

Kajian Status Hara Tanah di Bawah Tegakan Sistem Agroforestri Berbasis Karet di Kecamatan Bahorok, Kabupaten Langkat

Study of Soil Nutrient Status by The Influence of Rubber-Based Agroforestry Systems in Bahorok Subdistrict Langkat Regency

Chaulia Sheilla Gyhan¹, Abdul Rauf² 

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan, 20155, Indonesia

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan, 20155, Indonesia

*Corresponding Author: a.raufl@usu.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received 3 Juni 2022

Revised 15 Juli 2022

Accepted 26 Agustus 2022

Available online :

<https://talenta.usu.ac.id/joa>

E-ISSN: [2963-2013](https://doi.org/10.2963-2013)

P-ISSN: [2337-6597](https://doi.org/10.2337-6597)

How to cite:

Gyhan, C.S. & Abdul, R. (2025). Kajian Status Hara Tanah di Bawah Tegakan Sistem Agroforestri Berbasis Karet di Kecamatan Bahorok, Kabupaten Langkat. *Jurnal Agroteknologi*, 11(3), 29-38.

ABSTRACT

This research aims to examine the soil nutrient status in rubber agroforestry systems in Bahorok subdistrict, Langkat Regency affected by species combinations (rubber monoculture, rubber-Durio zibethitus, rubber-Elaeis guineensis, rubber-Garcinia atroviridis, rubber-Aquilaria malaccensis, rubber-Arenga pinnata agroforestry) and soil depths (0-20 cm, 30-60 cm). The survey method was based on the concept of Ex-post facto and designed by Factorial Randomized Block Design. The observed parameters were N-total, P-available, and exchangeable cations of K, Ca, Mg, and Na. Soil samples were taken by purposive sampling technique, and the data analysis was done by ANOVA followed by Duncan's Multiple Range Test at 5%. This research was done on soil with the same texture class so that variations in the soil nutrient concentrations were not affected by the different soil characteristics but by the effect of different agroforestry types. The results demonstrated that the best rubber agroforestry system was rubber-Garcinia atroviridis agroforestry where the concentrations of N, K, Ca, and Mg were the highest, except the P-available. However, the rubber agroforestry systems were not significant to Na. The best soil depth on rubber agroforestry systems was 0-20 cm, which showed the highest concentrations of N and K compared to 30-60 cm, but the soil depths were not significant in P, Ca, Mg, and Na concentrations. The interactions between species combinations and soil depths in rubber agroforestry systems were not significant in all observed parameters.

Keyword: Rubber agroforestry, soil nutrient status, soil depths

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji status hara tanah pada sistem agroforestri berbasis karet dengan kombinasi spesies (karet monokultur, karet-durian, karet-sawit, karet-asam gelugur, karet-gaharu, karet-aren) dan kedalaman tanah (0-20 cm, 30-60 cm) yang berbeda di Kecamatan Bahorok, Kabupaten Langkat. Metode survei berdasarkan konsep *Ex-post facto* yang di desain menggunakan RAK Faktorial. Parameter yang diamati yakni N-total, P-tersedia, K-dd, Ca-dd, Mg-dd, dan Na-dd. Pengambilan sampel tanah menggunakan teknik *purposive sampling* dan analisis data dilakukan dengan ANOVA dilanjutkan dengan Uji Jarak Duncan pada taraf 5%. Penelitian dilakukan pada tanah dengan kelas tekstur yang sama, sehingga variasi konsentrasi hara tanah tidak dipengaruhi oleh karakteristik tanah yang berbeda, melainkan oleh pengaruh perbedaan tipe agroforestri. Hasil penelitian menunjukkan sistem agroforestri karet terbaik adalah agroforestri karet-asam gelugur di mana N-total, K-dd, Ca-dd, dan Mg-dd tanah terdapat dalam konsentrasi tertinggi kecuali pada P-tersedia. Akan tetapi, sistem agroforestri karet tidak berpengaruh terhadap konsentrasi Na-dd. Kedalaman tanah terbaik pada sistem agroforestri karet adalah kedalaman 0-20 cm yang menunjukkan konsentrasi N-total dan K-dd yang tertinggi dibandingkan dengan kedalaman 30-



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International.

<https://doi.org/10.32734/ja.v11i3.20515>

60 cm, namun tidak berpengaruh terhadap konsentrasi P-tersedia, Ca-dd, Mg-dd, dan Na-dd pada kedua kedalaman tanah tersebut. Interaksi antara kombinasi spesies dan kedalaman tanah pada sistem agroforestri tidak berpengaruh terhadap seluruh parameter amatan.

Keyword: Agroforestri karet,

1. Pendahuluan

Karet alam merupakan komoditas perkebunan terpenting kedua setelah kelapa sawit yang berkontribusi besar terhadap penerimaan devisa negara. Menurut data FAO (2020), Indonesia merupakan negara produsen karet alam ke dua di dunia setelah Thailand dengan kontribusi secara global sebesar 32%. Lebih dari 80% areal perkebunan karet di Indonesia merupakan perkebunan rakyat (PR) yang sebagian besar bersifat multi strata. Dalam sistem ini, karet bukan satu-satunya tanaman tahunan pada areal perkebunan, tetapi juga dicampur dengan tanaman penghasil kayu, tanaman buah-buahan, dan tanaman tahunan lainnya. Sistem ini disebut sebagai “hutan karet” atau “jungle rubber” yang memiliki banyak fungsi di antaranya sebagai sumber pendapatan utama bagi petani, menjaga keanekaragaman hayati hutan hingga tingkat tertentu, sekuestrasi karbon, serta berperan dalam konservasi tanah dan air (Wibawa et al., 2006).

Luas areal perkebunan rakyat (PR) nasional pada tahun 2021 adalah 3.421.859 ha dengan produksi karet kering sebesar 2.877.910 ton, dengan Provinsi Sumatera Utara berkontribusi sebesar 394.070 ha dengan produksi sebesar 330.883 ton. Untuk Kabupaten Langkat, luas perkebunan rakyat adalah 40.715 ha dengan produksi sebesar 40.423 ton dan untuk Kecamatan Bahorok luas perkebunan rakyat, adalah 6.370 ha dengan produksi sebesar 6.299 ton (BPS, 2022).

