan dengan produksi sawit di Provinsi lainnya (Badan Pusat Statistik, 2024). Rendahnya produktivitas di Kalimantan Selatan salah satunya terjadi akibat faktor pembatas di lahan kering.

Faktor pembatas seperti kemasaman tinggi dapat meningkatkan pelindian unsur hara esensial untuk tanaman seperti N, P, dan K dan meningkatkan ketersediaan unsur toksik melalui proses reaksi geokimia dan biologi di dalam tanah (Holland et al., 2018). Kemasaman tanah akan membuat akar menjadi tebal, akar yang tebal membuat akar tidak panjang dan bulu-bulu akar akan memendek, hal ini akan menyebabkan penyerapan unsur hara dan air akan berkurang sehingga membuat tanaman menjadi kekurangan hara, sehingga menyebabkan pertumbuhan kelapa sawit dan karet tidak baik (Thandapani dan Nadaraj, 2024). Terlebih lagi menurut mereka, tingginya unsur hara seperti Al dan Fe akan mengganggu pertumbuhan akar. Untuk mengatasi hal ini, langkah-langkah seperti pengapuran, pengolahan bahan organik, dan pemupukan dapat diambil (Kalkkhoran et al., 2021). Setelah melakukan perbaikan yang tepat, pemupukan bisa dilakukan (Mahmud dan Chong, 2022).

Kesuburan tanah ditentukan oleh kemampuannya dalam menyediakan/unsur hara yang diperlukan oleh tanaman untuk pertumbuhan dan produksi. Namun, kelebihan unsur hara dapat menjadi racun bagi tanaman. Hal ini terjadi apabila beberapa mikronutrien terakumulasi pada tingkat yang sangat tinggi di dalam tanaman, mereka berkontribusi terhadap pembentukan spesies oksigen reaktif yang dapat menyebabkan kerusakan sel tanaman yang parah serta kelebihan salah satu nutrisi akan menghambat penyerapan unsur hara lainnya untuk tanaman (Chrysargyris et al., 2022). Ketersediaan unsur hara dalam tanah dan karakteristik lahan memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan optimal tanaman karet dan kelapa sawit. Kedua tanaman tersebut membutuhkan empat hara makro penting seperti N, P dan K serta Mg (Baharom dan Razali, 2023; Ginting et al., 2021).

Kekurangan unsur hara di atas akan menimbulkan gejala-gejala baik di tanaman sawit dan karet sebagai contoh kekurangan N akan menyebabkan klorosis (Sutarta dan Syarovy, 2019).

Pentingnya unsur hara makro seperti N, P, dan K dalam pertumbuhan tanaman karet dan kelapa sawit tidak bisa diabaikan. Ketersediaan unsur hara N, P, dan K memiliki peran sentral dalam mencapai produktivitas optimal tanah dan menghasilkan hasil panen yang baik. Unsur hara N berperan penting dalam sintesis klorofil guna meningkatkan fotosintesis tanaman, unsur hara K pada tanaman kelapa sawit memiliki peranan vital dalam proses pembentukan minyak dan memengaruhi jumlah serta ukuran tandan buah, pada karet berfungsi untuk meningkatkan hasil getah karet (Nugroho, 2015; Patria et al., 2022). Fungsi P bagi tanaman kelapa sawit dan karet, yaitu sebagai pemercepat laju respirasi, transpor dan penyimpanan energi (Mustikawati et al., 2020). Maka dari itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan lahan tanaman karet dan kelapa sawit terhadap kandungan unsur hara N, P, dan K.

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan Desember 2021 sampai dengan Februari 2022. Pengambilan sampel tanah dilakukan di Lahan Praktek perkebunan karet dan Sawit di Lahan Praktek SMK-PP Negeri Banjarbaru, Kelurahan Loktabat Selatan, Kecamatan Banjarbaru Selatan, Provinsi Kalimantan Selatan dengan titik koordinat 3°26'59.4"S 114°49'21.2"E. Analisis sampel tanah dilaksanakan di Laboratorium Fisika dan Kimia Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.

