



PENGARUH KEMIRINGAN LERENG TERHADAP KUALITAS TANAH PADA PERTANAMAN NILAM DI KECAMATAN WOLASI, KABUPATEN KONAWE SELATAN

THE EFFECT OF SLOPE GRADIENT ON SOIL QUALITY UNDER PATCHUOLI ORCHAD IN WOLASI DISTRICT, SOUTH KONAWE REGENCY

Darwis Suleman*, Syamsu Alam, La Ode Rustam, Dewi Nurhayati Yusuf

Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo, Kendari
Jln. HEA. Mokodompit No.- Anduonohu, Kendari

*Penulis korespondensi: darwis_suleman@yahoo.com

Info Artikel	Diterima: 22/02/2025	Direvisi: 06/05/2025	Disetujui: 14/05/2025
---------------------	----------------------	----------------------	-----------------------

ABSTRAK

Kemiringan lereng merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi fungsi-fungsi tanah melalui erosi, transportasi dan sedimentasi tanah. Tujuan umum penelitian ini adalah untuk mengevaluasi perubahan kualitas tanah pada kemiringan lereng yang berbeda dan secara khusus menyiapkan data base kualitas tanah sebagai acuan pengambilan kebijakan pemanfaatan lahan yang berkelanjutan. Penelitian ini menggunakan metode survei bebas sistematis dimana titik sampel ditentukan secara purposive berdasarkan kemiringan lereng, yakni 0-8% dan 8-15%. Pada setiap kemiringan lereng ditetapkan 3 titik sampel dan pada setiap titik sampel terdapat 4 subsampel kemudian dikompositkan, sehingga diperoleh 9 sampel komposit. Sifat tanah yang diamati meliputi tekstur, pH, C-Organik, N-Total, P tersedia dan K tersedia. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan C organik tanah, N total dan K tersedia pada kemiringan 0-8% masing-masing sebesar 88,25 %, 29,87 % dan 10,53 % dibandingkan dengan kemiringan 8-15%. Indeks Kualitas Tanah (IKT) pada kemiringan lereng 0-8% dan 8-15% masing-masing tercatat sebesar 0,70 (baik) dan 0,60 (sedang). Diamati adanya penurunan C organik dan N total serta K tersedia dengan meningkatnya kemiringan lereng. Sehingga sangat dianjurkan untuk menerapkan system tanam konservasi untuk mencegah penurunan kualitas tanah pada masa-masa yang akan datang.

KATA KUNCI: Degradasi lahan, erosi, kualitas tanah, topografi

ABSTRACT

The slope gradient is one of the critical factors influencing soil functions through erosion, transportation and soil sedimentation. The general objective of this study was to evaluate the change of soil quality at different slopes gradient and specifically to prepare a soil quality data base as a reference for making sustainable land use policies. This study used a systematic free survey method in which the sample points were determined purposively based on the slope gradient, namely 0-8% and 8-15%. Three sample points were set up at each slope gradient comprising 4 subsamples each and then composited, so that 9 composite samples were obtained. Soil properties observed include texture, pH, organic C, total N, available P and K. The results highlighted that the soil organic C, total N and available K at 0-8% slope gradient increased by 88.25%, 29.87% and 10.53% respectively compared to the 8-15% slope gradient. The Soil Quality Index (SQI) at 0-8% and 8-15% slopes gradient was recorded by 0.70 (good) and 0.60 (moderate), respectively. It was observed a decline in organic C and total N as well as available K with an increasing of slope gradient. Therefore, it is highly recommended to practice a conservation planting system to avoid a decline in soil quality in the future.

KEYWORDS: Erosion, land degradation, soil quality, topography

Cite this as: Darwis Suleman, Syamsu Alam, La Ode Rustam & Dewi Nurhayati Yusuf (2025). Pengaruh Kemiringan Lereng Terhadap Kualitas Tanah pada Pertanaman Nilam di Kecamatan Wolasi, Kabupaten



PENDAHULUAN

Pertambahan jumlah penduduk yang begitu cepat telah memicu peningkatan kebutuhan lahan untuk memenuhi kebutuhan pangan manusia seperti konversi lahan hutan untuk pengembangan kelapa sawit, kakao, cengkeh, pembukaan sawah baru atau industri pertambangan. Meningkatnya intensitas penggunaan lahan dapat mengakibatkan penurunan kualitas tanah yakni kapasitas tanah untuk mempertahankan produktifitas dan memelihara lingkungan yang sehat untuk kehidupan manusia. Kecamatan Wolasi merupakan salah satu daerah di Kabupaten Konawe Selatan, namun berada di pinggiran Kota Kendari yang termasuk daerah penyangga kebutuhan masyarakat kota, sehingga aktifitas budidaya tanaman berkembang dengan cepat melalui pembukaan lahan baru atau intensifikasi lahan yang sudah ada.

