

Analisis Perbandingan Indeks Kemiripan Tanah pada Toposekuens Granit Gunung Sirimau di Kota Ambon

Comparative Analysis of Soil Similarity Index In Granite Toposequences Of Sirimau Mountain In Ambon City

Irmanji Umanailo, Robby G Risamasu^{1*}, Ferad Puturuhu¹, Marcus Luhukay¹

¹ Program Studi Ilmu Tanah, Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon 97233

Vol. 9, No.2, Oct 2025 DOI:

10.30598/jpk.2025.9.2.106

Received: July, 17 2025

Accepted: Oct, 18, 2025

Online publication: Oct 20, 2025

*Correspondent author:

risamasuroddy9@gmail.com

Abstract

In order to determine the similarity index across soil profiles, this study will identify, characterize, and analyze the morphological characteristics of the granite toposequence's soil. Transect and full profile observations were part of the survey strategy employed in this investigation. On the granite toposequence, variable soil observations were made after each change in slope segment in a downward direction. Based on three profiles of soil color ranging from yellowish brown to brownish yellow and yellowish red to red, the results demonstrated that Cambisol (Dystrudepts) soils formed with physical and chemical features. The soil structure is rounded cubical, and the texture varies from dusty clay to loamy sand. The pH of the soil is acidic to slightly acidic, its moisture-holding capacity is slightly sticky, and its organic carbon content is extremely low to low. The dust/clay ratio, pH H₂O, and C-organic are among the characteristics that make up the similarity index evaluated in the three profiles. These parameters are highly comparable since the constituent rock formations are similar.

Keywords: granite, soil similarity index, toposequences

Abstrak

Untuk menentukan indeks kesamaan di seluruh profil tanah, penelitian ini akan mengidentifikasi, mengkarakterisasi, dan menganalisis karakteristik morfologis tanah pada toposequence granit. Pengamatan transect dan profil lengkap merupakan bagian dari strategi survei yang digunakan dalam penelitian ini. Pada toposequence granit, pengamatan tanah yang bervariasi dilakukan setelah setiap perubahan segmen lereng ke arah bawah. Berdasarkan tiga profil warna tanah yang berkisar dari cokelat kekuningan hingga kuning kecokelatan dan merah kekuningan hingga merah, hasil menunjukkan bahwa tanah Cambisol (Dystrudepts) terbentuk dengan karakteristik fisik dan kimia. Struktur tanah berbentuk kubus bulat, dan teksturnya bervariasi dari tanah liat berdebu hingga pasir berpasir. pH tanah bersifat asam hingga sedikit asam, kapasitas penahan airnya sedikit lengket, dan kandungan karbon organiknya sangat rendah hingga rendah. Perbandingan debu/liat, pH H₂O, dan C-organik termasuk di antara karakteristik yang membentuk indeks kesamaan yang dievaluasi pada tiga profil. Parameter-parameter ini sangat dapat dibandingkan karena formasi batuan penyusunnya serupa.

Kata kunci: granite, indeks kesamaan tanah, toposekuens

Laman : <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/jpk/article/view/20574>

PENDAHULUAN

Kajian mengenai proses pembentukan tanah (pedogenesis) dan faktor-faktor yang memengaruhinya telah menjadi fokus penelitian yang cukup intensif dalam beberapa dekade terakhir. Menurut (Laliberté et al., 2013) menyatakan bahwa pedogenesis adalah proses yang sangat kompleks dan dinamis, di mana terjadinya interaksi antara faktor bahan induk, topografi, organisme, iklim, dan waktu menyebabkan terbentuknya berbagai lapisan horizon tanah serta karakteristik tanah yang beragam. Bahan induk menentukan komposisi mineral awal tanah, sedangkan faktor topografi memengaruhi distribusi bahan tanah melalui mekanisme erosi, sedimentasi, dan drainase, yang kemudian berdampak terhadap morfologi dan sifat fisik tanah (Kumar et al., 2019). Organisme,

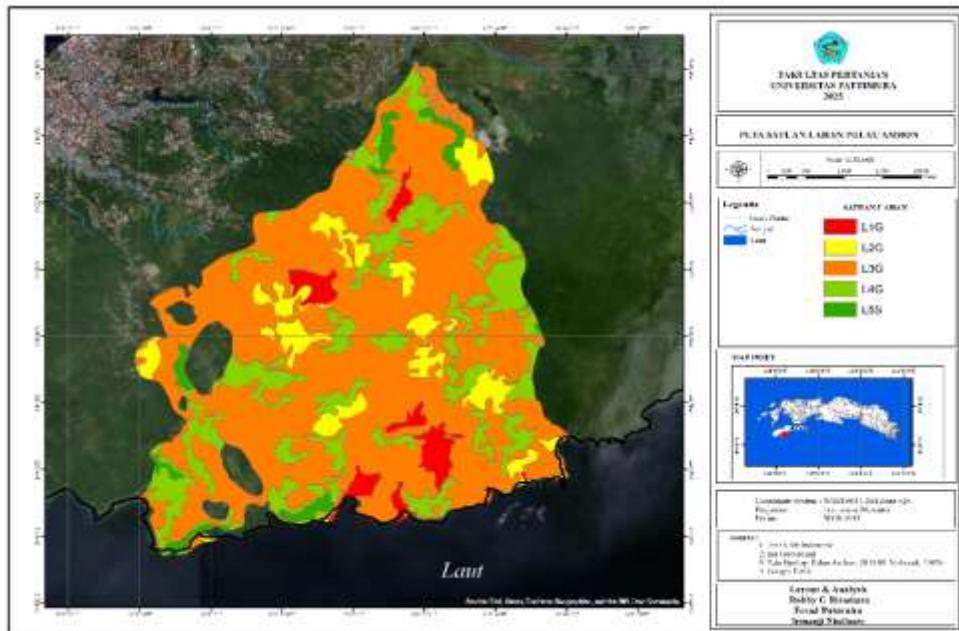
baik mikroorganisme maupun makroorganisme tanah, berperan dalam proses pelapukan bahan organik dan pengembangan struktur tanah, sehingga mempengaruhi kualitas dan kesuburnannya (Saputra et al., 2023). Faktor iklim berpengaruh melalui suhu dan curah hujan yang mengontrol proses pelapukan serta siklus air dalam tanah. Waktu juga merupakan faktor utama yang mempengaruhi evolusi profil tanah secara kumulatif, sehingga karakteristik lapisan tanah menjadi semakin terbentuk dan stabil (Azizah et al., 2022). Pentingnya sistem klasifikasi tanah sebagai alat yang efektif untuk memahami sifat fisik, kimia, dan biologi tanah secara terstruktur, sehingga mampu memudahkan pemetaan serta pengelolaan sumber daya tanah secara optimal (Fiantis, 2017). Variasi posisi lanskap dalam suatu toposekuens mulai dari atas bukit hingga lembah menyebabkan perbedaan signifikan pada sifat morfologi, fisika, maupun kimia tanah, termasuk ketebalan horizon, kadar air, pH, dan kandungan unsur hara. Variasi ini menjadi landasan utama dalam pengelolaan lahan yang berbasis pada karakteristik natural lokasi, guna peningkatan produktivitas sekaligus memastikan keberlanjutan penggunaan lahan tersebut (Putri et al., 2017).