2.2. Pelaksanaan penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif, yaitu melakukan survei di lahan perkebunan karet dan kelapa sawit. Sampel tanah diambil dari dua lokasi yang berbeda, yaitu lahan karet (LK) dan lahan kelapa sawit (LS) dengan jenis tanah keduanya adalah Ultisol dan masing-masing luas lahan 10 Ha. Pemilihan titik sampel dilakukan secara purposive dengan memperhatikan daerah perakaran pohon karet dan kelapa sawit. Pada masing-masing lahan, ditentukan sepuluh (10) titik sampel secara acak.

Tahap awal penelitian ini adalah melakukan survei untuk memastikan keberadaan lahan karet LK dan LS di lapangan sebagai lokasi pengambilan sampel tanah dengan mempertimbangkan jenis tanah yang sama. Metode purposive sampling digunakan untuk menentukan sepuluh (10) titik sampel pada masing-masing lahan dimana setiap 1 Ha diambil 1 titik sampel. Sampel tanah diambil dengan melakukan pengeboran diantara 4 pohon (Sitorus, 2019), sehingga dapat mewakili persebaran hara di lahan tersebut. Pada setiap titik sampel, diambil dua kedalaman contoh tanah, yaitu 0 - 30 cm dan 30 - 60 cm untuk kedua jenis lahan tersebut (Sitorus, 2019).

Sampel tanah yang diambil kemudian dibawa ke ruang sadai untuk dikeringkan secara alami pada suhu ruangan. Setelah itu, sampel tanah dihaluskan dan disaring menggunakan ayakan 2 mm. Penggabungan sampel dilakukan di rumah sadai dengan jumlah 500 g untuk setiap sampel komposit. Sampel tanah dianalisis di laboratorium terhadap N-tersedia menggunakan Spektrofotometer dengan metode Komrs dan Zweers (Kreskovic dan Licina, 2003), P-tersedia dengan metode Bray I (Sarker et al., 2014), sedangkan untuk analisis K-tersedia dengan metode K-dd (Barbagelata, 2006). Sebelum melakukan analisis parameter tersebut, dilakukan analisis pH H₂O metode elektroda (Kome et al., 2018) sebagai langkah pendahuluan. Setelah sampel tanah dianalisis di laboratorium, dilanjutkan dengan analisis data untuk membandingkan kandungan hara N, P, dan K antara lahan karet (LK) dan lahan kelapa sawit (LS).

2.3. Analisis Data

Analisis data menggunakan analisis statistik parametrik, yaitu uji t terhadap dua nilai tengah yang tidak berpasangan (*t-test unpaired two sample for means*) untuk mengetahui perbedaan penggunaan lahan terhadap kandungan hara tanah.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Deskripsi Pengelolaan Lahan pada Lokasi

Penelitian ini mengungkapkan, perbandingan antara dua lahan dengan karakteristik serupa, termasuk jenis tanah yang sama, umur tanaman yang hampir sejajar, dan pengelolaan tanaman yang berbeda, pengelolaan tanah (Tabel 1), termasuk pengapuran dan pemupukan, memiliki dampak signifikan terhadap ketersediaan unsur hara tanah di kedua lahan, baik kelapa sawit maupun karet, yang pada akhirnya mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas keseluruhan. Asupan unsur hara yang seimbang dan cukup melalui pemupukan sangat penting untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman kelapa sawit dan karet.

Lokasi lahan karet bersebelahan dengan lahan kelapa sawit. Umur tanaman pada lahan karet adalah 12 tahun, jarak tanam antar pokok adalah 4x4 meter dengan perawatan yang sama (Tabel 1) dan kualitas tanaman seragam (dalam keadaan baik). Pengambilan titik yaitu dilakukan di antara empat tanaman pada masing-masing ke 10 titik

sampel. Terlihat pada lahan ini dipermukaan tanah banyak terdapat serasah daun tanaman dengan tebal serasah 3 cm pada masing-masing titik yang diamati.

