

ANALISIS TANAH DI KAWASAN HUTAN BALI BARAT UNTUK MENDUKUNG PENGELOLAAN HUTAN YANG BERKELANJUTAN

SOIL ANALYSIS IN WEST BALI FOREST TO SUPPORT SUSTAINABLE FOREST MANAGEMENT

Desak Ketut Tristiana Sukmadewi*, I Nengah Muliarta, dan I Made Suarta

Fakultas Pertanian, Universitas Warmadewa, Denpasar, Bali, Indonesia

* Corresponding Author. E-mail address: tristiana.sukmadewi@warmadewa.ac.id

ARTICLE HISTORY:

Received: 21 October 2024

Peer Review: 28 November 2024

Accepted: 20 May 2026

KATA KUNCI:

Berkelanjutan, climate change, ecosystem service, hutan, kesuburan, tanah

KEYWORDS:

Climate change, ecosystem service, forest, soil fertility, sustainable

ABSTRAK

Alih fungsi lahan hutan di wilayah tropis mengancam keanekaragaman hayati dan keberlangsungan fungsi ekosistem. Hutan Bali Barat yang terletak di Kabupaten Jembrana mencakup 39,95% dari total luas hutan di Bali dan dikelola berbasis hutan desa. Penelitian ini bertujuan menganalisis kondisi tanah di kawasan hutan inti Bali Barat guna mendukung pengelolaan hutan yang berkelanjutan. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling* pada kedalaman 0–30 cm selama tujuh bulan. Analisis tanah mencakup parameter pH, C-organik, N-total, P-tersedia, K-tersedia, dan tekstur tanah, yang dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Tanah Universitas Udayana. Hasil menunjukkan bahwa pH tanah berkisar antara 5,95–6,6 (agak masam hingga netral), kandungan C-organik antara 0,85–3,39% (sangat rendah hingga tinggi), N-total antara 0,05–0,36% (rendah hingga sedang), P-tersedia antara 2,4–10,32 ppm (sangat rendah hingga rendah), dan K-tersedia antara 108,14–262 ppm (rendah hingga tinggi). Tekstur tanah didominasi oleh lempung berliat (60%), yang memiliki kapasitas retensi air dan hara relatif tinggi, namun rentan mengalami pemadatan yang dapat menurunkan konduktivitas hidrolik dan ketersediaan air bagi vegetasi. Secara keseluruhan, tanah hutan inti masih memiliki potensi yang cukup baik untuk mendukung keberlanjutan ekosistem, meskipun kandungan bahan organik dan ketersediaan fosfor yang rendah menjadi faktor pembatas yang memerlukan strategi konservasi dan penambahan bahan organik tanah secara berkelanjutan.

ABSTRACT

Forest land conversion in tropical regions threatens biodiversity and ecosystem functioning. West Bali Forest, located in Jembrana Regency, encompasses 39.95% of Bali's total forest area and is managed under a village forest scheme. This study aimed to analyze soil conditions in the core forest zone of West Bali Forest to support sustainable forest management. Soil samples were collected using purposive sampling at a depth of 0–30 cm over a seven-month period. Analyzed parameters included pH, organic carbon (C-organic), total nitrogen (N-total), available phosphorus (P-available), available potassium (K-available), and soil texture, conducted at the Soil Science Laboratory of Udayana University. Results revealed that soil pH ranged from 5.95 to 6.6 (slightly acidic to neutral), C-organic from 0.85% to 3.39% (very low to high), N-total from 0.05% to 0.36% (low to moderate), P-available from 2.4 to 10.32 ppm (very low to low), and K-available from 108.14 to 262 ppm (low to high). Soil texture was dominated by clay loam (60%), which offers relatively high water and nutrient retention capacity but is susceptible to compaction that may reduce hydraulic conductivity and plant-available water. Overall, the core forest zone retains considerable potential to sustain ecosystem functions; however, low organic matter content and limited phosphorus availability represent key constraints requiring targeted conservation strategies focused on continuous organic matter enrichment.

1. PENDAHULUAN

Hutan adalah salah satu ekosistem yang paling kompleks dan stabil di bumi. Dalam keseimbangannya, ekosistem hutan terdiri atas tiga komponen utama, yaitu produsen (tumbuhan hijau), konsumen (hewan herbivora dan karnivora), serta dekomposer atau pengurai. Interaksi antara ketiga komponen ini menciptakan sistem yang berkelanjutan, di mana setiap unsur memiliki peran penting dalam menjaga stabilitas ekosistem. Apabila keseimbangan ini terganggu, maka fungsi ekologis hutan dapat terancam, yang berakibat pada degradasi lingkungan. Sebagai sumber daya alam yang dapat diperbarui, hutan memiliki potensi besar dalam menyediakan berbagai manfaat bagi kehidupan manusia. Manfaat ini dikenal sebagai jasa ekosistem (*ecosystem services*), yang mencakup penyediaan sumber daya alam, regulasi iklim, perlindungan keanekaragaman hayati, serta dukungan bagi siklus hidrologi dan kesuburan tanah. Secara global, hutan berperan penting dalam siklus karbon (Hicks *et al.*, 2014; Price dan Apps, 1996) dan mitigasi perubahan iklim (Arora *et al.*, 2012). Selain itu, bagi masyarakat pedesaan yang bergantung pada hasil hutan, ekosistem ini mendukung mata pencaharian mereka melalui pemanfaatan kayu, hasil hutan non-kayu, serta jasa lingkungan lainnya (Bhatta *et al.*, 2015).

