

Pengaruh Kelas Lereng terhadap Karakteristik Kimia Tanah Ultisol dan Kesesuaian Lahan untuk Budidaya Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Kutai Timur, Kalimantan Timur

Dian Triadiawarman^{1*}, Veronika Murtinah¹, Amprin¹

¹Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur, Jl. Soekarno Hatta, Sangatta Utara, Kabupaten Kutai Timur

Email korespondensi: diantriadi72@gmail.com

Submit: 20-04-2026

Revisi: 25-05-2026

Diterima: 15-06-2026

Abstract

This study aimed to evaluate the chemical characteristics of Ultisol soils under different slope classes and identify limiting factors affecting land suitability for oil palm cultivation in Tepian Indah Village, Bengalon District, East Kutai Regency, East Kalimantan, Indonesia. Soil samples were collected using a stratified random sampling method across three slope classes (0-8%, >8-15%, and >15-25%) at a depth of 0-30 cm. The analyzed parameters included soil pH, organic carbon, total nitrogen, available phosphorus, available potassium, cation exchange capacity (CEC), and base saturation (BS). Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), Duncan's Multiple Range Test (DMRT), Pearson correlation, simple linear regression, and land suitability evaluation using the matching and scoring methods. The results showed that all sites were characterized by very acidic soil conditions (pH 3.73-4.04), low organic carbon content (1.05-1.21%), very low CEC (4.02-5.29 cmol(+)/kg), and low available phosphorus and potassium. ANOVA revealed that slope classes significantly affected all observed soil properties ($p < 0.05$). Organic carbon exhibited a very strong positive correlation with base saturation ($r = 0.927$), whereas CEC showed a very strong negative correlation ($r = -0.985$). Land suitability evaluation classified all slope classes as marginally suitable (S3), with nutrient retention, nutrient availability, and erosion hazard (qualitatively assessed from slope class) identified as the main limiting factors. Land improvement through liming, organic matter application, balanced fertilization, and soil conservation practices is recommended to enhance soil quality and support sustainable oil palm production on sloping Ultisols.

Keywords: Land suitability, Oil palm, Slope gradient, Soil fertility, Ultisol

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik kimia tanah Ultisol pada berbagai kelas lereng dan mengevaluasi faktor pembatas kesesuaian lahan untuk budidaya kelapa sawit di Desa Tepian Indah, Kecamatan Bengalon, Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur. Pengambilan sampel tanah dilakukan menggunakan metode stratified random sampling pada tiga kelas lereng, yaitu 0-8%, >8-15%, dan >15-25% dengan kedalaman 0-30 cm. Parameter yang dianalisis meliputi pH tanah, C-organik, N-total, P tersedia, K tersedia, kapasitas tukar kation (KTK), dan kejenuhan basa (KB). Data dianalisis dengan analisis ragam (ANOVA), uji lanjut DMRT 5%, korelasi Pearson, regresi linear sederhana, serta evaluasi kesesuaian lahan menggunakan metode matching dan scoring. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh lokasi memiliki reaksi tanah sangat masam (pH 3,73-4,04), kandungan C-organik rendah (1,05-1,21%), KTK sangat rendah (4,02-5,29 cmol(+)/kg), serta ketersediaan P dan K yang rendah. Analisis ragam menunjukkan bahwa kelas lereng berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter yang diamati ($p < 0,05$). Kandungan C-organik memiliki korelasi positif sangat kuat dengan kejenuhan basa ($r = 0,927$), sedangkan KTK menunjukkan korelasi negatif sangat kuat ($r = -0,985$). Evaluasi kesesuaian lahan mengindikasikan bahwa seluruh kelas lereng termasuk kelas S3 (sesuai marginal) dengan faktor pembatas utama berupa retensi hara, ketersediaan hara, dan bahaya erosi (dinilai secara kualitatif berdasarkan kelas kemiringan lereng). Perbaikan kualitas lahan melalui

pengapuran, penambahan bahan organik, pemupukan berimbang, dan konservasi tanah diperlukan untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan budidaya kelapa sawit pada lahan Ultisol berlereng.

Kata kunci: Kelapa sawit, Kemiringan lereng, Kesesuaian lahan, Kesuburan tanah, Ultisol

1 Pendahuluan

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan komoditas perkebunan strategis yang berperan penting dalam perekonomian Indonesia. Keberhasilan budidaya kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh kesesuaian lahan, terutama kondisi tanah dan topografi yang menentukan kemampuan lahan dalam menyediakan air dan unsur hara bagi tanaman. Evaluasi karakteristik tanah pada berbagai kondisi bentang lahan menjadi aspek penting dalam mendukung pengelolaan perkebunan yang produktif dan berkelanjutan. Karakteristik fisik dan kimia tanah Ultisol yang dominan di wilayah Kalimantan sering kali mengalami degradasi akibat proses pencucian hara dan erosi yang dipicu oleh variasi kemiringan lereng (Rustam et al., 2025). Tanah Ultisol memiliki ciri tanah masam, kapasitas tukar kation (KTK) rendah, kejenuhan basa yang bervariasi, serta rendahnya ketersediaan unsur hara makro terutama nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), tetapi memiliki kedalaman efektif yang baik untuk pertumbuhan tanaman (Oksana et al., 2024). Kondisi tersebut menyebabkan produktivitas lahan sangat bergantung pada pengelolaan kesuburan tanah yang tepat dan pemberian input pupuk yang disesuaikan dengan karakteristik kimiawi tanah di setiap kelas lereng (Linus et al., 2025).

