

PENGARUH TOPOGRAFI TERHADAP BEBERAPA KARAKTERISTIK TANAH SAWAH TADAH HUJAN DI DESA SINDANG KASIH KABUPATEN KONAWE SELATAN

THE EFFECT OF TOPOGRAPHY ON SOIL CHARACTERISTICS OF RAINFED RICE FIELD AT SINDANG KASIH, SOUTH KONAWE REGENCY

Darwis Suleman^{1*}, Syamsu Alam¹, Suaib², dan Dewi Nurhayati Yusuf¹

¹Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

²Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo, Kendari, Indonesia

*Corresponding Author. E-mail address: darwis_suleman@yahoo.com

ARTICLE HISTORY:

Received: 14 March 2024

Peer Review: 27 March 2024

Accepted: 25 January 2026

KATA KUNCI:

C-organik, erosi, ketinggian, sawah tadah hujan

KEYWORDS:

Elevation, erosion, organic- C, rainfed rice field

ABSTRAK

Keragaman topografi merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi sifat fisika dan kimia tanah sawah tadah hujan dan hal ini sangat mempengaruhi kesuburan tanah. Oleh karena itu telah dilakukan suatu penelitian untuk mengevaluasi pengaruh topografi terhadap beberapa karakteristik tanah sawah tadah hujan di Sindang Kasih, Kabupaten Konawe Selatan. Survei lapangan dilakukan pada lahan sawah tadah hujan seluas 150 ha yang titik sampelnya ditentukan secara purposif. Pengambilan sampel tanah dibagi menjadi 3 kategori berdasarkan ketinggian tempat: lahan atas, tengah dan bawah, dengan ketinggian masing-masing 88, 79 dan 66 meter di atas permukaan laut. Pada setiap ketinggian, diambil 3 titik sampel yang terdiri dari 4 subsampel kemudian dikompositkan menjadi 9 sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketinggian tempat memberikan pengaruh yang relatif sama terhadap kelas tekstur tanah (liat), pH tanah dan K-total tanah, namun kadar C-organik, P total, KTK dan KB meningkat secara signifikan dengan semakin menurunnya ketinggian tempat. Diamati hubungan yang kuat antara kadar C-organik dengan KTK tanah ($r=0,88$), serta pH dengan KTK tanah ($r=0,80$). Hasil evaluasi menyimpulkan bahwa terjadi penurunan kesuburan tanah seiring dengan bertambahnya ketinggian, sehingga diperlukan pertimbangan khusus untuk memulihkan kesuburan tanah pada lahan atas dan tengah.

ABSTRACT

The diversity of topography is a critical factor influencing the physical and chemical properties of rainfed rice fields and this greatly affects soil fertility. Therefore, a study has been carried out to evaluate the influence of topography on several characteristics of rainfed rice fields in Sindang Kasih, South Konawe Regency. Field survey was conducted across the 150 ha of rainfed rice field in which the sample points were determined purposively. Soil sampling was divided into 3 categories based on elevation: upper, middle and lower land, with an elevation of 88, 79 and 66 meters above sea level respectively. At each height level, three sample points were taken comprised of 4 subsamples and then composited into 9 samples and the soil samples were collected at 20 cm a depth. The results highlighted that the elevation level had not affected significantly the soil texture, pH and total K, however the organic C, total P and cation exchange capacity (CEC) as well as the percentage of base saturation increased significantly with the decreasing of elevation. A strong relationship was observed between organic C levels and soil CEC ($r=0.880$), as well as pH and soil CEC ($r=0.80$). The results of the assessment concluded that there was a declining of soil fertility with an increasing of elevation, and therefore a special consideration was needed to recovery the soil fertility of upper and middle land.