Tekanan terhadap ekosistem hutan terus meningkat akibat berbagai faktor antropogenik. Permintaan akan lahan untuk pemukiman, pertanian, serta industrialisasi mendorong perubahan tutupan hutan secara masif, terutama di negara-negara berkembang (DeFries *et al.*, 2010; Ngwira dan Watanabe, 2019). Hutan tropis, yang mencakup sekitar 48% dari total hutan dunia, telah mengalami pengurangan luas hingga 60% dari tahun 2000 hingga 2013 (Potapov *et al.*, 2017). Faktor utama yang mendorong deforestasi di wilayah tropis meliputi ekspansi pertanian, eksploitasi kayu, dan pertambangan (Murdiyarso *et al.*, 2012; Carter *et al.*, 2018; Potapov *et al.*, 2017). Dampak dari kehilangan hutan ini sangat besar, baik terhadap mitigasi perubahan iklim maupun terhadap konservasi keanekaragaman hayati (Gibson *et al.*, 2011; Margono *et al.*, 2014; Achard *et al.*, 2014).

Indonesia merupakan salah satu negara dengan kawasan hutan terluas di dunia, dengan estimasi luas hutan sekitar 120,5 juta hektar pada tahun 2019 (FAO dan UNEP 2020; Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2019). Pada dekade 1990-an, Indonesia kehilangan sekitar 1,27 juta hektar hutan per tahun, dengan puncak kehilangan mencapai 2,2 juta hektar per tahun antara 1996 hingga 2000. Penurunan ini terus berlanjut, dengan rata-rata kehilangan sekitar 0,63 juta hektar per tahun antara 2015 hingga 2016 (Wijaya *et al.*, 2015; Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2018). Konversi hutan menjadi lahan pertanian dan perkebunan, terutama kelapa sawit dan karet, menjadi pendorong utama deforestasi di Indonesia (Wijaya *et al.*, 2015; Tsujino *et al.*, 2016). Dinamika serupa terus berlanjut pada periode 2001–2016, pertanian, kelapa sawit, dan perkebunan kayu menjadi penyebab utama kehilangan hutan (Austin *et al.*, 2019).

Di Bali, kawasan hutan menghadapi tantangan besar dalam menjaga kelestariannya. Salah satu wilayah hutan yang memiliki nilai strategis adalah kawasan Hutan Bali Barat, yang terletak di Kabupaten Jembrana. Wilayah ini merupakan kawasan hutan terluas kedua di Bali, dengan luas mencapai 424,94 km² atau 39,95% dari total luas hutan di Bali. Kabupaten Jembrana sendiri memiliki persentase luas hutan tertinggi di Bali, yaitu 50,47% dari total wilayahnya. Selain itu, kawasan ini juga mencakup Taman Nasional Bali Barat (TNBB), yang memiliki luas hutan darat sebesar 1.251,49 km² atau 22,22% dari luas daratan Bali. Namun, luas ini masih belum memenuhi standar minimal 30% dari luas daratan sebagaimana yang diamanatkan oleh Undang-Undang Kehutanan No. 41 Tahun 1999. Berdasarkan Tata Guna Hutan Kesepakatan (TGHK), Bali masih memerlukan tambahan luas hutan sekitar 438,39 km² untuk memenuhi target minimal 30% luas hutan dari total luas wilayahnya.

Untuk mencapai pengelolaan hutan yang baik, pemahaman terhadap kondisi ekosistem hutan menjadi hal yang sangat penting. Salah satu aspek kunci dalam pengelolaan hutan yang berkelanjutan adalah produktivitas tanah. Penelitian oleh Jigme Wangchuk *et al.* (2021)

menunjukkan bahwa produktivitas tanah merupakan prioritas utama dalam jasa ekosistem hutan. Produktivitas tanah tidak hanya mendukung keberlanjutan ekosistem hutan itu sendiri, tetapi juga menjadi fondasi bagi mata pencaharian masyarakat sekitar yang bergantung pada hasil hutan. Siklus nutrisi di dalam tanah memainkan peran penting dalam mempertahankan kesuburan lahan, mendukung produksi kayu, kayu bakar, dan pakan ternak berbasis hutan. Selain itu, komunitas lokal sering kali mengandalkan lapisan tanah atas, serasah daun, dan humus yang dikumpulkan dari hutan untuk meningkatkan kesuburan lahan pertanian mereka.

Berdasarkan hal tersebut, analisis terhadap kondisi tanah di kawasan hutan Bali Barat menjadi langkah penting dalam mendukung pengelolaan hutan berkelanjutan. Kajian mengenai produktivitas tanah dapat menjadi dasar untuk merancang strategi konservasi yang lebih efektif (Huang *et al.*, 2023), sekaligus mendukung upaya mitigasi dampak perubahan iklim (Ameray *et al.*, 2021) dan menjaga kelestarian keanekaragaman hayati (Delgado-Baquerizo *et al.*, 2025). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi tanah di kawasan hutan Bali Barat sebagai langkah awal dalam mendukung pengelolaan hutan yang lebih berkelanjutan di masa depan (Ramachandran *et al.*, 2024).