Menurut BPS (2021) Kecamatan Wolasi mempunyai luas lahan kering sekitar 3.139 ha dengan pemanfaatan lahan untuk tegal/kebun 26 %, perkebunan 8 % dan ladang/huma 9 %. Kawasan budidaya pada lahan kering di Kecamatan Wolasi seperti nilam, kakao dan cengkeh berada pada kemiringan yang bervariasi antara 0 – 8 % hingga 25 – 40 %. Nilam telah lama dibudidayakan oleh petani karena mempunyai nilai ekonomi yang tinggi sebagai bahan baku

pembuatan parfum. Meningkatnya intensitas penggunaan lahan untuk tanaman nilam di Kecamatan Wolasi terutama pada wilayah dengan kemiringan yang tinggi bisa berdampak terhadap penurunan kualitas tanah. Hal ini disebabkan karena nilam merupakan tanaman yang berbentuk semak mempunyai perakaran yang dangkal sehingga kemampuannya untuk konservasi tanah sangat rendah. Konversi hutan menjadi lahan budidaya seperti nilam dapat menurunkan fungsi tanah melalui modifikasi beberapa sifat fisika, kimia dan biologi tanah (Don et al., 2011). Seperti dikemukakan oleh sejumlah peneliti bahwa perubahan penggunaan lahan dari hutan ke lahan budidaya dapat mengurangi bahan organik tanah, menurunkan kesuburan tanah, meningkatkan erosi dan kehilangan unsur hara (Muñoz-Rojas et al., 2015; Nabiollahi et al., 2018; Guimarães, 2013). Kehilangan bahan organik akibat deforestasi berkisar antara 30 – 42 % (Guo dan Gifford, 2002; Wang et al., 2011). Apalagi jika aktifitas budidaya dilakukan pada lahan dengan topografi bergelombang.

Kemiringan lahan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses drainase, aliran permukaan dan erosi yang pada akhirnya menurunkan kualitas tanah. Mujiyo et al. (2021) menjelaskan bahwa intensitas penggunaan lahan, terutama pada

topografi yang bergelombang dapat memicu penurunan kualitas tanah. Amuyou and Kotingo (2015) mengemukakan bahwa kemiringan lahan mempunyai pengaruh yang sangat signifikan terhadap sifat-sifat tanah seperti yang ditunjukkan oleh distribusi partikel tanah sepanjang kemiringan suatu lanskap. Oleh karena itu, untuk menjamin keberlanjutan pemanfaatan lahan dibutuhkan penilaian berkala tentang perubahan sifat-sifat tanah pada daerah-daerah dengan topografi bergelombang. Beberapa tahun terakhir, penelitian serupa mulai rutin dilaporkan pada berbagai komoditas pertanian di berbagai wilayah (Belay et al., 2025; Damiba et al., 2024; Ibrahim et al., 2023; Jimoh et al., 2022). Namun sampai saat ini belum ada data dan informasi mengenai perubahan sifat fisika-kimia tanah pada pertanaman nilam termasuk di Kecamatan Wolasi. Tujuan penelitian ini adalah mengevaluasi perubahan karakteristik tanah pada kelerengan berbeda dan dampaknya terhadap kualitas tanah. Penelitian ini diharapkan dapat menyediakan data base untuk menjadi acuan dalam pengambilan kebijakan pengelolaan lahan yang berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan selama 4 (empat) bulan, mulai Februari sampai dengan Juni 2022. Penelitian dilaksanakan di Desa Aunupe dan Desa Wolasi, Kecamatan Wolasi Kabupaten Konawe Selatan, sekitar 30 km dari ibukota Provinsi Sulawesi Tenggara, dengan letak geografis 3°59'56"LS - 4°31'52" LS dan 121°58'0" BT - 123°16'0"

