



Distribusi Vertikal Sifat Kimia Tanah pada Tegakan Tanaman Cengkeh, Pala, dan Kelapa

Adnan Sofyan^{1*}, Asrul Dedy Ali Hasa², Idris Abdul Rachman³, Nurul Aini Tangge⁴,
Ayulenda Makalu⁵

¹⁻⁵ Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Khairun, Indonesia

*Penulis Korespondensi: adnansofyan@unkhair.ac.id

Abstract. *The study examines the vertical distribution of soil chemical properties under clove (*Syzygium aromaticum*), nutmeg (*Myristica fragrans*), and coconut (*Cocos nucifera*) stands in Togafo Village, West Ternate District. It aims to analyze how different plantation vegetation types affect soil fertility and nutrient stratification across soil depths. A survey method was used by collecting soil samples from three plantation stands at two depth intervals, 0–30 cm and 30–60 cm. The analyzed soil parameters included pH, organic carbon, total nitrogen, carbon-to-nitrogen (C/N) ratio, and available phosphorus. Data were analyzed descriptively and supported by the Soil Stratification Ratio (SSR). The results showed that soil pH ranged from 6.15 to 6.68, indicating slightly acidic to neutral conditions. Organic carbon ranged from 1.57% to 2.73%, total nitrogen from 0.09% to 0.22%, C/N ratio from 9 to 22, and available phosphorus from 10.00 to 18.75 ppm. Higher organic carbon, nitrogen, and phosphorus contents were found in the 0–30 cm layer than in the 30–60 cm layer. Clove stands showed the highest surface nutrient accumulation. These findings indicate that vegetation type influences soil nutrient stratification, with clove plantations better maintaining soil fertility.*

Keywords: Carbon; Chemical Properties; Nitrogen; Organic Carbon; Phosphorus.

Abstrak. Penelitian ini mengkaji distribusi vertikal sifat kimia tanah di bawah tegakan cengkeh (*Syzygium aromaticum*), pala (*Myristica fragrans*), dan kelapa (*Cocos nucifera*) di Desa Togafo, Distrik Ternate Barat. Tujuannya adalah untuk menganalisis bagaimana berbagai jenis vegetasi perkebunan memengaruhi kesuburan tanah dan stratifikasi unsur hara di berbagai kedalaman tanah. Metode survei digunakan dengan mengumpulkan sampel tanah dari tiga tegakan perkebunan pada dua interval kedalaman, 0–30 cm dan 30–60 cm. Parameter tanah yang dianalisis meliputi pH, karbon organik, nitrogen total, rasio karbon terhadap nitrogen (C/N), dan fosfor tersedia. Data dianalisis secara deskriptif dan didukung oleh Rasio Stratifikasi Tanah (SSR). Hasil menunjukkan bahwa pH tanah berkisar antara 6,15 hingga 6,68, menunjukkan kondisi sedikit asam hingga netral. Kandungan karbon organik berkisar antara 1,57% hingga 2,73%, nitrogen total dari 0,09% hingga 0,22%, rasio C/N dari 9 hingga 22, dan fosfor tersedia dari 10,00 hingga 18,75 ppm. Kandungan karbon organik, nitrogen, dan fosfor yang lebih tinggi ditemukan pada lapisan 0–30 cm dibandingkan pada lapisan 30–60 cm. Tanaman cengkeh menunjukkan akumulasi nutrisi permukaan tertinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa jenis vegetasi memengaruhi stratifikasi nutrisi tanah, dengan perkebunan cengkeh lebih baik dalam mempertahankan kesuburan tanah.

Kata kunci: Karbon; Karbon Organik; Fosfor; Nitrogen; Sifat Kimia.

1. LATAR BELAKANG

Tanah merupakan sumber daya alam yang berperan penting dalam mendukung produktivitas ekosistem dan keberlanjutan sistem pertanian. Sebagai media tumbuh tanaman, tanah berfungsi menyediakan air, udara, dan unsur hara yang diperlukan untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara sangat dipengaruhi oleh sifat kimia tanah yang terbentuk melalui interaksi antara faktor iklim, organisme, bahan induk, topografi, dan waktu. Perubahan sifat kimia tanah akan memengaruhi tingkat kesuburan tanah serta kemampuan tanah dalam mendukung produktivitas tanaman secara berkelanjutan (Lehmann et al., 2020).