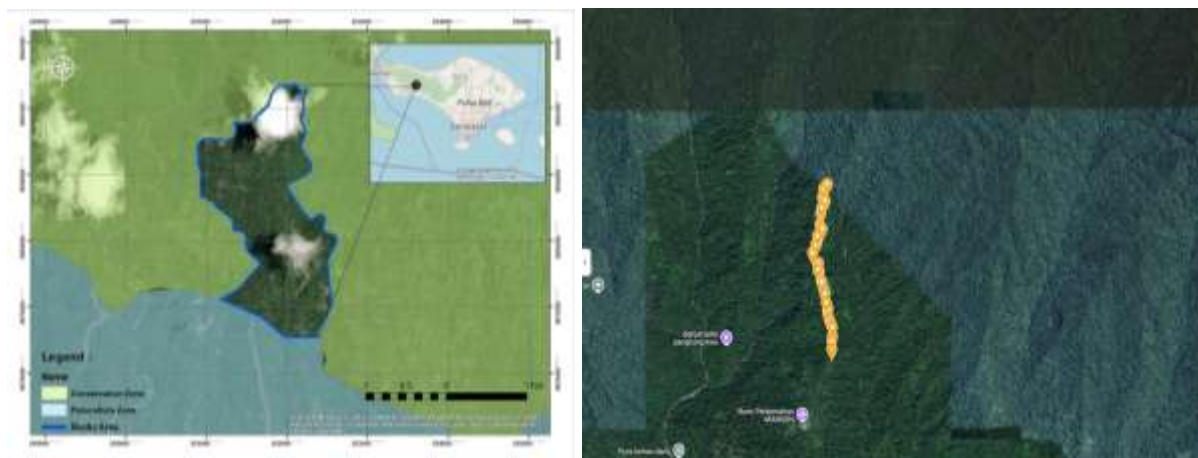
2. BAHAN DAN METODE

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama tujuh bulan. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana. Isolasi dan karakterisasi dilakukan di Laboratorium Analisis Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Warmadewa. Pengambilan sampel tanah dilakukan di hutan inti di desa adat Yeh Buah, Yeh Embang Kauh, Mendoyo, Jembrana, Bali (Gambar 1). Sampel tanah diambil pada 20 titik sampling dengan metode transek dengan jarak antar titik sampling 50 m. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0-30 cm. Parameter tanah yang diukur pada penelitian ini diantaranya adalah N total, C- organik, pH, K-tersedia, P-tersedia.

2.2 Analisis Tanah

Sampling tanah dilakukan pada kedalaman 0-20 cm. Tanah hasil sampling dikeringudarkan dan diayak dengan ayakan dengan ukuran 2 mm. Tanah yang sudah diayak diambil cuplikannya untuk dilakukan analisis tanah. Parameter yang diukur adalah N total, C- organik, pH, K-tersedia, P-tersedia, tekstur tanah.



Gambar 1. Lokasi titik pengambilan sampel

Tabel 1. Parameter analisis tanah

Parameter	Ekstraksi	Pengukuran
P tersedia tanah	Bray-I	Spektrofotometri <i>UV-VIS 1280 Shimadzu</i>
K tersedia	Bray-I	Flame fotometer <i>Corning 405</i>
pH tanah	H ₂ O	pH meter <i>ORP-TEMP Bench Meter AD1030</i>
N Total	Metode Kjeldhall	Titrasi
C-Organik	Metode Walkley and Black	
Tekstur tanah	Metode pipet dan hidrometer	

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan parameter tanah yang telah diukur didapatkan hasil pH (Gambar 2) di titik pengambilan sampel di hutan inti berkisar antara 5,95 (pH terendah) - 6,6 (pH tertinggi). pH 5,95 tergolong agak masam, sedangkan pH 6,6 tergolong kategori netral. Nilai sebaran pH di titik lokasi pengambilan sampling didominasi oleh nilai pH yang lebih tinggi dari 6,1. Kisaran nilai pH ini sesuai dengan kondisi umum tanah hutan tropis yang memiliki pH agak masam hingga netral, yang dipengaruhi oleh proses nitrifikasi, bahan organik, dan perubahan tata guna lahan (Fujii *et al.*, 2021).

Analisis tanah dalam penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi kesuburan dan kesehatan tanah sebagai dasar ilmiah dalam mendukung pengelolaan hutan berkelanjutan. Parameter kimia dan fisik tanah yang dianalisis meliputi pH tanah, kandungan N-total, P-tersedia, K-tersedia, C-organik, serta tekstur tanah memberikan gambaran menyeluruh mengenai kapasitas tanah dalam menopang produktivitas ekosistem hutan dan keberlanjutan fungsi ekologisnya.

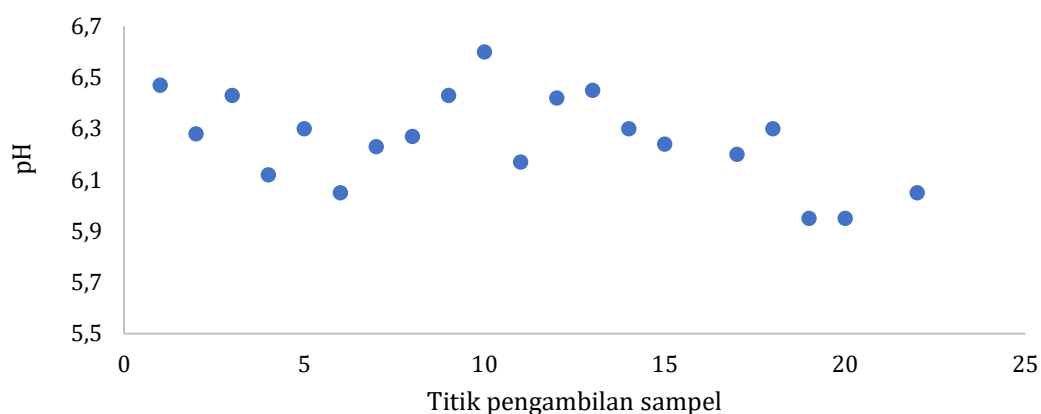
Hasil analisis menunjukkan bahwa 95% lokasi pengambilan sampel memiliki pH tanah tergolong agak masam. Kondisi ini merupakan karakteristik umum tanah hutan tropis lembap akibat intensitas pelindian yang tinggi dan dominasi bahan induk yang miskin basa. pH tanah yang agak masam berimplikasi langsung terhadap ketersediaan unsur hara esensial, terutama nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), yang merupakan unsur pembatas utama bagi pertumbuhan vegetasi hutan (Brady dan Weil, 2017).

