

Gradasi Hara pada Berbagai Kemiringan Lahan Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat

Ahmad Muklasin^{*)}, Valensi Kautsar, Dian Pratama Putra

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, INSTIPER Yogyakarta

^{*)}Email Korespondensi : ahmadmuklasin35@gmail.com

ABSTRAK

Kemiringan lahan tidak hanya mempengaruhi risiko erosi, tetapi juga berdampak pada distribusi unsur hara dalam tanah, yang pada akhirnya mempengaruhi pertumbuhan dan hasil panen kelapa sawit. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis gradasi hara pada berbagai kemiringan lahan perkebunan kelapa sawit rakyat serta dampaknya terhadap sifat fisik dan kimia tanah, pertumbuhan vegetatif, dan produktivitas tanaman. Penelitian dilaksanakan di Desa Bunga Antoi, Kecamatan Tabir Selatan, Kabupaten Merangin, Provinsi Jambi, dengan analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Pusat INSTIPER Yogyakarta dan Laboratorium BRMP Yogyakarta. Metode penelitian yang digunakan adalah survei dan analisis laboratorium dengan teknik pengambilan sampel secara purposive random sampling pada tiga kelas kemiringan lahan, yaitu datar (0–8%), landai (8–15%), dan agak curam (15–25%). Data dianalisis menggunakan Analysis of Variance (ANOVA) pada taraf 5% dan dilanjutkan dengan uji DMRT, sedangkan produktivitas dianalisis menggunakan Linear Mixed Models. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemiringan lahan berpengaruh nyata terhadap berat volume dan porositas tanah, namun tidak berpengaruh nyata terhadap berat jenis tanah. Kandungan nitrogen total menurun signifikan seiring meningkatnya kemiringan lahan, sedangkan pH, C-organik, fosfor tersedia, dan kalium tersedia tidak berbeda nyata. Produktivitas tertinggi diperoleh pada lahan datar sebesar 12,81 ton ha⁻¹ tahun⁻¹, diikuti lahan landai 11,17 ton ha⁻¹ tahun⁻¹, dan agak curam 8,89 ton ha⁻¹ tahun⁻¹. Diameter batang dan tebal petiole berbeda nyata antar kemiringan, sedangkan parameter vegetatif lainnya tidak berbeda nyata. Secara keseluruhan, kemiringan lahan memengaruhi distribusi nitrogen dan kondisi fisik tanah yang berdampak pada produktivitas kelapa sawit rakyat.

Kata kunci : Kelapa Sawit, kemiringan, gradasi hara, sifat fisik dan kimia tanah, perkebunan rakyat

PENDAHULUAN

Perkebunan kelapa sawit rakyat memegang peranan penting dalam perekonomian Indonesia, terutama di daerah-daerah yang memiliki potensi geografis untuk budidaya kelapa sawit. Sebagai komoditas utama, kelapa sawit berperan besar dalam industri perkebunan Indonesia. Produk turunan dari kelapa sawit, seperti minyak sawit mentah (CPO) dan minyak inti sawit, menjadi salah satu produk ekspor utama yang memberikan devisa besar bagi negara. Penelitian yang dilakukan oleh Adwiyah *et al.* (2023) menunjukkan pada tahun 2020 total ekspor produk kelapa sawit dan turunannya mencapai 21,2 juta ton dengan nilai US\$ USD 18,44 miliar. Selain itu kelapa sawit juga penting bagi perekonomian rakyat. Banyak petani yang

menggantungkan hidupnya pada perkebunan kelapa sawit dan industri ini menyediakan lapangan pekerjaan yang luas .

Produktivitas perkebunan rakyat seringkali tidak stabil dan cenderung lebih rendah dibandingkan dengan perkebunan besar swasta. Salah satu faktor yang mempengaruhi hal ini adalah kondisi lahan khususnya kemiringan lahan, yang seringkali diabaikan dalam pengelolaan perkebunan rakyat. Kemiringan lahan tidak hanya mempengaruhi risiko erosi, tetapi juga berdampak pada distribusi unsur hara dalam tanah yang pada akhirnya akan mempengaruhi pertumbuhan dan hasil panen kelapa sawit (Kafrawi *et al.*, 2023a).

Kondisi tanah di perkebunan kelapa sawit rakyat sangat beragam, terutama terkait kemiringan lahan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Afandi *et al.* (2017) menyatakan bahwa lahan miring rentan terhadap erosi yang dapat menyebabkan hilangnya lapisan tanah yang subur dan kaya akan unsur hara. Erosi ini berdampak langsung pada penurunan kesuburan tanah dan berkurangnya nutrisi yang tersedia bagi tanaman. Akibatnya pertumbuhan tanaman terganggu dan menyebabkan hasil panen menurun. Kondisi ini tentu merugikan petani dan mengancam keberlanjutan usaha perkebunan.

Lahan dengan kemiringan yang berbeda proses seperti erosi, aliran air permukaan, dan pencucian hara dapat terjadi dengan intensitas yang berbeda. Misalnya di lahan dengan kemiringan curam, unsur hara lebih rentan hilang karena erosi dan aliran air, sementara di lahan yang lebih datar, unsur hara mungkin lebih stabil tetapi bisa mengalami penumpukan di area tertentu. Hal ini menciptakan gradasi kandungan hara di berbagai bagian lahan, yang dapat menyebabkan ketidakseimbangan nutrisi bagi tanaman kelapa sawit (Desrihastuti *et al.*, 2023).

Beberapa perkebunan telah menerapkan metode seperti terasering, penggunaan guludan, dan tanaman penutup tanah untuk mengurangi kehilangan hara akibat erosi. Namun, masih banyak petani yang belum menerapkan strategi pengelolaan yang tepat, terutama di perkebunan rakyat yang memiliki keterbatasan akses terhadap teknologi dan informasi terkait praktik konservasi tanah (Afandi *et al.*, 2017).