Saat ini, sedikit sekali penelitian yang dilakukan mengenai kajian ini. Sebagian besar menggunakan analisis kuantitatif untuk mengevaluasi secara objektif tingkat kesamaan antara profil tanah, sebagian besar penelitian pedogenesis dan klasifikasi tanah hingga saat ini lebih berfokus pada deskripsi sifat-sifat morfologis, fisik, dan kimia dari tanah-tanah tertentu. Menggunakan pendekatan Indeks Jaccard untuk membandingkan profil tanah di lereng dan dataran rendah guna mengidentifikasi wilayah dengan atribut tanah yang secara spasial sebanding dan beragam. Selain meningkatkan akurasi klasifikasi tanah, pendekatan ini mendukung pengambilan keputusan pengelolaan lahan yang logis berdasarkan kesamaan sifat tanah (Reza et al., 2023). Oleh karena itu, analisis kuantitatif berdasarkan indeks kesamaan ini membuka peluang baru untuk meningkatkan efektivitas konservasi dan pemanfaatan sumber daya tanah dalam berbagai kondisi lingkungan .

Pendekatan deskriptif ini tidak cukup untuk sepenuhnya memahami keragaman dan hubungan antara profil tanah di berbagai wilayah. Oleh karena itu, penggunaan metode indeks kesamaan tanah, seperti Indeks Dice, Koefisien Sørensen, atau Indeks Jaccard, yang didasarkan pada pengukuran kuantitatif parameter tanah, sangat penting. Kedua, sebagian besar penelitian mengenai toposekuens tanah dilakukan pada wilayah dengan kondisi geologi berbeda, sedangkan toposekuens berbahan induk granit di Pulau Ambon, khususnya pada formasi granit Gunung Sirimau, masih jarang diteliti secara mendalam. Ketiga, penelitian yang dilakukan oleh (Risamasu, 2001) memang telah memberikan informasi tentang komposisi mineral penyusun granit di Pulau Ambon, tetapi belum mengeksplorasi bagaimana variasi posisi lereng memengaruhi sifat morfologi tanah yang berkembang dari bahan induk tersebut dan mengaitkan mineral penyusun granit dengan perubahan sifat tanah pada posisi lereng berbeda (Lattupeirissa et al., 2022). Mengingat hal ini, hubungan antara komposisi granit induk, variasi topografi, dan tingkat sifat tanah masih belum terpecahkan secara komprehensif. Indeks kemiripan tanah adalah ukuran kuantitatif yang digunakan untuk membandingkan karakteristik fisik, kimia, dan mineralogi dari profil atau lapisan tanah. Indeks ini menunjukkan tingkat kemiripan terkait dengan skala; misalnya, indeks >80 menunjukkan tanah yang sangat mirip, indeks 50-79 menunjukkan tanah yang mirip, dan indeks <50 menunjukkan tanah yang tidak mirip atau jenis lain. Indeks ini berguna untuk mengidentifikasi hubungan antara profil tanah yang berbeda, mengevaluasi kinerja tanah di lokasi tertentu, dan dapat digunakan untuk klasifikasi tanah serta tinjauan sejauh. Indeks kesamaan tanah berdasarkan rasio debu/lumpur dan komposisi kation dasar digunakan dalam penelitian yang dilakukan di sekitar kampus IAIN Ambon. Meskipun terdapat variasi pH tanah dan mineral, hasil penelitian menunjukkan kesamaan pada horizon dan lapisan tanah tertentu. Diharapkan metode ini dapat menunjukkan dampak topografi terhadap diferensiasi tanah dan menyediakan data kuantitatif mengenai perbedaan karakteristik morfologis, fisik, dan kimia di antara profil tanah. Temuan penelitian ini juga diharapkan dapat digunakan sebagai panduan untuk pengelolaan lahan berkelanjutan, konservasi, dan pemanfaatan, serta sebagai kontribusi ilmiah dalam pembentukan basis data sifat-sifat tanah di wilayah Pulau Ambon.

BAHAN DAN METODE

GPS (Sistem Penentuan Posisi Global), altimeter, level Abney, kompas, sekop, pisau lapangan, cangkul, pengukur pita, alat pemodelan, tali, kaca pembesar, dan kamera merupakan beberapa alat yang digunakan dalam penyelidikan ini. Peta geologi skala 1:100.000, kertas lakmus pH, larutan H_2O_2 , sampel plastik, buku panduan pengamatan tanah, dan buku tentang diagram warna tanah Munsell merupakan beberapa perlengkapan yang digunakan. Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2025 di formasi batuan granit di kawasan Gunung Sirimau, Kota Ambon (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

(Ket.: Titik-titik pengamatan tanah berada pada koordinat $03^{\circ} 42' 44.9''$ - $03^{\circ} 42' 47.97''$ LS dan $128^{\circ} 13' 15.0''$ - $128^{\circ} 13' 6.61''$ Bujur Timur, dengan arah Barat Daya 320° hingga 335° dari puncak menurun ke lereng bawah dengan menggunakan metode survei dengan jarak observasi transek dan tipe observasi profil pit (Profil lengkap).

Variabel Pengamatan

Kualitas tanah eksternal dan internal merupakan dua kategori utama yang membagi variabel pengamatan tanah dalam studi ini. Elemen lingkungan seperti ketinggian lokasi, kemiringan lereng, keberadaan batu permukaan, kondisi drainase, tingkat erosi, jenis dan kondisi tanaman, serta adanya atau tidak adanya aktivitas manusia merupakan contoh kualitas eksternal yang memengaruhi pembentukan dan karakteristik tanah. Dinamika pembentukan dan penyebaran tanah di suatu wilayah dipengaruhi oleh masing-masing elemen tersebut. Di sisi lain, sifat tanah internal seperti batas horizon tanah, ketebalan setiap lapisan atau horizon, warna, tekstur (perbandingan pasir, lumpur, dan liat), struktur, konsistensi, porositas, nilai pH, pola akar tanaman, dan fitur lain yang dapat ditemukan selama pengamatan berkaitan dengan pengamatan langsung profil tanah. Studi ini menggunakan kriteria tertentu, termasuk rasio lempung/tanah liat, pH tanah, dan kandungan karbon organik, untuk evaluasi kuantitatif dalam menetapkan indeks kesamaan tanah. Ketiga kriteria ini dipilih karena memberikan gambaran komprehensif tentang kesamaan karakteristik fisik dan kimia tanah, yang penting untuk klasifikasi dan pengelolaan tanah yang lebih akurat dan kuantitatif.

Prosedur Lapangan

Pengumpulan informasi mengenai karakteristik tanah pada setiap segmen lereng yang mengalami perubahan topografi, pekerjaan lapangan atau pelaksanaan survei dilakukan secara sistematis. Model Penelitian Tanah Katena yang digunakan dalam studi ini berfokus pada pemantauan perubahan tanah sepanjang lereng. Setiap perubahan morfologi lereng diukur, dan profil tanah dibuat dari puncak lereng hingga dasarnya, hingga kedalaman hingga dua meter. Tiga profil tanah disiapkan di setiap unit lereng di area studi sebagai sampel representatif untuk menganalisis sifat morfologis, kimia, dan fisik tanah. Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi variasi kualitas tanah yang timbul baik secara vertikal maupun horizontal akibat topografi dan kondisi lingkungan lokal, guna menghasilkan data yang komprehensif untuk analisis lebih lanjut dalam pemetaan dan klasifikasi tanah.