Sifat kimia tanah merupakan salah satu indikator utama yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas dan tingkat kesuburan tanah. Parameter seperti derajat kemasaman (pH), kandungan karbon organik (C-organik), nitrogen total (N-total), rasio karbon terhadap nitrogen (C/N), dan fosfor tersedia memiliki peran penting dalam menentukan ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Nilai pH tanah memengaruhi kelarutan dan ketersediaan unsur hara, sedangkan bahan organik berperan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme serta penyedia unsur hara melalui proses dekomposisi. Nitrogen dan fosfor merupakan unsur hara makro yang sering menjadi faktor pembatas produktivitas tanaman pada lahan tropika karena keberadaannya sangat dipengaruhi oleh proses transformasi dan kehilangan hara dalam tanah (Bünemann et al., 2018).

Distribusi vertikal sifat kimia tanah merupakan aspek penting yang perlu dipahami dalam pengelolaan lahan pertanian dan perkebunan. Distribusi vertikal menggambarkan perubahan karakteristik kimia tanah dari lapisan permukaan hingga lapisan bawah tanah yang dipengaruhi oleh proses pelapukan, akumulasi bahan organik, aktivitas akar, pencucian unsur hara, serta dinamika mikroorganisme tanah. Umumnya, lapisan permukaan tanah memiliki kandungan bahan organik dan unsur hara yang lebih tinggi dibandingkan lapisan bawah karena menerima masukan serasah secara langsung dari vegetasi yang tumbuh di atasnya. Oleh karena itu, informasi mengenai distribusi vertikal sifat kimia tanah dapat digunakan untuk memahami dinamika kesuburan tanah dan efektivitas pemanfaatan unsur hara oleh tanaman (Steffens et al., 2022).

Jenis vegetasi merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap distribusi sifat kimia tanah. Setiap jenis tanaman memiliki karakteristik perakaran, produksi biomassa, kualitas serasah, dan pola serapan hara yang berbeda sehingga dapat menghasilkan kondisi tanah yang berbeda pula. Serasah yang dihasilkan vegetasi akan mengalami dekomposisi dan berkontribusi terhadap pembentukan bahan organik tanah, peningkatan kandungan karbon organik, serta penyediaan unsur hara bagi tanaman. *Perbedaan karakteristik vegetasi dan masukan serasah dapat memengaruhi akumulasi unsur hara serta perubahan sifat kimia tanah pada berbagai kedalaman profil tanah (Wang et al., 2021).* Tanaman cengkeh (*Syzygium aromaticum*), pala (*Myristica fragrans*), dan kelapa (*Cocos nucifera*) merupakan komoditas perkebunan utama yang banyak dibudidayakan oleh masyarakat di Maluku Utara, termasuk di Kelurahan Togafo, Kecamatan Ternate Barat. Ketiga komoditas tersebut memiliki karakteristik morfologi dan fisiologi yang berbeda sehingga berpotensi memberikan pengaruh yang berbeda terhadap sifat kimia tanah. Tegakan cengkeh umumnya menghasilkan serasah yang lebih banyak dan memiliki tajuk yang lebih rapat dibandingkan kelapa, sedangkan pala memiliki

karakteristik vegetasi yang berada di antara keduanya. Perbedaan tersebut diperkirakan memengaruhi akumulasi bahan organik, siklus hara, dan distribusi unsur hara pada berbagai lapisan tanah (Devi, 2021).

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan lahan dan jenis vegetasi berpengaruh terhadap distribusi vertikal karbon organik, nitrogen, dan fosfor dalam tanah. Namun demikian, sebagian besar penelitian dilakukan pada ekosistem hutan atau sistem agroforestri di wilayah kontinental, sedangkan kajian mengenai distribusi vertikal sifat kimia tanah pada tegakan perkebunan rakyat di wilayah kepulauan vulkanik masih relatif terbatas. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan informasi, khususnya pada lahan perkebunan cengkeh, pala, dan kelapa di Pulau Ternate yang memiliki karakteristik tanah vulkanik dengan dinamika hara yang berbeda dibandingkan wilayah lainnya (Pavinato et al., 2024).