Topografi merupakan faktor lingkungan yang berperan penting dalam mengendalikan proses pembentukan dan distribusi sifat-sifat tanah pada suatu lanskap. Variasi kemiringan lereng memengaruhi infiltrasi, limpasan permukaan, erosi, akumulasi bahan organik, serta redistribusi unsur hara di sepanjang toposekuen (Arthur & Okae-Anti, 2022). Pada lereng yang lebih curam, kehilangan tanah akibat erosi cenderung meningkat sehingga dapat menurunkan kualitas tanah dan mengurangi efisiensi pemanfaatan hara oleh tanaman. Sebaliknya, pada lereng yang lebih landai sering terjadi akumulasi partikel halus dan bahan organik yang berpotensi meningkatkan kapasitas tanah dalam menahan unsur hara. Sejalan dengan hal tersebut, perbedaan posisi kelerengan ini secara nyata memengaruhi dinamika hara serta stabilitas struktur tanah di berbagai zona lanskap perkebunan (Setiawan et al., 2025).

Perubahan posisi lereng dapat menyebabkan variasi yang signifikan terhadap sifat fisik maupun kimia tanah. Kondisi tersebut diduga berkaitan erat dengan variasi kemiringan lereng yang memengaruhi distribusi bahan organik dan dinamika hara tanah (Bravo-Medina et al., 2023). Rendahnya unsur hara dalam tanah pada tiap-tiap kelerengan yang berbeda memerlukan pemupukan untuk mengoptimalkan produktivitas kelapa sawit dan strategi konservasinya (Wicaksono et al., 2023; Nasution et al., 2026).

Kabupaten Kutai Timur merupakan salah satu sentra perkebunan sawit di Kalimantan Timur. Luas lahan perkebunan mencapai 529.586,73 Ha pada tahun 2023 (BPS Kab. Kutai Timur, 2025). Areal perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Kutai Timur berada pada lahan dengan kelerengan yang berbeda-beda dan sebagian besar pada tanah Ultisol. Tanah tersebut rentan terhadap kemasaman tinggi dan kendala ketersediaan hara (Juliawati et al., 2025). Informasi mengenai hubungan antara kelas lereng dan karakteristik kesuburan tanah diperlukan untuk menentukan dosis pemupukan yang efisien dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik kimia tanah Ultisol pada tiga kelas lereng di wilayah Kutai Timur serta mengevaluasi tingkat kesesuaian lahan dan faktor pembatas utamanya bagi budidaya kelapa sawit. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar dalam perencanaan pengelolaan tanah yang lebih efektif dan berkelanjutan pada perkebunan kelapa sawit di wilayah berlereng.

2 Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Kecamatan Bengalon, Kabupaten Kutai Timur, Provinsi Kalimantan Timur, Indonesia pada koordinat sekitar 0°59' LU dan 117°31' BT (WGS 84, UTM Zona 50N) dengan luas areal ±15 ha (Geospasial, 2024; BPS Kutai Timur, 2025). Berdasarkan klasifikasi kemiringan lereng, lokasi penelitian dibagi menjadi tiga kelas lereng, yaitu lereng A (0-8%), lereng B (>8-15%), dan lereng C (>15-25%). Pengelompokan ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh topografi terhadap karakteristik kimia tanah dan tingkat kesesuaian lahan bagi tanaman kelapa sawit.

Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan menggunakan metode stratified random sampling dengan kelas lereng sebagai strata pengamatan. Pada setiap kelas lereng ditetapkan tiga titik pengamatan yang dipilih secara acak menggunakan bantuan *Global Positioning System* (GPS).

Sampel tanah diambil pada kedalaman 0-30 cm yang mewakili lapisan olah dan zona perakaran aktif tanaman kelapa sawit. Dari setiap titik pengamatan diambil beberapa sub-sampel yang kemudian dicampurkan menjadi sampel komposit untuk memperoleh gambaran sifat tanah yang lebih representatif pada masing-masing kelas lereng. Sampel tanah yang telah dikumpulkan dibersihkan dari sisa akar, serasah, dan bahan organik kasar, kemudian dikeringanginkan pada suhu ruang sebelum dianalisis di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman.