Tanah merupakan faktor penting dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman melalui penyediaan air dan unsur hara (Jamil *et al.*, 2016). Kualitas tanah ditentukan oleh sifat fisik dan kimianya. Di antara sifat kimia tanah, unsur hara merupakan faktor utama yang mempengaruhi alokasi biomassa baik di permukaan maupun di bawah tanah. Konsentrasi unsur hara esensial di dalam tanah merupakan indikator yang berguna untuk memprediksi produktivitas pada sistem agroforestri (Li *et al.*, 2019). Perbaikan kualitas tanah dalam sistem agroforestri berkaitan dengan berbagai proses seperti, fiksasi nitrogen secara biologis, siklus pemindahan unsur hara dari lapisan tanah yang lebih dalam ke permukaan tanah, penambahan bahan organik ke dalam tanah, serta peningkatan aktivitas mikroba tanah (Dollinger dan Jose, 2018). Oleh karena itu, sistem agroforestri berbasis karet merupakan solusi yang menjanjikan bagi pengembangan budidaya karet yang berkelanjutan.

Tanah yang berada di bawah tegakan agroforestri memiliki kandungan bahan organik, nitrogen termineralisasi, fosfor, kalium dan kalsium yang lebih tinggi daripada tanah dengan sistem tanam monokultur (Rodrigues *et al.*, 2015). Hasil penelitian Zeng *et al.* (2021) menunjukkan, pengkonversian perkebunan karet monokultur menjadi sistem agroforestri meningkatkan konsentrasi total karbon, nitrogen, fosfor, kalsium, dan magnesium dalam tanah secara signifikan masing-masing sebesar 28%, 24%, 23%, 17% dan 39%.

Selain itu, komposisi spesies tanaman dalam sistem agroforestri merupakan hal penting karena dapat mempengaruhi laju pertumbuhan tanaman serta kuantitas dan kualitas serasah yang dihasilkan. Hal ini dapat menyebabkan perbedaan fungsi tanah dalam proses penyerapan karbon dan unsur hara (Hoosbeek *et al.*, 2018). Komposisi tanaman pada sistem agroforestri juga mampu mempengaruhi kemasaman tanah yang mempengaruhi ketersediaan unsur hara di dalam tanah. Hasil penelitian Chen *et al.* (2019) menunjukkan, kombinasi agroforestri antara karet-kakao (*Theobroma cacao*) dan kombinasi karet-*Flemingia macrophylla* mampu meningkatkan kandungan karbon, nitrogen dan fosfor relatif terhadap umur tanaman karet yang sama.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai status hara tanah (N, P, K, Ca, Mg, dan Na) di bawah tegakan sistem agroforestri berbasis karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) di Kecamatan Bahorok, Kabupaten Langkat dengan berbagai kombinasi spesies tanaman dan dua kedalaman tanah yang berbeda.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di lahan agroforestri berbasis karet Kecamatan Bahorok, Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara. Penelitian berlangsung pada bulan Februari 2023 sampai dengan Juni 2023. Analisis unsur hara tanah dilakukan di Laboratorium Riset dan Teknologi Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara dan Laboratorium Tanah, Tanaman, Pupuk dan Air Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Bahan yang digunakan pada penelitian adalah sampel tanah terganggu dari lahan karet monokultur dan lahan agroforestri karet, kantong plastik, karung goni, dan bahan-bahan yang digunakan pada analisis sampel tanah di laboratorium. Alat yang digunakan pada penelitian adalah bor tanah mineral, peta lokasi penelitian, GPS (*Global Positioning System*), pisau, label, dan peralatan yang digunakan dalam analisis sampel tanah di laboratorium. Penelitian ini menggunakan metode survei dengan berdasarkan konsep *Ex-post Facto*. Penelitian dilakukan pada tanah dengan kelas tekstur yang sama, dengan demikian variasi konsentrasi hara tanah tidak dipengaruhi oleh karakteristik tanah yang berbeda, melainkan oleh pengaruh penggunaan/tutupan lahannya (tipe agroforestri). Analisis statistik menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial dengan 2 faktor yaitu tipe kombinasi agroforestri dan kedalaman tanah. Data-data yang diperoleh dari hasil analisis laboratorium selanjutnya dilakukan pengolahan data dengan ANOVA (*Analysis of Variance*) pada setiap parameter yang diukur dan diuji lanjutan bagi parameter yang berpengaruh nyata dengan menggunakan Uji Jarak Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf 5%.

Pengambilan sampel tanah dilakukan secara *purposive sampling* pada lahan karet monokultur dan lahan agroforestri karet dengan lima tipe kombinasi spesies tanaman yaitu, karet-durian, karet-sawit, karet-asam gelugur, karet-gaharu, dan karet-aren. Pada setiap titik lokasi penelitian diambil sampel tanah terganggu dengan menggunakan bor tanah pada kedalaman 0-20 cm dan 30-60 cm yang dipilih secara acak pada tiga titik yang mewakili, lalu dikompositkan sebanyak 1 kg, sehingga diperoleh 36 jumlah sampel. Sampel tanah yang telah diambil kemudian dimasukkan ke dalam plastik dan diberi label. Sampel tanah yang telah diambil di lapangan selanjutnya dianalisis di laboratorium. Parameter amatan terdiri dari N-total, P-tersedia, K-dd, Ca-dd, Mg-dd, dan Na-dd. Penetapan N-total tanah dilakukan dengan metode Kjeldhal, penetapan P-tersedia tanah dilakukan dengan metode Bray II dan penetapan K-dd, Ca-dd, Mg-dd, dan Na-dd dilakukan dengan metode AAS (*Atomic Absorptions Spectrophotometry*). Interpretasi status hara tanah berdasarkan pada kriteria penilaian sifat-sifat tanah oleh Balai Penelitian Tanah Bogor (2009).