Rendahnya pH tanah pada lokasi penelitian selaras dengan temuan kandungan N-total yang didominasi kategori rendah hingga sedang, di mana 50% lokasi memiliki N-total rendah dan 45% tergolong sedang. Nitrogen dalam ekosistem hutan sangat bergantung pada proses mineralisasi bahan organik dan fiksasi biologis oleh mikroorganisme tanah. Pada kondisi pH rendah, aktivitas mikrob penambat nitrogen dan dekomposer cenderung menurun, sehingga pasokan nitrogen tersedia bagi tanaman menjadi terbatas (Sylvia *et al.*, 2005). Kondisi ini mengindikasikan bahwa secara alami sistem tanah masih bekerja, namun belum optimal dalam mendukung kebutuhan hara vegetasi hutan secara berkelanjutan.

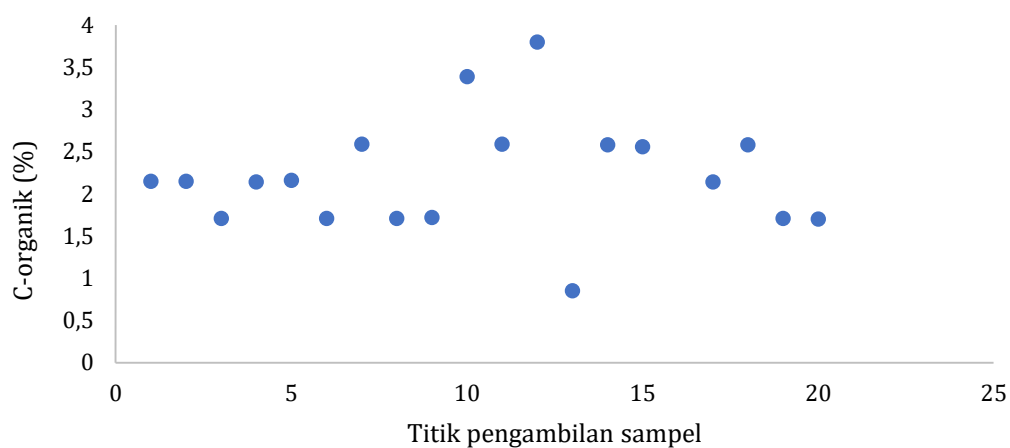
Kandungan C-organik (Gambar 3) di 20 titik pengambilan sampel berkisar antara 0,85% (paling rendah) sampai 3,39% (paling tinggi). Bahan organik 0,85 % tergolong sangat rendah, sedangkan bahan organik 3,39 % tergolong tinggi. Hasil pengukuran pada 20 titik pengambilan sampel menunjukkan kecenderungan hasil di atas 1,5 % yang tergolong dalam kategori rendah sampai dengan sedang. Variasi kandungan C-organik ini mencerminkan dinamika masukan bahan organik dari serasah dan laju dekomposisi yang dipengaruhi oleh komposisi vegetasi dan intensitas pengelolaan hutan (Widyati *et al.*, 2022).

Selain mempengaruhi ketersediaan unsur hara, pH tanah juga berperan besar dalam mengatur aktivitas mikroorganisme tanah. Mikrob tanah seperti bakteri dekomposer dan fungi mikoriza memiliki kisaran pH optimum tertentu. Pada kondisi agak masam hingga masam, aktivitas biologis tanah cenderung menurun, yang berdampak pada lambatnya dekomposisi serasah dan siklus hara

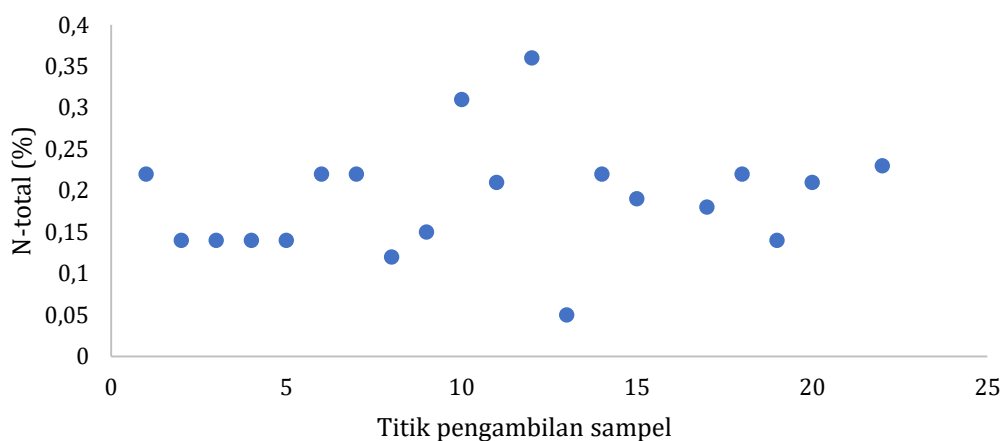
alami (Paul, 2015). Hal ini tercermin dari kandungan C-organik tanah yang sebagian besar berada pada kategori sedang (55%) dan rendah (25%). Kandungan C-organik yang belum optimal menunjukkan bahwa meskipun terdapat input bahan organik dari serasah hutan, proses transformasinya belum sepenuhnya efisien.