BT, berada pada ketinggian 400 m di atas permukaan laut (dpl). Berdasarkan hasil interpretasi peta geologi Desa Wolasi dan Aunupe Kecamatan Wolasi Kabupaten Konawe Selatan skala 1:250.000, diketahui Desa Wolasi mempunyai satu sebaran geologi batuan yakni konglomerat sedangkan Aunupe mempunyai dua sebaran geologi batuan yakni batu gamping dan batu pasir. Curah hujan selama tahun 2016 – 2020 berkisar antara 2.000,4 – 3.488,4 mm/tahun. Suhu udara antara 20,0 – 33,0 °C dan kelembaban udara 72 – 91 %.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: peta jenis tanah skala 1:250.000, peta geologi skala 1:250.000, peta penggunaan lahan skala 1:250.000 dan peta pertanaman nilam skala 1:50.000. Untuk bahan-bahan di laboratorium yaitu, aquades, larutan HCl dan bahan-bahan lain untuk analisis sifat fisika dan kimia di laboratorium.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi GPS, bor tanah, pisau lapang, lakban bening, kertas label, karung, kamera dan alat tulis menulis. Untuk peralatan di laboratorium yaitu, neraca analitik, botol kocok 100 ml, dispenser 50 ml, gelas ukur, mesin pengocok, labu semprot 500 ml, pH meter, Erlenmeyer dan peralatan laboratorium lainnya.

Prosedur penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam bentuk survei pada areal pertanaman nilam dimana pengambilan sampel tanah ditetapkan berdasarkan kemiringan lereng yakni 0 – 8 % dan 8 – 15 %. Pada setiap kemiringan ditetapkan tiga titik sampel dengan jarak antar titik sampel

50 meter. Pada setiap titik sampel diambil 4 subsampel dengan jarak 20 meter dari titik sampel ke arah utara, timur, selatan dan barat. Pengambilan sampel tanah menggunakan bor pada kedalaman 0-20 cm, sebanyak 1 kg. Sampel tanah pada setiap kemiringan dikompositkan kemudian dibawa ke laboratorium, dikeringanginkan selama 3

hari selanjutnya dipreparasi untuk dianalisis.

Analisis sampel tanah

Analisis sampel tanah dilakukan untuk memperoleh data sifat fisik dan kimia tanah meliputi: tekstur, pH H₂O, C organik, N total, P dan K tersedia. Variabel yang dianalisis dan metode yang digunakan disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Variabel dan Metode Analisis di Laboratorium

No	Jenis	Satuan	Metode Analisis
1.	Tekstur	%	Pipet
2.	pH H ₂ O	-	pH meter
3.	C-Organik	%	Walkley and Black
4.	N total	%	Kjeldhal
5.	P-Tersedia	ppm	Bray II
6.	K-tersedia	me/100 g	Ekstrak NH ₄ Ac

Analisis Data

Analisis indeks kualitas tanah menggunakan metode pendekatan yang dikemukakan oleh Ghimire et al. (2018) berdasarkan skor masing-masing parameter yang diukur dikalikan dengan bobot setiap parameter dengan persamaan sebagai berikut:

$$IKT = [(a \times R_{STC}) + (b \times R_{pH}) + (c \times R_{OC}) + (d \times R_{NPK})]$$

Keterangan:

IKT = Indeks Kualitas Tanah

R_{STC} = nilai skor yang ditetapkan untuk kelas tekstur tanah

R_{pH} = nilai skor yang ditetapkan untuk pH tanah.

R_{OC} = nilai skor yang ditetapkan untuk karbon organik tanah.

R_N = nilai skor yang ditetapkan untuk nitrogen.

R_P = nilai skor yang diberikan fosfor.

R_K = nilai skor yang diberikan untuk kalium.