Beberapa penelitian sebelumnya telah menyoroti pentingnya distribusi hara dalam meningkatkan produktivitas kelapa sawit. Namun kajian spesifik mengenai bagaimana variasi kemiringan lahan memengaruhi gradasi hara dalam konteks perkebunan rakyat masih terbatas. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami hubungan antara kemiringan lahan dan distribusi unsur hara, serta implikasinya terhadap produktivitas kebun rakyat.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Desa Bunga Antoi, Kecamatan Tabir Selatan, Kabupaten Merangin, Provinsi Jambi. Analisis sifat fisik dan kimia tanah dilakukan di Laboratorium Pusat INSTIPER Yogyakarta dan Laboratorium BRMP Yogyakarta. Penelitian menggunakan metode survei, observasi lapangan, dan analisis laboratorium dengan teknik pengambilan sampel secara *purposive random sampling* pada tanaman umur 15-20 tahun. Kelerengan lahan diklasifikasikan menjadi tiga kelas, yaitu 0 sampai 8% sebagai datar, 8 sampai 15% sebagai landai, dan 15 sampai 25% sebagai agak curam mengacu pada kriteria penanganan kawasan Puncak oleh Departemen Kimpraswil. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada setiap kelas kemiringan sebanyak empat titik sampel. Sampel diambil pada kedalaman 0 sampai 30 cm di area piringan tanaman dengan jarak 125 cm dari pangkal batang. Setiap sampel disusun secara komposit untuk merepresentasikan kondisi tanah pada masing masing kelas kemiringan.

Data yang diperoleh dari berbagai pengukuran dan pengamatan dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf signifikansi 5%. Apabila hasil analisis menunjukkan adanya pengaruh yang nyata, maka pengujian dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf signifikansi 5% untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan. Pada parameter produktivitas, analisis dilakukan menggunakan model campuran linier *Linear Mixed Models* (LMM) pada taraf signifikansi 5%. Penggunaan model ini bertujuan untuk mengakomodasi adanya efek tetap (*fixed effects*) dan efek acak (*random effects*), sehingga hasil analisis dapat menggambarkan variasi data secara lebih komprehensif. Apabila hasil analisis LMM menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan, maka dilakukan uji lanjut menggunakan *independent t-test* pada taraf signifikansi 5% untuk membandingkan rerata antar kelompok perlakuan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Fisik Tanah pada Berbagai Kemiringan Lahan

Hasil analisis sifat fisik tanah menunjukkan adanya variasi antar kelas kemiringan lahan pada perkebunan kelapa sawit rakyat. Parameter fisik yang diamati meliputi berat jenis tanah, berat volume tanah, serta tekstur tanah.

Tabel 1. Nilai berat jenis, berat volume, dan porositas tanah

Parameter	Kelas Kemiringan (%)		
	Datar (0-8)	Landai (8-15)	Agak Curam (15-25)
Berat Jenis (g/cm ³)	2,40 ± 0,06 ^a	2,49 ± 0,03 ^a	2,46 ± 0,10 ^a
Berat Volume (g/cm ³)	0,82 ± 0,08 ^a	0,92 ± 0,03 ^b	0,93 ± 0,03 ^b
Porositas Tanah (%)	66,07 ± 2,86 ^a	63,16 ± 0,79 ^b	62,28 ± 0,96 ^b

Keterangan : Berdasarkan hasil uji DMRT pada taraf 5%, nilai yang diberi huruf sama pada baris menunjukkan tidak berbeda nyata secara signifikan.

Tabel 1 menunjukkan nilai berat jenis tanah berada pada kisaran 2,40 sampai 2,49 g/cm³ di seluruh kelas kemiringan. Perbedaan rerata antar kelas kemiringan relatif kecil dan berada pada konotasi huruf yang sama. Kondisi ini menunjukkan bahwa kemiringan lahan tidak diikuti oleh perubahan nyata pada berat jenis tanah. Berat jenis umumnya mencerminkan komposisi mineral tanah dan relatif stabil terhadap perubahan topografi. Kravchuk et al. (2024) menyatakan berat jenis lebih dipengaruhi oleh komposisi mineral dan bahan penyusun partikel tanah dibandingkan oleh faktor struktur atau pemadatan.

Berat volume tanah menunjukkan perbedaan yang nyata antar kelas kemiringan lahan berdasarkan hasil analisis statistik. Lahan datar memiliki rerata berat volume sebesar 0,82 g/cm³ dan berada pada kelompok yang berbeda dibandingkan lahan landai dan agak curam. Lahan landai menunjukkan rerata berat volume sebesar 0,92 g/cm³, sedangkan lahan agak curam memiliki rerata sebesar 0,93 g/cm³. Pengelompokan hasil uji lanjut mengindikasikan bahwa peningkatan kemiringan lahan berasosiasi dengan peningkatan berat volume tanah. Secara statistik, kondisi ini mencerminkan tingkat kepadatan tanah yang lebih tinggi pada lahan dengan kemiringan lebih besar akibat proses pemadatan dan redistribusi partikel tanah.

Porositas tanah juga menunjukkan perbedaan yang signifikan antar kelas kemiringan lahan. Lahan datar memiliki rerata porositas sebesar 66,07% dan berada pada kelompok yang berbeda dibandingkan lahan landai dan agak curam. Lahan landai menunjukkan rerata porositas sebesar 63,16%, sedangkan lahan agak curam sebesar 62,28%. Hasil uji lanjut menegaskan bahwa

penurunan porositas terjadi seiring dengan meningkatnya kemiringan lahan. Secara statistik, temuan ini menunjukkan adanya hubungan antara berat volume dan porositas tanah, dimana peningkatan kepadatan tanah pada lahan miring menyebabkan berkurangnya ruang pori tanah.