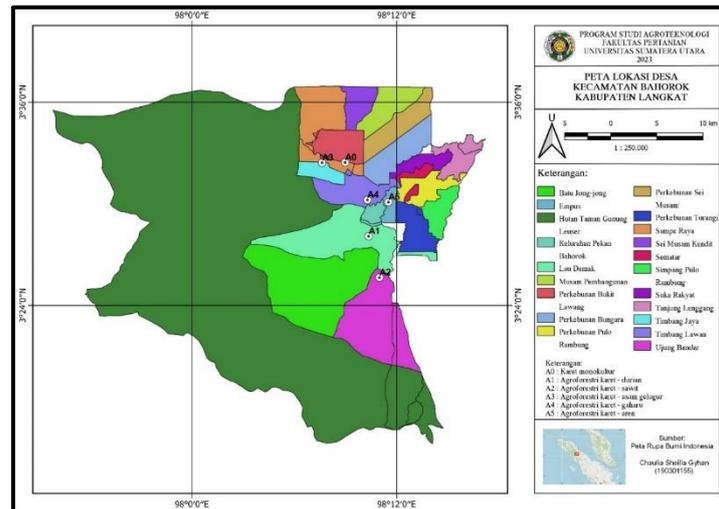
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Kecamatan Bahorok, Kabupaten Langkat Provinsi, Sumatera Utara yang memiliki luas wilayah sekitar 110.184 ha dengan ketinggian tempat 105 mdpl. Secara geografis, Kecamatan Bahorok terletak antara 03°20'30" - 03°36'51" LU dan 98°36'15" - 98°59'06" BT. Kecamatan Bahorok berbatasan sebelah utara dengan Kecamatan Batang Serangan, berbatasan sebelah selatan dengan Kabupaten Karo, berbatasan sebelah barat dengan Provinsi Aceh dan berbatasan sebelah timur dengan Kecamatan Serapit, Kecamatan Salapian dan Kecamatan Kutambaru.

Kondisi agroforestri yang terdapat pada Kecamatan Bahorok memiliki tegakan dan jenis yang cukup beragam. Komponen penyusun agroforestri dikelompokkan ke dalam komoditi tanaman perkebunan, tanaman kehutanan dan tanaman buah-buahan. Tanaman perkebunan yang umumnya dibudidayakan adalah tanaman karet. Menurut Martial (2010), Kecamatan Bahorok didominasi oleh agroforestri karet dibandingkan dengan sistem pemanfaatan lahan lainnya. Sedangkan tanaman sela yang biasanya ditanami berupa tanaman buah-buahan atau tanaman yang menghasilkan kayu berupa; durian, jengkol, mindi, sengon, coklat, asam gelugur, sungkai, mahoni, gaharu, kemiri, nangka, petai, dan duku.

Pengambilan sampel tanah pada penelitian dipilih pada lima tipe kombinasi spesies tanaman sistem agroforestri berbasis karet, yaitu karet-durian, karet-sawit, karet-asam gelugur, karet-gaharu, dan karet-aren pada kedalaman, 0-20 cm dan 30-60 cm. Peta titik pengambilan sampel tanah disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Titik Pengambilan Sampel Tanah

3.2 Nitrogen Total Tanah

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa nilai rata-ran N-total tanah tertinggi terdapat pada tipe agroforestri karet dan asam gelugur yaitu 0,29% yang berbeda nyata dengan karet monokultur, tipe agroforestri karet-sawit, tipe agroforestri karet-gaharu dan tipe agroforestri karet-aren, sedangkan pada tipe agroforestri karet-durian tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Nilai rata-ran N-total tanah terendah terdapat pada karet monokultur yaitu 0,15% yang berbeda nyata dengan tipe agroforestri karet-durian dan tipe agroforestri karet-asam gelugur, sedangkan pada tipe agroforestri karet-sawit, tipe agroforestri karet-gaharu dan tipe agroforestri karet-aren tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

Nilai rata-ran N-total berdasarkan kedalaman tanah berbeda nyata antara kedalaman 0-20 cm dan 30-60 cm. Nilai rata-ran N-total tertinggi terdapat pada kedalaman 0-20 cm yaitu 0,25%, sedangkan terendah terdapat pada 30-60 cm yaitu 0,16%. Berdasarkan kriteria hasil analisis tanah Balai Penelitian Tanah Bogor (2009), N-total tanah (%) pada lokasi penelitian tergolong rendah hingga sedang.

Tabel 1. Rataan N-total tanah (%) pada tipe agroforestri karet dan kedalaman tanah yang berbeda

| Tipe Agroforestri | Kedalaman Tanah | | Rataan |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| | 0-20 cm | 30-60 cm | |
| Karet Monokultur | 0,18 | 0,11 | 0,15(R)a |
| Karet-Durian | 0,31 | 0,19 | 0,25(S)bc |
| Karet-Sawit | 0,21 | 0,12 | 0,17(R)a |
| Karet-Asam gelugur | 0,35 | 0,22 | 0,29(S)c |
| Karet-Gaharu | 0,25 | 0,16 | 0,21(S)ab |
| Karet-Aren | 0,19 | 0,13 | 0,16(R)a |
| Rataan | 0,25a | 0,16b | |

Keterangan: Rataan yang diikuti notasi (huruf) yang sama pada kolom dan baris yang sama, tidak berbeda nyata pada Uji DMRT $\alpha=5\%$
R = Rendah; S = Sedang

Konsentrasi N-total tanah tertinggi pada penelitian diperoleh pada sistem agroforestri karet dengan kombinasi tanaman asam gelugur dengan rata-ran sebesar 0,29% yang menunjukkan kriteria sedang, sedangkan konsentrasi N-total tanah terendah terdapat pada sistem pertanaman monokultur dengan rata-ran sebesar 0,15% yang menunjukkan kriteria rendah. Dari keterangan tersebut, dapat diketahui bahwa konsentrasi nitrogen tanah mengalami peningkatan sejalan dengan peningkatan kompleksitas spesies tanaman. Hal ini dapat disebabkan karena masukan bahan organik yang lebih banyak pada sistem agroforestri dibandingkan dengan sistem monokultur. Bahan organik merupakan sumber nitrogen yang paling utama di dalam tanah. Berdasarkan penelitian Zhang *et al.* (2013), sistem agroforestri mampu meningkatkan konsentrasi dan ketersediaan bahan organik tanah, C, dan N dibandingkan dengan sistem tanam monokultur, melalui peningkatan pemasukan

serasah, dekomposisi bahan organik, serta produksi biomassa, sehingga memiliki pengaruh yang positif terhadap kualitas tanah dibandingkan dengan sistem monokultur.