Analisis Data

Nilai relatif (Nn) dan indeks kesamaan (Im) adalah dua nilai utama yang digunakan dalam teknik Buol et al. (1980) untuk menghitung indeks kesamaan tanah. Dengan membandingkan karakteristik analisis tanah pada setiap horizon profil dan menghitung nilai kesamaan menggunakan algoritma yang telah ditentukan, nilai relatif ini dihasilkan. Ketika dua horizon tanah dibandingkan secara kuantitatif, indeks kesamaan (Im) digunakan untuk mengukur seberapa mirip keduanya. Perbandingan lempung/pasir, pH tanah, dan kandungan karbon organik adalah parameter yang sering digunakan dalam perhitungan indeks kesamaan ini. Parameter-parameter ini menggambarkan sifat fisik dan kimia tanah yang khas dan representatif. Dalam metode lapangan dan laboratorium, sampel profil tanah diambil hingga dua meter di bawah permukaan dan kemudian dianalisis secara rinci. Berdasarkan Model Tanah Katena, informasi tersebut kemudian digunakan untuk menentukan nilai indeks kesamaan tanah antara profil pada kontur lereng yang berbeda, mendefinisikan homogenitas dan heterogenitas tanah secara lebih kuantitatif dan terorganisir. Metode ini memberikan landasan ilmiah yang kokoh untuk pengelolaan lahan yang berkelanjutan dan efisien, sekaligus meningkatkan akurasi klasifikasi tanah.

1. Nilai Nisbi (Nn)

Nilai nisbi dihitung untuk setiap parameter tanah yang dibandingkan antara dua horison atau dua sampel tanah. Rumusnya sebagai berikut:

Ket.:

Nn = nilai nisbi untuk setiap parameter

x = nilai parameter pada salah satu horison/lapisan yang dibandingkan

tk = nilai terkecil dari parameter yang dibandingkan

tb = nilai terbesar dari parameter yang dibandingkan

Langkah perhitungan:

- a) Untuk setiap parameter (nisbah debu/liat, pH, C-organik), tentukan nilai terbesar (tb) dan nilai terkecil (tk) dari dua horison yang dibandingkan.
- b) Hitung nilai nisbi (N_n) untuk parameter tersebut.

2. Indeks Kemiripan (Im)

Setelah mendapatkan nilai nisbi untuk seluruh parameter yang dibandingkan, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai **Im** dengan persamaan berikut :

Keterangan:

Im = indeks kemiripan (%)

W = jumlah nilai nisbi terkecil dari masing-masing parameter antara dua sampel

A = jumlah seluruh nilai nisbi dari sampel A

B = jumlah seluruh nilai nisbi dari sampel

Interpretasi Nilai Im:

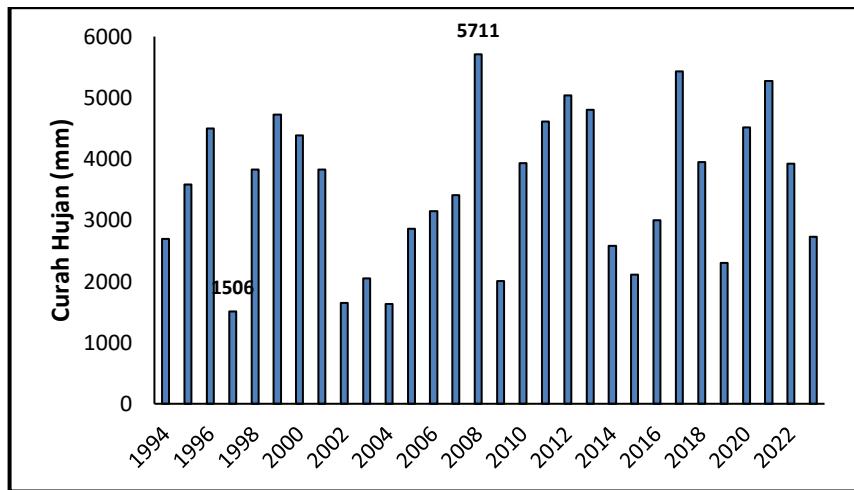
- a) **Im ≥ 80** : Kedua sampel/Horizon/lapisan tanah tersebut mirip atau sejenis
- b) **Im 50 – 79**: Kemiripannya diragukan
- c) **Im < 50** : Kedua sampel/Horizon/lapisan tersebut tidak mirip atau berlainan jenis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Iklim

Lokasi penelitian terletak di wilayah selatan Pulau Ambon, dikategorikan sebagai lingkungan per humid, artinya memiliki kelembapan yang sangat tinggi. Jumlah curah hujan bervariasi secara signifikan tergantung pada fenomena iklim global seperti El Niño dan La Niña, berdasarkan data curah hujan tahunan dari tahun 1994 hingga 2023. Pada sekitar 1.506 mm, curah hujan terendah tercatat pada tahun 1997, bertepatan dengan periode El Niño yang dikenal menyebabkan kondisi kering di wilayah tersebut. Di sisi lain, selama musim La Niña pada tahun 2008, yang mencatat peningkatan curah hujan yang signifikan, curah hujan maksimum sebesar 5.711 mm tercatat. Secara keseluruhan, curah hujan tahunan rata-rata di lokasi studi sekitar 3.523 mm, menunjukkan karakteristik

iklim basah dan lembap sepanjang tahun yang khas bagi wilayah perhumid seperti Pulau Ambon. Menurut studi pedogenesis dan klasifikasi tanah di lokasi ini, kondisi iklim ini berperan penting dalam proses pembentukan tanah serta unsur-unsur topografi dan vegetasi. Sebagai landasan untuk penelitian lingkungan dan pemodelan proses tanah yang sedang diteliti, ketersediaan data curah hujan tahunan jangka panjang sangat krusial (Gambar 2).



Gambar 2. Sebaran curah hujan tahunan di lokasi penelitian periode 1994-2023.

Di lokasi penelitian, bulan Juni hingga Juli seringkali mengalami curah hujan tertinggi (rata-rata 656–697 mm), sementara bulan November biasanya mengalami curah hujan terendah (rata-rata 86 mm). Dengan rata-rata tahunan sekitar 26,6°C, suhu udara harian rata-rata di lokasi penelitian bervariasi dari 25,3°C (suhu terendah pada bulan Juli dan Agustus) hingga 27,8°C (suhu tertinggi pada bulan November). Dengan rata-rata tahunan 30,4°C, suhu udara maksimum bulanan rata-rata bervariasi dari 27,9°C pada bulan Juli hingga 32,1°C pada bulan Desember. Di sisi lain, rata-rata suhu udara minimum tahunan adalah 23,8°C, dengan rata-rata bulanan berkisar dari 23,1°C pada bulan Agustus dan September hingga 24,1°C pada bulan Desember dan Januari. Suhu tertinggi yang tercatat adalah 34,3°C pada November 2017 dan Februari 2016, sedangkan suhu terendah yang tercatat adalah 19,8°C pada September 2019, berdasarkan data seri waktu suhu udara bulanan untuk periode 2009–2023.

Di lokasi penelitian, kelembaban relatif bulanan rata-rata bervariasi dari 81% pada Februari hingga 89% pada Juni dan Juli. Kelembaban udara biasanya berkisar antara 85 hingga 87% selama musim hujan (April hingga September) dan antara 81 hingga 85% (dengan rata-rata 84% per tahun) selama musim kemarau (Oktober hingga Maret). Durasi sinar matahari harian di lokasi penelitian bervariasi, dengan rata-rata tertinggi 6,2 jam per hari pada November dan rata-rata terendah 2,3 jam per hari pada Juli. Secara keseluruhan, terdapat hubungan negatif antara curah hujan dan intensitas sinar matahari. Akibat penutup awan yang tebal, radiasi matahari relatif rendah sepanjang musim hujan (April–September), berkisar antara 2,3 hingga 5,0 jam per hari. Di sisi lain, radiasi matahari lebih kuat selama musim kemarau (Oktober–Maret), ketika langit biasanya cerah. Radiasi matahari berkisar antara 4,7 hingga 6,2 jam per hari, dengan rata-rata tahunan 4,4 jam per hari.