Berkaitan dengan pori tanah, kondisi tanah mampat (*soil compaction*) merupakan proses peningkatan berat volume tanah akibat berkurangnya ruang pori, terutama pori makro, sehingga tanah menjadi lebih padat dan meningkatkan hambatan terhadap penetrasi akar. Penelitian dari Afrianti et al. (2023) menunjukkan bahwa sistem pengolahan tanah yang intensif berpengaruh terhadap penurunan ruang pori total dan peningkatan kepadatan tanah, yang selanjutnya berdampak pada menurunnya infiltrasi dan aerasi tanah. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan mekanis dan pengelolaan lahan yang kurang tepat dapat mempercepat proses pemadatan tanah. Selain itu, Bachtiar et al. (2024) melalui analisis berbagai karakteristik tanah terdegradasi menegaskan bahwa penurunan stabilitas agregat dan kualitas struktur tanah berkontribusi terhadap meningkatnya kepadatan tanah dan menurunnya fungsi fisik tanah. Dampak dari kondisi tanah mampat tersebut antara lain meningkatnya bulk density, menurunnya porositas dan konduktivitas hidraulik, serta terganggunya pergerakan air dan udara dalam tanah. Pada lahan dengan kemiringan tinggi, kondisi ini dapat memperbesar limpasan permukaan dan mempercepat proses erosi, sehingga semakin menurunkan kualitas fisik tanah.

Kemiringan lahan menunjukkan pengaruh terhadap sifat fisik tanah yang tercermin pada berat volume dan porositas tanah. Peningkatan berat volume pada lereng yang lebih curam mengindikasikan terjadinya pemadatan tanah akibat degradasi struktur dan hilangnya bahan organik karena proses erosi. Secara teoritis, berat volume berbanding terbalik dengan porositas, sehingga peningkatan kepadatan menyebabkan berkurangnya total ruang pori tanah. Penurunan porositas pada lahan miring memperlihatkan bahwa peningkatan fraksi padatan tanah telah mengurangi ruang pori makro yang berperan dalam aerasi dan infiltrasi air. Kondisi ini sejalan dengan penelitian dari Nugroho (2016) yang melaporkan bahwa kemiringan lahan berkorelasi dengan meningkatnya *bulk density* dan menurunnya porositas akibat terganggunya stabilitas agregat tanah.

Meskipun terjadi peningkatan berat volume dan penurunan porositas pada lahan miring, berat jenis cenderung stabil karena tidak berkaitan langsung dengan distribusi ruang pori, melainkan dengan densitas partikel padat tanah. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengaruh kemiringan lahan lebih dominan terhadap sifat fisik yang berkaitan dengan struktur dan tata ruang pori tanah.

Yasin and Yulnafatmawita (2018) menyatakan bahwa kandungan bahan organik berperan penting dalam menjaga agregasi dan distribusi pori, yang pada lereng curam cenderung menurun karena erosi berulang. Bahan organik berperan penting dalam menjaga agregasi dan distribusi pori tanah karena berfungsi sebagai pengikat partikel sehingga membentuk agregat stabil. Pada lahan miring, erosi menyebabkan hilangnya lapisan atas yang kaya bahan organik, sehingga stabilitas agregat menurun dan pori makro berkurang. Selain bahan organik, faktor lain yang turut memengaruhi agregasi dan porositas tanah meliputi tekstur tanah, aktivitas mikroorganisme, serta pengelolaan tanah seperti sistem olah tanah dan pemupukan nitrogen (Afrianti et al., 2023). Temuan Putra et al. (2026) juga menunjukkan bahwa peningkatan bahan organik berkontribusi terhadap peningkatan porositas tanah, sehingga kehilangan bahan organik pada lereng curam berpotensi menurunkan kualitas struktur tanah.

Tabel 2. Fraksi Tekstur Tanah pada Berbagai Kemiringan Lahan

Parameter	Kelas Kemiringan (%)		
	Datar (0-8)	Landai (8-15)	Agak Curam (15-25)
Pasir (%)	18	20	17
Debu (%)	48	38	40
Liat (%)	35	42	43
Kelas Tekstur (USDA)	Lempung Liat Berpasir	Liat	Liat

Berdasarkan data pada tabel 2, komposisi fraksi tanah menunjukkan variasi tekstur yang jelas antar kelas kemiringan lahan. Pada lahan datar, fraksi debu sebesar 48%, pasir 18%, dan liat 35% membentuk tekstur lempung liat berpasir menurut klasifikasi USDA. Pada lahan landai, peningkatan fraksi liat hingga 42% dengan fraksi pasir 20% dan debu 38% menggeser kelas tekstur menjadi liat. Pola yang sama juga terlihat pada lahan agak curam, di mana fraksi liat mencapai 43% dengan pasir 17% dan debu 40%, sehingga tetap diklasifikasikan sebagai tanah bertekstur liat. Dominasi fraksi liat pada lahan landai dan agak curam menunjukkan perubahan distribusi partikel tanah seiring meningkatnya kemiringan lahan. Secara analitis, kondisi ini mencerminkan kecenderungan akumulasi partikel halus pada lahan miring akibat proses pemindahan selektif partikel tanah.

Variasi sifat fisik tanah tersebut menunjukkan bahwa kemiringan berperan dalam membentuk kondisi kepadatan tanah, distribusi partikel, serta dinamika air di dalam tanah. Perbedaan kondisi fisik tersebut secara tidak langsung memengaruhi proses kimia tanah, terutama ketersediaan dan distribusi unsur hara.