Dari hasil penelitian juga dapat diketahui bahwa konsentrasi N-total tanah dipengaruhi oleh tingkat kedalaman tanah. Konsentrasi N-total tanah tertinggi terdapat pada kedalaman 0-20 cm dibandingkan pada kedalaman 30-60 cm, sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi N-total tanah mengalami penurunan sejalan dengan peningkatan kedalaman tanah. Hal ini diduga karena akumulasi bahan organik tanah terbanyak terdapat pada lapisan top soil (0-20 cm). Menurut Nurhidayati (2017), total N-tanah diperkirakan <0,02% di dalam subsoil dan konsentrasi nitrogen pada lapisan tanah yang diolah bervariasi antara 0,03-0,4%.

3.2 Fosfor tersedia di Tanah

Berdasarkan Tabel 2. diketahui bahwa nilai rata-ran P-tersedia tanah tertinggi terdapat pada sistem pertanaman karet monokultur yaitu 17,12 ppm yang berbeda nyata dengan tipe agroforestri karet-durian, tipe agroforestri karet-sawit, tipe agroforestri karet-asam gelugur, tipe agroforestri karet-gaharu dan tipe agroforestri karet-aren. Nilai rata-ran P-tersedia tanah terendah terdapat pada tipe agroforestri karet-sawit yaitu 2,22 ppm yang berbeda nyata dengan karet monokultur dan tipe agroforestri karet-durian, sedangkan pada tipe agroforestri karet-asam gelugur, tipe agroforestri karet-gaharu dan tipe agroforestri karet-aren tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

Nilai rata-ran P-tersedia tertinggi berdasarkan kedalaman tanah terdapat pada kedalaman 30-60 cm yaitu 8,72 ppm dan terendah pada kedalaman 0-20 cm yaitu 6,39 ppm. Berdasarkan kriteria hasil analisis tanah Balai Penelitian Tanah Bogor (2009), P-tersedia tanah (ppm) pada lokasi penelitian tergolong sangat rendah hingga sedang.

Tabel 2. Rataan P-tersedia tanah (ppm) pada tipe agroforestri karet dan kedalaman tanah yang berbeda

| Tipe Agroforestri | Kedalaman Tanah | | Rataan |
|--------------------|-----------------|----------|--------------------|
| | 0-20 cm | 30-60 cm | |
| Karet Monokultur | 14,76 | 19,48 | 17,12(T) c |
| Karet-Durian | 6,61 | 13,99 | 10,30(R) b |
| Karet-Sawit | 1,84 | 2,60 | 2,22(SR) a |
| Karet-Asam gelugur | 5,68 | 6,76 | 6,22(R) ab |
| Karet-Gaharu | 4,96 | 4,09 | 4,53(SR) ab |
| Karet-Aren | 4,50 | 5,37 | 4,94(SR) ab |
| Rataan | 6,93 | 8,72 | |

Keterangan: Rataan yang diikuti notasi (huruf) yang sama pada kolom dan baris yang sama, tidak berbeda nyata pada Uji DMRT $\alpha=5\%$
SR = Sangat rendah; R = Rendah; T = Tinggi

Konsentrasi P-tersedia tanah tertinggi pada penelitian diperoleh pada sistem pertanaman karet monokultur dengan rata-ran sebesar 17,12 ppm yang menunjukkan kriteria tinggi, sedangkan konsentrasi P-tersedia tanah terendah terdapat pada sistem agroforestri karet dengan kombinasi tanaman sawit dengan rata-ran sebesar 2,22 ppm yang menunjukkan kriteria sangat rendah. Menurut Wang *et al.* (2017), fosfor merupakan unsur hara yang menjadi pembatas produktivitas pada sistem agroforestri terutama pada daerah tropis. Pengaruh sistem agroforestri terhadap fraksi P dapat dikaitkan dengan sistem pengolahan spesifik, umur tegakan dan karakteristik tanah. Rendahnya konsentrasi P-tersedia pada sistem agroforestri karet dibandingkan pada sistem tanam monokultur diduga karena adanya persaingan unsur hara antara tanaman. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Wu *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa seiring dengan peningkatan kompleksitas komposisi tanaman, interaksi interspesifik tanaman akan berdampak terhadap penurunan konsentrasi P-tanah.

Konsentrasi P-tersedia tanah tertinggi terdapat pada kedalaman tanah 30-60 cm dibandingkan pada kedalaman 0-20 cm. Hal ini dikarenakan konsentrasi P-tersedia atau yang juga disebut P-labil pada tanah terdapat pada kompleks jerapan dan konsentrasinya cenderung stabil pada seluruh bagian profil tanah. Hasil penelitian Liu *et al.* (2018) menunjukkan bahwa fraksi P-labil dapat dijumpai dari kedalaman tanah 5-60 cm, sedangkan P-non labil (P-tidak tersedia) ditemukan pada kedalaman 30-60 cm. Menurut Costa *et al.* (2016) P-inorganik

yang terdapat pada larutan tanah (P-terlarut) terfiksasi dengan Fe dan Al melalui proses adsorpsi pada fraksi liat. Proses ini memungkinkan terjadinya adsorpsi lemah yang membentuk P-labil atau adsorpsi kuat membentuk P-cukup labil dan P-non labil apabila terpresipitasi dengan Al, Fe, dan Ca. P-labil lebih banyak tersedia dibandingkan dengan P-terlarut, namun jumlahnya masih dalam fraksi yang sedikit dibandingkan dengan P-total tanah di mana P-non labil (stabil) merupakan fraksi terbanyak dalam P-total tanah.