Gradien lereng dan topografi

Di area penelitian terdapat bukit dan gunung. Perangkat lunak ArcGIS 10.8, yang diperoleh dari Ina-Geospatial dan Tanah Air Indonesia, digunakan untuk menginterpretasikan data DEM dan mengidentifikasi lima kelas lereng. Kelas lereng landai atau berbukit, yang mencakup area seluas 1.446,8 Ha (66%), merupakan yang paling dominan. Disusul oleh kelas kemiringan sedang 30-45%, yang mencakup luas 415,8 Ha (19%), kelas kemiringan sedikit atau bergelombang 8-15%, yang mencakup luas 175,9 Ha (8%), kelas lereng landai atau bergelombang 3-8%, yang mencakup luas 85,6 Ha (4%), dan kelas lereng curam >45%, yang mencakup luas 62,7 hektar (3%).

Geologi

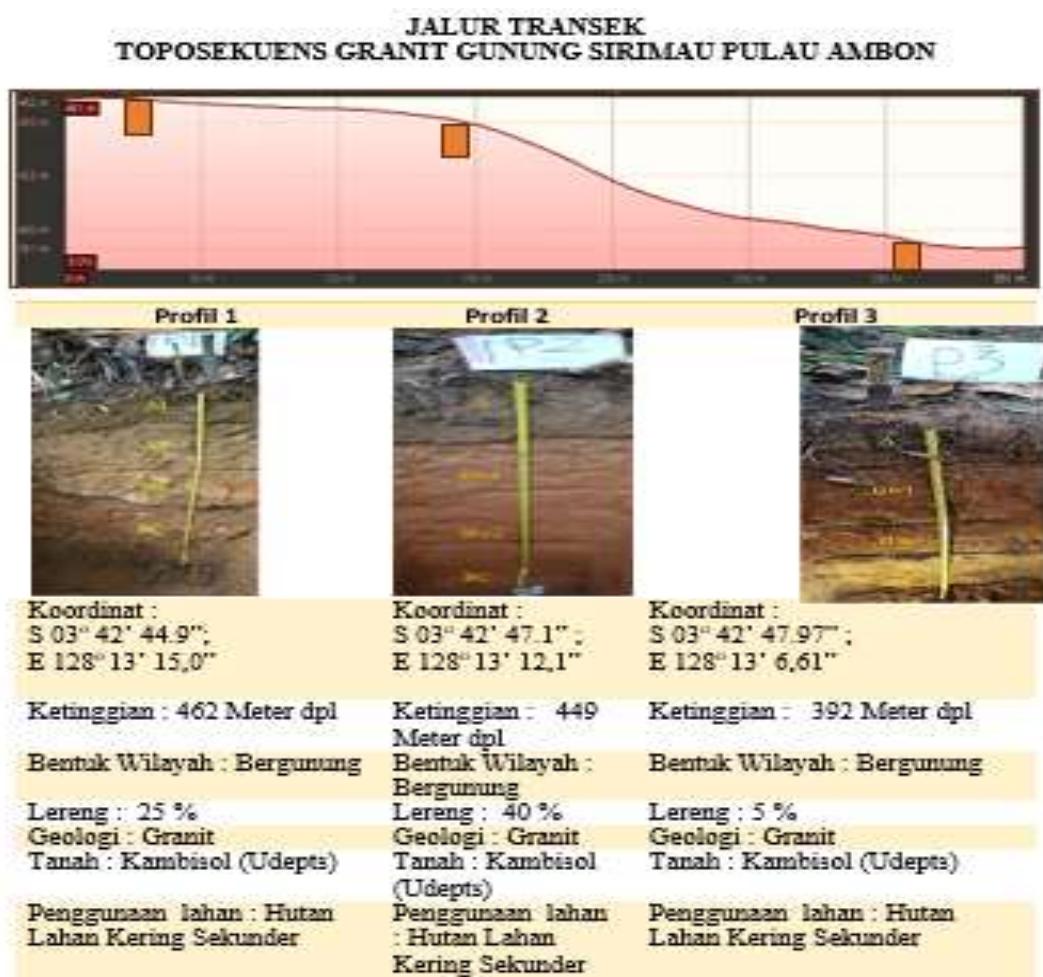
Menurut peta geologi Pulau Ambon skala 1:100.000, Verbeek & den Bos, (1898), formasi granit di lokasi penelitian tersebar di seluruh semenanjung Leihitu dan Leitimur. Unit geologi lainnya, seperti batu pasir, andesit, liparite, karang, bahan lepas, diabase, peridotit serpentinit, dan aluvium, hadir selain formasi granit. Temuan investigasi dan analisis Risamasu, (2001) yang mengungkapkan bahwa mineral pertama adalah Plagioclase (15,6%), yang merupakan mineral pertama dengan relief rendah, subhedra, ukuran kristal 0,09 1 mm, belahan 1 arah, dan kembar karslbad; komposisinya berkisar dari Albit An 5-10 sebagian zona; mineral tertua adalah Orthoclase (13%), yang merupakan relief rendah, subhedra, ukuran kristal 0,05-1,5 mm, pembelahan 1 arah;

bentuk kristal anhdera (dominan); dan hubungan antara kristal yang saling terkait.

Plagioclase dan ortoklas (15,6% dan 13,3%), serta kuarsa (58,73%), adalah mineral yang membentuk granit kuarsa, yang memiliki tekstur polifirit dan tahan terhadap pelapukan atau tingkat pelapukan rendah. Hanya ada 6% hornblenda segar yang memiliki kecenderungan mudah rusak. Tidak seperti mineral sericy-chlorite, ia belum menunjukkan penampilan mikroskopis sebagai tanda awal pergeseran kristal ke daya tahan yang lebih rendah. Diyakini bahwa oksidasi hidrasi pada batuan granit kuarsa berlangsung sangat lambat, menunjukkan proses penciptaan tanah yang buruk dari batuan induk. Sangat mungkin bahwa proses pembentukan tanah kuarsa granit induk baru hanya akan meluas ke cakrawala C. Plagioclase atau orthoclase, juga dikenal sebagai felspar, akan bereaksi dengan air pH rendah untuk menghasilkan tanah liat mineral, melarutkan ion kalium dan silika, dan menyebabkan penurunan kadar plagioklas. Dalam proses ini, hanya mineral kaya zat besi—khususnya, hornblende (6°)—yang menyediakan ion Fe. Plagioclase atau orthoclase, juga dikenal sebagai felspar, akan bereaksi dengan air pH rendah untuk menghasilkan tanah liat mineral, melarutkan ion kalium dan silika, dan menyebabkan penurunan kadar plagioklas.

Tanah

Tiga profil tanah lengkap digunakan untuk pengamatan studi tentang sifat tanah, dan mereka diperiksa secara metodis dari puncak lereng ke pangkalnya. Menurut Pedoman Teknis Klasifikasi Tanah Nasional (Subardja et al., 2014), tanah dikategorikan sebagai jenis tanah Kambisol berdasarkan pengamatan. Menurut kategorisasi Staf Survei Tanah (2022) di seluruh dunia, tanah tersebut termasuk dalam Great Group Dystrudepts, Udepts Sub Order, dan Inceptisols Order. Sifat jenis tanah kambisol, menunjukkan bahwa tanah di area penelitian telah mengembangkan profil tanah yang relatif muda. Sistem klasifikasi nasional yang digunakan memungkinkan pengelolaan lahan terbaik dengan mengklasifikasikan tanah menurut seberapa sebanding karakteristik fisik, kimia, dan morfologi normalnya. Kambisol merupakan jenis tanah yang berpotensi berkembang dari bahan induk tertentu dengan profil perkembangan tingkat sedang. Penampang jalur transek disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil kajian transek toposekuens Gunung Sirimau

Penggunaan Lahan

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, maka penggunaan lahan dan penggunaan lahan yang ditemukan di lokasi penelitian gunung Sirimau Pulau Ambon termasuk semak belukar dan hutan lahan kering sekunder.