Bobot dari setiap parameter ditetapkan oleh Ghimire et al. (2018) sebagai berikut:

$$a = 0,2; b = 0,1; c = 0,4; \text{ dan } d = 0,3.$$

Skor untuk setiap parameter diuraikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Skor pada Setiap Parameter IKT (adaptasi dari Ghimire et al., 2018)

Parameter	Nilai skor				
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Tekstur	Liat atau Pasir	Lempung liat, liat dan pasir, liat berdebu	Debu, Pasir lempung	Lempung, Lempung berdebu, Lempung berpasir	Lempung liat berdebu, Liat berpasir
pH Tanah	< 4	4-4,9	5-5,9	6-6,4	6,5-7,5
C organik	< 0,5	0,6-1	1,1-2	2,1-4	>4
Kesuburan (NPK)	Rendah	Agak Rendah	Sedang	Agak Tinggi	Tinggi

Indeks kualitas tanah (IKT) yang dihasilkan memiliki rentang nilai antara 0 – 1. Jika nilai IKT mendekati 1 menunjukkan bahwa kualitas tanah semakin baik. Kriteria indeks kualitas tanah sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria Indeks Kualitas Tanah

No.	Kelas Nilai	Kriteria Kualitas Tanah
1	0,81 – 1,00	Sangat Baik
2	0,61 – 0,80	Baik
3	0,41 – 0,60	Sedang
4	0,20 – 0,40	Rendah

Sumber: Modifikasi dari Ghimire et al. (2018)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik fisika tanah

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan karakteristik fisika berdasarkan kemiringan lereng (Tabel 4). Kelas tekstur tanah pada kemiringan 0-8 % adalah debu, sedangkan pada kemiringan 8-15 % lempung berdebu. Pada kemiringan 0-8 % diamati adanya akumulasi partikel debu sebagai dampak dari pengangkutan partikel halus melalui aliran permukaan, dengan kandungan debu 89,46 %, sebaliknya kadar debu

pada kemiringan 8-15 % menurun menjadi 63,90 %. Peningkatan partikel debu pada kemiringan 0-8 % diduga sebagai akibat erosi yang terjadi pada lahan dengan kemiringan yang tinggi. Sebagaimana dikemukakan oleh Liu et al. (2001) dan Zheng et al. (2019) bahwa ketahanan tanah terhadap erosi menurun dengan meningkatkannya kemiringan lahan. Krasilnikov et al. (2005) menjelaskan bahwa kemiringan lahan akan mempengaruhi erosi, pengangkutan dan sedimentasi komponen-komponen fisika, kimia dan biologi tanah. Afshar et al. (2010) melaporkan bahwa kemiringan lahan mempercepat kerusakan tanah melalui erosi dan sangat mempengaruhi karakteristik tanah. Seperti dikemukakan beberapa penulis bahwa variasi spasial sifat fisika-kimia tanah dipengaruhi berbagai faktor antara lain topografi (Tsui et al., 2004; Yimer et al., 2006; Sidari et al., 2008; Herniyanti et al., 2023). Faktor ini akan mempengaruhi distribusi partikel-partikel tanah, bahan organik dan unsur hara dari kemiringan yang tinggi ke kemiringan yang lebih rendah.

Karakteristik kimia tanah

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan kadar C organik, N

total dan K tersedia pada kemiringan 0-8 %, kecuali pH dan P tersedia (Tabel 4). Peningkatan C organik, N total dan K tersedia masing-masing mencapai 88,25 %, 29,87 % dan 10,53 % dibandingkan dengan kemiringan 8-15 %. Hal ini diduga karena terjadinya pengangkutan atau erosi partikel tanah dari kemiringan yang tinggi dan terakumulasi pada kemiringan yang lebih rendah. Seperti yang dikemukakan oleh sejumlah peneliti bahwa perbedaan kemiringan lereng akan menyebabkan terjadinya pengangkutan bahan organik menuju ke

kemiringan yang lebih rendah (Su et al., 2010; Negasa et al., 2017; Seifu et al., 2020; Alam et al., 2020). Yasin dan Yulnafatmawati (2018) menemukan peningkatan bahan organik tanah dengan menurunnya kemiringan lahan yang disebabkan oleh erosi. Demikian pula N total dan K tersedia meningkat dengan semakin menurunnya kemiringan lahan sebagai akibat dari aliran permukaan yang mengangkut bahan-bahan organik (Aytenew, 2015).