3.3 Kalium dapat Dipertukarkan (K-dd)

Berdasarkan Tabel 3. diketahui bahwa nilai rata-rata K-dd tanah tertinggi terdapat pada tipe agroforestri karet-asam gelugur yaitu 0,51 me 100 g⁻¹ yang berbeda nyata dengan karet monokultur, tipe agroforestri karet-sawit, tipe agroforestri karet-gaharu dan tipe agroforestri karet-aren, sedangkan pada tipe agroforestri karet-durian tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Nilai rata-rata K-dd tanah terendah terdapat pada karet monokultur yaitu 0,23 me 100 g⁻¹ yang berbeda nyata dengan tipe agroforestri karet-durian, tipe agroforestri karet-sawit, dan tipe agroforestri karet-asam gelugur, sedangkan pada tipe agroforestri karet-gaharu dan tipe agroforestri karet-aren tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

Nilai rata-rata K-dd berdasarkan kedalaman tanah berbeda nyata antara kedalaman 0-20 cm dan 30-60 cm. Nilai rata-rata K-dd tertinggi terdapat pada kedalaman 0-20 cm yaitu 0,42 me 100 g⁻¹ dan terendah pada 30-60 cm yaitu 0,31 me 100 g⁻¹. Berdasarkan kriteria hasil analisis tanah Balai Penelitian Tanah Bogor (2009), K-dd tanah (me 100 g⁻¹) pada lokasi penelitian tergolong rendah hingga tinggi.

Tabel 3. Rataan K-dd (me 100 g⁻¹) pada tipe agroforestri karet dan kedalaman tanah yang berbeda

| Tipe Agroforestri | Kedalaman Tanah | | Rataan |
|--------------------|-----------------|----------|-----------|
| | 0-20 cm | 30-60 cm | |
| Karet Monokultur | 0,26 | 0,20 | 0,23(R)a |
| Karet-Durian | 0,55 | 0,46 | 0,50(S)c |
| Karet-Sawit | 0,43 | 0,30 | 0,37(R)b |
| Karet-Asam gelugur | 0,60 | 0,42 | 0,51(T)c |
| Karet-Gaharu | 0,41 | 0,24 | 0,32(R)ab |
| Karet-Aren | 0,26 | 0,25 | 0,26(R)ab |
| Rataan | 0,42a | 0,31b | |

Keterangan: Rataan yang diikuti notasi (huruf) yang sama pada kolom dan baris yang sama, tidak berbeda nyata pada Uji DMRT $\alpha=5\%$
 R = Rendah; S = Sedang; T = Tinggi

Konsentrasi K-dd tanah tertinggi pada penelitian diperoleh pada sistem agroforestri karet dengan kombinasi tanaman asam gelugur dengan rata-rata sebesar 0,51 me 100 g⁻¹ yang menunjukkan kriteria tinggi, sedangkan konsentrasi K-dd tanah terendah terdapat pada sistem pertanian monokultur dengan rata-rata sebesar 0,23 me 100 g⁻¹ yang menunjukkan kriteria rendah. Dari keterangan tersebut, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi kalium tanah mengalami peningkatan sejalan dengan peningkatan kompleksitas spesies tanaman. Kalium dapat dipertukarkan mudah diserap oleh akar tanaman dan mudah mengalami pencucian (*leaching*), oleh karena itu konsentrasi kalium yang lebih tinggi pada hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem agroforestri karet mampu mencegah kehilangan unsur kalium dari dalam tanah.

Menurut penelitian Liu *et al.* (2016), kanopi multistrata serta tanaman penutup tanah dalam sistem agroforestri berperan penting terhadap konservasi tanah dan air, di mana mampu mengurangi hilangnya unsur hara yang terikat sedimen. Selain itu, menurut Zhu *et al.* (2016), sistem perakaran yang luas di bawah sistem agroforestri mampu mencegah pencucian hara dengan meningkatkan agregasi tanah dan menyerap hara yang tercuci dari dalam tanah. Ketersediaan kalium juga tergantung pada proses dan dinamika kalium terutama proses jerapan dan pelepasan. Seiring dengan meningkatnya kompleksitas tanaman penyusun agroforestri, maka semakin banyak pula input bahan organik yang diberikan pada tanah, di mana bahan organik mampu memperbesar nilai kapasitas tukar kation sehingga dapat menjerap dan menyumbangkan lebih banyak hara pada tanah.

Konsentrasi K-dd tanah juga dipengaruhi oleh tingkat kedalaman tanah, dengan K-dd tanah tertinggi terdapat pada kedalaman 0-20 cm dibandingkan pada kedalaman 30-60 cm, sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi K-dd tanah mengalami penurunan sejalan dengan peningkatan kedalaman tanah. Hal ini diduga karena kalium dapat dipertukarkan

terkonsentrasi pada tanah lapisan atas. Semakin bertambah kedalaman tanah, kalium dijumpai dalam bentuk tidak dapat dipertukarkan atau terdapat di dalam mineral-mineral yang akan menjadi sumber kalium dalam jangka panjang. Menurut Nugroho (2015), kalium yang dapat ditukar (*exchangeable potassium*) atau kalium tersedia, dan ditemukan pada kompleks pertukaran kation dalam larutan tanah. Kalium dalam larutan tanah siap untuk diserap oleh sistem perakaran dan kemudian digantikan oleh kalium dalam kompleks pertukaran.