Karakteristik Kimia Tanah pada Berbagai Kemiringan Lahan

Hasil analisis sifat kimia tanah menunjukkan bahwa tidak seluruh parameter kimia tanah dipengaruhi secara nyata oleh perbedaan kemiringan lahan. Parameter yang dianalisis meliputi pH tanah, kandungan C-organik, nitrogen total, fosfor tersedia, dan kalium tersedia.

Tabel 3. Nilai pH dan C-Organik Tanah

Parameter	Kelas Kemiringan (%)		
	Datar (0-8)	Landai (8-15)	Agak Curam (15-25)
pH Tanah	4,34 ± 0,14 ^a	4,14 ± 0,03 ^a	4,18 ± 0,16 ^a
C-Organik (%)	4,05 ± 0,39 ^a	3,04 ± 0,71 ^a	3,16 ± 0,53 ^a

Keterangan : Berdasarkan hasil uji DMRT pada taraf 5%, nilai yang diberi huruf sama pada baris menunjukkan tidak berbeda nyata secara signifikan.

Nilai pH tanah pada seluruh kelas kemiringan berada pada kisaran 4,18 sampai 4,34. Seluruh nilai tersebut termasuk dalam kategori masam. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kemiringan lahan tidak diikuti oleh perubahan pH tanah yang berarti. pH tanah umumnya dipengaruhi oleh bahan induk, curah hujan, dan proses pencucian basa yang berlangsung dalam jangka panjang, sehingga variasi topografi pada kisaran kemiringan ini belum cukup kuat untuk mengubah tingkat kemasaman tanah secara nyata.

Berdasarkan tabel 3 kandungan C-organik tanah juga tidak menunjukkan perbedaan nyata antar kelas kemiringan lahan. Pada lahan datar memiliki kandungan C-organik sebesar 4,05 %,

sedangkan lahan landai dan agak curam memiliki nilai masing-masing sebesar 3,04 dan 3,16 %. Meskipun secara numerik lahan datar menunjukkan nilai lebih tinggi, seluruh perlakuan memiliki notasi huruf yang sama, sehingga perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik. Hal ini menunjukkan bahwa variasi kemiringan belum cukup kuat memengaruhi kandungan C-organik tanah secara nyata.

Tidak ditemukannya perbedaan nyata pada pH dan C-organik tanah antar kelas kemiringan menunjukkan bahwa reaksi tanah lebih dikendalikan oleh bahan induk dan proses pedogenesis jangka panjang dibandingkan oleh faktor topografi. Kondisi ini juga dipengaruhi oleh pengelolaan lahan yang relatif seragam, keseragaman tekstur dan bahan induk tanah, serta intensitas erosi yang belum cukup tinggi untuk menyebabkan redistribusi bahan organik secara nyata (Solekhah et al., 2024). Temuan ini selaras dengan penelitian oleh Yasin and Yulnafatmawita (2018) yang menyatakan bahwa variasi topografi tidak selalu diikuti perubahan signifikan pada pH tanah karena sifat tersebut relatif stabil terhadap proses erosi jangka pendek. Alfarizi et al. (2023) menyatakan tutupan gulma juga berpengaruh dalam menjaga kandungan C-organik tanah melalui peningkatan input biomassa dan perlindungan permukaan tanah. Gulma menghasilkan serasah dan biomassa akar yang secara kontinu menambah sumber bahan organik ke dalam tanah. Akar gulma juga melepaskan eksudat karbon yang merangsang aktivitas mikroorganisme dan pembentukan agregat tanah yang stabil.

Tabel 4. Hasil Analisis N, P, dan K tanah

Parameter	Kelas Kemiringan (%)		
	Datar (0-8)	Landai (8-15)	Agak Curam (15-25)
N-Total (%)	0,24 ± 0,01 ^a	0,21 ± 0,01 ^b	0,19 ± 0,01 ^c
P-Tersedia (ppm)	11,28 ± 0,91 ^a	16,44 ± 6,49 ^a	10,52 ± 1,96 ^a
K-Tersedia (cmol(+)/kg)	0,38 ± 0,15 ^a	0,18 ± 0,06 ^a	0,56 ± 0,47 ^a

Keterangan : Berdasarkan hasil uji DMRT pada taraf 5%, nilai yang diberi huruf sama pada baris menunjukkan tidak berbeda nyata secara signifikan.

Hasil Tabel 4 menunjukkan bahwa kandungan N-total berbeda nyata antar kelas kemiringan lahan. Rerata N-total pada lahan datar sebesar 0,24%, lahan landai sebesar 0,21%, dan lahan agak curam sebesar 0,19%. Perbedaan rerata tersebut menempatkan masing-masing kelas kemiringan pada kelompok yang berbeda, sehingga secara statistik menunjukkan bahwa peningkatan kemiringan lahan berasosiasi dengan penurunan kandungan nitrogen tanah. Pola ini mengindikasikan adanya pengaruh kemiringan lahan terhadap dinamika nitrogen yang berkaitan erat dengan distribusi bahan organik tanah.

Kecenderungan penurunan N-total pada lereng yang lebih tinggi menunjukkan bahwa nitrogen merupakan unsur yang paling responsif terhadap variasi topografi. Secara ekologis, nitrogen sangat bergantung pada keberadaan bahan organik sebagai sumber mineralisasi, sehingga kehilangan lapisan atas tanah akan berdampak langsung terhadap ketersediaannya. Hasil ini konsisten dengan penelitian yang dilakukan oleh Mustikasari *et al.* (2018) yang melaporkan bahwa peningkatan limpasan permukaan pada perkebunan kelapa sawit menyebabkan kehilangan nitrogen secara signifikan. Hasil tersebut menguatkan bahwa topografi memengaruhi kesuburan tanah terutama melalui mekanisme kehilangan unsur nitrogen yang bersifat mobil.