Lahan kelapa sawit memiliki umur tanaman 16 tahun dan mulai menghasilkan, sehingga disebut tanaman menghasilkan (TM) pada umur 4 (empat) tahun, jarak tanam antar pokok adalah 8x8 m dengan perawatan yang sama (Tabel 1) dan kualitas tanaman seragam (dalam keadaan baik). Pengambilan titik untuk penelitian dilakukan di antara 4 (empat) tanaman kelapa sawit.

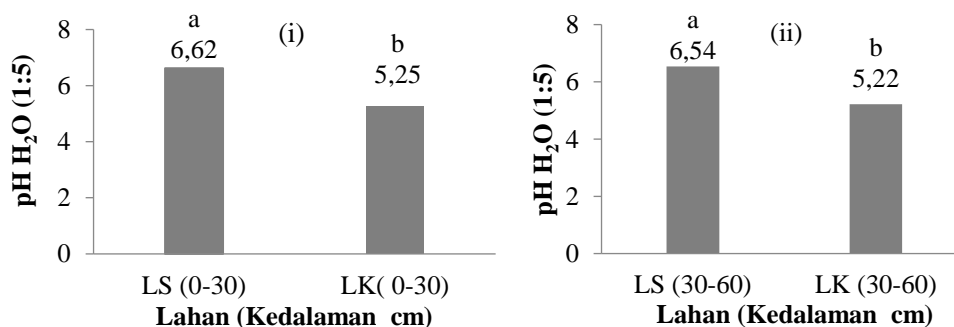
Tabel 1. Data pengelolaan lahan

Lahan	Kelapa Sawit	Karet
A. Pengelolaan Tanaman		
- Umur Tanaman	15 tahun	13 tahun
- Jarak tanaman	8 x 9 m	4 x 5 m
- Luas lahan	8 ha	3 ha
- Varietas tanaman	Supindo	PB260
B. Pemupukan		
- Pupuk organik	Pupuk kandang ayam	-
- Pupuk anorganik	Urea	TSP
	KCl	KCl
- Pengapuran	Kapur Dolomit	-
- Frekuensi aplikasi pupuk	Per tahun	Per tahun
C. Pengelolaan Lahan		
- Rotasi Tanaman	-	-
- Perubahan penggunaan lahan	-	-
D. Informasi Tambahan		
- Tekstur tanah (Mujahid, 2021)	Lempung	Lempung berdebu
- Kadar air (Mujahid, 2021)	26,79 g/kg	27,69 g/kg

Sumber : SMK-PP Negeri Banjarbaru (2021).

3.2. Hasil analisis kemasaman tanah (pH H₂O 1:5)

Perbedaan nilai pH tanah antara lahan kelapa sawit dan lahan karet memiliki pengaruh signifikan terhadap ketersediaan unsur hara. Nilai pH tanah pada lahan kelapa sawit lebih tinggi dibandingkan dengan lahan karet, baik pada kedalaman 0-30 cm maupun 30-60 cm (Gambar 1), dimana pada lahan kelapa sawit tergolong netral dan pada lahan karet tergolong masam. Hal ini disebabkan oleh pengelolaan yang lebih baik pada lahan kelapa sawit, termasuk pengapuran dengan kapur dolomit dan pemupukan yang lebih beragam (Tabel 1), yang secara langsung meningkatkan pH tanah. Hal ini sejalan dengan Mahmud dan Chong (2022) bahwa pengapuran dapat meningkatkan pH dengan 2 tahap, dimana tahap pertama melibatkan reaksi Ca atau Mg dengan H⁺ pada kompleks pertukaran, dengan H⁺ digantikan oleh Ca²⁺ atau Mg²⁺ pada tempat pertukaran, sehingga menghasilkan pembentukan HCO₃. Pada tahap kedua, HCO₃ berinteraksi dengan H⁺ menghasilkan CO₂ dan H₂O, yang meningkatkan pH larutan. Selain itu menurut Dayah et al. (2023) menambahkan bahan organik berupa pupuk kandang ayam seperti yang dilakukan di lahan kelapa sawit dapat meningkatkan nilai pH tanah karena bahan organik yang telah mengalami mineralisasi akan melepaskan mineralnya, termasuk kation-kation basa. Sehingga sangat penting untuk melakukan pengapuran dan penambahan bahan organik di lahan karet untuk meningkatkan pH tanah sehingga secara tidak langsung juga meningkatkan ketersediaan hara di lahan tersebut.