Tabel 4. Karakteristik Fisika dan Kimia Tanah pada Kemiringan Lereng 0-8% dan 8-15

No.	Parameter	Kemiringan lereng	
		0-8 %	8 - 15 %
1.	Tekstur:	Debu	Lempung berdebu
	Debu (%)	89,46	63,90
	Liat (%)	3,11	22,55
	Pasir (%)	7,43	13,55
2.	pH	5,8	6,13
3.	C-Organik (%)	1,45	0,17
4.	N-total (%)	0,77	0,54
5.	P-tersedia (kg/ha)	14,14	16,98
6.	K-tersedia (kg/ha)	148,2	132,6

Penilaian Indeks Kualitas Tanah

Kualitas tanah menggambarkan kemampuan tanah dalam mempertahankan produktifitas tanaman, memelihara kualitas lingkungan, serta meningkatkan kesehatan tanaman dan hewan (Doran & Parkin, 1994). Penilaian indeks kualitas tanah mengacu pada karakteristik fisika, kimia dan biologi tanah yang dapat menggambarkan fungsi tanah. Berdasarkan fungsi tanah yang hendak dinilai kemudian dipilih beberapa indikator yang mengacu pada konsep minimum data set (MDS), yakni sesedikit mungkin tetapi dapat

memenuhi kebutuhan. Indikator yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada konsep yang dikemukakan oleh Ghimire et al. (2018).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa indeks kualitas tanah pada kemiringan lereng 0-8 % berada pada nilai 0,70 dengan kriteria baik (Tabel 5), sedangkan pada kemiringan 8-15 % berada pada nilai 0,60 dengan kriteria sedang (Tabel 6). Ada kecenderungan beberapa variabel pengamatan pada kemiringan yang lebih tinggi (8-15 %) menunjukkan kadar C organik, N total

dan K tersedia yang lebih rendah dibandingkan dengan kemiringan 0-8 % (Tabel 4). Demikian pula sebaliknya, kadar P tersedia dan pH tanah cenderung lebih tinggi pada kemiringan lereng yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kemiringan lereng berpengaruh terhadap karakteristik fisika dan kimia tanah.

Seperti yang ditemukan oleh Su et al. (2010) dan Zhu et al. (2014) bahwa posisi topografi akan mengendalikan pengangkutan partikel tanah, C organik dan N tanah serta hara lainnya yang terakumulasi pada posisi lahan yang lebih rendah. Oleh karena itu, untuk mengantisipasi kemungkinan semakin menurunnya kualitas tanah maka pemanfaatan lahan pada topografi yang bergelombang memerlukan tindakan konservasi untuk mempertahankan produktifitas tanaman. Adapun tindakan konservasi yang diperlukan seperti menjaga agar akar dan tanah tetap tertutup dengan meminimalkan gangguan pengolahan tanah yang intensif serta mengintegrasikan pemupukan organik dengan anorganik (Awoonor et al., 2025; Jendoubi et al., 2019). Variabel

yang memberikan kontribusi yang signifikan terhadap penurunan kualitas tanah pada kemiringan 8-15 % adalah kadar C organik yang sangat rendah yakni 0,17 %.

Sementara itu, pada lahan yang lebih datar (0-8 %) umumnya mengalami proses pelindian yang lebih intensif yang menyebabkan kation basa banyak terlindi, sebaliknya kation asam menjadi lebih banyak terakumulasi sehingga pH tanah menjadi lebih masam (Rahman et al., 2018). Pada lahan datar, tanah sering mengalami kondisi reduktif (anaerob) karena drainase yang kurang baik yang dapat menyebabkan Fe dan Mn menjadi lebih larut (toksik) yang ikut menurunkan pH tanah. Kondisi pH masam berimplikasi pada ketersediaan P yang rendah karena terikat oleh Al dan Fe (Antoniadis et al., 2015). Hal ini menyebabkan pH dan P tersedia tanah pada lahan datar menjadi lebih rendah dibandingkan pada lahan miring (8-15 %). Oleh karena itu pada lahan-lahan datar lebih diperlukan mitigasi melalui pengapuran untuk mengantisipasi peningkatan kemasaman tanah.