Morfologi Tanah

Warna Tanah

Coklat kekuningan, kekuningan-gelap, kekuningan-merah, dan merah tua adalah variasi warna tanah yang terlihat pada profil P1, P2, dan P3 dari lapisan I ke lapisan IV. Secara umum, dua kelompok utama fitur warna tanah di lokasi penelitian adalah warna matriks merah (2,5 YR dan 5 YR) dan coklat (10 YR). Variasi warna dipengaruhi oleh jumlah mineral dan bahan organik yang membentuk matriks tanah. Menurut Notohadiprawiro, (2006), warna gelap tanah biasanya disebabkan oleh adanya bahan organik yang mengikat unsur besi. Sebaliknya, Notohadiprawiro (2000) menjelaskan bahwa menguningnya disebabkan oleh adanya molekul oksida besi terhidrasi, seperti $\text{FeO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (kambing), yang memiliki tingkat hidrasi yang tinggi. Ketika unsur Fe yang dilepaskan selama proses pelapukan mineral utama berubah menjadi senyawa oksida besi seperti FeO_3 (hematit), merah terbentuk di dalam tanah. Agar hematit terbentuk sebaik mungkin, proses ini membutuhkan kondisi drainase tanah yang menguntungkan. Mineral hematit dan angsa ditemukan di tanah yang berkisar dalam warna dari 2,5 hingga 7,5 tahun dan 10 hingga 5 tahun, (Eswaran & Sys, 1970). Selain itu, temuan penelitian oleh Torrent et al., (2006), bahwa hematit berkontribusi pada warna merah tanah, sedangkan kamber cenderung memberikan warna kekuningan hingga kecoklatan. Oleh karena itu, variasi jumlah bahan organik dan senyawa oksida besi, terutama antara gondok dan hematit, tercermin dalam variasi warna tanah di lokasi penelitian.

Ketebalan Tanah

Ketiga profil tanah (P1, P2, dan P3) memiliki salum dalam, menurut temuan investigasi lapangan kedalaman solum tanah. (Van Sleen, 1984) mengusulkan rumus $P = I + R$, yang menyatakan bahwa ketebalan solum tanah terkait erat dengan curah hujan (P), infiltrasi (I), dan aliran permukaan (R). Jika rasio I lebih besar dari R, solum tanah akan dalam dan perkembangan tanah akan baik. Untuk P1, aliran permukaan (limpasan) telah terjadi di daerah perbukitan di mana alang-alang mendominasi vegetasi penutup. Warna merah kekuningan hingga merah cemerlang yang dominan di lapisan I berfungsi sebagai bukti penyakit ini. P2 didominasi oleh semak-semak liar. Perkembangan jenis tanah dengan karakteristik kambik horizontal pada profil P1, P2, dan P3 menunjukkan bahwa pencucian telah terjadi di daerah penelitian. Proses ini terjadi sebagai akibat dari pergerakan lateral air yang agak baik, yang menyebabkan air mengalir ke sisi air tanah (rembesan). Karena keadaan ini, cakrawala B mengalami akumulasi material yang relatif lemah, menghasilkan pembentukan cakrawala kambik (Bw) daripada cakrawala argilis (Bt) yaitu, cakrawala B dengan konsentrasi tanah liat yang lebih rendah daripada lapisan tanah di atas dan di bawahnya.

Susunan horizontal A1–A2–Bw–BwC pada profil P1, yang memiliki kedalaman total 0–140 cm, memiliki ketebalan sebagai berikut: A1 (0–23 cm), A2 (23–57 cm), Bw (57–94 cm), dan BwC (94–140 cm). Susunan horizontal A–Bw1–Bw2–BwC pada profil P2, yang memiliki kedalaman 0–168 cm, memiliki ketebalan sebagai berikut: A (0–32 cm), Bw1 (32–68 cm), Bw2 (68–129 cm), dan BwC (129–168 cm). Sebaliknya, susunan horizontal A–Bw1–Bw2–BwC pada profil P3 yang memiliki kedalaman 0–128 cm, juga memiliki ketebalan sebagai berikut: A (0–17 cm), Bw1 (17–54 cm), Bw2 (54–80 cm), dan BwC (80–128 cm). Profil P2, dengan kedalaman 0–168 cm, disusun horizontal termasuk A–Bw1–Bw2–BwC, dengan ketebalan masing-masing: A (0–32 cm), Bw1 (32–68 cm), Bw2 (68–129 cm), dan BwC (129–168 cm). Sementara pada profil P3, dengan kedalaman 0–128 cm, susunan horizontal juga terdiri dari A–Bw1–Bw2–BwC, dengan ketebalannya masing-masing: A (0–17 cm), Bw1 (17–54 cm), Bw2 (54–80 cm), dan BwC (80–128 cm).

Tekstur, Struktur dan Konsistensi

Profil P1, banyak kelas tekstur tanah didistribusikan, termasuk tanah liat, tanah liat berpasir, tanah liat, dan pasir tanah liat. Tanah liat, tanah liat berdebu, dan tanah liat berpasir adalah beberapa distribusi tekstur yang terlihat pada profil P2. Sebaliknya, spektrum kelas tekstur tanah dalam profil P3 mencakup dari pasir tanah liat hingga tanah liat berpasir. Hasil analisis tekstur ketiga profil yang diamati ini menunjukkan bahwa kelas tekstur kasar mendominasi. Menurut Baisden, (2001) menyatakan bahwa karena kuarsa, yang tahan terhadap pelapukan, tetap menjadi partikel seukuran pasir atau debu, tanah yang terbentuk dari granit biasanya memiliki tekstur kasar. Meskipun granit lapuk mengandung mika dan feldspar, yang bergabung untuk menghasilkan mineral tanah liat, mineral ini biasanya tidak cukup untuk mendominasi tekstur tanah sebagai tanah liat. Menurut Retallack (2001),

mengemukakan bahwa tanah yang berasal dari Granit biasanya berupa lempung berpasir, lempung, atau lempung berpasir, yang mencerminkan dominasi pasir dan debu kuarsa, dengan jumlah lempung yang lebih sedikit hasil pelapukan feldspar dan mika (Retallack, 2001)." Soil Survey Staff (2014), mengemukakan bahwa tanah yang terbentuk dari batuan Granit umumnya memiliki tekstur berpasir atau lempung, karena kandungan kuarsa yang tinggi. Hanya pada kondisi pelapukan yang sangat intensif kandungan liat dapat meningkat secara signifikan, namun tekstur liat murni sangat jarang." Struktur tanah berukuran halus-sedang, tingkat perkembangan struktur lemah-cukup, bentuk struktur kubus membujat. Tanah yang berasal dari pelapukan Granit umumnya bertekstur lempung berpasir, lempung, atau pasir berlempung. Komposisi ini menghasilkan agregat tanah berukuran halus hingga sedang, karena partikel pasir dan debu cukup dominan namun ada cukup fraksi liat untuk membentuk agregat (Brady & Weil, 2017).