Analisis Laboratorium

Parameter kimia tanah yang dianalisis meliputi pH tanah, karbon organik (C-organik), nitrogen total (N-total), fosfor tersedia (P tersedia), kalium tersedia (K tersedia),

kapasitas tukar kation (KTK), dan kejenuhan basa (KB). Metode analisis yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Metode analisis sifat kimia tanah

Parameter	Metode Analisis
pH tanah	pH meter, ekstrak H ₂ O (1:2,5)
C-organik	Walkley & Black
N-total	Kjeldahl
P tersedia	Bray I
K tersedia	Ekstrak NH ₄ OAc pH 7, spektrofotometer/AAS
KTK	Ekstrak NH ₄ OAc pH 7
Kejenuhan Basa (KB)	Perhitungan (jumlah basa/KTK) x 100%

Evaluasi Kesesuaian Lahan

Evaluasi kesesuaian lahan dilakukan dengan metode matching dan skoring antara karakteristik lahan yang diperoleh dari hasil analisis tanah dan kondisi topografi dengan persyaratan tumbuh tanaman kelapa sawit. Penilaian mengacu pada pedoman evaluasi lahan dengan faktor pembatas yang dianalisis meliputi retensi hara (nr), ketersediaan hara (na), dan bahaya erosi (eh) (Djaenudin et al., 2011).

Analisis Data

Data hasil analisis laboratorium diolah secara deskriptif komparatif untuk menggambarkan karakteristik tanah dan kesesuaian lahan pada masing-masing kelas lereng. Pengaruh kelas lereng terhadap sifat kimia tanah dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95% dan dilanjutkan dengan uji perbandingan Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5%.

3 Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Sifat Kimia Tanah pada Berbagai Kelas Lereng

Topografi merupakan salah satu faktor pembentuk tanah yang berperan penting dalam mengendalikan distribusi bahan organik, dinamika unsur hara, serta intensitas pencucian dan erosi. Perbedaan posisi lereng menyebabkan variasi kondisi lingkungan tanah sehingga memengaruhi karakteristik kimia tanah yang berkembang pada suatu lanskap (Weil & Brady, 2017). Karakteristik kimia tanah pada masing-masing kelas lereng disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata sifat kimia tanah pada berbagai kelas lereng

Parameter	Lereng		
	0-8%	>8-15%	>15-25%
pH H ₂ O	3,73	4,04	3,86
C-organik (%)	1,05	1,12	1,21
N-total (%)	0,12	0,13	0,14
P tersedia (ppm)	4,21	4,58	5,02
K tersedia (cmol(+)/kg)	0,11	0,13	0,15
KTK (cmol(+)/kg)	5,29	4,58	4,02
Kejenuhan Basa (%)	14,82	18,95	24,63

kriteria penilaian mengacu pada Balai Penelitian Tanah (2009) (Arifin et al., 2019).

Kondisi tanah tergolong masam hingga sangat masam dengan kandungan bahan organik dan unsur hara yang relatif rendah. Variasi nilai antar kelas lereng mengindikasikan adanya pengaruh topografi terhadap distribusi sifat kimia tanah. Kondisi ini merupakan karakteristik umum tanah tua yang berkembang pada lingkungan beriklim basah tropika, terutama Ultisol dan sebagian Inceptisol yang telah mengalami pencucian basa secara intensif selama proses pelapukan berlangsung (Weil & Brady, 2017).

Nilai pH tertinggi ditemukan pada lereng >8-15% (4,04), sedangkan nilai terendah berada pada lereng 0-8% (3,73) berada pada kategori sangat masam sehingga berpotensi menimbulkan toksisitas aluminium (Al^{3+}) dan menurunkan ketersediaan fosfor bagi tanaman. Kondisi kemasaman yang ekstrem ini juga berkorelasi dengan rendahnya kejenuhan basa dan KTK tanah pada berbagai kelas lereng, yang mengindikasikan tingkat pelapukan lanjut serta minimnya cadangan hara tersedia bagi pertumbuhan kelapa sawit (Irwanto et al., 2023).

Kandungan C-organik tertinggi dijumpai pada lereng >15-25% (1,21%), diikuti oleh lereng >8-15% (1,12%), dan terendah pada lereng 0-8% (1,05%). Pola ini diduga berkaitan dengan akumulasi serasah dan bahan organik yang lebih tinggi pada area dengan vegetasi rapat di lereng curam. Secara keseluruhan nilai C-organik masih tergolong rendah menurut kriteria kesuburan tanah. Nilai KTK menunjukkan pola menurun seiring meningkatnya kemiringan lereng, dari 5,29 cmol(+)/kg pada lereng 0-8% menjadi 4,02 cmol(+)/kg pada lereng >15-25%. Rendahnya nilai KTK ini mencerminkan dominasi mineral liat tipe 1:1 (kaolinit) yang umum dijumpai pada tanah Ultisol lapuk lanjut, sehingga kapasitas tanah dalam menyerap dan menyediakan kation basa menjadi sangat terbatas (Taofik et al., 2020). Kejenuhan basa menunjukkan pola meningkat seiring bertambahnya kemiringan lereng, dari 14,82% pada lereng 0-8% hingga 24,63% pada lereng >15-25%. Pola ini berkaitan dengan tingginya kandungan C-organik pada lereng curam yang turut menyumbang kation basa melalui proses dekomposisi bahan organik, meskipun secara keseluruhan nilai kejenuhan basa tersebut masih tergolong rendah (Pramaditya et al., 2023).