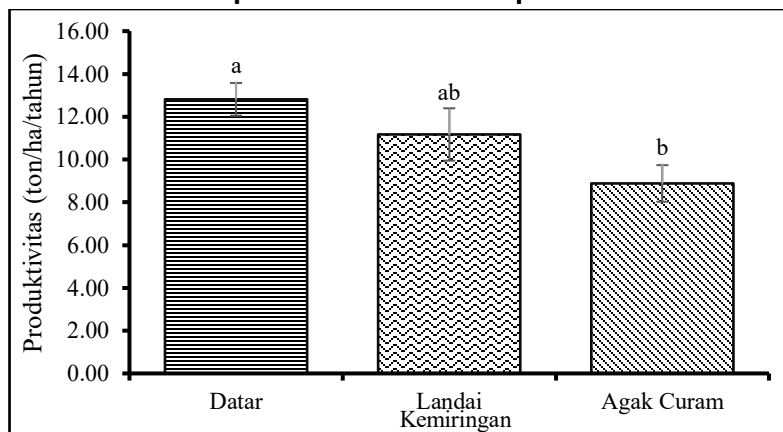
Berbeda dengan N-total, hasil uji statistik pada fosfor tersedia tidak menunjukkan perbedaan yang nyata antar kelas kemiringan lahan. Rerata P-tersedia berada pada kisaran 10,52 hingga 16,44 ppm, namun seluruh kelas kemiringan berada pada kelompok yang sama.

Secara statistik, kondisi ini menunjukkan bahwa variasi kemiringan lahan tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap ketersediaan fosfor tanah.

Kandungan K-tersedia juga tidak menunjukkan perbedaan nyata antar kelas kemiringan berdasarkan hasil analisis statistik. Rerata K-tersedia pada lahan datar sebesar 0,38 cmol(+)/kg, lahan landai sebesar 0,18 cmol(+)/kg, dan lahan agak curam sebesar 0,56 cmol(+)/kg. Meskipun terdapat variasi rerata antar kelas, hasil uji lanjut menempatkan seluruh kelas kemiringan pada kelompok yang sama, sehingga secara statistik tidak terdapat perbedaan kandungan kalium tersedia antar kelas kemiringan lahan.

Ketersediaan fosfor dan kalium yang relatif stabil pada berbagai kelas kemiringan juga menunjukkan bahwa kedua unsur tersebut kurang sensitif terhadap variasi topografi dibandingkan nitrogen. Fosfor pada tanah masam cenderung mengalami fiksasi oleh Fe dan Al sehingga mobilitasnya rendah, sedangkan kalium berada dalam keseimbangan antara bentuk terlarut dan terjerap. Hasil ini sejalan dengan penelitian oleh Desrihastuti *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa distribusi P dan K pada perkebunan kelapa sawit lebih dipengaruhi oleh sifat kimia tanah dan praktik pemupukan daripada oleh kemiringan lahan. Keselarasan ini menunjukkan bahwa respons unsur hara terhadap topografi bersifat spesifik tergantung karakteristik kimianya.

Pengaruh Gradasi Hara Terhadap Produktivitas Kelapa Sawit



Grafik 1 Produktivitas Kelapa Sawit pada Berbagai Kemiringan

Berdasarkan grafik 1 menunjukkan bahwa produktivitas kelapa sawit berbeda nyata antar kelas kemiringan lahan. Rerata produktivitas pada lahan datar sebesar 12,81 ton/ha/tahun berada pada kelompok yang berbeda dibandingkan lahan agak curam sebesar 8,89 ton/ha/tahun, sementara pada lahan landai berada pada kelompok antara dengan produktivitas rerata sebesar 11,17 ton/ha/tahun. Pengelompokan hasil uji lanjut menegaskan bahwa peningkatan kemiringan lahan berasosiasi dengan penurunan produktivitas secara signifikan.

Perbedaan ini menunjukkan bahwa faktor topografi berperan dalam menentukan tingkat hasil tanaman. Penurunan produktivitas pada lahan dengan kemiringan lebih tinggi mengindikasikan adanya keterbatasan kondisi tumbuh, yang kemungkinan berkaitan dengan perubahan sifat fisik dan kimia tanah serta efisiensi pemanfaatan hara dan air. Temuan ini menegaskan bahwa kemiringan lahan merupakan faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit.

Implikasi perubahan sifat tanah terhadap produktivitas tanaman terlihat pada kecenderungan penurunan produksi pada lahan dengan kemiringan lebih tinggi. Penurunan tersebut berkaitan dengan ketersediaan hara dan meningkatnya kepadatan tanah yang berpotensi menghambat perkembangan akar dan efisiensi serapan hara. Hasil ini konsisten dengan penelitian yang dilakukan oleh Kafrawi *et al.* (2023) yang melaporkan bahwa produksi tandan buah segar kelapa sawit lebih tinggi pada lahan datar dibandingkan lahan bergelombang dan miring, terutama akibat perbedaan kondisi fisik tanah dan ketersediaan hara. Ketersediaan unsur hara sangatlah penting jika dibandingkan jumlah total hara, unsur hara harus berada dalam bentuk yang dapat diserap akar. pH tanah, tekstur, dan kandungan bahan organik memengaruhi bentuk kimia dan mobilitas hara tersebut (Saragih *et al.*, 2025). Misalnya, pada tanah masam dengan kejenuhan Al tinggi, fosfor mudah terikat sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Pada tanah berpasir, kalium mudah tercuci sehingga cepat hilang dari zona perakaran.