Pelapukan granit sering menghasilkan tanah muda dengan jumlah bahan organik dan mineral tanah liat dalam jumlah sedang. Mengingat bahwa tanah liat dan bahan organik adalah blok bangunan utama untuk penciptaan struktur tanah yang padat, ini menghasilkan pengembangan yang cukup lemah (agregat tanah lemah) (Marto et al., 2018). Karena aktivitas organisme tanah, akar tanaman, dan karakteristik fisik partikel yang mendorong pembentukan agregat bulat/kubus, tanah permukaan yang berasal dari pelapukan granit sering kali memiliki struktur kubus bulat (granular atau subangular blocky) (BBSLDP, 2015). Karena komponen tanah liat yang relatif hadir tetapi tidak dominan, tanah terlihat memiliki kualitas yang agak lengket yang membuatnya terasa sedikit menempel di tangan saat basah. Namun, tanah tidak menjadi lengket seperti tanah liat murni karena fraksi pasir masih signifikan (Brady & Weil, 2010). Pelapukan granit yang kurang ekstrem menghasilkan pembentukan tanah liat yang berat. Tanah granit dicirikan oleh struktur tanah halus-sedang, jarang berkembang, bentuk kubus bulat, dan konsistensi yang sedikit menempel karena kombinasi fraksi pasir-tanah liat, laju pelapukan, aktivitas organisme tanah, dan tingkat bahan organik dan tanah liat sedang (Tabel 1).

Tabel 1. Analisis Fisik Daerah Penelitian

Pedon	No. Lap.	Horison	Jeluk (cm)	Warna matriks	Fraksi (%)			Tekstur	Debu/Liat
					Pasir	Debu	liat		
TP 1	I	A ₁	0-23	10YR5/8	47,3	44,6	8,1	L	5,50
	II	A ₂	23-57	10YR6/8	66,9	25,7	7,3	SL	3,52
	III	BW	57-94	5YR5/8	55,7	36,9	7,4	SL	4,98
	IV	BC	94-140	5YR5/6	74,2	21,5	4,3	LS	5
TP 2	I	A	0-32	10YR4/4	44,4	39,7	15,9	L	2,49
	II	Bw1	32-68	2,5YR4/8	29,2	67,4	3,4	SiL	19,82
	III	BW2	68-129	2,5YR5/8	59,3	35,6	5,1	SL	6,98
TP3	I	A	0-17	5YR3/4	69,5	17,3	13,0	SL	1,33
	II	BW ₁	17-54	2,5YR4/8	55,5	41,0	3,4	SL	12,05
	III	BW2	54-80	7,5YR6/8	54,6	30,2	15,1	SL	2
	IV	BwC	80-128	7,5YR5/6	48,0	48,9	3,1	LS	15,77

Proses umum reaksi fisiko-kimia dan kimia yang terjadi antara konstituen tanah serta antara konstituen tanah dan bahan yang benar-benar ditambahkan ke tanah *in situ* dikenal sebagai perilaku kimia tanah. Banyak reaksi, termasuk pertukaran ion, basa asam-tanah, dan reaksi redoks, terlibat dalam proses ini dan dipengaruhi oleh komposisi tanah serta faktor lingkungan. Efektivitas pupuk dan penyempurnaan tanah lainnya, serta kesuburan tanah, sangat dipengaruhi oleh perilaku ini (Irham et al., 2024). Hasil analisis sifat kimia tanah disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Kimia Tanah Daerah Penelitian

Profil	Lapisan	Kedalaman (cm)	pH H ₂ O	C-Organik (%)
TP1	I	0-23	5.18	1,56
	II	23-57	5.68	0,16
	III	57-94	5.2	0,12
	IV	94-140	5.75	0,08
TP2	I	0-32	4.72	1,56

	II	32-68	4.90	0,78
	III	68-129	4.81	0,78
	IV	129-168	4.52	0,23
TP3	I	0-17	5.32	1,56
	II	17-54	5.14	0,16
	III	54-80	5.13	0,04
	IV	80-120	5.29	0,04

Reaksi Tanah (pH)

Hasil analisis pH tanah untuk profil TP1 menunjukkan nilai pH H_2O antara 5,18 dan 5,75, yang dianggap agak asam; TP2 memiliki pH antara 4,72 dan 4,90, yang dianggap asam; dan TP3 memiliki pH antara 5,13 dan 5,32, yang dianggap agak asam. Karena terbentuknya batuan granit yang terbuat dari mineral felspar, kuarsa, hornblende, dan biotit yang mengandung unsur silikon (Si) dan aluminium (Al), kondisi ini mencerminkan dominasi unsur asam di lokasi penelitian. Kisaran pH konsisten dengan karakteristik tanah Kambisol, yang mencakup pH dan kesuburan yang umumnya sedikit asam hingga asam yang dipengaruhi oleh karakteristik kimia dan mineralogi batuan induk. Untuk menjaga kesuburan tanah dan hasil produksi terbaik, hal ini harus diperhitungkan saat mengelola lahan dan menerapkan pupuk.

C-organik

Kategori rendah lapisan atas (1,56%) adalah salah satu temuan analisis C-organik rata-rata dari tiga profil tanah yang diperiksa. Lapisan bawah, sementara itu, jatuh ke kisaran yang sangat rendah (0,04-0,78%). berdasarkan klasifikasi Kurnia, (2006), yang mengklasifikasikan tanah dengan kandungan C-organik <1% sebagai sangat rendah dan 1-2% sebagai rendah. Hal ini disebabkan oleh sejumlah faktor penting, antara lain: Secara umum, bahan organik jarang masuk ke lapisan bawah tanah secara langsung. Hanya sebagian kecil bahan organik dan residu tanaman yang berhasil mencapai lapisan bawah melalui pencucian atau infiltrasi air karena mereka terutama terakumulasi di lapisan atas (Brady & Weil, 2010). Kehidupan mikroorganisme tanah yang terlibat dalam pemecahan bahan organik lebih terkonsentrasi di lapisan atas karena ada lebih banyak oksigen dan bahan organik di sana. Karena oksigen yang lebih sedikit, makanan lebih sedikit, dan kondisi fisik tanah yang lebih padat di lapisan bawah, maka jumlah mikroorganisme menurun (Hardjowigeno, 2007). Secara umum, lapisan bawah permukaan lebih lembab, memiliki sirkulasi udara yang lebih sedikit, dan memiliki porositas yang rendah. Menurut Brady & Weil, (2017), kondisi ini menghasilkan proses dekomposisi yang sangat lambat, yang menurunkan akumulasi C-organik.

Indeks Kemiripan Tanah

Tingkat kesamaan antara horison atau lapisan tanah dalam satu profil, atau antar profil, dapat dibandingkan menggunakan indeks kesamaan tanah. Indeks ditentukan menggunakan faktor-faktor seperti rasio debu/tanah liat, pH tanah, dan kandungan karbon organik (C-organik) untuk melakukan penilaian ini. Dengan menggunakan rumus dari Buol et al., (1980), tingkat kesamaan dihitung setelah temuan analisis dikonversi menjadi nilai relatif antara 1 dan 100. Kedua cakrawala atau profil dianggap sangat mirip jika indeks kesamaan lebih besar dari 80; diragukan apakah itu antara 50 dan 79; dan berbeda secara signifikan jika kurang dari 50.

Indeks Kemiripan Nisbah Debu/liat

Hasil perhitungan parameter indeks kemiripan Nisbah Debu/Liat yang dilihat berpengaruh dalam proses pembentukan dan perkembangan tanah sebagai berikut pada Tabel 3. Indeks kesamaan rasio debu/tanah liat, dan kriterianya: Kedua sampel, Horizon, dan lapisan tanah sangat mirip, sesuai dengan nilai indeks kesamaan ≥ 80 . Tabel berisi sejumlah pasangan/lapisan Horizon yang menunjukkan kesamaan, baik dalam satu profil maupun antar profil (TP1, TP2, dan TP3). Kesamaan yang meragukan, atau sedikit kesamaan tetapi bukan yang kuat, ditunjukkan oleh nilai indeks antara 50 dan 79, yang menunjukkan bahwa tekstur tanah bervariasi di Horizon/Horizon/layer. Nilai indeks rasio debu/tanah liat kurang dari 50 menunjukkan bahwa tekstur dua horison/lapisan atau sampel tanah tidak sebanding atau berbeda.