Kelurahan Togafo merupakan salah satu wilayah perkebunan rakyat di Kecamatan Ternate Barat yang didominasi oleh tegakan cengkeh, pala, dan kelapa. Meskipun ketiga komoditas tersebut memiliki peranan penting dalam perekonomian masyarakat, informasi mengenai distribusi vertikal sifat kimia tanah pada masing-masing tegakan masih sangat terbatas. Padahal, informasi tersebut diperlukan sebagai dasar dalam pengelolaan kesuburan tanah dan penyusunan rekomendasi pemupukan yang lebih tepat sesuai dengan karakteristik lahan dan kebutuhan tanaman.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi vertikal sifat kimia tanah pada tegakan cengkeh, pala, dan kelapa di Kelurahan Togafo, Kecamatan Ternate Barat. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai variasi sifat kimia tanah pada berbagai kedalaman dan jenis tegakan, serta menjadi dasar dalam pengelolaan kesuburan tanah yang lebih efektif dan berkelanjutan pada lahan perkebunan rakyat.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Kelurahan Togafo, Kecamatan Ternate Barat, Kota Ternate, Provinsi Maluku Utara, pada kawasan perkebunan rakyat yang didominasi oleh tanaman cengkeh (*Syzygium aromaticum*), pala (*Myristica fragrans*), dan kelapa (*Cocos nucifera*). Penelitian menggunakan metode survei lapangan yang dipadukan dengan analisis laboratorium untuk mengkaji distribusi vertikal sifat kimia tanah pada ketiga jenis tegakan tersebut. Penentuan lokasi dilakukan secara purposive berdasarkan dominasi penggunaan lahan perkebunan. Pengamatan dilakukan pada dua kedalaman tanah, yaitu 0–30 cm (topsoil) dan 30–60 cm (subsoil), yang mewakili lapisan atas dan bawah tanah.

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada masing-masing tegakan cengkeh, pala, dan kelapa dengan membuat profil tanah perwakilan. Sampel diambil menggunakan metode sampel tanah terganggu (*disturbed soil sample*) pada kedalaman 0–30 cm dan 30–60 cm. Sampel yang diperoleh kemudian dikeringudarkan, dihaluskan, dan diayak sebelum dianalisis di laboratorium. Parameter yang dianalisis meliputi pH tanah, C-organik, N-total, rasio C/N, dan fosfat total sebagai indikator tingkat kesuburan tanah dan ketersediaan unsur hara.

Data hasil analisis laboratorium dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk tabel untuk membandingkan karakteristik sifat kimia tanah pada setiap jenis tegakan dan kedalaman. Distribusi vertikal sifat kimia tanah dievaluasi menggunakan persentase perubahan vertikal dan Indeks Stratifikasi Tanah (*Soil Stratification Ratio* atau SSR). Nilai persentase perubahan vertikal digunakan untuk menggambarkan tingkat perubahan sifat kimia tanah antar lapisan, sedangkan nilai SSR digunakan untuk menunjukkan tingkat akumulasi unsur hara atau bahan organik pada lapisan permukaan. Hasil analisis kemudian dibandingkan antar tegakan cengkeh, pala, dan kelapa untuk mengidentifikasi pengaruh vegetasi terhadap distribusi vertikal sifat kimia tanah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Sifat Kimia Tanah pada Berbagai Tegakan Perkebunan

Hasil analisa sifat kimia tanah di bawah tegakan tanaman cengkeh, pala, dan kelapa disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Analisis sifat kimia tanah di bawah tegakan tanaman cengkeh, pala, dan kelapa.

| Kebun | Kedalaman | pH | C-Organik (%) | Nitrogen (%) | C/N (%) | Fosfat (%) |
|---------|-----------|------|---------------|--------------|---------|------------|
| Cengkeh | 0-30 | 6,68 | 2,73 | 0,22 | 12 | 18,75 |
| | 30-60 | 6,52 | 1,92 | 0,12 | 15 | 14,37 |
| Pala | 0-30 | 6,25 | 2,31 | 0,14 | 16 | 13,30 |
| | 30-60 | 6,15 | 1,99 | 0,09 | 22 | 10,00 |
| Kelapa | 0-30 | 6,33 | 2,15 | 0,17 | 12 | 13,32 |
| | 30-60 | 6,37 | 1,57 | 0,17 | 9 | 13,73 |

Sumber: Hasil analisis, 2023

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa sifat kimia tanah pada tegakan cengkeh, pala, dan kelapa di Kelurahan Togafo memiliki variasi yang dipengaruhi oleh jenis vegetasi dan kedalaman tanah. Parameter yang dianalisis meliputi pH tanah, kandungan C-organik, nitrogen total, rasio C/N, dan fosfat tersedia.