Metode Matching

Metode *matching* dilakukan dengan membandingkan nilai setiap parameter terhadap kriteria kesesuaian lahan tanaman kelapa sawit. Evaluasi ini dilakukan melalui perbandingan karakteristik lahan aktual dengan persyaratan tumbuh yang dipersyaratkan. Hasil pencocokan parameter disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil *matching* kualitas tanah

Parameter	Lereng			Kriteria	Faktor Pembatas
	0-8%	>8-15%	>15-25%		
pH H ₂ O	3,73	4,04	3,87	Sangat masam	Berat
C-organik (%)	1,05	1,11	1,21	Rendah	Sedang
N-total (%)	0,19	0,15	0,18	Rendah	Sedang
P tersedia (ppm)	7,54	6,87	7,24	Rendah	Sedang
K tersedia (ppm)	24,65	22,38	24,26	Rendah	Sedang
KTK (cmol(+)/kg)	5,29	4,38	4,02	Sangat rendah	Berat
KB (%)	47,45	58,22	65,92	Sedang–tinggi	Ringan

Tabel 4. Faktor pembatas dan kelas kesesuaian lahan per kelas lereng

Kelas Lereng	Faktor Pembatas Utama	Kelas Kesesuaian Lahan
0-8%	pH sangat masam, KTK sangat rendah	S3 (Sesuai Marginal)
>8-15%	pH sangat masam, KTK sangat rendah	S3 (Sesuai Marginal)
>15-25%	pH sangat masam, KTK sangat rendah	S3 (Sesuai Marginal)

Hasil *matching* menunjukkan bahwa faktor pembatas utama pada seluruh kelas lereng adalah sangat masam dan kapasitas tukar kation yang sangat rendah. Kedua parameter tersebut menjadi kendala utama dalam penyediaan unsur hara bagi tanaman, sehingga tanah diklasifikasikan ke dalam kelas S3 atau lahan marginal yang memerlukan perbaikan intensif, seperti pemberian kapur pertanian untuk meningkatkan pH serta aplikasi pupuk organik guna memperbaiki nilai tukar kation (Veronika S & Elfayetti, 2017).

Metode Skoring

Tingkat kesesuaian lahan juga dievaluasi menggunakan pendekatan *skoring* untuk memperoleh gambaran kuantitatif kualitas lahan pada setiap kelas lereng. Pendekatan ini memberikan bobot spesifik pada setiap parameter kimia tanah untuk menentukan indeks kesesuaian lahan (IKL) secara keseluruhan, sehingga memberikan presisi yang lebih baik dalam mengklasifikasikan potensi produktivitas lahan bagi budidaya kelapa sawit (Da Costa et al., 2023).

Tabel 5. Kriteria skoring kelas kesesuaian lahan

Kelas Kesesuaian	IKL	Keterangan
S1 (Sangat Sesuai)	80-100	Tanpa faktor pembatas berarti
S2 (Cukup Sesuai)	60-79	Faktor pembatas ringan-sedang
S3 (Sesuai Marginal)	40-59	Faktor pembatas berat
N (Tidak Sesuai)	<40	Faktor pembatas sangat berat

Tabel 6. Hasil skor setiap parameter per kelas lereng

Parameter	Lereng 0-8%	Lereng >8-15%	Lereng >15-25%
pH H ₂ O	1	1	1
C-organik (%)	2	2	2
N-total (%)	2	2	2
P tersedia (ppm)	2	2	2
K tersedia (ppm)	2	2	2
KTK (cmol(+)/kg)	1	1	1
KB (%)	3	3	4
Jumlah Skor	13	13	14
IKL	46,43	46,43	50
Kelas	S3	S3	S3

Nilai indeks kesesuaian lahan menunjukkan bahwa seluruh kelas lereng masih berada pada kategori S3 (sesuai marginal). Perbedaan skor antar kelas lereng relatif kecil karena seluruh lokasi masih dibatasi oleh faktor kesuburan tanah yang serupa, secara kolektif mengindikasikan bahwa kondisi edafik di seluruh area penelitian merupakan faktor pembatas permanen bagi pengembangan kelapa sawit (Raditya et al., 2025).

Lereng >15-25% memiliki nilai indeks kesesuaian lahan sedikit lebih tinggi dibandingkan lereng lainnya. Namun demikian, peningkatan tersebut belum mampu meningkatkan kelas kesesuaian lahan secara keseluruhan, karena kendala kimia tanah yang bersifat persisten tetap mendominasi karakteristik lahan di seluruh unit lereng tersebut. Tindakan perbaikan lahan berupa pengapuran untuk menaikkan pH tanah dan penambahan bahan organik secara intensif diperlukan untuk mengatasi kendala kimiawi tersebut (Putra et al., 2023).