Gambar 2. Kandungan pH pada titik pengambilan sampel di hutan inti



Gambar 3. Kandungan C-organik pada titik pengambilan sampel di hutan inti

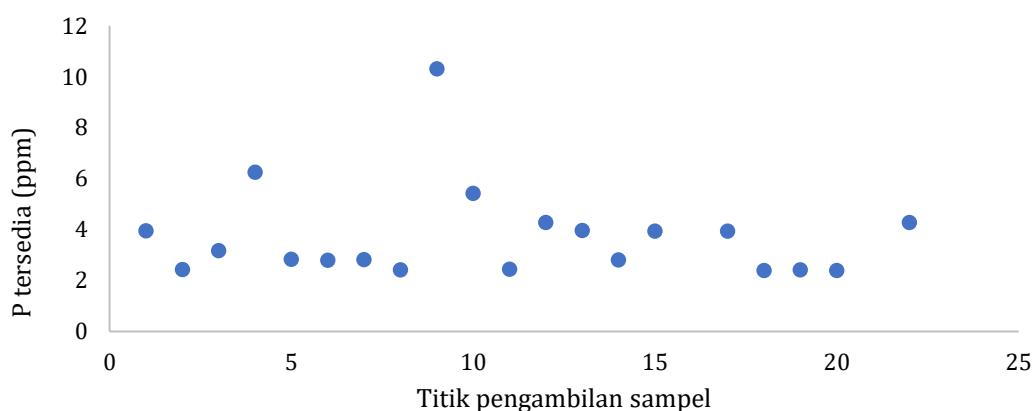


Gambar 4. Kandungan N-total pada titik pengambilan sampel di hutan inti

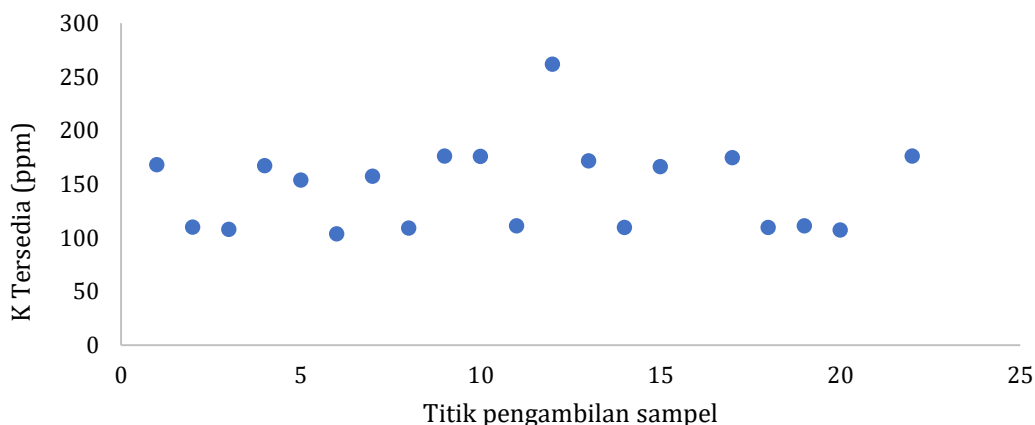
Berdasarkan gambar 3 menunjukkan hasil N-total pada sampel tanah di hutan inti berkisar antar 0,05 % (terendah) sampai dengan 0,36 %. Hal ini menunjukkan kisaran kandungan N berada dalam kategori rendah sampai dengan sedang. Hasil yang didapatkan menunjukkan kecenderungan hasil N total di atas 0,1 dengan kategori rendah sampai dengan sedang. Kondisi ini sejalan dengan temuan pada hutan tropis bahwa ketersediaan nitrogen tanah sangat dipengaruhi oleh kandungan karbon organik, biomassa mikroba, dan proses mineralisasi nitrogen (Lu *et al.*, 2021).

Kandungan P tersedia pada titik pengambilan sampel di hutan inti (Gambar 5) menunjukkan hasil P tersedia berkisar antara 2,4 ppm (sangat rendah) sampai dengan 10,32 ppm (rendah). Kandungan P yang rendah ini merupakan ciri khas tanah hutan tropis yang mengalami pelapukan intensif, di mana P tersedia terbatas akibat fiksasi oleh mineral tanah dan proses dekomposisi bahan organik (Toro *et al.*, 2023). Sedangkan kandungan K tersedia (Gambar 6) menunjukkan hasil berkisar antara 108,14 ppm (rendah) sampai dengan 262 ppm (tinggi). Ketersediaan K dan P yang bervariasi di hutan tropis memiliki peran penting dalam menentukan produktivitas ekosistem, terutama dalam kondisi musim kering yang semakin intensif akibat perubahan iklim (Manu *et al.*, 2024).

Kondisi yang lebih kritis ditunjukkan oleh parameter P-tersedia, di mana 95% lokasi memiliki kandungan fosfor sangat rendah. Pada tanah masam, fosfor umumnya terfiksasi oleh ion aluminium dan besi, sehingga tidak tersedia bagi tanaman meskipun total P tanah mungkin cukup tinggi (Hinsinger, 2001). Rendahnya P-tersedia dapat membatasi pertumbuhan akar, regenerasi alami, dan produktivitas biomassa hutan. Sementara itu, kandungan K-tersedia tergolong rendah hingga sedang, dengan 40% lokasi rendah dan 55% sedang. Kalium berperan penting dalam regulasi air tanaman dan ketahanan terhadap stres lingkungan, sehingga ketersediaannya menjadi faktor penting dalam ketahanan ekosistem hutan terhadap perubahan iklim (Tripler *et al.*, 2006).