Tabel 5. Hasil Perhitungan Indeks Kualitas Tanah pada Kemiringan Lereng 0-8 %

No.	Parameter Tanah	Hasil Analisis	Bobot (1)	Skor (2)	Nilai (1 x 2)
1.	Tekstur	Debu	0,2	0,6	0,12
2.	pH	5,80 (AM)	0,1	0,6	0,06
3.	C-organik (%)	1,45 (R)	0,4	0,6	0,24
4.	N-total (%)	0,77 (T)	0,1	1,0	0,10
5.	P-tersedia (kg/ha)	14,14 (SR)	0,1	0,8	0,08
6.	K-tersedia (kg/ha)	148,2 (S)	0,1	1,0	0,10
IKT					0,70
Kriteria					Baik

Keterangan: AM = Agak Masam, SR = Sangat Rendah, R = Rendah, S = Sedang, T = Tinggi.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Indeks Kualitas Tanah pada Kemiringan Lereng 8-15%

No.	Parameter Tanah	Hasil Analisis	Bobot (1)	Skor (2)	Nilai (1 x 2)
1.	Tekstur	Lempung Berdebu	0,2	0,8	0,16
2.	pH	6,13 (AM)	0,1	0,8	0,08
3.	C-organik (%)	0,17 (SR)	0,4	0,2	0,08
4.	N-total (%)	0,54 (T)	0,1	0,8	0,08
5.	P-tersedia (kg/ha)	16,98 (R)	0,1	1	0,1
6.	K-tersedia (kg/ha)	132,6 (S)	0,1	1	0,1
IKT					0,60
Kriteria					Sedang

Keterangan: AM = Agak Masam, SR = Sangat Rendah, R = Rendah, S = Sedang, T = Tinggi.

Gerke (2022) menyatakan bahwa karbon organik tanah tidak hanya meningkatkan ketersediaan hara tetapi juga mempengaruhi kesuburan tanah melalui berbagai mekanisme dan juga memegang peranan penting dalam siklus karbon global. Blanco-Canqui et al. (2013) menjelaskan bahwa C organik dapat meningkatkan kemampuan tanah mengikat air, menurunkan bulk density dan meningkatkan porositas tanah. Lebih lanjut dikemukakan C organik tanah dapat meningkatkan kapasitas tukar kation tanah, selain itu meningkatkan aktifitas mikroba tanah.

SIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kemiringan lereng berpengaruh terhadap perubahan kualitas tanah. Pada kemiringan 0-8 % ditemukan lebih banyak partikel debu tanah (89,46%) dan peningkatan C organik tanah, N total dan K tersedia dibandingkan pada kemiringan lereng 8-15 %. Hasil penilaian kualitas tanah pada kemiringan lereng 0-8 % mempunyai indeks kualitas tanah dengan kriteria baik (0,70),

sedangkan pada kemiringan lereng 8-15 % mempunyai indeks kualitas tanah dengan kriteria sedang (0,60). Pada kemiringan yang lebih tinggi ada kecenderungan mengalami penurunan beberapa karakteristik fisika dan kimia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada para teknisi Laboratorium Ilmu Tanah pada Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo yang telah membantu analisis tanah di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Afshar, F.A., Ayoubi, S. and Jalalian, A. (2010). Soil redistribution rate and its relationship with soil organic carbon and total nitrogen using ^{137}Cs technique in a cultivated complex hillslope in western Iran. *J. Environ. Radioact.* 101(8): 606-614. doi: 10.1016/j.jenvrad.2010.03.008
- Alam, S., Purwanto, B.H., Hanudin, E. and Putra, E.T.S. (2020). Soil diversity influences oil palm productivity in ultramafic ecosystems, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas*,