Tekstur tanah lokasi penelitian bervariasi, seperti yang ditunjukkan oleh tabel ini, dengan beberapa Horizons/lapisan tanah sangat mirip dan yang lain sangat berbeda. Ini menunjukkan bagaimana karakteristik fisik tanah bervariasi antara Horizon/lapisan dan profil dalam hal ukuran partikel debu dan tanah liat. Berdasarkan karakteristik rasio debu/tanah liat yang memengaruhi sifat tanah seperti kesuburan dan kapasitas menahan air, indeks ini sangat membantu untuk memahami bagaimana tanah berkembang dan terbentuk di daerah tersebut.

Indeks kesamaan nilai rasio debu/tanah liat digunakan untuk membandingkan sifat tanah antara cakrawala/lapisan dan profil (Lattupeirissa et al., 2022). Nilai indeks ≥ 80 menunjukkan serupa atau

serupa, dan kisaran indeks 50-79 menunjukkan kesamaan yang meragukan. Selain itu, ini memvalidasi adanya perbedaan karakteristik tanah yang menunjukkan heterogenitas fisik tanah, yang penting untuk menganalisis kesuburan dan kemampuan retensi airnya.

Tabel 3. Indeks Kemiripan Parameter Nisbah Debu/Liat

Profil	TP 1				TP 2				TP 3				
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
TP 1	I	100	71	95	95	43	36	85	58	0	55	31	44
	II		100	75	75	67	21	75	86	0	34	50	27
	III			100	100	46	33	80	62	0	51	33	41
	IV				100	46	33	80	62	0	51	33	41
TP 2	I				100	11	33	80	0	19	80	14	
	II					100	46	17	0	73	8	88	
	III						100	46	0	68	24	56	
	IV							100	0	27	61	21	
TP 3	I								0	0	0	0	
	II									100	13	85	
	III									100	10		
	IV										100		

Keterangan : $Im \geq 80$: Kedua sampel/Horizon/lapisan tanah tersebut mirip atau sejenis

$Im 50 - 79$: Kemiripannya diragukan

$Im < 50$: Kedua sampel/Horizon/lapisan tersebut tidak mirip atau berlainan jenis

Indeks Kemiripan Parameter pH

Hasil perhitungan parameter indeks kemiripan parameter pH yang dilihat berpengaruh dalam proses pembentukan dan perkembangan tanah sebagai berikut pada Tabel 4.

Tabel 4. Indeks Kemiripan Parameter pH (H_2O)

Profil	Lapisan				TP 1				TP 2				TP 3			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
TP 1	I	100	73	94	70	46	73	60	0	91	96	95	92			
	II		100	79	97	29	50	39	0	82	69	68	80			
	III			100	76	41	67	55	0	97	90	89	98			
	IV				100	27	47	37	0	79	67	66	77			
TP 2	I				100	68	82	0	39	48	49	40				
	II					100	85	0	64	76	77	66				
	III						100	0	52	63	64	53				
	IV							100	0	0	0	0				
TP 3	I								100	87	54	98				
	II									100	99	88				
	III										100	87				
	IV											100				

Keterangan : $Im \geq 80$: Kedua sampel/Horizon/lapisan tanah tersebut mirip atau sejenis

$Im 50 - 79$: Kemiripannya diragukan

$Im < 50$: Kedua sampel/Horizon/lapisan tersebut tidak mirip atau berlainan jenis

Dari data indeks kesamaan pH (Tabel 4): Profil TP1 dan TP2: Kesamaan pH yang relatif stabil antara cakrawala/lapisan dalam kedua profil ini ditunjukkan oleh indeks kesamaan pH cakrawala/lapisan yang serupa atau serupa (≥ 80). Namun, beberapa indeks kurang dari 50, menunjukkan lapisan PH atau Horizons yang berbeda secara signifikan, dan beberapa memiliki indeks antara 50 dan 79, menunjukkan bahwa kesamaan pH masih diperdebatkan. Secara keseluruhan, indeks kesamaan pH mengungkapkan bahwa TP3 menunjukkan lebih banyak variasi pH pada TP1 dan TP2, sedangkan Horizon/layer pada TP1 dan TP2 memiliki kesamaan pH tertinggi. Ini menyiratkan bahwa sementara TP3 menunjukkan dinamika pH yang lebih bervariasi di lapisan Horizon/tanah, TP1 dan TP2 cenderung memiliki kondisi kimia tanah yang lebih konsisten, terutama dalam hal keasaman atau alkalinitas tanah. Ini relevan untuk memahami bagaimana kondisi kimia tanah memengaruhi proses pembentukan dan pengembangan tanah dan bagaimana kondisi ini mempengaruhi kesuburan tanah dan daya dukung di setiap profil.

Indeks Kemiripan Parameter C-Organik

Hasil perhitungan parameter indeks kemiripan parameter C-Organik yang dilihat berpengaruh dalam proses pembentukan dan perkembangan tanah disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Indeks Kemiripan Parameter C-Organik

Profil	TP 1				TP 2				TP 3				
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
TP 1	I	100	15	9	6	100	66	66	21	100	15	0	0
	II		100	77	54	15	28	28	80	15	100	0	0
	III			100	75	9	18	18	59	97	70	0	0
	IV				100	6	11	11	40	6	54	0	0
TP 2	I				100	66	66	21	100	15	0	0	
	II					100	100	39	66	28	0	0	
	III						100	39	66	28	0	0	
	IV							100	21	80	0	0	
TP 3	I								100	15	0	0	
	II								100	0	0	0	
	III									0	0	0	
	IV										0	0	

Keterangan : $Im \geq 80$: Kedua sampel/Horizon/lapisan tanah tersebut mirip atau sejenis

$Im 50 - 79$: Kemiripannya diragukan

$Im < 50$: Kedua sampel/Horizon/lapisan tersebut tidak mirip atau berlainan jenis

Persamaan dan perbedaan kadar C-organik antar horizon terungkap dengan analisis parameter C-organik pada profil tanah TP1, TP2, dan TP3. Sementara beberapa horizon menunjukkan perbedaan nyata atau kesamaan yang dipertanyakan, yang lain memiliki tingkat C-organik yang serupa. Pada area profil tertentu, kondisi ini menunjukkan proses pembentukan tanah yang relatif lemah atau tahap awal yang masih berlangsung. Heterogenitas proses pedogenesis dapat disimpulkan dari variasi tingkat C-organik ini, yang menunjukkan berbagai tingkat kesuburan tanah dan perkembangan bahan organik di seluruh lapisan dan lokasi. Pengetahuan ini sangat penting untuk memilih strategi pengelolaan tanah terbaik, yang akan memaksimalkan kesuburan dan peningkatan kualitas tanah berdasarkan fitur unik dari setiap horizon dan profil tanah.

Horizon tertentu dalam profil TP1, TP2, dan TP3 memiliki kesamaan yang meragukan, seperti antara lapisan I TP1 dan lapisan II dan III TP2, serta horizon lain dengan perbedaan spesifik. Horizon yang tersisa dikategorikan sebagai berbeda. Beberapa profil menunjukkan indikasi perkembangan tanah yang lemah atau awal, yang merupakan hasil dari proses pembentukan tanah yang intens dan rumit. Variasi dalam berbagai proses pembentukan dan pengembangan tanah antara horizon dan profil tercermin dalam Indeks Kesamaan Organik C, yang menunjukkan bahwa ada perbedaan mencolok terutama di cakrawala II dan IV. Ini menunjukkan bahwa tahap pengembangan tanah lokasi penelitian berbeda, dengan cakrawala tertentu yang menampilkan berbagai tingkat pengembangan bahan organik dan sifat kimia. Hal ini berdampak pada klasifikasi dan pemahaman mendalam tentang proses pedogenesis lokal. Strategi untuk konservasi dan pengelolaan tanah yang mempertimbangkan variasi karakteristik tanah di antara lapisan profil akan mendapat manfaat dari informasi ini.