Reaksi Tanah (pH)

Nilai pH tanah pada seluruh lokasi penelitian berkisar antara 6,15–6,68 yang tergolong agak masam hingga netral. Nilai pH tertinggi ditemukan pada tegakan cengkeh kedalaman 0–30 cm yaitu sebesar 6,68, sedangkan nilai terendah ditemukan pada tegakan pala kedalaman 30–60 cm yaitu sebesar 6,15.

Secara umum, lapisan tanah atas memiliki nilai pH yang lebih tinggi dibandingkan lapisan bawah. Kondisi ini menunjukkan bahwa akumulasi bahan organik pada lapisan permukaan berperan dalam mempertahankan keseimbangan reaksi tanah melalui proses dekomposisi dan pelepasan kation basa. Nilai pH yang berada pada kisaran agak masam hingga netral merupakan kondisi yang relatif baik bagi pertumbuhan tanaman perkebunan karena sebagian besar unsur hara esensial berada pada tingkat ketersediaan yang optimal. Menurut Zhang et al. (2022) tanah dengan pH antara 6,0–7,0 memiliki efisiensi serapan unsur hara yang lebih tinggi dibandingkan tanah yang sangat masam atau sangat basa.

Tegakan cengkeh menunjukkan nilai pH yang relatif lebih tinggi dibandingkan tegakan pala dan kelapa. Hal ini diduga berkaitan dengan jumlah serasah yang lebih banyak serta proses dekomposisi yang mampu meningkatkan kandungan kation basa dalam tanah. Karakteristik vegetasi memiliki pengaruh terhadap perubahan pH tanah melalui perbedaan produksi biomassa, kualitas serasah, serta dinamika siklus hara yang berlangsung pada masing-masing spesies tanaman (Ngaba et al., 2024).

Kandungan C-Organis Tanah

Kandungan C-organik pada lokasi penelitian berkisar antara 1,57–2,73%. Nilai tertinggi ditemukan pada tegakan cengkeh kedalaman 0–30 cm sebesar 2,73% dengan kriteria sedang, sedangkan nilai terendah ditemukan pada tegakan kelapa kedalaman 30–60 cm sebesar 1,57% dengan kriteria rendah.

Pada seluruh penggunaan lahan terlihat adanya penurunan kandungan C-organik seiring bertambahnya kedalaman tanah. Fenomena ini merupakan karakteristik umum tanah tropika karena akumulasi bahan organik lebih banyak terjadi pada lapisan permukaan akibat deposisi serasah dan aktivitas perakaran tanaman. Tingginya kandungan C-organik pada tegakan cengkeh menunjukkan bahwa tanaman tersebut menghasilkan masukan biomassa yang lebih besar dibandingkan tegakan lainnya.

Kandungan bahan organik berperan penting dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Selain meningkatkan kapasitas tukar kation, bahan organik juga berfungsi sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah yang berperan dalam proses mineralisasi unsur hara. Menurut Lehmann et al. (2020); Oldfield et al. (2019); Lal 2020 dan Poelau &

Don (2023) peningkatan kandungan karbon organik merupakan indikator utama perbaikan kualitas tanah dan keberlanjutan ekosistem pertanian.

Nitrogen Total (N-Total)

Kandungan nitrogen total tanah pada lokasi penelitian berkisar antara 0,09–0,22%. Kandungan nitrogen tertinggi ditemukan pada tegakan cengkeh kedalaman 0–30 cm sebesar 0,22% dengan kriteria sedang, sedangkan kandungan terendah ditemukan pada tegakan pala kedalaman 30–60 cm sebesar 0,09% dengan kriteria sangat rendah.

Pola distribusi nitrogen menunjukkan kecenderungan menurun pada lapisan tanah yang lebih dalam. Kondisi ini erat kaitannya dengan distribusi bahan organik yang sebagian besar terkonsentrasi pada lapisan atas tanah. Nitrogen merupakan unsur yang sangat dipengaruhi oleh kandungan bahan organik karena sebagian besar nitrogen tanah tersimpan dalam bentuk organik dan dilepaskan melalui proses mineralisasi.