Hasil evaluasi menggunakan metode matching maupun skoring menunjukkan bahwa ketiga posisi lereng memiliki kelas kesesuaian lahan S3 (sesuai marginal), dengan faktor pembatas utama berupa tingkat kemasaman tanah yang sangat tinggi (pH 3,73-4,04) dan nilai KTK yang sangat rendah (4,02-5,29 cmol(+)/kg). Kondisi ini umum dijumpai pada tanah Ultisol yang telah mengalami pencucian intensif sehingga terjadi kehilangan kation basa dan dominasi ion Al^{3+} serta H^+ di dalam kompleks pertukaran tanah, yang secara signifikan membatasi ketersediaan unsur hara bagi tanaman kelapa sawit (Putra et al., 2023). Posisi lereng >15-25% memperoleh nilai indeks sedikit lebih tinggi dibandingkan lereng lainnya karena memiliki kandungan C-organik dan kejenuhan basa yang lebih baik, namun peningkatan tersebut belum mampu mengubah kelas kesesuaian lahan karena masih dibatasi oleh pH dan KTK yang rendah. Perbaikan faktor pembatas tersebut melalui manajemen hara yang tepat dan aplikasi bahan pembenah tanah sangat krusial untuk meningkatkan produktivitas lahan pada seluruh tingkatan kelas lereng (Saputra et al., 2021).

Upaya perbaikan lahan dapat dilakukan melalui aplikasi kapur dolomit untuk meningkatkan pH tanah, penambahan bahan organik (kompos, pupuk kandang, biochar), serta pemupukan NPK berimbang guna meningkatkan ketersediaan hara dan kapasitas tukar kation. Dengan perbaikan tersebut, kelas kesesuaian lahan berpotensi meningkat dari S3 menjadi S2 (cukup sesuai) dengan catatan bahwa manajemen pengelolaan harus secara konsisten diterapkan untuk menjaga retensi hara serta meminimalkan risiko erosi, terutama pada lereng dengan kemiringan lebih tinggi (Irianto et al., 2022).

Analisis Ragam (ANOVA) Karakteristik Tanah

Analisis ragam (ANOVA) dilakukan untuk mengetahui pengaruh kelas lereng terhadap sifat kimia tanah yang diamati. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil analisis ragam (ANOVA) sifat kimia tanah pada berbagai kelas lereng

Parameter	F hitung	P-Value	Keterangan
pH	40,17	0,0003	Sangat nyata
C-organik	17,82	0,003	Sangat nyata
N-total	13	0,0066	Nyata
P tersedia	28,16	0,0009	Sangat nyata
K tersedia	31,07	0,0007	Sangat nyata
KTK	112,75	<0,0001	Sangat nyata
Kejenuhan Basa	391,57	<0,0001	Sangat nyata ($p < 0,05$)

Seluruh parameter yang diamati dipengaruhi secara nyata hingga sangat nyata oleh kelas lereng ($p < 0,05$). Variasi topografi berkontribusi terhadap perubahan karakteristik kimia tanah akibat proses translokasi hara dan bahan organik dari posisi lereng yang lebih tinggi ke lereng yang lebih rendah, serta memengaruhi laju infiltrasi dan pencucian unsur hara yang memicu variasi tingkat kejenuhan basa di setiap segmen topografi (Multazam et al., 2024). Pola ini selaras dengan redistribusi lateral dan pencucian kation yang lebih intensif pada topografi yang lebih curam (Noviana et al., 2025). Aji et al. (2024), menambahkan bahwa intensitas pengelolaan lahan yang tidak seragam pada setiap lereng dapat mempercepat degradasi sifat kimia tanah, sehingga penentuan dosis pemupukan yang spesifik berdasarkan kelas kelerengan menjadi keharusan untuk mempertahankan produktivitas tanaman.

Parameter yang menunjukkan pengaruh nyata pada analisis ragam selanjutnya diuji menggunakan Duncan Multiple Range Test (DMRT) taraf 5% untuk mengetahui perbedaan antar kelas lereng.

Tabel 8. Hasil uji lanjut DMRT 5%

Parameter	Lereng		
	0-8%	>8-15%	>15-25%
pH H ₂ O	3,73 ^b	4,04 ^a	3,87 ^b
C-organik (%)	1,05 ^c	1,11 ^b	1,21 ^a
N-total (%)	0,19 ^a	0,15 ^c	0,18 ^b
P tersedia (ppm)	7,54 ^a	6,87 ^c	7,24 ^b
K tersedia (ppm)	24,65 ^a	22,38 ^c	24,26 ^b
KTK (cmol(+)/kg)	5,29 ^a	4,38 ^b	4,02 ^c
KB (%)	47,45 ^c	58,22 ^b	65,92 ^a

Keterangan: huruf yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata antar kelas lereng menurut uji DMRT taraf 5%.

Hasil DMRT memperlihatkan bahwa beberapa parameter, terutama C-organik, KTK, dan kejenuhan basa, menunjukkan perbedaan nyata antar kelas lereng. Hal ini mengindikasikan adanya proses redistribusi bahan organik dan hara sepanjang toposekuen. Secara spesifik, area dengan kemiringan lebih curam cenderung mengalami penurunan parameter kimia tanah yang lebih signifikan akibat intensitas pencucian dan erosi yang memicu terangkutnya kation basa serta bahan organik ke lereng yang lebih landai (Arthur & Okae-Anti, 2022).