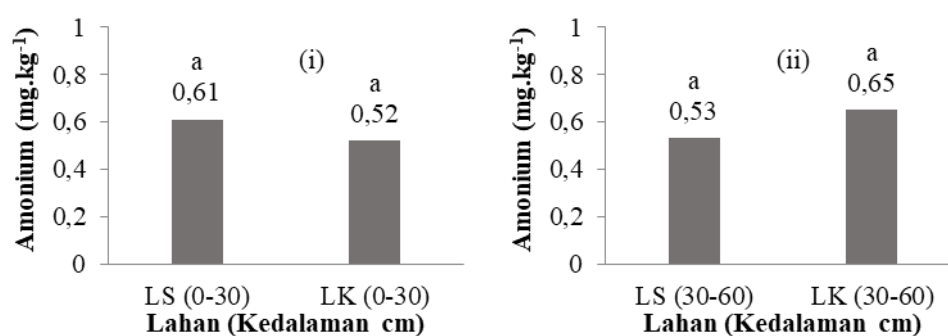


Keterangan: Huruf yang sama pada bar tidak menunjukkan beda nyata pada uji t (α : 5%) untuk masing-masing kedalaman.

Gambar 1. Diagram rata-rata pH pada LK dan LS dengan kedalaman 0-30 cm (i) dan 30-60 cm (ii)

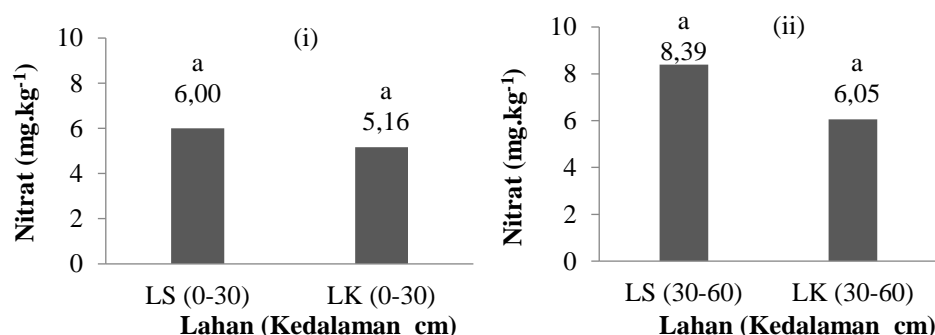
3.3. Amonium Tanah (NH_4^+) dan Nitrat Tanah (NO_3^-)

Tanaman menyerap nitrogen dalam bentuk ion amonium atau ion nitrat. Pada penelitian ini, tidak terdapat perbedaan yang signifikan rata-rata kandungan amonium tanah (Gambar 2) dan nitrat tanah (Gambar 3) antara lahan kelapa sawit dan karet. Berdasarkan Eviati dan Sulaeman (2009), nilai harkat amonium tanah pada kedua lahan tersebut menunjukkan nilai sangat rendah (kurang dari 2), sedangkan nitrat berada pada harkat sedang. Hal ini menandakan bahwa nitrogen di kedua lahan banyak dalam bentuk nitrat. Pengelolaan lahan yang berbeda seperti pemberian pupuk kandang ayam pada lahan kelapa sawit setiap tahunnya tidak memberikan perbedaan yang signifikan, diduga karena pada tanaman karet memiliki serasah yang lebih banyak sehingga terdapat bahan organik. Menurut Mustaqim et al. (2023) bahan organik dan pH berperan sebagai salah satu sumber utama nitrogen dalam tanah. Selain itu faktor lain seperti kapasitas tukar kation tanah memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kandungan amonium tanah, kehadiran amonium dan nitrat dalam tanah (Lee et al., 2018). Tidak adanya perbedaan nilai ini dipengaruhi oleh sifat mudah hilangnya amonium dan nitrat dalam tanah yang disebabkan oleh kurangnya ikatan kuat dengan tanah (Bimasri dan Murniati, 2022). Tingginya nilai nitrat dibandingkan dengan amonium menandakan bahwa di tanah terjadi proses nitrifikasi yang besar. Biasanya, amonia (NH_3) digunakan sebagai substrat utama. Diubah oleh enzim amonia monooksigenase (amoA) menjadi hidroksilamin (NH_2OH), sedangkan hidroksilamin dengan bantuan enzim hidroksilamin oksidoreduktase (HAO) bereaksi dengan air menghasilkan nitrit (NO_2) (Amoo dan Babalola, 2017). Nitrite oxidoreductase (NXR) yang ditemukan pada bakteri pengoksidasi nitrit mengubah nitrit menjadi nitrat (NO_3) (Fu et al., 2020). Reaksinya memerlukan penggunaan oksigen dan hidrogen yang berarti dalam kondisi aerob dan masam.