3.4 Kalsium dapat Dipertukarkan (Ca-dd)

Berdasarkan Tabel 4. diketahui bahwa nilai rata-rata Ca-dd tanah tertinggi terdapat pada tipe agroforestri karet-asam gelugur yaitu 5,89 me 100 g⁻¹ yang berbeda nyata dengan karet monokultur, tipe agroforestri karet-durian, tipe agroforestri karet-sawit, tipe agroforestri karet-gaharu dan tipe agroforestri karet-aren. Nilai rata-rata Ca-dd terendah terdapat pada karet monokultur yaitu 1,48 me 100 g⁻¹ yang berbeda nyata dengan tipe agroforestri karet-asam gelugur, sedangkan pada tipe agroforestri karet-durian, tipe agroforestri karet-sawit, tipe agroforestri karet-gaharu dan tipe agroforestri karet dan aren tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

Nilai rata-rata Ca-dd tertinggi berdasarkan kedalaman tanah terdapat pada kedalaman 0-20 cm yaitu 2,92 me 100 g⁻¹ dan terendah pada kedalaman 30-60 cm yaitu 2,69 me 100 g⁻¹. Berdasarkan kriteria hasil analisis tanah Balai Penelitian Tanah Bogor (2009), Ca-dd tanah (me 100 g⁻¹) pada lokasi penelitian tergolong sangat rendah hingga rendah.

Tabel 4. Rataan Ca-dd (me 100 g⁻¹) pada tipe agroforestri karet dan kedalaman tanah yang berbeda

| Tipe Agroforestri | Kedalaman Tanah | | Rataan |
|--------------------|-----------------|----------|-------------------|
| | 0-20 cm | 30-60 cm | |
| Karet Monokultur | 1,33 | 1,62 | 1,48(SR) a |
| Karet-Durian | 4,45 | 1,39 | 2,92(R) a |
| Karet-Sawit | 2,32 | 1,76 | 2,04(R) a |
| Karet-Asam gelugur | 5,05 | 6,73 | 5,89(R) b |
| Karet-Gaharu | 1,84 | 2,39 | 2,12(R) a |
| Karet-Aren | 2,53 | 2,22 | 2,38(R) a |
| Rataan | 2,92 | 2,69 | |

Keterangan: Rataan yang diikuti notasi (huruf) yang sama pada kolom dan baris yang sama, tidak berbeda nyata pada Uji DMRT $\alpha=5\%$
SR = Sangat rendah; R = Rendah

Konsentrasi Ca-dd tanah tertinggi pada penelitian diperoleh pada sistem agroforestri karet dengan kombinasi tanaman asam gelugur dengan rata-rata sebesar 5,89 me 100 g⁻¹ yang menunjukkan kriteria rendah, sedangkan konsentrasi Ca-dd tanah terendah terdapat pada sistem pertanaman monokultur dengan rata-rata sebesar 1,48 me 100 g⁻¹ yang menunjukkan kriteria sangat rendah. Dari keterangan tersebut, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi kalium tanah mengalami peningkatan sejalan dengan peningkatan kompleksitas spesies tanaman. Rendahnya konsentrasi kalsium pada pertanaman monokultur disebabkan oleh rendahnya kepadatan tanaman, struktur tanaman yang seragam dan rendahnya tanaman penutup tanah. Menurut penelitian yang Liu *et al.* (2016), kepadatan tanaman yang lebih rendah pada pertanaman monokultur dapat meningkatkan energi kinetik air hujan erosi tanah yang berakibat pada hilangnya unsur hara pada tanah.

Konsentrasi Ca-dd tanah juga dipengaruhi oleh tingkat kedalaman tanah, di mana Ca-dd tanah tertinggi terdapat pada kedalaman 0-20 cm dibandingkan pada kedalaman 30-60 cm, sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi Ca-dd tanah mengalami penurunan sejalan dengan peningkatan kedalaman tanah. Hal ini disebabkan karena lokasi penelitian terdapat pada daerah yang beriklim lembab di mana menurut Luo *et al.* (2023), pada areal lembab, semakin tinggi ketinggian tempat maka kandungan kalsium dapat dipertukarkan di dalam tanah mengalami peningkatan dan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kedalaman tanah.

3.5 Magnesium dapat Dipertukarkan (Mg-dd)

Berdasarkan Tabel 14. diketahui bahwa nilai rata-rata Mg-dd tanah tertinggi terdapat pada tipe agroforestri karet dan asam gelugur yaitu 1,21 me 100 g⁻¹ yang berbeda nyata dengan karet monokultur, tipe agroforestri karet-durian, tipe agroforestri karet-sawit, tipe agroforestri karet-gaharu dan tipe agroforestri karet-aren. Nilai rata-rata Mg-dd terendah terdapat pada karet monokultur yaitu 0,49 me 100 g⁻¹ yang berbeda nyata dengan tipe agroforestri

karet-asam gelugur, sedangkan pada tipe agroforestri karet-durian, tipe agroforestri karet-sawit, tipe agroforestri karet-gaharu dan tipe agroforestri karet-aren tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Nilai rata-rata Mg-dd tertinggi berdasarkan kedalaman tanah terdapat pada kedalaman 0-20 cm yaitu 0,97 me 100 g⁻¹ dan terendah pada 30-60 cm yaitu 0,74 me 100 g⁻¹. Berdasarkan kriteria hasil analisis tanah Balai Penelitian Tanah Bogor (2009), Mg-dd tanah (me 100 g⁻¹) pada lokasi penelitian tergolong rendah hingga sedang.