Hasil uji lanjut memperlihatkan bahwa lereng >15-25% memiliki kandungan C-organik dan kejenuhan basa yang berbeda nyata dibandingkan dua kelas lereng lainnya. Sebaliknya, KTK menunjukkan penurunan yang signifikan dengan meningkatnya kemiringan lereng. Fenomena ini mengonfirmasi bahwa posisi topografi yang lebih curam mengalami percepatan penghilangan unsur hara dan bahan organik akibat laju erosi yang lebih tinggi. Posisi lereng ekstrem memiliki nilai pH, karbon organik, dan kation yang paling rendah (Fuadah et al., 2025).

Kejenuhan basa dan kapasitas tukar kation memiliki nilai F hitung tertinggi, yang mengindikasikan bahwa kedua parameter tersebut paling responsif terhadap perubahan kondisi topografi. Tingginya sensitivitas parameter tersebut berkaitan erat dengan intensitas pencucian kation serta degradasi lapisan atas tanah yang tererosi secara lateral pada lereng curam, yang secara langsung membatasi ketersediaan unsur hara bagi pertumbuhan vegetasi (Banjarnahor et al., 2018).

Analisis Korelasi Pearson

Hubungan antarparameter kesuburan tanah dianalisis menggunakan korelasi Pearson untuk mengetahui keeratan hubungan antar parameter tanah terhadap kejenuhan basa. Hasil analisis disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Korelasi pearson antara sifat tanah dan kejenuhan basa

Parameter	Nilai r terhadap KB	Interpretasi
pH	0,742	Sedang
C-organik	0,927	Sangat kuat
N-total	0,688	Lemah
P tersedia	0,714	Sedang
K tersedia	0,701	Lemah
KTK	-0,985	Sangat kuat

Kandungan C-organik menunjukkan korelasi positif sangat kuat dengan kejenuhan basa ($r = 0,927$). Hubungan ini menunjukkan bahwa peningkatan bahan organik berpotensi meningkatkan jumlah kation basa yang tersedia dalam tanah (Prastiwi et al., 2021). KTK menunjukkan korelasi negatif sangat kuat terhadap kejenuhan basa ($r = -0,985$). Kondisi tersebut mengindikasikan adanya perubahan komposisi kation dalam kompleks jerapan tanah pada setiap posisi lereng, di mana dominasi kation-kation basa pada kompleks jerapan cenderung menurun seiring dengan penurunan kadar C-organik di lereng yang lebih curam (Taofik et al., 2020).

Hubungan C-organik dengan Kejenuhan Basa

$$KB = -60,90 + 104,46 (C\text{-organik}); R^2 = 0,86$$

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa 86% variasi kejenuhan basa dapat dijelaskan oleh perubahan kandungan C-organik tanah. Semakin tinggi kandungan C-organik, semakin tinggi pula kejenuhan basa yang terbentuk, karena ketersediaan gugus

fungsional dari bahan organik berperan krusial dalam mengikat kation basa di kompleks jerapan tanah (Binardi et al., 2023). Hubungan linear positif antara kandungan C-organik dan kejenuhan basa mengindikasikan bahwa peningkatan bahan organik berpotensi meningkatkan kualitas kimia tanah. Bahan organik sebagai penyangga kation basa yang menentukan efisiensi retensi hara pada tanah Ultisol (Mengiste et al., 2025).

Hubungan KTK dengan Kejenuhan Basa

$$KB = 130,39 - 14,96 (KTK); R^2 = 0,97$$

KTK merupakan parameter yang paling erat kaitannya dengan perubahan kejenuhan basa pada lokasi penelitian. Kemiringan lereng memengaruhi distribusi bahan organik dan kapasitas tukar kation tanah. Perubahan kedua parameter tersebut berpengaruh terhadap kejenuhan basa. Kondisi ini menempatkan lereng yang lebih landai sebagai zona dengan akumulasi hara optimal yang mendukung produktivitas primer lebih tinggi bagi pertumbuhan kelapa sawit, dibandingkan lereng curam yang mengalami degradasi sifat kimia secara progresif. Variasi topografi memengaruhi distribusi bahan organik dan kapasitas tukar kation yang selanjutnya menentukan tingkat kesuburan tanah (Bravo-Medina et al., 2023).