Gambar 5. Kandungan P tersedia pada titik pengambilan sampel di hutan inti



Gambar 6. Kandungan K-tersedia pada titik pengambilan sampel di hutan inti

Tabel 2. Tekstur tanah di titik pengambilan sampel di hutan inti

Kode Lokasi	Tekstur
T1	Lempung Berliat
T2	Lempung Berliat
T3	Lempung Berliat
T4	Liat
T5	Lempung Liat Berdebu
T6	Lempung Berliat
T7	Lempung Berliat
T8	Liat
T9	Lempung Berliat
T10	Lempung Berdebu
T11	Lempung Berliat
T12	Lempung
T13	Lempung Liat Berpasir
T14	Debu
T15	Lempung Berliat
T17	Lempung Berliat
T18	Lempung Liat Berdebu
T19	Lempung Berliat
T21	Lempung Berliat

Berdasarkan hasil uji analisis tekstur tanah (Tabel 2), diketahui bahwa tanah di kawasan hutan inti memiliki beberapa jenis tekstur, yaitu lempung berliat, liat, lempung liat berdebu, lempung liat berpasir, dan debu. Tekstur yang paling dominan adalah lempung berliat, yang mencakup sekitar 60% dari keseluruhan lokasi pengambilan sampel. Tekstur lainnya, seperti lempung liat berdebu dan liat, masing-masing memiliki proporsi sebesar 10%, sedangkan tekstur lempung, lempung liat berpasir, lempung berdebu, dan debu masing-masing sebesar 5%. Tekstur tanah merupakan perbandingan fraksi pasir, debu, dan liat dalam massa tanah (Arabia *et al.*, 2012). Tekstur ini merupakan salah satu sifat fisik tanah yang penting karena berpengaruh terhadap penetrasi akar serta kemampuan tanah dalam mengikat dan menyimpan air.

Dominasi tekstur lempung berliat pada kawasan hutan inti mengindikasikan kapasitas retensi air dan unsur hara yang relatif tinggi, mengingat kandungan liatnya yang signifikan meningkatkan kapasitas tukar kation dan kemampuan menyimpan kelembapan. Namun demikian, tekstur ini juga rentan mengalami pemadatan terutama pada kondisi basah, yang berpotensi menurunkan konduktivitas hidrolis dan ketersediaan air bagi tanaman apabila struktur tanah terganggu (Irshad *et al.*, 2024; Li *et al.*, 2025). Oleh karena itu, menjaga tutupan vegetasi dan kandungan bahan organik tanah menjadi faktor kunci dalam mempertahankan kualitas fisik tanah di kawasan hutan inti.

Dalam konteks pengelolaan hutan berkelanjutan, hasil ini dapat dijadikan acuan untuk merumuskan strategi pengelolaan tanah yang bersifat restoratif dan berbasis proses alami. Upaya peningkatan pH tanah secara alami dapat dilakukan melalui penambahan bahan organik matang seperti kompos, pupuk kandang, atau mulsa serasah hutan. Bahan organik tidak hanya berfungsi sebagai penyangga pH, tetapi juga sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah, sehingga meningkatkan aktivitas biologis dan efisiensi siklus hara (Lal, 2020). Aplikasi abu organik dari biomassa kayu alami yang mengandung kalsium karbonat juga dapat membantu menetralkan keasaman tanah secara bertahap tanpa merusak keseimbangan ekosistem. Penanaman tanaman penutup tanah (*cover crop*), khususnya dari famili leguminosae, merupakan strategi penting dalam pengelolaan hutan lestari. Tanaman ini mampu meningkatkan kandungan nitrogen tanah melalui fiksasi biologis, melindungi permukaan tanah dari erosi, serta meningkatkan bahan organik tanah (Jose, 2009). Selain itu, penggunaan mulsa daun dan ranting berperan dalam menjaga kelembapan tanah, menstabilkan suhu mikro, dan mendukung perkembangan mikroba fungsional seperti fungi

mikoriza dan dekomposer. Pemeliharaan kanopi hutan juga menjadi aspek krusial, karena kanopi yang utuh mampu mengurangi dampak langsung hujan, menekan pencucian ion basa, dan menjaga keseimbangan kimia tanah dalam jangka panjang (Nair, 2020).

Hasil analisis sifat fisik tanah menunjukkan bahwa 60% lokasi sampling memiliki tekstur tanah lempung berliat, yang ditandai oleh kandungan fraksi liat (clay) yang tinggi. Tanah dengan tekstur ini memiliki kapasitas menahan air dan kapasitas tukar kation (KTK) yang tinggi, sehingga secara potensial mampu menyimpan unsur hara dalam jumlah besar. Karakteristik ini mendukung keberlanjutan kesuburan tanah apabila dikelola dengan baik (Brady dan Weil, 2017). Tanah lempung berliat juga memiliki keterbatasan, yaitu drainase yang kurang baik dan kecenderungan mengalami pemadatan. Kondisi ini dapat menyebabkan genangan air setelah hujan dan menghambat pertumbuhan akar serta aktivitas mikroorganisme tanah aerob. Selain itu, tanah dengan tekstur ini cenderung keras saat kering dan mengalami perubahan pH yang relatif lambat, sehingga respon terhadap intervensi pengelolaan juga bersifat gradual.