Tingginya kandungan nitrogen pada tegakan cengkeh sejalan dengan tingginya kandungan C-organik yang ditemukan pada lokasi tersebut. Hubungan positif antara kandungan karbon organik dan nitrogen total telah banyak dilaporkan dalam berbagai penelitian tanah tropika. Chen et al. (2021) menyatakan bahwa akumulasi bahan organik dari serasah dan residu tanaman merupakan sumber utama nitrogen tanah karena menyediakan substrat bagi aktivitas mikroorganisme dan proses mineralisasi nitrogen.

Rasio C/N Tanah

Nilai rasio C/N tanah pada lokasi penelitian berkisar antara 9–22. Rasio tertinggi ditemukan pada tegakan pala kedalaman 30–60 cm sebesar 22, sedangkan rasio terendah ditemukan pada tegakan kelapa kedalaman 30–60 cm sebesar 9. Rasio C/N merupakan indikator penting untuk menilai tingkat dekomposisi bahan organik dalam tanah. Rasio C/N yang rendah menunjukkan bahwa bahan organik telah mengalami dekomposisi lanjut sehingga unsur hara lebih mudah tersedia bagi tanaman. Sebaliknya, rasio C/N yang tinggi menunjukkan bahwa proses dekomposisi masih berlangsung dan sebagian nitrogen masih digunakan oleh mikroorganisme untuk aktivitas metabolisme.

Pada tegakan kelapa, rasio C/N yang relatif rendah menunjukkan proses dekomposisi yang lebih intensif dibandingkan tegakan lainnya. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan kecepatan pelepasan unsur hara ke dalam tanah. Menurut Bünemann et al. (2021), rasio C/N merupakan indikator sensitif dalam mengevaluasi kualitas bahan organik dan dinamika siklus hara tanah.

Fosfat Tanah

Kandungan fosfat tanah pada lokasi penelitian berkisar antara 10,00–18,75 ppm dengan kriteria rendah hingga sangat rendah. Kandungan fosfat tertinggi ditemukan pada tegakan cengkeh kedalaman 0–30 cm sebesar 18,75 ppm, sedangkan kandungan terendah ditemukan pada tegakan pala kedalaman 30–60 cm sebesar 10,00 ppm.

Secara umum kandungan fosfat menunjukkan kecenderungan menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah. Kondisi ini berkaitan dengan tingginya akumulasi bahan organik pada lapisan atas yang berkontribusi terhadap pelepasan fosfor melalui proses mineralisasi. Meskipun pH tanah berada pada kisaran yang relatif ideal, kandungan fosfat masih tergolong rendah hingga sangat rendah. Hal ini diduga berkaitan dengan karakteristik tanah vulkanik yang memiliki kemampuan tinggi dalam mengikat fosfor sehingga mengurangi ketersediaannya bagi tanaman.

Fenomena fiksasi fosfor merupakan karakteristik umum pada tanah-tanah vulkanik tropika yang kaya mineral amorf seperti alofan dan imogolit. Pavinato et al. (2024) melaporkan bahwa tingginya kapasitas adsorpsi fosfor pada tanah tropika menjadi salah satu faktor utama rendahnya efisiensi pemupukan fosfat pada berbagai sistem pertanian.

Implikasi terhadap Kesuburan Tanah

Berdasarkan hasil penelitian, tegakan cengkeh menunjukkan kondisi sifat kimia tanah yang relatif lebih baik dibandingkan tegakan pala dan kelapa. Hal ini ditunjukkan oleh nilai pH yang lebih tinggi, kandungan C-organik yang lebih besar, kandungan nitrogen yang lebih tinggi, serta kandungan fosfat yang relatif lebih tinggi pada lapisan tanah atas. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa tegakan cengkeh memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mempertahankan siklus hara melalui akumulasi serasah dan bahan organik.

Meskipun demikian, kandungan fosfat pada seluruh lokasi penelitian masih tergolong rendah hingga sangat rendah sehingga berpotensi menjadi faktor pembatas pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, pengelolaan kesuburan tanah pada wilayah penelitian perlu diarahkan pada peningkatan kandungan bahan organik dan pengelolaan fosfor yang lebih efektif melalui pemanfaatan pupuk organik maupun bahan amelioran yang dapat meningkatkan ketersediaan fosfor dalam tanah.

Analisis Stratifikasi Vertikal Sifat Kimia Tanah

Analisis stratifikasi vertikal dilakukan untuk mengevaluasi distribusi sifat kimia tanah antara lapisan permukaan (0–30 cm) dan lapisan bawah (30–60 cm) pada masing-masing tegakan. Parameter yang dianalisis meliputi pH tanah, C-organik, N-total, rasio C/N, dan fosfat.