- 21(11): 5521-5530. doi: 10.13057/biodiv/d211161
- Amuyou, U.A., and Kotingo, K.E. (2015). Toposequence analysis of soil properties of an agricultural field in the Obudu Mountain slopes, cross river state-Nigeria. *European Journal of Physical and Agricultural Sciences*, 3(1): 1-11.
- Antoniadis, V., Hatzis, F., Bachtsevanidis, D., and Koutroubas, S.D. (2015). Phosphorus Availability in Low-P and Acidic Soils as Affected by Liming and P Addition. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(10): 1288-1298. doi:10.1080/00103624.2015.1033539
- Awoonor, J.K., Amoakwah, E., Buri, M.M., Dogbey, B.F., and Gyamfi, J.K. (2025). Impact of Land use on soil quality: Insights from the forest-savannah transition zone of Ghana. *Heliyon*, 11(1): e41183. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e41183
- Aytenew, M. (2015). Effect of Slope Gradient on Selected Soil Physicochemical Properties of Dawja Watershed in Enebe Sar Midir District, Amhara National Regional State. *Am. J. Sci. sInd. Res.*, 6(4): 74-81. doi:10.5251/ajsir.2015.6.4.74.81
- Belay, A., Assen, M., and Abegaz, A. (2025). Soil quality dynamics in response to land-use management types and slope positions in northeastern highlands of Ethiopia. *Environmental and Sustainability Indicators*, 26: 100641. doi:10.1016/j.indic.2025.100641
- Blanco-Canqui, H., Shapiro, C.A., Wortmann, C.S., Drijber, R.A., Mamo, M., Shaver, T.M., and Ferguson, R.B. (2013). Soil organic carbon: The value to soil properties. *Journal of Soil and Water Conservation*, 68(5): 129A-134A. doi:10.2489/jswc.68.5.129a
- BPS. (2021). Kecamatan Wolasi Dalam Angka 2021. Badan Pusat Statistik Kabupaten Konawe Selatan.
- Damiba, W.A.F., Gathenya, J.M., Raude, J.M., and Home, P.G. (2024). Soil quality index (SQI) for evaluating the sustainability status of Kakia-Esamburmbur catchment under three different land use types in Narok County, Kenya. *Heliyon*, 10(5): e25611. doi:10.1016/j.heliyon.2024.e25611
- Don, A., Schumacher, J., and Freibauer, A. (2011). Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks—A meta-analysis. *Glob. Chang. Biol.* 17: 1658-1670.
- Doran, J.W., and Parkin, TB. (1994). Defining and Assessing Soil Quality, In *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. JW. Doran, DC. Coleman, DF. Bezdicek, & BA. Stewart (eds). SSSA Spec. Pub. No. 35. Soil Sci. Soc. Am., Am. Soc. Agron., Madison, WI, pp.3-21
- Gerke, J. (2022). The Central Role of Soil Organic Matter in Soil Fertility and Carbon Storage. *Soil Syst.* 6(2): 33. doi.org/10.3390/soilsystems6020033
- Ghimire, P., Bhatta, B., Pokhrel, B., Sharma, B., and Shrestha, I. (2018). Assessment of Soil Quality for Different Land Uses in the Chure Region of Central Nepal, *Jurnal of Agriculture and Natural Resources*, 1(1): 32-42.
- Guo, L.B., and Gifford, R.M. (2002). Soil carbon stocks and land use change: A meta-analysis. *Global Change Biology*, 8(4): 345 - 360.

- doi:10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x
- Guimarães, D.V., Gonzaga, M.I.S., da Silva, T.O., Silva, T.L., Dias, N.S., and Matias, M.I.S. (2013). Soil organic matter pools and carbon fractions in soil under different land uses. *Soil Till Res.* 126:177-182. doi:10.1016/j.still.2012.07.010
- Herniyanti, A., Suleman, D., Namriah, Ginting, S., Alam, S., Yusuf, D.N., and Resman. (2023). Influence of toposequence on soil quality of sugarcane plantation area in Bombana Regency, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1253: 012021. doi:10.1088/1755-1315/1253/1/012021
- Ibrahim, A.J, Bedadi, B., and Feyissa, S. (2023). Assessment of Selected Physicochemical Properties of Soils under Different Land Uses and Topographic Positions at Gola Wachu Subwatershed, Eastern Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*, Article ID 9988495, 13p. doi:10.1155/2023/9988495
- Jendoubi, D., Liniger, H., and Ifejika Speranza, C. (2019). Impacts of land use and topography on soil organic carbon in a Mediterranean landscape (north-western Tunisia), *SOIL*, 5: 239–251. doi:10.5194/soil-5-239-2019
- Jimoh, A., Sadiq, F., and jamila Aliyu. (2022). Assessment of the impacts of toposequence on soil properties and quality in Tula, Gombe State, Nigeria. *Agricultura Tropica et Subtropica*. doi:10.2478/ATS-2022-0012
- Khan, F., Hayat, Z., Ahmad, W., Ramzan, M., Shah, Z., Sharif, M., Mian, I.A., and Hanif, M. (2013). Effect of slope position on physicochemical properties of eroded soil. *Soil Environ.*, 32(1): 22-28.
- Krasilnikov, P.V., Calderón, N.E., Sedov, S.N., Vallejo Gómez, E., and Ramos Bello, R. (2005). The relationship between pedogenic and geomorphic processes in mountainous tropical forested area in Sierra Madre del Sur, Mexico. *Catena*, 62(1); 14-44. doi:10.1016/j.catena.2005.02.003
- Liu, Q., Chen, L., and Li, J. (2001). Influences of Slope Gradient on Soil Erosion. *Applied Mathematics and Mechanics*, 22 (5); 510–519. doi:10.1023/a:1016303213326
- Muñoz-Rojas, M., Jordán, A., Zavala, L., De la Rosa, D., Abd-Elmabod, S.K., and Anaya-Romero, M. (2015). Impact of land use and land cover changes on organic carbon stocks in Mediterranean soils (1956-2007). *Land Degrad Dev.* 26: 168-179.
- Mujiyo, Larasati, W., Widijanto, H. dan Herawati A. (2021). Pengaruh Kemiringan Lereng terhadap Kerusakan Tanah di Giritontro, Wonogiri. *Agrotrop: Journal on Agriculture Science*, 11(2): 115 – 128. doi:10.24843/AJoAS.2021.v11.i02.p02
- Nabiollahi, K., Golmohamadi, F., Taghizadeh-Mehrjardi, R., Kerry, R., and Davari, M. (2018). Assessing the effects of slope gradient and land use change on soil quality degradation through digital mapping of soil quality indices and soil loss rate. *Geoderma*. 318:16-28.
- Negasa, T., Ketema, H., Legesse, A., Sisay, M., and Temesgen, H. (2017). Variation in soil properties under different land use types managed by smallholder farmers along the toposequence in southern