Dalam kerangka pengelolaan hutan berkelanjutan, informasi ini sangat penting untuk menentukan strategi pengelolaan tapak. Penambahan bahan organik alami merupakan langkah utama untuk memperbaiki struktur tanah, meningkatkan agregasi tanah, mengurangi kepadatan, dan memperbaiki aerasi. Pembuatan jalur resapan air alami juga diperlukan untuk mengurangi genangan dan meningkatkan infiltrasi air tanah. Selain itu, pembatasan aktivitas yang menyebabkan injakan berat di lantai hutan menjadi penting untuk mencegah pemadatan tanah yang berlebihan, terutama pada area dengan tekstur lempung berliat.

Secara keseluruhan, hasil analisis tanah dalam penelitian ini memberikan dasar ilmiah yang kuat untuk mendukung pengelolaan hutan berkelanjutan. Data sifat kimia dan fisik tanah dapat digunakan untuk mengidentifikasi spesies tanaman yang paling sesuai dengan kondisi tapak, serta menentukan strategi pemupukan dan rehabilitasi tanah yang ramah lingkungan (Campera *et al.*, 2022). Analisis tanah juga berperan penting dalam perencanaan alokasi lahan dan pemilihan jenis pohon yang adaptif terhadap kondisi tanah tertentu, sehingga meningkatkan keberhasilan restorasi dan konservasi hutan (Jeffries dan Barea, 2006).

Pemanfaatan hasil analisis tanah sebagai indikator lingkungan memungkinkan pemantauan perubahan kondisi tanah akibat tekanan lingkungan atau aktivitas manusia. Pelibatan masyarakat lokal dalam proses monitoring tanah dapat meningkatkan kesadaran ekologis dan mendorong partisipasi aktif dalam pelestarian hutan. Dengan demikian, analisis tanah tidak hanya berfungsi sebagai alat evaluasi teknis, tetapi juga sebagai instrumen sosial-ekologis dalam mendukung keberlanjutan pengelolaan hutan jangka panjang (Wright, 2005; Nair, 2020).

4. KESIMPULAN

Tanah di kawasan hutan inti Bali Barat didominasi oleh tekstur lempung berliat (60%), yang mengindikasikan kapasitas retensi air dan hara yang memadai untuk mendukung pertumbuhan vegetasi. Kondisi ini sejalan dengan hasil pengukuran pH yang berkisar antara agak masam hingga netral (5,95–6,6), serta kandungan C-organik dan N-total yang tergolong rendah hingga sedang. Ketersediaan P yang sangat rendah hingga rendah (2,4–10,32 ppm) dan K yang bervariasi (108,14–262 ppm) mengindikasikan perlunya perhatian khusus terhadap daur hara dalam pengelolaan kawasan. Secara keseluruhan, kondisi tanah hutan inti masih menunjukkan potensi yang baik untuk mendukung keberlanjutan ekosistem, namun memerlukan strategi konservasi yang memperhatikan peningkatan bahan organik tanah guna menjaga produktivitas jangka panjang.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Warmadewa, yang telah mendanai penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ameray, A., D. Houle, R. Ouimet, & B. Côté. 2021. Forest ecosystem carbon response to changes in species composition and stand structure. *Forest Ecology and Management*. 479: 118576.
- Arabia, T., Zainabun, & M. Manfarizah. 2012. Karakterisasi tanah di Kecamatan Lembah Seulawah Kabupaten Aceh Besar sebagai sumber belajar tanah. *Jurnal Agrista*. 16(1): 53–64.
- Asare, R. 2006. A review on cocoa agroforestry as a means for biodiversity conservation. *Forest and Landscape*. May.
- Brady, N.C. & R.R. Weil. 2017. *The Nature and Properties of Soils*, 15th edition. Pearson Education, Upper Saddle River, New Jersey.
- Campera, M. 2022. Soil properties as a key factor for forest management and biodiversity conservation. *Forest Ecology and Management*. 503: 119746.
- Delgado-Baquerizo, M., D.J. Eldridge, Y.R. Liu, Z.W. Liu, C. Coleine, & P. Trivedi. 2025. Soil biodiversity and function under global change. *PLOS Biology*. 23(3): e3003093.
- Diz, D., D. Johnson, M. Riddell, S. Rees, J. Battle, K. Gjerde, & J.M. Roberts. 2018. Mainstreaming marine biodiversity into the SDGs: The role of other effective area-based conservation measures (SDG 14.5). *Marine Policy*. 93: 251–261.
- Fujii, K., T. Toma, & Sukartiningsih. 2021. Comparison of soil acidification rates under different land uses in Indonesia. *Plant and Soil*. 465: 1–17.
- García-Llorente, M., P.A. Harrison, P. Berry, I. Palomo, E. Gómez-Baggethun, I. Iniesta-Arandia, & B. Martín-López. 2018. What can conservation strategies learn from the ecosystem services approach? Insights from ecosystem assessments in two Spanish protected areas. *Biodiversity and Conservation*. 27(7): 1575–1597.
- Hairiah, K., S. Rahayu, & Berlian. 2011. *Layanan Lingkungan Agroforestri Berbasis Kakao: Cadangan Karbon dan Keanekaragaman Hayati Tanah*. World Agroforestry Centre (ICRAF) Southeast Asia Regional Program, Bogor.
- Hinsinger, P. 2001. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes. *Plant and Soil*. 237: 173–195.
- Huang, C., S. Fu, X. Ma, X. Ma, X. Ren, X. Tian, Y. Tong, F. Yuan, & H. Liu. 2023. Long-term intensive management reduced the soil quality of a *Carya dabieshanensis* forest. *Scientific Reports*. 13: 5141.
- Irshad, A., H. Ahmad, I. Muhammad, S.U. Khan, & S. Raza. 2024. Editorial: The role of water stress and soil texture on plant roots anatomy, architecture, and senescence. *Frontiers in Plant Science*. 15: 1490001.
- Isbell, F., A. Gonzalez, M. Loreau, J. Cowles, S. Díaz, A. Hector, & A. Larigauderie. 2017. Linking the influence and dependence of people on biodiversity across scales. *Nature*. 546(7656): 65–72.
- Jaafar, S.M. & R.S. Sukri. 2023. Data on the physicochemical characteristics and texture classification of soil in Bornean tropical heath forests affected by exotic *Acacia mangium*. *Data in Brief*. 51: 109670.
- Jeffries, M.J. 2006. *Biodiversity and Conservation*, 2nd edition. Routledge. Canada.
- Jeffries, P. & J.M. Barea. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi and soil quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 116: 1–4.