KESIMPULAN

1). Jenis tanah yang teridentifikasi yaitu Kambisol (Dystrudepts). Karakteristik fisik tanah ini meliputi warna mulai dari coklat kekuningan hingga merah, kuning kecoklatan, dan merah kekuningan. Tekstur tanah berkisar dari tanah liat berdebu hingga tanah liat, tanah liat berpasir, dan pasir tanah liat. Bentuk kubus bulat yang sedikit lengket saat basah mendominasi struktur tanah. Kondisi kesuburan tanah yang terbatas tercermin dalam nilai pH kimia tanah, yang berkisar dari asam hingga sedikit asam, dan kandungan karbon organik yang sangat rendah hingga rendah. Karakteristik fisik dan kimia ini dihasilkan oleh mineral felspar, kuarsa, hornblende, dan biotit, yang ditemukan dalam batuan induk granit; 2). Karena profil tanah masih dalam tahap pengembangan yang relatif awal dan tanah masih aktif terbentuk, ini berarti bahwa perhatian khusus terhadap pengelolaan dan pemupukan diperlukan untuk memaksimalkan produktivitas tanah; tiga parameter utama rasio debu/tanah liat, pH H₂O, dan karbon organik digunakan untuk menganalisis indeks kesamaan tanah antara lapisan dalam profil TP1, TP2, dan TP3. Hasilnya menunjukkan pola kesamaan tertentu. Lapisan tertentu, seperti lapisan I TP1 dan lapisan III TP2, dan lapisan I TP2 dan lapisan III TP3, memiliki kesamaan dalam parameter rasio debu/tanah liat, sementara

lapisan lain menunjukkan kesamaan yang dipertanyakan atau berbeda. Kesamaan utama antara lapisan I TP1 dan semua lapisan TP3, serta antara lapisan II dan III TP1 dan lapisan IV TP3, dapat dilihat pada parameter pH H₂O. Kesamaan antara lapisan atas di seluruh profil parameter karbon organik menunjukkan kesamaan dalam aktivitas mikroorganisme dan proses dekomposisi. Lapisan lain diberi label sebagai meragukan atau tidak serupa jika tidak menunjukkan kesamaan yang mencolok. Memahami dinamika pembentukan tanah dan pengelolaan lahan yang tepat membutuhkan kesadaran akan heterogenitas sifat tanah antara lapisan dan profil, yang ditunjukkan oleh hasil ini.

DAFTAR PUSTAKA

Azizah, C., Nuraida, N., & Robo, S. (2022). Karakteristik Tanah Dan Iklim Sebagai Indikator Hidrologi Di Daerah Aliran Sungai Tamang Provinsi Aceh. *Jurnal Lingkungan Almuslim*, 1(2). <https://doi.org/10.51179/jla.v1i2.1345>

Baisden, W. T. (2001). Soils: An Introduction, Fifth Edition. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 82(47). <https://doi.org/10.1029/01eo00337>

BBSLDP. (2015). *Soil Survey Staff* (Ketiga). BALITBANGTAN.

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2010). *Elements of the Nature and Properties of Soils* (3rd ed.). Pearson.

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). *The Nature and Properties of Soils* (15th ed.). Pearson Education.

Buol, S. W., Hole, F. D., & McCracken, R. J. (1980). *Soil Genesis and Classification* (2nd ed.). The Iowa State University Press.

Eswaran, H., & Sys, C. (1970). An evaluation of the free iron in tropical andesitic soils. *Pedologie*, 20, 62–66.

Fiantis, D. (2017). Morfologi Dan Klasifikasi Tanah. In *MORFOLOGI DAN KLASIFIKASI TANAH*. <https://doi.org/10.25077/car.4.2>

Irham, W. H., Saragih, S. W., Parinduri, S., Sitepu, M. T., & Tua, S. N. P. (2024). Reaksi Tanah Akibat Perbedaan Perlakuan Lingkungan. *Tabela Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 2(1). <https://doi.org/10.56211/tabela.v2i1.445>

Kumar, N., Gangola, S., Bhatt, P., Jeena, N., & Khwairakpam, R. (2019). Soil Genesis, Survey and Classification. In *Mycorrhizosphere and Pedogenesis*. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6480-8_8

Kurnia, U. (2006). *Sifat fisik tanah dan metode analisisnya*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. BBSLP.

Laliberté, E., Grace, J. B., Huston, M. A., Lambers, H., Teste, F. P., Turner, B. L., & Wardle, D. A. (2013). How does pedogenesis drive plant diversity? In *Trends in Ecology and Evolution* (Vol. 28, Issue 6). <https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.02.008>

Lattupeirissa, A. A., Luhukay, M., & Risamasu, R. G. (2022). Karakteristik Fisik, Kimia dan Mineral Tanah Di Lokasi Kampus IA IN-Ambon Kecamatan Sirimau Kota Ambon. *JURNAL PERTANIAN KEPULAUAN*, 6(2). <https://doi.org/10.30598/jpk.2022.6.2.72>

Marto, A., Kasim, F., & Mohd Yusof, K. N. (2018). Mineralogi, Mikrostruktur dan Komposisi Kimia Tanah Baki Granit Semenanjang Malaysia. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 14(1). <https://doi.org/10.11113/mjce.v14.15649>

Notohadiprawiro, T. (2006). Tanah dan Lingkungan. *Repro: Ilmu Tanah Universitas Gadjah Mada*.

Putri, M. D., Baskoro, D. P. T., Tarigan, S. D., & Wahjunie, E. D. (2017). Karakteristik Beberapa Sifat Tanah Pada Berbagai Posisi Lereng Dan Penggunaan Lahan Di Das Ciliwung Hulu. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 19(2). <https://doi.org/10.29244/jitl.19.2.81-85>

Retallack, G. J. (2001). *Soils of the Past: An Introduction to Paleopedology*. Blackwell.

Reza, S. K., Alam, N. M., Mukhopadhyay, S., Nayak, D. C., Sahoo, A. K., Singh, S. K., Dwivedi, B. S., Maurya, D., & Mukhopadhyay, J. (2023). Quantification of soil quality index using pedo-morphological data of alluvial soils of indo-gangetic plains, India. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 69(7). <https://doi.org/10.1080/03650340.2022.2067982>

Risamasu, R. G. (2001). *Perkembangan Tanah Banjar Litologi dan Topografi (Litho-Toposekuens) Granit, Peridotit Di Jazirah Leitimur Pulau Ambon*.

Saputra, E., Putu, S., Susilowati, L. E., & Dewi, R. A. S. (2023). Populasi Bakteri dan Respirasi Mikroba Tanah pada Rhizosfer Tanaman Jagung (Zea mays L.) yang diberi Pupuk Terpadu dan Biochar Sekam Padi pada Masa Vegetatif Maksimum. *AGROTEKSOS*, 33(2). <https://doi.org/10.29303/agroteksos.v33i2.859>

Subardja, D., Ritung, S., Anda, M., Sukarman, Suryani, E., & Subandiono, R. (2014). *Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Torrent, J., Barrón, V., & Liu, Q. (2006). Magnetic enhancement is linked to and precedes hematite formation in aerobic soil. *Geophysical Research Letters*, 33(2). <https://doi.org/10.1029/2005GL024818>

Van Sleen, L. A. (1984). *Physiography and Soils. Part I. Fundamental Relationship and Perspective*. International Institute for Aerial Survey and Earth Sciences.

Verbeek, R. D. M., & den Bos, W. (1898). *Geologische Kaart van Ambon*.