- Ethiopia. *Geoderma*, 290, 40–50. doi:10.1016/j.geoderma.2016.11.021
- Rahman, M.A., Lee, S.-H., Ji, H.C., Kabir, A.H., Jones, C.S., and Lee, K.-W. (2018). Importance of Mineral Nutrition for Mitigating Aluminum Toxicity in Plants on Acidic Soils: Current Status and Opportunities. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(10): 3073. doi:10.3390/ijms19103073
- Seifu, W., Elias, E., and Gebresamuel, G. (2020). The Effects of Land Use and Landscape Position on Soil Physicochemical Properties in a Semiarid Watershed, Northern Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science*. Article ID 8816248. doi:10.1155/2020/8816248.
- Sidari, M., Ronzella, G. Vecchio, G., and Muscolo A. (2008). Influence of slope aspect on soil chemical and biochemical properties in a *Pinus laricio* forest ecosystem of Aspromonte (Southern Italy). *Eur J Soil Biol.* 44(4): 364–372. doi:10.1016/j.ejsobi.2008.05.001
- Su, Z.A., Zhang, J.H., and Nie, X.J. (2010). Effect of Soil Erosion on Soil Properties and Crop Yields on Slopes in the Sichuan Basin, China. *Pedosphere*, 20(6): 736–746. doi: 10.1016/S1002-0160(10)60064-1
- Tsui, C.C., Chen, Z.S., and Hsieh, C.F. (2004). Relationships between soil properties and slope position in a lowland rain forest of southern Taiwan. *Geoderma*, 123(1-2): 131–142. doi:10.1016/j.geoderma.2004.01.031
- Wang, Y., Fu, B., Lü, Y., and Chen, L. (2011). Effects of vegetation restoration on soil organic carbon sequestration at multiple scales in semi-arid Loess Plateau, China. *Catena*, 85: 58–66.
- Yasin, S., and Yulnafatmawati. (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 Sciences*, 40(2): 328–337. doi: 10.17503/agrivita.v40i2.880
- Yimer, F., Stig, L., and Abdelkadir, A. (2006). Soil property variations in relation to topographic aspect and vegetation community in the south-eastern highlands of Ethiopia. *For Ecol Manage.* 232: 90–99. doi:10.1016/j.foreco.2006.05.055.
- Zheng, W., Zhang, H., Jiang, Y., Zhang, X., Tong, Y., and Zhang, Q. (2019). Effect of Slope Gradient on Erosion Evolution Process at Microtopographic Tillage Soil Surfaces. *Journal of Geographic Information System*, (11): 481–492. doi: 10.4236/jgis.2019.115029
- Zhu, H., Wu, J., Guo, S., Huang, D., Zhu, Q., Ge, T., and Lei, T. (2014). Land use and topographic position control soil organic C and N accumulation in eroded hilly watershed of the Loess Plateau. *CATENA*, 120: 64–72. doi:10.1016/j.catena.2014.04.007