Keterangan: Huruf superkrip yang sama pada bar tidak menunjukkan beda nyata pada uji t (α : 5%) untuk masing masing kedalaman

Gambar 2. Diagram rata-rata Amonium pada LK dan LS dengan kedalaman 0-30 cm (i) dan 30-60 cm (ii)



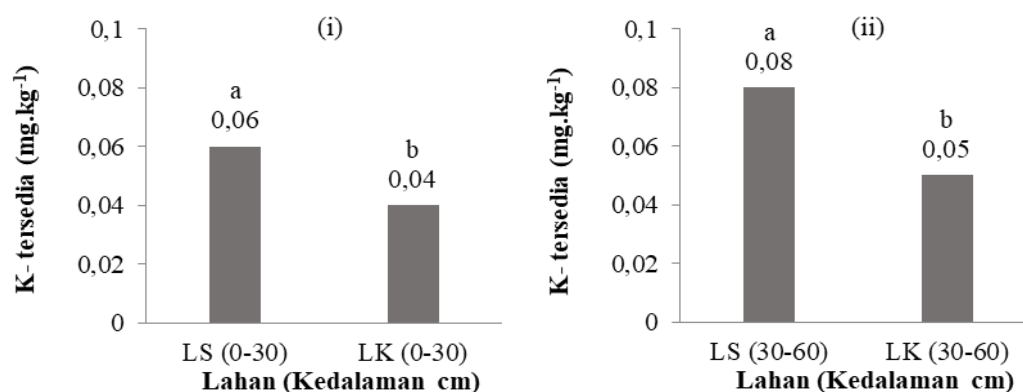
Keterangan: Huruf superkrip yang sama pada bar tidak menunjukkan beda nyata pada uji t (α : 5%) untuk masing masing kedalaman

Gambar 3. Diagram rata-rata Nitrat pada LK dan LS dengan kedalaman 0-30 cm (i) dan 30-60 cm (ii)

3.4. Kalium Tersedia Tanah (K- tersedia)

Pengamatan K-tersedia dalam penelitian ini menunjukkan perbedaan nilai antara lahan kelapa sawit dan lahan karet. Nilai K-tersedia pada lahan kelapa sawit lebih tinggi dari pada lahan karet (Gambar 4). Perbedaan ini diduga disebabkan oleh tingginya kapasitas tukar kation (KTK) tanah pada lahan tersebut, apabila ditinjau dari teksturnya yang lebih banyak liat pada lahan kelapa sawit. Tanah dengan banyak kandungan liat dan CEC yang tinggi dapat menyerap K yang artinya penyimpanan K di dalam tanah akan semakin tinggi juga, sehingga dapat meminimalisir

pelindian K (Bilias et al., 2022). Perbedaan kandungan K di dua lahan ini juga dapat terjadi akibat perbedaan pengelolaan antara lahan kelapa sawit dan lahan karet (Tabel 1). Pengelolaan lahan kelapa sawit melibatkan pemberian pupuk kandang ayam yang dapat menyuplai bahan organik tanah. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Sholikhah et al. (2023), dimana pemberian kotoran hewan membantu meningkatkan kandungan bahan organik dalam tanah yang secara signifikan berkontribusi pada peningkatan KTK tanah. Kedua lahan tersebut menunjukkan nilai harkat kalium tanah yang sangat rendah 0,04-0,08 mg.kg⁻¹ berdasarkan Eviati dan Sulaeman (2009). Oleh karena itu, penting untuk melakukan pemupukan menggunakan pupuk kalium atau pupuk organik yang kaya akan kalium. Selain itu, Pemberian bahan organik dan pengelolaan air yang baik juga diperlukan untuk membantu mencegah hilangnya kalium melalui proses pelindian.