Distribusi vertikal dievaluasi menggunakan persentase perubahan vertikal (PV) disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persentase Perubahan Vertikal (PV) pada Berbagai Tegakan.

| Parameter | Cengkeh (%) | Pala (%) | Kelapa (%) |
|-----------|-------------|----------|------------|
| pH | 2,40 | 1,60 | -0,63 |
| C-Organik | 29,67 | 13,85 | 26,98 |
| N-total | 45,45 | 35,71 | 0,00 |
| C/N | -25,00 | -37,50 | 25,00 |
| Fosfat | 23,36 | 24,81 | -3,08 |

Sumber: Hasil Analisis, 2023

Keterangan: Nilai positif menunjukkan penurunan parameter pada lapisan bawah, sedangkan nilai negatif menunjukkan peningkatan parameter pada lapisan bawah.

Distribusi Vertikal pH Tanah

Nilai persentase perubahan vertikal pH pada seluruh tegakan relatif rendah, yaitu berkisar antara -0,63% hingga 2,40%. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi pH tanah relatif homogen pada kedua kedalaman pengamatan. Rendahnya perubahan vertikal pH mengindikasikan bahwa proses pencucian kation basa dan akumulasi ion hidrogen tidak berlangsung secara intensif dalam profil tanah yang diamati. Kondisi tersebut dapat dikaitkan dengan sistem vegetasi permanen yang mampu menjaga kestabilan lingkungan tanah melalui suplai bahan organik yang berlangsung secara terus-menerus (Barrow & Hartemink, 2023).

Distribusi Vertikal C-Organik

Persentase penurunan C-organik tertinggi ditemukan pada tegakan cengkeh (29,67%), diikuti kelapa (26,98%) dan pala (13,85%). Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar karbon organik terkonsentrasi pada lapisan permukaan tanah. Tingginya stratifikasi karbon pada tegakan cengkeh mengindikasikan adanya akumulasi serasah yang lebih besar dibandingkan tegakan lainnya. Serasah yang terdekomposisi menjadi sumber utama karbon organik tanah sehingga peningkatan biomassa vegetasi akan meningkatkan akumulasi karbon pada lapisan atas tanah (Devi, 2021).

Distribusi Vertikal Nitrogen Total

Nitrogen total menunjukkan penurunan sebesar 45,45% pada tegakan cengkeh dan 35,71% pada tegakan pala, sedangkan pada tegakan kelapa tidak ditemukan perubahan antara lapisan atas dan bawah. Pola ini menunjukkan bahwa distribusi nitrogen sangat dipengaruhi oleh akumulasi bahan organik pada permukaan tanah. Nitrogen yang berasal dari mineralisasi bahan organik umumnya terkonsentrasi pada lapisan atas sehingga kandungannya menurun seiring bertambahnya kedalaman tanah (Chen et al., 2021).

Distribusi Vertikal Fosfat

Fosfat menunjukkan penurunan sebesar 23,36% pada tegakan cengkeh dan 24,81% pada tegakan pala, sedangkan pada tegakan kelapa terjadi peningkatan sebesar 3,08% pada lapisan bawah. Fenomena ini menunjukkan bahwa distribusi fosfor tidak selalu mengikuti pola karbon dan nitrogen karena fosfor lebih dipengaruhi oleh proses adsorpsi, desorpsi, dan interaksi dengan mineral tanah. Pada tanah vulkanik, fosfor sering terakumulasi dalam bentuk terikat sehingga mobilitasnya relatif rendah di dalam profil tanah (Pavinato et al. 2024; Uchida et al. 2024; Alakeh et al., 2022 dan Rechberger et al., 2021). Selanjutnya hasil analisis soil stratification ratio disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Soil Stratification Ratio (SSR) pada Berbagai Tegakan.

| Parameter | Cengkeh | Pala | Kelapa |
|------------------|----------------|-------------|---------------|
| pH | 1,02 | 1,02 | 0,99 |
| C-Organik | 1,42 | 1,16 | 1,37 |
| N-total | 1,83 | 1,56 | 1,00 |
| C/N | 0,80 | 0,73 | 1,33 |
| Fosfat | 1,30 | 1,33 | 0,97 |

Sumber: Hasil Analisis, 2023.