- Jose, S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits. *Agroforestry Systems*. 76: 1–10.
- Lal, R. 2020. Managing soils for recovering ecosystem services and sequestering carbon. *Journal of Soil and Water Conservation*. 75(1): 23A–30A.
- Li, Y., X. Zhang, J. Wang, & H. Chen. 2025. Impact of soil compaction on pore characteristics and hydraulic properties by using X-ray CT and soil water retention curve in China's Loess Plateau. *Water*. 17(8): 1144.
- Lu, X., P.M. Vitousek, Q. Mao, F.S. Gilliam, Y. Luo, B.L. Turner, G. Zhou, & J. Mo. 2021. Nitrogen deposition accelerates soil carbon sequestration in tropical forests. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 118(16): e2020790118.
- Manu, R., E. Veldkamp, D. Eryenyu, M.D. Corre, & O. van Straaten. 2024. Nitrogen and potassium limit fine root growth in a humid Afrotropical forest. *Scientific Reports*. 14: 13056.
- Mubarok, N.A., A. Mediani, I. Yusuf, & N. Hafidz. 2019. Perancangan ruang publik "Onespot Minimum Space" berbasis pengembangan ruang terbuka hijau (RTH) yang berkelanjutan di Universitas Muhammadiyah Surakarta. *Prosiding Seminar Nasional, Surakarta*. pp. 23–26.
- Nair, P.K.R. 2020. *Agroforestry Systems in the Tropics*. Springer. Dordrecht.
- Paul, E.A. 2015. *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry*, 4th edition. Academic Press. Waltham, Massachusetts.
- Polidoro, B.A., K.E. Carpenter, L. Collins, N.C. Duke, A.M. Ellison, J.C. Ellison, E.J. Farnsworth, E.S. Fernando, K. Kathiresan, N.E. Koedam, S.R. Livingstone, T. Miyagi, G.E. Moore, V.N. Nam, J.E. Ong, J.H. Primavera, S.G. Salmo, J.C. Sanciango, S. Sukardjo, Y. Wang, & J.W.H. Yong. 2010. The loss of species: Mangrove extinction risk and geographic areas of global concern. *PLOS One*. 5(4): e10095.
- Prajapati, K., M.C. Sharma, & H.A. Modi. 2013. Growth promoting effect of potassium solubilizing microorganisms on okra (*Abelmoscus esculentus*). *International Journal of Agricultural Science Research*. 3(1): 181–188.
- Rahadian, A.H. 2016. Strategi pembangunan berkelanjutan. *Prosiding Seminar STIAMI*. II(01): 46–56.
- Ramachandran, R., N. Parthasarathy, S. Padma Ishwarya, & S. Kumar. 2024. Evaluating soil quality index and soil organic carbon stock status for sustainable forest management in Western Ghats forests. *Environmental Monitoring and Assessment*. 196: 1119.
- Rosana, M. 2018. Kebijakan pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan di Indonesia. *Jurnal Ilmu Sosial*. 1(1): 148–163.
- Setyaningrum, E.W. 2017. Pelestarian mangrove berbasis masyarakat. *Prosiding Seminar Nasional*, pp. 313–321.
- Sylvia, D.M. 2005. *Principles and Applications of Soil Microbiology*, 2nd edition. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Temel, J., A. Jones, N. Jones, & L. Balint. 2018. Limits of monetization in protecting ecosystem services. *Conservation Biology*. 32(5): 1048–1062.
- Toro, L., C.G. Pereira, D.N.L. Menge, & J.S. Powers. 2023. Phosphorus limitation of early growth differs between nitrogen-fixing and nonfixing dry tropical forest tree species. *New Phytologist*. 237(3): 766–779.
- Tripler, C.E. 2006. Patterns of potassium limitation in forest ecosystems. *Ecology Letters*. 9: 451–459.
- Tristyana, E.N. 2018. Pengelolaan Sungai Code sebagai ekowisata di Yogyakarta. *Skripsi*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan. Sekretariat Jenderal Departemen Kehutanan dan Perkebunan, Jakarta.

- Widyati, E., H.S. Nuroniah, H.L. Tata, N. Mindawati, Y. Lisnawati, Darwo, L. Abdulah, N.E. Lelana, Mawazin, D. Octavia, D. Prameswari, H.H. Rachmat, Sutiyono, W. Darwiati, M. Wardani, T. Kalima, & Yulianti. 2022. Soil degradation due to conversion from natural to plantation forests in Indonesia. *Forests*. 13(11): 1913.
- Wright, S.J. 2005. Tropical forests in a changing environment. *Trends in Ecology & Evolution*. 20(10): 553–560.
- Yustitiningtyas, L., P. Nugini, & K. Solomon. 2018. Peran Indonesia dalam pengelolaan terumbu karang. *Jurnal Kelautan Nasional*. (September 2017): 60–71.