Karakteristik Vegetatif Tanaman Kelapa Sawit pada Berbagai Kemiringan Lahan

Karakteristik vegetatif tanaman kelapa sawit pada lokasi penelitian dianalisis melalui beberapa parameter, yaitu tinggi tanaman, diameter batang, jumlah pelepah, lebar pelepah, panjang pelepah, dan tebal petiole.

Tabel 5. Karakteristik Vegetatif Tanaman Kelapa Sawit

Parameter	Kelas Kemiringan (%)		
	Datar (0-8)	Landai (8-15)	Agak Curam (15-25)
Tinggi Tanaman (m)	7,71 ± 0,90 ^a	7,57 ± 1,02 ^a	7,13 ± 0,98 ^a
Diameter Batang (cm)	50,58 ± 6,15 ^a	46,32 ± 5,01 ^b	45,70 ± 5,71 ^b
Jumlah Pelepah (/pokok)	46,60 ± 1,90 ^a	44,87 ± 3,70 ^a	44,20 ± 2,27 ^a
Lebar pelepah (m)	1,36 ± 0,08 ^a	1,34 ± 0,06 ^a	1,31 ± 0,06 ^a
Panjang Pelepah (m)	8,04 ± 0,42 ^a	7,98 ± 0,37 ^a	7,92 ± 0,41 ^a
Tebal Petiole (cm)	5,54 ± 0,58 ^a	5,32 ± 0,97 ^{ab}	4,81 ± 0,81 ^b

Keterangan : Berdasarkan hasil uji DMRT pada taraf 5%, nilai yang diberi huruf sama pada baris menunjukkan tidak berbeda nyata secara signifikan.

Hasil pada tabel diatas menunjukkan bahwa tinggi tanaman tidak berbeda nyata antar kelas kemiringan lahan. Pada lahan datar tinggi tanaman rata-rata yakni sebesar 7,71 m, diikuti lahan landai sebesar 7,57 m, dan pada lahan agak curam sebesar 7,13 m. Meskipun terdapat kecenderungan penurunan tinggi tanaman seiring meningkatnya kemiringan lahan, variasi tersebut belum cukup besar untuk menghasilkan perbedaan yang signifikan secara statistik.

Pada parameter diameter batang menunjukkan perbedaan nyata antar kelas kemiringan lahan. Pada lahan datar memiliki rata-rata diameter batang sebesar 50.58 cm, sedangkan lahan landai dan agak curam masing-masing sebesar 46.32 cm dan 45.70 cm. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa tanaman pada lahan datar berada pada kelompok yang berbeda dibandingkan lahan landai dan agak curam. Perbedaan diameter batang ini menunjukkan bahwa kemiringan lahan berpengaruh terhadap akumulasi biomassa tanaman.

Jumlah pelepah tidak menunjukkan perbedaan nyata antar kelas kemiringan lahan. Rata-rata jumlah pelepah pada lahan datar sebesar 46 pelepah, lahan landai 44 pelepah, dan lahan agak curam 44 pelepah. Nilai signifikansi yang mendekati taraf nyata menunjukkan adanya kecenderungan perbedaan, namun secara statistik masih berada dalam rentang variasi yang dapat diterima. Lebar pelepah dan panjang pelepah juga tidak menunjukkan perbedaan nyata antar kelas kemiringan lahan. Rata-rata lebar pelepah berkisar antara 131.88 hingga 136.39 cm,

sedangkan panjang pelepah berkisar antara 792.21 hingga 804.59 cm. Hal ini mengindikasikan bahwa perbedaan kemiringan belum memberikan tekanan lingkungan yang cukup besar untuk memengaruhi perkembangan organ daun kelapa sawit secara signifikan.

Tebal petiole menunjukkan perbedaan nyata antar kelas kemiringan lahan. Pada lahan datar memiliki tebal petiole rata-rata sebesar 5,54 cm, lahan landai sebesar 5,32 cm, dan pada lahan agak curam sebesar 4,81 cm. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa lahan datar dan agak curam berada pada kelompok yang berbeda, sedangkan lahan landai berada pada posisi antara. Perbedaan tebal petiole menunjukkan bahwa parameter ini sensitif terhadap kondisi lingkungan tumbuh.

Pada aspek pertumbuhan vegetatif, kecenderungan penurunan diameter batang pada lahan yang lebih miring menunjukkan adanya keterkaitan antara kondisi tanah dan akumulasi biomassa tanaman. Pertumbuhan vegetatif yang optimal sangat dipengaruhi oleh kecukupan ketersediaan hara dan kondisi perakaran yang mendukung. Temuan ini sejalan penelitian oleh Tarigan, (2017) yang menyatakan bahwa pertumbuhan vegetatif kelapa sawit lebih baik pada kondisi tanah yang stabil dengan kandungan bahan organik dan hara yang memadai. Namun demikian, tidak seluruh parameter vegetatif menunjukkan perbedaan yang nyata, yang mengindikasikan adanya pengaruh faktor genetik dan umur tanaman dalam mengontrol variasi morfologi.