Tabel 5. Rataan Mg-dd (me 100 g⁻¹) pada tipe agroforestri karet dan kedalaman tanah yang berbeda

| Tipe Agroforestri | Kedalaman Tanah | | Rataan |
|--------------------|-----------------|----------|----------|
| | 0-20 cm | 30-60 cm | |
| Karet Monokultur | 0,45 | 0,53 | 0,49(R)a |
| Karet-Durian | 1,47 | 0,70 | 1,08(R)a |
| Karet-Sawit | 0,86 | 0,65 | 0,76(R)a |
| Karet-Asam gelugur | 1,48 | 0,93 | 1,21(S)b |
| Karet-Gaharu | 0,73 | 0,69 | 0,71(R)a |
| Karet-Aren | 0,81 | 0,94 | 0,87(R)a |
| Rataan | 0,97 | 0,74 | |

Keterangan: Rataan yang diikuti notasi (huruf) yang sama pada kolom dan baris yang sama, tidak berbeda nyata pada Uji DMRT $\alpha=5\%$
R = Rendah; S = Sedang

Konsentrasi Mg-dd tanah tertinggi pada penelitian diperoleh pada sistem agroforestri karet dengan kombinasi tanaman asam gelugur dengan rata-rata sebesar 1,21 me 100 g⁻¹ yang menunjukkan kriteria sedang, sedangkan konsentrasi Mg-dd tanah terendah terdapat pada sistem pertanaman monokultur dengan rata-rata sebesar 0,49 me 100 g⁻¹ yang menunjukkan kriteria rendah. Konsentrasi magnesium yang tergolong rendah hingga sedang pada seluruh lokasi penelitian juga disebabkan oleh tingginya konsentrasi kalium pada tanah, hal ini dikarenakan sifat antagonistik antara kation K dan kation Mg. Menurut Budi dan Sari (2015), semakin tinggi penyerapan K, maka semakin rendah penyerapan Mg, akibatnya bersifat antagonis dengan K.

Sama halnya dengan K-dd dan Ca-dd, konsentrasi Mg-dd tanah tertinggi terdapat pada kedalaman 0-20 cm dibandingkan pada kedalaman 30-60 cm, Menurut Siddique *et al.* (2014), persentase Mg²⁺ berkurang dari *top soil* ke *sub soil* pada seluruh penggunaan lahan. Secara umum, kation-kation yang dapat ditukar menunjukkan pola penurunan yang serupa di lapisan *sub soil* dari lapisan *top soil*. Hal ini merupakan akibat dari pengayaan kation yang mengandung mineral yang berasal dari batuan induk.

3.6 Natrium dapat Dipertukarkan (Na-dd)

Berdasarkan Tabel 6. diketahui bahwa nilai rata-rata Na-dd tanah tertinggi terdapat pada tipe agroforestri karet-aren yaitu 0,62 me 100 g⁻¹. Nilai rata-rata Na-dd terendah terdapat pada tipe agroforestri karet-sawit yaitu 0,30 me 100 g⁻¹. Nilai rata-rata Na-dd tertinggi berdasarkan kedalaman tanah terdapat pada kedalaman 30-60 cm yaitu 0,45 me 100 g⁻¹ dan terendah pada 0-20 cm yaitu 0,38 me 100 g⁻¹. Berdasarkan kriteria hasil analisis tanah Balai Penelitian Tanah Bogor (2009), Na-dd tanah (me 100 g⁻¹) pada lokasi penelitian tergolong rendah hingga sedang.

Konsentrasi Na-dd tanah tertinggi pada diperoleh pada sistem agroforestri karet dengan kombinasi tanaman aren dengan rata-rata sebesar 0,62 me 100 g⁻¹ yang menunjukkan kriteria sedang, sedangkan konsentrasi Na-dd tanah terendah terdapat pada sistem agroforestri karet dengan kombinasi tanaman sawit dengan rata-rata sebesar 0,30 me 100 g⁻¹ yang menunjukkan kriteria rendah.

Tabel 6. Rataan Na-dd (me 100 g⁻¹) pada tipe agroforestri karet dan kedalaman tanah yang berbeda

| Tipe Agroforestri | Kedalaman Tanah | | Rataan |
|--------------------|-----------------|----------|---------|
| | 0-20 cm | 30-60 cm | |
| Karet Monokultur | 0,42 | 0,41 | 0,42(S) |
| Karet-Durian | 0,42 | 0,32 | 0,37(R) |
| Karet-Sawit | 0,30 | 0,31 | 0,30(R) |
| Karet-Asam gelugur | 0,41 | 0,46 | 0,44(S) |
| Karet-Gaharu | 0,33 | 0,41 | 0,37(R) |
| Karet-Aren | 0,42 | 0,81 | 0,62(S) |
| Rataan | 0,38 | 0,45 | |

Keterangan: R = Rendah; S = Sedang

Tingginya konsentrasi Na-dd berkaitan dengan pH tanah, di mana semakin tinggi pH tanah maka semakin tinggi konsentrasi Na-dd. Sebaliknya, pH tanah pada seluruh lokasi penelitian tergolong sangat masam hingga masam, sehingga diduga hal inilah yang menyebabkan konsentrasi Na-dd di seluruh lokasi penelitian cenderung rendah baik pada sistem pertanaman karet monokultur maupun pada sistem agroforestri berbasis karet.

Konsentrasi Na-dd tanah tertinggi terdapat pada kedalaman 30-60 cm dibandingkan pada kedalaman 0-20 cm, akumulasi natrium di kedalaman 30-60 ini diduga karena akibat pencucian natrium dari lapisan di atasnya. Berdasarkan literatur Djuwansah (2013), pengenceran air tanah oleh air hujan akan melarutkan sebagian Na-dd sehingga akan tercuci bersama aliran permukaan. Akan tetapi, apabila konsentrasi masukan Na pada tanah lebih tinggi daripada konsentrasi yang dapat tercuci maka tanah akan menjerapnya sehingga akan terjadi akumulasi yang akan menambah konsentrasi Na di dalam tanah.

4. Simpulan dan Saran

4.1 Simpulan

1. Sistem agroforestri berbasis karet terbaik adalah sistem agroforestri kombinasi karet-asam gelugur ditandai dengan lebih tingginya kadar hara N-total, K-dd, Ca-dd, dan Mg-dd tanah pada semua lapisan tanah dibandingkan pada sistem agroforestri lainnya, juga dibandingkan dengan sistem monokultur karet.
2. Kadar hara P-tersedia tanah pada sistem agroforestri berbasis karet lebih tinggi pada tanah lapisan bawah (30-60 cm) dibandingkan pada tanah lapisan atasnya.