4 Kesimpulan

Kelas lereng berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter kimia tanah yang diamati pada lahan Ultisol di Kutai Timur. Penurunan KTK dan peningkatan C-organik serta kejenuhan basa seiring bertambahnya kemiringan lereng. Seluruh lokasi penelitian menunjukkan reaksi tanah yang sangat masam (pH 3,73-4,04) dan KTK yang sangat rendah (4,02-5,29 cmol(+)/kg), yang menjadi faktor pembatas utama kesuburan tanah pada ketiga kelas lereng. C-organik berkorelasi positif dengan kejenuhan basa ($r = 0,927$; $R^2 = 0,86$), sedangkan KTK berkorelasi negatif ($r = -0,985$; $R^2 = 0,97$). Evaluasi kesesuaian lahan seluruh kelas lereng termasuk dalam kelas S3 (sesuai marginal) untuk budidaya kelapa sawit. Peningkatan kualitas lahan memerlukan penerapan pengelolaan tanah terpadu melalui pengapuran, penambahan bahan organik, pemupukan berimbang, dan tindakan konservasi tanah untuk mengurangi kehilangan hara dan memperbaiki produktivitas lahan secara berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Aji, A. B., Maroeto, M., & Arifin, M. (2024). Status Kesuburan Tanah Sebagai Rekomendasi Perbaikan Lahan Pada Berbagai Tingkat Kemiringan Lereng di Kecamatan Wonosalam Kabupaten Jombang. *Agroteknika*, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.55043/agroteknika.v7i1.236>
- Arifin, M., Putri, N. D., Sandrawati, A., & Harryanto, R. (2019). Pengaruh Posisi Lereng terhadap Sifat Fisika dan Kimia Tanah pada Inceptisols di Jatinangor. *SoilREns*,

- 16(2). <https://doi.org/10.24198/soilrens.v16i2.20858>
- Arthur, A., & Okae-Anti, D. (2022). Variations in Soil Physico-Chemical Properties as Influenced by Landuse in a Toposequence. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 10(08), 98–121. <https://doi.org/10.4236/gep.2022.108008>
- Binardi, B., Partoyo, P., & Mulyanto, D. (2023). Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Pisang Di Desa Jetis Kepanewon Saptosari Kabupaten Gunungkidul Yogyakarta. *JURNAL TANAH DAN AIR (Soil and Water Journal)*, 18(2), 57. <https://doi.org/10.31315/jta.v18i2.9476>
- BPS Kab. Kutai Timur. (2025). *Kecamatan Bengalon Dalam Angka 2024*. Badan Pusat Statistik kabupaten Kutai Timur.
- Bravo-Medina, C., Torres-Navarrete, B., Arteaga-Crespo, Y., Garcia-Quintana, Y., Reyes-Morán, H., Changoluisa-Vargas, D., & Paguay-Sayay, D. (2023). Soil properties variation in a small-scale altitudinal gradient of an evergreen foothills forest, Ecuadorian Amazon region. *European Journal of Forest Research*, 142(6), 1325–1339. <https://doi.org/10.1007/s10342-023-01593-6>
- Da Costa, E. M., Lukito, H., & Prasetya, J. D. (2023). Evaluasi Kesesuaian Lahan Bekas Tambang Kerikil Berpasir Alami (sirtu) di Desa Panggang, Kec. Kemalang, Kab. Klaten, Jawa Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan SATU BUMI*, 4(1). <https://doi.org/10.31315/psb.v4i1.9488>
- Djaenudin, D, Marwan, H., Subagyo, H., & Hidayat, A. (2011). *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian* (2 ed.). Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Geospasial. (2024). *Peta Rupa Bumi Indonesia Kabupaten Kutai Timur, Kalimantan Timur*. Badan Informasi Geospasial. <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/>
- Irianto, H., Mujiyo, Ningsih, H., & Riptanti, E. (2022). Land suitability assessment for Jarak Towo cassava development (case studies in Tawangmangu and Ngargoyoso sub-districts, Karanganyar regency, Indonesia). *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 22(114), 21548–21567. <https://doi.org/10.18697/ajfand.114.21420>
- Irwanto, D., Saidi, D., & Peniwiratri, L. (2023). Pengaruh Pemberian Zeolit Dan Batuan Fosfat Alam Terhadap Ketersediaan P Latosol Dan Serapannya Oleh Jagung. *JURNAL TANAH DAN AIR (Soil and Water Journal)*, 19(2), 61. <https://doi.org/10.31315/jta.v19i2.9466>
- Juliawati, R., Sulakhudin, S., & Manurung, R. (2025). Status Unsur Hara Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Menghasilkan Pada Tanah Ultisol Di Desa Semuntai Kecamatan Mukok Kabupaten Sanggau. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 14(2), 516–524. <https://doi.org/10.26418/jspe.v14i2.90863>
- Linus, L., Sulakhudin, S., & Romiyanto, R. (2025). Analisis Perbedaan Status Hara Makro Tanah Ultisol Berdasarkan Kelas Lereng Di Kebun Sawit Rakyat Desa Simpang Kasturi Kecamatan Mandor Kabupaten Landak. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 15(1), 198–205. <https://doi.org/10.26418/jspe.v15i1.98898>
- Mengiste, W., Tsegaye, D., Dagalo, S., & Yitbareke, T. (2025). The effects of slope gradient and soil depth on soil physicochemical properties in the Achew small-scale irrigation area, Southwest Ethiopia. *PLOS One*, 20(10), e0333894. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0333894>
- Multazam, Z., Syarif, M., & Ajidirman, A. (2024). Status kesuburan kimia tanah pada lahan perkebunan karet dengan tingkat lereng dan posisi tapak polypedon yang berbeda. *Jurnal Pengelolaan Perkebunan (JPP)*, 5(2), 81–91. <https://doi.org/10.54387/jpp.v5i2.49>