Indeks Stratifikasi Tanah (SSR)

Nilai SSR memberikan gambaran tingkat akumulasi unsur hara pada lapisan permukaan tanah. Parameter C-organik, N-total, dan fosfat pada tegakan cengkeh dan pala memiliki nilai SSR lebih besar dari satu, yang menunjukkan adanya akumulasi unsur pada lapisan atas tanah. Sebaliknya, nilai SSR yang mendekati satu pada parameter pH menunjukkan distribusi yang relatif merata pada kedua lapisan tanah.

Nilai SSR tertinggi ditemukan pada nitrogen total tegakan cengkeh (1,83). Hal ini menunjukkan bahwa nitrogen merupakan unsur yang paling terstratifikasi dibandingkan parameter lainnya. Tingginya nilai SSR nitrogen mengindikasikan bahwa sebagian besar cadangan nitrogen tersimpan pada lapisan permukaan yang kaya bahan organik. Hasil tersebut sejalan dengan temuan berbagai penelitian yang menyatakan bahwa peningkatan bahan organik tanah dapat meningkatkan cadangan nitrogen melalui akumulasi residu tanaman, retensi unsur hara, dan aktivitas mikroorganisme yang terlibat dalam proses dekomposisi serta siklus nitrogen tanah (Bohoussou et al., 2022; Scavo et al., 2022 dan Garba et al., 2022).

Berdasarkan analisis stratifikasi, tegakan cengkeh menunjukkan tingkat stratifikasi tertinggi dibandingkan tegakan pala dan kelapa. Hal ini mengindikasikan bahwa tegakan cengkeh memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mengakumulasi bahan organik dan unsur hara pada lapisan permukaan tanah. Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan tingginya

produksi serasah dan rapatnya tajuk tanaman cengkeh yang mampu meningkatkan masukan biomassa ke dalam tanah. Sebaliknya, tegakan kelapa menunjukkan distribusi unsur hara yang relatif lebih merata, yang ditunjukkan oleh nilai SSR yang mendekati satu pada sebagian besar parameter.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa distribusi vertikal sifat kimia tanah pada tegakan cengkeh, pala, dan kelapa di Kelurahan Togafo, Kecamatan Ternate Barat dipengaruhi oleh jenis tegakan dan kedalaman tanah. Secara umum, lapisan tanah 0–30 cm memiliki kandungan C-organik, nitrogen total, dan fosfat yang lebih tinggi dibandingkan lapisan 30–60 cm. Nilai pH tanah pada seluruh lokasi tergolong agak masam hingga netral (6,15–6,68), sedangkan kandungan fosfat tergolong rendah hingga sangat rendah. Tegakan cengkeh menunjukkan kualitas kimia tanah yang relatif lebih baik dibandingkan tegakan pala dan kelapa, yang ditunjukkan oleh kandungan C-organik (2,73%), nitrogen total (0,22%), dan fosfat (18,75 ppm) yang lebih tinggi pada lapisan permukaan tanah.

Hasil analisis stratifikasi vertikal menunjukkan bahwa parameter C-organik, nitrogen total, dan fosfat memiliki nilai *Soil Stratification Ratio* (SSR) lebih besar dari satu pada sebagian besar tegakan, yang mengindikasikan adanya akumulasi unsur hara pada lapisan permukaan tanah. Tegakan cengkeh memiliki tingkat stratifikasi tertinggi dibandingkan tegakan pala dan kelapa, sehingga berpotensi lebih efektif dalam mempertahankan akumulasi bahan organik dan ketersediaan unsur hara di dalam tanah.

Saran

Pengelolaan kesuburan tanah pada lahan perkebunan di Kelurahan Togafo perlu diarahkan pada peningkatan kandungan bahan organik dan ketersediaan fosfor melalui pemanfaatan serasah tanaman, pupuk organik, dan pemupukan fosfat yang sesuai dengan kondisi tanah setempat. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan parameter sifat fisik dan biologi tanah serta memperluas jumlah titik pengamatan sehingga diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai pengaruh jenis tegakan terhadap kualitas tanah dan keberlanjutan sistem perkebunan.