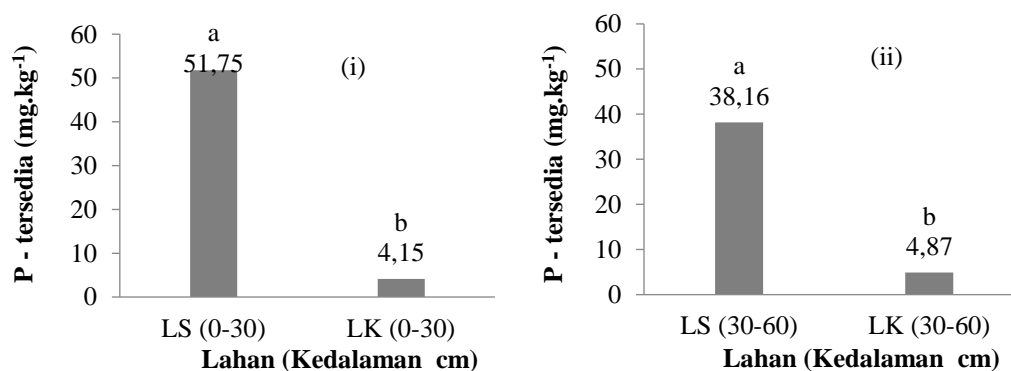


Keterangan: Huruf superkrip yang sama pada bar tidak menunjukkan beda nyata pada uji t (α : 5%) untuk masing masing kedalaman

Gambar 4. Diagram rata-rata K-tersedia pada LK dan LS dengan kedalaman 0-30 cm (i) dan 30-60 cm (ii)

3.5. Fosfor Tersedia Tanah (P-tersedia)

Nilai P-tersedia tanah pada lahan kelapa sawit lebih besar dibandingkan lahan karet baik pada kedalaman 0-30 cm maupun kedalaman 30-60 cm (Gambar 5). Kondisi ini dapat dipengaruhi oleh pH tanah lahan kelapa sawit yang lebih besar dibandingkan lahan karet, nilai pH sangat erat kaitannya dengan P-tersedia dalam tanah (Puspitasari et al., 2023). Menurutnya nilai pH tanah mempengaruhi ketersediaan fosfor dalam tanah, di mana ketersediaan fosfor cenderung menurun saat pH tanah berada di bawah 5,5 atau di atas 7,0. Lahan kelapa sawit memiliki nilai harkat fosfor tanah sangat tinggi (38,16-51,75 mg.kg⁻¹), sementara lahan karet memiliki nilai harkat sangat rendah (4,15-4,87 mg.kg⁻¹) menurut Eviati dan Sulaeman (2009). Oleh karena itu, direkomendasikan untuk melakukan pengelolaan lahan dengan meningkatkan pH tanah melalui pengapuran dan pemupukan. Hal ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan fosfor tanaman karet dan meningkatkan pertumbuhan serta produksi secara keseluruhan. Kemasaman tanah yang tinggi juga berdampak terhadap kelarutan Fe dan Al yang tinggi. Fe dan Al yang tinggi ini dapat mengikat P di larutan tanah dan merubahnya menjadi bentuk Al/Fe-P yang tidak tersedia bagi tanaman (Asnandi et al., 2023).