4.2 Saran

Guna optimalisasi pemanfaatan lahan perkebunan karet rakyat ditinjau dari status hara tanah, khususnya di wilayah Kecamatan Bahorok Kabupaten Langkat, sangat baik apabila dilakukan penerapan sistem agroforestri. Selain itu, masih perlu dilengkapi dengan data produksi, baik produksi karet maupun produksi komponen lainnya.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Langkat. (2022). Kabupaten Langkat dalam Angka 2021. Katalog BPS: 1102001.1213.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2022). Statistik Karet Indonesia. Jakarta.
- Balai Penelitian Tanah. (2009). *Petunjuk Teknis: Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Edisi kedua*. Bogor : Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Budi, S & S. Sari. (2015). *Ilmu dan Implementasi Kesuburan Tanah*. Malang: UMM Press.
- Chen, C., Liu, W., Wu, J., Jiang, X., and Zhu, X. (2019). Can Intercropping with the Cash Crop Help Improve the Soil Physico-Chemical Properties of Rubber Plantations? *Geoderma*. 335, 149–160.
- Costa, G.M., Gama-Rodrigues, C. A., Goncalves, L.J., Gama-Rodrigues, F.E., Sales, V.M., & Aleixo, S. (2016). Labile and Non-Labile Fractions of Phosphorus and Its Transformations in Soil under Eucalyptus Plantations, Brazil. *Forest* 7, 15.

- Djuwansah, M. (2013). Status Natrium pada Tanah Tercemar Limbah Industri Tekstil di Rancaekek, Kabupaten Bandung. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 37(1): 25-34.
- Dollinger, J., & Jose, S. (2018). Agroforestry for Soil Health. *Agrofor Syst*. 92:213–219.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2020). The Countries of the World's Largest Rubber Production Centers 2012-2016. <http://www.faostat.fao.org>.
- Hoosbeek, M.R., Remme, R.P., Rusch, & G.M. (2018). Trees Enhance Soil Carbon Sequestration and Nutrient Cycling in a Silvopastoral System in South-Western Nicaragua. *Agrofor. Syst*. 92: 263-237.
- Jamil, N., Sajjad, N., Ashraf, H., Masood, Z., Bazai, Z. A., Khan, R., & Khan, R. (2016). Physical and Chemical Properties of Soil Quality Indicating Forest Productivity : A Review. *American-Eurasian Journal of Toxicological Sciences*. 8(2): 60-68.
- Li, J., Wan, X., Liu, X., Chen, Y., Slaughter, L.C., Weindorf, D.C., & Dong, Y. (2019). Changes in Soil Physical and Chemical Characteristics In Intensively Cultivated Greenhouse Vegetable Fields in North China. *Soil Tillage Res*. 195: 104366. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104366>.
- Liu, C., Jin, Y., Liu, C., Tang, J., Wang, Q., & Xu, M. (2018). Phosphorous Fractions in Soils of Rubber-based Agroforestry Systems: Influence of Season, Management and Stand Age. *Science of the Total Environment*: 616–61: 1576–1588.
- Liu, W., Zhu, C., Wu, J., & Chen, C. (2016). Are Rubber-Based Agroforestry Systems Effective in Controlling Rain Splash Erosion? *Catena* 147: 16–24.
- Luo, Y., Shi, C., Yang, S., Liu, Y., Zhao, S., & Zhang, C. (2023). Characteristics of Soil Calcium Content Distribution in Karst Dry-Hot Valley and Its Influencing Factors. *Water*. 15(6): 1119. <https://doi.org/10.3390/w15061119>.
- Martial, T. (2010). Kajian Penguasaan Lahan pada Sistem Agroforestri: Studi Kasus Di Bahorok, Kabupaten Langkat. *Jurnal Kultura*. 11(1): 1-10.
- Nugroho, P. A. (2015). Dinamika Hara Kalium dan Pengelolaannya di Perkebunan Karet. *Warta Perkaratan*. 34 (2): 89-102.
- Nurhidayati. (2017). Kesuburan dan Kesehatan Tanah: Suatu Pengantar Penilaian Kualitas Tanah Menuju Pertanian Berkelanjutan. Malang: Intermedia.
- Rodrigues, R.C., Araújo, R.A., Costa, C.S., & Lima, A.J. (2015). Soil Microbial Biomass in an Agroforestry System of Northeast Brazil. *Trop Grassl-Forrajes Trop*. 3:41–48.
- Siddique, M. D., Noor-E-Alam, M. M., Islam, M. D., Halim, A., Kamaruzzaman, M. D., Sultana, J., & Karim, D. (2014). Mapping of Site-Specific Soil Spatial Variability by Geostatistical Technique for Textural Fractions in a Terrace Soil of Bangladesh. *Journal of Bioscience and Agriculture Research (JBAR)*. 1: 8–16.
- Wang, Y., Zhang, B., & Banwart, S. (2017). Reduced Subsurface Lateral Flow in Agroforestry System is Balanced by Increased Water Retention Capacity: Rainfall Simulation and Model Validation. *Adv Agron* 142: 73–97.
- Wibawa, G., Joshi, L., van Noordwijk, M., & E. Penot. (2006). Rubber based Agroforestry Systems (RAS) as Alternatives for Rubber Monoculture System. IRRDB, Vietnam.
- Wu, J. et al. (2020). Recognizing The Role of Plant Species Composition in The Modification of Soil Nutrients and Water in Rubber Agroforestry System. Elsevier B.V., 723, p. 138042.
- Zeng, H., Wu, J., Zhu, X., Singh, A. K., Chen, C., & Liu, W. (2021). Jungle Rubber Facilitates The Restoration of Degraded Soil of an Existing Rubber Plantation. *Journal of Environmental Management*, 281.
- Zhang, Z.S., Song, X.L., Lu, X.G., Xue, Z.S. (2013). Ecological Stoichiometry of Carbon, Nitrogen, and Phosphorus in Estuarine Wetland Soils: Influence of Vegetation Coverage, Plant Communities, Geomorphology and Seawalls. *J. Soils Sediments*. 13(6): 1043-1051.