DAFTAR REFERENSI

- Alakeh, M. N., Tamungang, N. E. B., & Alongifor, F. J. (2022). Phosphorus adsorption and its correlation with physicochemical properties of volcanic-influenced soils of Meupi-Awing in Northwest Cameroon. *Applied and Environmental Soil Science*, 2022(1), 6890503. <https://doi.org/10.1155/2022/6890503>
- Barrow, N. J., & Hartemink, A. E. (2023). The effects of pH on nutrient availability depend on both soils and plants. *Plant and Soil*, 487(1), 21–37. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-05960-5>
- Blanco-Canqui, H., & Ruis, S. J. (2020). Cover crop impacts on soil physical properties: A review. *Soil Science Society of America Journal*, 84(5), 1527–1576. <https://doi.org/10.1002/saj2.20129>
- Bohoussou, Y. N. D., Kou, Y. H., Yu, W. B., Lin, B. J., Virk, A. L., Zhao, X., Zhang, H. L., et al. (2022). Impacts of the components of conservation agriculture on soil organic carbon and total nitrogen storage: A global meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 842, 156822. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156822>
- Bünemann, E. K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R. E., De Deyn, G., De Goede, R., Brussaard, L., et al. (2018). Soil quality—a critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105–125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>
- Chen, X., & Chen, H. Y. (2021). Plant mixture balances terrestrial ecosystem C:N:P stoichiometry. *Nature Communications*, 12(1), 4562. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24889-w>
- Devi, A. S. (2021). Influence of trees and associated variables on soil organic carbon: A review. *Journal of Ecology and Environment*, 45(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s41610-021-00180-3>
- Garba, I. I., Bell, L. W., & Williams, A. (2022). Cover crop legacy impacts on soil water and nitrogen dynamics, and on subsequent crop yields in drylands: A meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(3), 34. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00760-0>
- Lal, R. (2020). Soil organic matter content and crop yield. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(2), 27A–32A. <https://doi.org/10.2489/jswc.75.2.27A>
- Lehmann, J., Bossio, D. A., Kögel-Knabner, I., & Rillig, M. C. (2020). The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*, 1(10), 544–553. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0080-8>
- Ngaba, M. J. Y., Mgelwa, A. S., Gurmessa, G. A., Uwiragiye, Y., Zhu, F., Qiu, Q., Rennenberg, H., et al. (2024). Meta-analysis unveils differential effects of agroforestry on soil properties in different zonobiomes. *Plant and Soil*, 496(1), 589–607. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-06385-w>
- Oldfield, E. E., Bradford, M. A., & Wood, S. A. (2019). Global meta-analysis of the relationship between soil organic matter and crop yields. *Soil*, 5(1), 15–32. <https://doi.org/10.5194/soil-5-15-2019>
- Pavinato, P. S., Götz, L. F., Teles, A. P. B., Arruda, B., Herrera, W. B., Chadwick, D. R., Withers, P. J., et al. (2024). Legacy soil phosphorus bioavailability in tropical and temperate soils: Implications for sustainable crop production. *Soil and Tillage Research*, 244, 106228. <https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106228>

- Poeplau, C., & Don, A. (2023). A simple soil organic carbon level metric beyond the organic carbon-to-clay ratio. *Soil Use and Management*, 39(3), 1057–1067. <https://doi.org/10.1111/sum.12921>
- Scavo, A., Fontanazza, S., Restuccia, A., Pesce, G. R., Abbate, C., & Mauromicale, G. (2022). The role of cover crops in improving soil fertility and plant nutritional status in temperate climates: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(5), 93. <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00825-0>
- Steffens, C., Beer, C., Schelfhout, S., & Vesterdal, L. (2022). Tree species affect the vertical distribution of soil organic carbon and total nitrogen. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 185(6), 864–875. <https://doi.org/10.1002/jpln.202200165>
- Uchida, S., Hashimoto, Y., Takamoto, A., Noguchi, K., Klysubun, W., & Wang, S. L. (2022). Phosphate binding to allophane and ferrihydrite with implications for volcanic ash soils. *Soil Science Society of America Journal*, 86(6), 1571–1581. <https://doi.org/10.1002/saj2.20463>
- Wang, J., Wen, X., Lyu, S., Zhang, X., Li, S., & Guo, Q. (2021). Vegetation recovery alters soil N status in subtropical karst plateau area: Evidence from natural abundance $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{18}\text{O}$. *Plant and Soil*, 460(1), 609–623. <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04797-6>
- Zhang, Y., Wu, L., Zhang, X., Deng, A., Abdulkareem, R., Wang, D., Zhang, W., et al. (2022). Effect of long-term organic amendment application on the vertical distribution of nutrients in a vertisol. *Agronomy*, 12(5), 1162. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051162>