- Nasution, S. M., Yusriani Nasution, Erwin Syah Lubis, Rasmita Adelina, & Dini Puspita Yanty. (2026). The Relationship of Slopes to Soil Properties on Oil Palm Land. *International Journal of Integrated Science and Technology*, 4(2), 112–121. <https://doi.org/10.59890/ijist.v4i2.285>
- Noviana, Z. Y., Maroeto, M., & Priyadarshini, R. (2025). Penilaian Status Kesuburan Tanah Di Wisata Pacet Hill Kabupaten Mojokerto. *Jurnal Hutan Tropis*, 13(4), 586. <https://doi.org/10.20527/jht.v13i4.24792>
- Oksana, O., Taslapratama, I., Novia, M. A., Mahmud, Y., Septirosya, T., & Shofiah, R. (2024). Efektivitas Biochar Terhadap Ketersediaan Unsur Hara Mikro Pada Ultisol. *Jurnal Agroteknologi*, 14(2), 81. <https://doi.org/10.24014/ja.v14i2.26686>
- Pramaditya, D. A. (2023). Karakterisasi Sifat Fisik Dan Kimia Tanah Pada Lahan Bekas Tambang Batubara Yang Telah Direklamasi. *Jurnal Mineral, Energi, dan Lingkungan*, 6(2), 28. <https://doi.org/10.31315/jmel.v6i2.8022>
- Prastiwi, P., Sumani, S., Slamet, M., Suntoro, S., & Suntoro, S. (2021). The Assessment of Soil Fertility Index for Evaluation of Rice Production in Karanganyar Regency. *Modern Applied Science*, 15(2), 63. <https://doi.org/10.5539/mas.v15n2p63>
- Putra, H. E., Hazriani, R., & Ruliyansyah, A. (2023). Evaluasi Kesesuaian Lahan Tanaman Kelapa Sawit Di Desa Panggi Ruguk Kecamatan Ketungau Tengah Kabupaten Sintang. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 12(4), 904. <https://doi.org/10.26418/jspe.v12i4.67072>
- Raditya, D., Riduansyah, R., & Manurung, R. (2025). Evaluasi Kesesuaian Lahan Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq) Di Desa Lumut Kecamatan Toba Kabupaten Sanggau. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 15(1), 392–398. <https://doi.org/10.26418/jspe.v15i1.93084>
- Rustam, L. O., Saputra, A., & Syaf, H. (2025). Evaluasi Kesuburan Tanah Pada Lereng Berbeda Di PT. Tani Prima Makmur (PT. TPM) Desa Anggotoa Kecamatan Wawotobi Kabupaten Konawe. *Jurnal Ilmiah Inovasi dan Komunikasi Pembangunan Pertanian*, 4(2), 74–83. <https://doi.org/10.56189/jiikpp.v4i2.59>
- Saputra, M. F., Adyatma, S., & Arisanty, D. (2021). Evaluasi Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Durian Menggunakan Metode Matching. *Jambura Geoscience Review*, 3(1), 18–31. <https://doi.org/10.34312/jgeosrev.v3i1.5652>
- Setiawan, J. E., Junaidi, J., & Manurung, R. (2025). Perbandingan Sifat Fisika Tanah Pada Lereng Atas Dan Bawah Di Lahan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Desa Selalong Kecamatan Sekadau Hilir Kabupaten Sekadau. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 15(1), 312–318. <https://doi.org/10.26418/jspe.v15i1.99483>
- Taofik, A., Hasani, S., Cahyaningtyas, A., & Frasetya, B. (2020). Pemanfaatan Pupuk Organik Cair Paitan (*Tithonia diversifolia*) Pada Berbagai Dosis Dan Ragam Aplikasinya Terhadap Pertumbuhan Kailan (*Brassica oleracea* Var. *Acephala*). *Jurnal Agroteknologi*, 11(1), 25. <https://doi.org/10.24014/ja.v11i1.7802>
- Veronika S, J. & Elfayetti. (2017). Evaluasi Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Jagung Di Kecamatan Binjai Utara. *Tunas Geografi*, 6(1), 38–48. <https://doi.org/10.24114/tgeo.v6i1.8348>
- Weil, R. R., & Brady, N. C. (2017). *The Nature And Properties Of Soils* (15 ed.). Pearson Education.
- Wicaksono, B., Sulakhudin, S., & Manurung, R. (2023). Karakteristik Sifat Kimia Tanah Ultisol Kebun Kelapa Sawit Desa Pangkalan Suka Kecamatan Nanga Tayap Kabupaten Ketapang. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 12(3), 624. <https://doi.org/10.26418/jspe.v12i3.64124>