Secara umum, mekanisme kehilangan hara pada lahan datar dan lahan miring berbeda secara dominan karena pengaruh topografi terhadap erosi dan aliran permukaan. Lahan miring mengalami laju erosi yang lebih tinggi karena aliran air hujan lebih cepat dan kuat, sehingga partikel tanah subur yang kaya akan Nitrogen, Fosfor, Kalium dan bahan organik mudah terangkut dan hilang dari zona akar tanaman; kondisi ini mempercepat penurunan kesuburan tanah dan kebutuhan input pupuk meningkat (Desrihastuti et al., 2023). Pada lahan datar, meskipun erosi permukaan lebih rendah, kehilangan hara tetap terjadi terutama melalui pencucian ion-ion hara larut ke lapisan tanah bawah dan air limpasan saat curah hujan tinggi, yang mengurangi ketersediaan hara bagi tanaman dan mengancam produktivitas jangka panjang (Asbur & Purwaningrum, 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Putra et al. (2026) menunjukkan bahwa peningkatan bahan organik berkontribusi terhadap peningkatan ruang pori total dan perbaikan sifat fisik tanah, sehingga mendukung pergerakan air dan udara dalam tanah. Sebaliknya, tanah dengan bahan organik rendah cenderung memiliki berat volume lebih tinggi, porositas lebih rendah, serta lebih rentan terhadap pemadatan dan erosi. Perbandingan ini semakin jelas ketika tanah diaplikasikan bahan organik, di mana penambahan bahan organik terbukti meningkatkan stabilitas agregat, kandungan C-organik, serta ketersediaan hara dibandingkan tanah tanpa aplikasi bahan organik.

Pemupukan Pada Berbagai Kemiringan Lahan

Data pemupukan yang dikumpulkan meliputi jenis pupuk yang digunakan serta dosis pupuk yang diaplikasikan pada setiap pokok tanaman. Adapun pada praktik pemupukan terdapat dua fokus utama yang diamati yakni terkait waktu pemupukan serta cara pengaplikasian pupuk.

Tabel 6. Dosis pemupukan pada berbagai lahan

Kemiringan	Responden	Dosis (Kg/Pokok/ha)					
		Urea	NPK	TSP	KCL	Dolomite	Organik
Datar	D1	2	1	1	2	0	>3
	D2	2	1	1	2	0	>3
Landai	L1	1	1	1	1	1	0
	L2	1	2	1	1	0	>3
Agak Curam	C1	1	2	1	1	0	>3
	C2	1	2	1	1	1	0

Berdasarkan data pada tabel 6, responden pada setiap tingkat kemiringan lahan menunjukkan perbedaan dalam pemberian dosis pupuk. Pada lahan datar, kedua responden (D1 dan D2) menggunakan dosis pupuk yang sama, yaitu urea sebesar 2 kg/pokok/ha, NPK dan TSP masing masing 1 kg/pokok/ha, serta KCl sebesar 2 kg/pokok/ha. Pada kondisi ini tidak ditemukan penggunaan dolomit. Namun, kedua responden memberikan pupuk organik dengan dosis lebih dari 3 kg/pokok/ha. Hal ini menunjukkan bahwa petani pada lahan datar masih menambahkan bahan organik sebagai pelengkap pemupukan anorganik yang diberikan.

Pada lahan landai dan agak curam, dosis pupuk yang diberikan oleh responden terlihat lebih bervariasi. Pada lahan landai, responden L1 menggunakan urea, NPK, TSP, dan KCl masing masing sebesar 1 kg/pokok/ha serta menambahkan dolomit sebesar 1 kg/pokok/ha tanpa pemberian pupuk organik. Sementara itu responden L2 memberikan urea sebesar 1 kg/pokok/ha, NPK 2 kg/pokok/ha, TSP dan KCl masing masing 1 kg/pokok/ha tanpa dolomit, namun menambahkan pupuk organik lebih dari 3 kg/pokok/ha. Pada lahan agak curam, kedua responden (C1 dan C2) menggunakan dosis urea 1 kg/pokok/ha, NPK 2 kg/pokok/ha, TSP 1 kg/pokok/ha, dan KCl 1 kg/pokok/ha. Perbedaannya terlihat pada penggunaan dolomit dan pupuk organik, dimana responden C1 tidak menggunakan dolomit tetapi memberikan pupuk organik lebih dari 3 kg/pokok/ha, sedangkan responden C2 menggunakan dolomit sebesar 1 kg/pokok/ha namun tidak memberikan pupuk organik. Kondisi ini menunjukkan bahwa dosis pupuk anorganik yang digunakan petani relatif serupa, sedangkan penggunaan dolomit dan pupuk organik lebih bergantung pada kebiasaan atau pertimbangan masing masing petani dalam mengelola lahannya.

Tabel 7. Praktik pemupukan pada berbagai lahan

Kemiringan	Responden	Praktik Pemupukan	
		Cara Aplikasi	Waktu Pemupukan
Datar	D1	Boardcasting	Musim Hujan
	D2	Boardcasting	Musim Hujan
Landai	L1	Boardcasting	Musim Hujan
	L2	Boardcasting	Musim Hujan
Agak Curam	C1	Boardcasting	Musim Hujan
	C2	Boardcasting	Musim Hujan

Berdasarkan data pada tabel 7, praktik pemupukan yang dilakukan oleh keseluruhan responden menunjukkan pola yang seragam. Seluruh responden pada lahan datar, landai,

maupun agak curam melakukan aplikasi pupuk dengan metode broadcasting, yaitu menyebarkan pupuk secara merata di sekitar tanaman.

Selain itu waktu pemupukan yang dilakukan oleh seluruh responden juga sama, yaitu pada musim hujan. Hal ini menunjukkan bahwa petani cenderung memilih waktu pemupukan saat ketersediaan air di dalam tanah cukup. Pola ini mencerminkan adanya kesamaan praktik budidaya yang diterapkan oleh petani pada berbagai kondisi kemiringan lahan.