Keterangan: Huruf superkrip yang sama pada bar tidak menunjukkan beda nyata pada uji t (α : 5%) untuk masing masing kedalaman

Gambar 5. Diagram rata-rata P-tersedia pada LK dan LS dengan kedalaman 0-30 cm (i) dan 30-60 cm (ii)

5. Kesimpulan

Kedua lahan memiliki perbedaan pada kandungan P dan K di dalam tanah. Pada lahan kelapa sawit memiliki kandungan P dan K lebih tinggi dibandingkan lahan karet. Pengelolaan tanah, termasuk pengapuran dan pemupukan, memiliki dampak signifikan terhadap ketersediaan unsur hara tanah di lahan kelapa sawit, dibandingkan dengan lahan karet yang tidak dikapur dan diberi bahan organik. Asupan unsur hara yang seimbang dan cukup melalui pengelolaan lahan sangat penting untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman kelapa sawit dan karet. Sehingga pada lahan karet diperlukan pengapuran dan penambahan bahan organik.

Daftar Pustaka

- Amoo, A.E., Babalola, O.O. 2017. Ammonia-oxidizing microorganisms: Key players in the promotion of plant growth. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 17, 935–947. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162017000400008>
- Asnandi, M., Yusran, F.H., Syarbini, M. 2023. Jerapan isothermal fosfat pada tanah Ultisol. *Acta Solum* 1(2), 85-89. <https://doi.org/10.20527/actasolum.v1i2.1812>
- Badan Pusat Statistik. 2024. Statistik Indonesia 2024. Badan Pusat Statistik Indonesia, Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Selatan. 2024. Provinsi Kalimantan Selatan dalam Angka 2024. Badan Pusat Statistik Provinsi Kalimantan Selatan, Banjarbaru.
- Baharom, N., Razali, N.A.M. 2023. Nutrient management for rubber plantation using goal programming. *Journal of Sustainability Science and Management* 18(6), 1-9. <http://doi.org/10.46754/jssm.2023.06.001>
- Barbagelata, P.A. 2006. Evaluation of potassium soil tests and methods for mapping soil fertility properties in Iowa corn and soybean fields. Thesis. Iowa State University, Iowa.
- Bilias, F., Kotsangeli, E., Ipsilantis, I., Barbayiannis, N. 2022. Cation exchange resins for predicting available K on K-deficient soils: Extraction capacity among different soil K pools and first insights on the contribution of K solubilized by rhizosphere microbes. *Land* 11(12), 2146. <https://doi.org/10.3390/land11122146>
- Bimasri, J., Murniati, N. 2022. Remediasi tanah Ultisol dengan biosilika untuk budidaya tanaman kedelai (*Glycine max*). *Jurnal Budidaya Pertanian* 18(1), 67-73. <https://doi.org/10.30598/10.30598/jbdp.2022.18.1.67>
- Chrysargyris, A., Hofte, M., Tzorzakis, N., Petropoulos, S.A., Di Gioia, F. 2022. Editorial: Micronutrients: The borderline between their beneficial role and toxicity in plants. *Front. Plant Sci.* 13:840624. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.840624>
- Dayah, N., Priatmadi, B.J., Ifansyah, H. Pengaruh kombinasi pupuk kandang ayam dan ekstrak kompos ampas kopi terhadap sifat kimia tanah Ultisol. *Acta Solum* 2(1), 43-48. <https://doi.org/10.20527/actasolum.v2i1.2418>
- Eviati., Sulaeman. 2009. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah, Bogor.
- Fu, Q., Abadie, M., Bland, A., Carswell, A., Misselbrook, T.H., Clark, I.M., Hirsch, P.R. 2020. Effects of urease and nitrification inhibitors on soil N, nitrifier abundance and activity in a sandy loam soil. *Biol. Fertil. Soils* 56, 185–194. <https://doi.org/10.1007/s00374-019-01411-5>
- Ginting, E.N., Rahutomo, S., Farrasati, R., Pradiko, I. 2021. Distribution of macronutrients (N, P, K, Mg) from single-nutrient and compound fertilizers application in oil palm seedlings (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)* 6(1), 10-19. <http://dx.doi.org/10.22146/ipas.60205>
- Holland, J., Bennett, A., Newton, A., White, P., McKenzie, B., George, T., Pakeman, R., Bailey, J., Fornara, D., Hayes, R. 2018. Liming impacts on soils, crops and biodiversity in the UK: A review. *Sci. Total Environ.* 610–611, 316–332. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.020>
- Kalkhoran, S.S., Pannell, D., Polyakov, M., White, B., Haghghi, M.C., Mugera, A.W., Farre, I. 2021. A dynamic model of optimal lime application for wheat production in Australia. *Aust. J. Agric. Resour. Econ.* 65, 472–490. <https://doi.org/10.1111/1467-8489.12424>
- Kome, G.K., Enang, R.K., Yerima, B.P.K., Lontsi, M.G.R. 2018. Models relating soil pH measurements in H₂O, KCl and CaCl₂ for volcanic ash soils of Cameroon. *Geoderma Regional* 14, e00185. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2018.e00185>
- Kreskovic, M., Licina, V. 2003. Estimation of soil nitrogen availability. *Journal of Agricultural Sciences* 48(1), 21-38. <http://dx.doi.org/10.2298/JAS0301021K>
- Lee, J., Garland, G.M., Rossel, R.A.V. 2018. Continental soil drivers of ammonium and nitrate in Australia. *Soil* 4(3), 213-224. <https://doi.org/10.5194/soil-4-213-2018>