Secara keseluruhan hasil penelitian menunjukkan bahwa kemiringan lahan memengaruhi sifat fisik tanah terutama pada berat volume dan porositas tanah, serta ketersediaan nitrogen secara lebih nyata dibandingkan sifat kimia lainnya. Pola ini konsisten dengan berbagai penelitian terdahulu pada perkebunan kelapa sawit di Indonesia yang menegaskan bahwa topografi berperan dalam menentukan tingkat degradasi tanah dan distribusi hara. Dengan demikian, pengelolaan lahan pada kelas kemiringan yang berbeda memerlukan pendekatan konservasi tanah yang spesifik lokasi untuk menjaga stabilitas struktur tanah, mempertahankan bahan organik, dan mendukung keberlanjutan produktivitas kelapa sawit rakyat.

KESIMPULAN

1. Kemiringan lahan berpengaruh terhadap sifat fisik tanah, ditunjukkan oleh meningkatnya berat volume dan menurunnya porositas pada lahan yang lebih miring. Namun, pada berat jenis tanah tidak berbeda nyata antar kelas kemiringan lahan.
2. Kandungan nitrogen total menurun secara nyata seiring meningkatnya kemiringan lahan, sedangkan pH tanah, C-organik, fosfor, dan kalium tidak menunjukkan perbedaan nyata.
3. Produktivitas kelapa sawit menurun pada lahan dengan kemiringan lebih tinggi.
4. Beberapa karakter vegetatif, khususnya diameter batang dan tebal petiole, lebih rendah pada lahan miring dibandingkan lahan datar.

DAFTAR PUSTAKA

- Adwiyah, R., Syaukat, Y., Indrawan, D., & Mulyati, H. (2023). *Examining Sustainable Supply Chain Management (SSCM) Performance in the Palm Oil Industry with the Triple Bottom Line Approach. Sustainability, 15(18), 13362.*
- Afandi, A., Syarif, M. N., & yahya, Z. (2017). *Managing Soil Deterioration and Erosion under Oil Palm. Oil Palm Bulletin 75, 1, 1-10.*
- Afrianti, N. A., Andriana, O. D., Afandi, A., & Ramadhani, W. S. (2023). Pengaruh Sistem Olah Tanah Dan Pemupukan Nitrogen Terhadap Ruang Pori Tanah Pada Pertanaman Jagung (*Zea Mays L.*) Tahun Ke-34 Di Lahan Politeknik Negeri Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika, 11(4), 635.*
- Alfarizi, T., Khalil, M., & Yusnizar, Y. (2023). Kajian Stok Karbon Organik Dan Nitrogen Total Tanah Pada Beberapa Jenis Tanaman Penutup Tanah Di Kebun Kelapa Sawit PT. Perkebunan Nusantara I Kota Langsa. *Rona Teknik Pertanian, 16(2), 194–203.*
- Asbur, Y., & Purwaningrum, Y. (2023). Efektivitas *Asystasia gangetica (L.) T. Anderson* sebagai Tanaman Penutup Tanah dalam Mengendalikan Erosi pada Pertanaman Jagung di Lahan Kering. *7(1).*
- Bachtiar, T., Syahputra, A. R., Citraresmini, A., Nurjayati, R., Hidawati, H., Rachmawati, V., & Mulyono, A. (2024). *Performances of phosphate-solubilizing microorganisms on soil chemical properties under different soil characteristics: A meta-analysis. Journal of Degraded and Mining Lands Management, 11(4), 6351–6366.*

- Desrihastuti, D., Maryanti, A., Sabli, T. E., Mahendra, I. A., & Hardi, N. A. (2023a). Dampak Kemiringan Lahan terhadap Kadar Hara dan Produksi Kelapa Sawit. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 59–70.
- Kafrawi, K., Hesti, N., Syatrawati, S., Rahim, I., & Kumalawati, Z. (2023). Tingkat Pertumbuhan dan Produksi Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada Berbagai Topografi Lahan. *Jurnal Galung Tropika*, 12(2), 203–212.
- Kravchuk, V., Ivaniuta, M., Ganzhenko, O., & Zaitsev, Y. (2024). *Density of soil composite composition in a changing magnetic field. Plant And Soil Science*, 15(3), 30–43.
- Mustikasari, N., Tarigan, S. D., Sabiham, S., & Sahari, B. (2018). Aliran Permukaan, Erosi dan Kehilangan Hara Kebun Kelapa Sawit Kabupaten Sorolangun Provinsi Jambi: *Surface runoff, Soil erosion and Nutrient Losses in Oil Palm Platisation Sorolangun District, Jambi Province. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 20(2), 82–85.
- Nugroho, Y. (2016). Pengaruh Posisi Lereng Terhadap Sifat Fisika Tanah. 4(3).
- Putra, D. P., Nugraha, N. S., Bimantio, M. P., Suparyanto, T., Nugroho, K. S., & Pardamean, B. (2026). *Transformation of pellet-based planting media as an organic matter and nutrient enhancer for improving soil quality. Commun. Math. Biol. Neurosci.*, 2026(0), Article ID 18.
- Saragih, S. W., Lubis, R., Hasibuan, W., Sembiring, A., Nasution, I. H., Meliala, A., & Anggraini, D. M. (2025). Pengaruh Nilai Ph Tanah Terhadap Potensi Penggunaan Lahan Pertanian Secanggang Kabupaten Langkat.
- Solekhah, B. A., Priyadarshini, R., & Maroeto, M. (2024). Kajian Pola Distribusi Tekstur terhadap Bahan Organik pada Berbagai Penggunaan Lahan. *Agro Bali : Agricultural Journal*, 7(1), 256–265.
- Tarigan, D. J. (2017). Keberagaman Pertumbuhan Vegetasi Penutup Tanah pada Kemiringan Lahan yang Berbeda di Perkebunan Kelapa Sawit.
- Yasin, S., & Yulnafatmawita, Y. (2018). *Effects of Slope Position on Soil Physico-chemical Characteristics Under Oil Palm Plantation in Wet Tropical Area, West Sumatra Indonesia. AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 40(2).