- Mahmud, M.S., Chong, K.P. 2022. Effects of liming on soil properties and its roles in increasing the productivity and profitability of the oil palm industry in Malaysia. *Agriculture* 12(3), 322. <https://doi.org/10.3390/agriculture12030322>
- Mustaqim, A., Ifansyah, H., Saidy, A.R. 2023. Pengaruh pemberian berbagai macam bahan organik terhadap ketersediaan hara nitrogen, fosfor dan kalium serta serapan nitrogen oleh jagung (*Zea mays* L.) pada tanah Ultisols. *Acta Solum* 1(3), 151-157. <https://doi.org/10.20527/actasolum.v1i3.2285>
- Mustikawati, R., Tadjudin., Alfandi. 2020. Effect of phosphorus and sulfur fertilizers on growth and yield shallots (*Allium ascalonicum* L.) Bima variety. *Jurnal Agros wagati* 8(2), 58-66.
- Nugroho, P.A. 2015. Dinamika hara kalium dan pengelolaannya di perkebunan karet. *Warta Perkaretan* 34(2), 89-102. <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v34i2.260>
- Patria, W.T., Pradana, T.R., Irawan, A.F., Gofar, N. 2022. Pertumbuhan dan kadar hara N, P dan K tanaman kelapa sawit yang diaplikasi decanter solid. *Jur. Agroekotek* 14(1), 31-45.
- Puspitasari, I.A., Septiana, M., Razie, F. 2023. Pengaruh pemberian pupuk guano dan dolomit terhadap ketersediaan unsur hara posfor pada tanah Podsolik. *Acta Solum* 2(1), 1-6. <https://doi.org/10.20527/actasolum.v2i1.2273>
- Sarker, A., Kashem, M.A., Osman, K.T., Hossain, I., Ahmed, F. 2014. Evaluation of available phosphorus by soil test methods in an acidic soil incubated with different levels of lime and phosphorus. *Open Journal of Soil Science* 4(3), 103-108. <http://dx.doi.org/10.4236/ojss.2014.43014>
- Sholikhah, M., Hayati, A., Saidy, A.R. 2023. Pengaruh pemberian kotoran walet terhadap pH, KTK, C-organik, N-mineral dan P-tersedia pada tanah Ultisol. 1(2), 47-52. <https://doi.org/10.20527/actasolum.v1i2.1811>
- Sitorus, R. 2019. Kajian kondisi kimia tanah tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) antara perkebunan besar dan rakyat di Nagari Gunung Selasih Kabupaten Dharmasraya. Skripsi. Universitas Andalas, Padang.
- Sutarta, E.S., Syarovy, M. 2019. Soil fertility and photosynthesis rate of oil palm showing white stripe symptoms in peat land in Labuhan Batu. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit* 27(2), 127-140. <https://doi.org/10.22302/iopri.jur.jpks.v27i2.78>
- Thandapani, P.U., Nadaraj, S. 2024. Monitoring of pH level for m-aximizing oil palm FFB yields. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 1308, 012037. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1308/1/012037>