1. PENDAHULUAN

Sampai saat ini lahan sawah masih menjadi andalan utama penghasil padi di Indonesia yang terdiri dari sawah irigasi dan sawah tadah hujan. Meskipun ada kecenderungan lahan baku sawah di Indonesia mengalami penyusutan dari tahun ke tahun. Pada tahun 1990 luas lahan sawah mencapai 8,3 juta ha, kemudian tahun 2005 menjadi 7,8 juta ha dan tahun 2019 tersisa 7,46 juta ha (BPS, 2023) atau dalam kurun waktu 29 tahun turun sekitar 840.000 ha meskipun setiap tahun dilakukan pencetakan sawah baru. Lahan sawah irigasi yang subur di Pulau Jawa mengalami penyusutan akibat dikonversi menjadi kawasan perumahan, industri, mall dan kepentingan lainnya. Penyusutan ini bisa mengancam ketahanan pangan nasional karena produsen padi terbesar masih terpusat di Jawa. Oleh karena itu optimasi lahan sawah tadah hujan merupakan salah satu alternatif solusi untuk menopang ketahanan pangan nasional. Secara nasional, luas lahan sawah tadah hujan di Indonesia mencapai 3,71 juta hektar (45,7 % dari total lahan sawah), yang tersebar di Jawa, Nusa Tenggara, Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi (Kasno *et al.*, 2016). Meskipun luasannya kecil, namun dapat memberikan kontribusi pada ketahanan pangan nasional jika produktifitasnya dapat ditingkatkan. Beberapa peneliti melaporkan produktifitas padi sawah tadah hujan masih rendah, berkisar antara 1,8 - 3,1 t ha⁻¹ (Arifin *et al.*, 2021; Maryana *et al.*, 2021; Suratman, 2020) dan cukup beragam dari satu daerah dengan daerah lainnya. Penelitian yang dilakukan oleh Widyantoro & Toha (2010) melaporkan produktifitas bervariasi anatar 2,0 - 3,5 t ha⁻¹, sedangkan di India berkisar antara 0,95 - 3,55 t ha⁻¹ (Aggarwal *et al.*, 2008). Menurut Tuong *et al.* (2000) sebagian besar sawah tadah hujan mempunyai topografi bergelombang dan variabilitas spasial yang tinggi dari kondisi lingkungan.

Produktifitas padi sawah tadah hujan di Sulawesi Tenggara cukup bervariasi. Menurut BPS (2022) rata-rata produktifitas padi sawah sekitar 1,5 - 2,5 t ha⁻¹. Rendahnya produktifitas padi sawah tadah hujan terutama disebabkan oleh ketersediaan air, karena hanya mengandalkan air hujan. Oleh karena itu penetapan waktu tanam merupakan hal yang sangat krusial dalam budidaya padi sawah tadah hujan. Selain permasalahan tersebut, sawah tadah hujan diidentikkan dengan lahan yang tidak subur atau lahan marjinal. Akan tetapi hal ini sangat tergantung pada bahan induk penyusunnya. Sawah tadah hujan yang bahan induknya berasal dari abu vulkan umumnya lebih subur (seperti sawah tadah hujan yang ada di Jawa), sedangkan lahan sawah tadah hujan yang berasal dari batuan sedimen masam dan telah mengalami pelapukan lanjut umumnya miskin unsur hara (Hikmatullah & Suryani, 2014). Di Sulawesi Tenggara bahan induk penyusun sawah tadah hujan umumnya adalah batuan sedimen masam yang telah mengalami pelapukan lanjut yang dicirikan dengan top soil dangkal, bahan organik rendah, dan kapasitas tukar kation (KTK) rendah. Selain bahan penyusun yang menentukan kesuburan tanah sawah tadah hujan adalah posisinya terhadap topografi. Umumnya sawah tadah hujan berada pada topografi yang bergelombang. Seperti yang dilaporkan oleh beberapa peneliti bahwa variasi spasial sifat fisika-kimia tanah dipengaruhi berbagai faktor antara lain topografi (Alam *et al.*, 2020; Ayele *et al.*, 2020; Kiani *et al.*, 2020). Faktor ini akan mempengaruhi distribusi partikel-partikel tanah, bahan organik dan unsur hara. Amare *et al.* (2024) melaporkan bahwa kemiringan berpengaruh signifikan terhadap bulk density, tekstur, basa-basa tertukar, P tersedia dan KTK tanah. Kelerengan juga berpengaruh terhadap kualitas tanah (Herniyanti *et al.*, 2023). Ada kecenderungan lahan pada bagian bawah lebih subur dari bagian tengah dan atas. Kondisi topografi lahan sawah tadah hujan di Desa Sindang Kasih menunjukkan adanya variasi ketinggian yang membentang dari Selatan ke Utara menuju ke areal persawahan di Desa Jati Bali yang luas sawah keseluruhannya mencapai 400 ha. Namun saat ini belum ada informasi mengenai status kesuburan areal persawahan tersebut. Tujuan umum penelitian ini adalah mengevaluasi pengaruh topografi terhadap beberapa karakteristik kesuburan tanah sawah tadah hujan dan secara khusus menyediakan data dasar sebagai acuan dalam menetapkan rekomendasi pemupukan yang spesifik lokasi.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada lahan sawah tadah hujan di Desa Sindang Kasih Kecamatan Ranomeeto Barat, Kabupaten Konawe Selatan. Berdasarkan peta Bakosurtanal, lokasi penelitian termasuk dalam ordo tanah Ultisol. Suhu udara di lokasi penelitian bervariasi antara 21 – 34 °C, dan selama tahun 2021 curah hujan bulanan berkisar antara 100,6 – 585,2 mm.

Penelitian ini menggunakan metode survei bebas sistematis dimana titik sampel ditentukan secara purposive pada 3 ketinggian lahan yang berbeda yakni; 88, 79 dan 66 meter di atas permukaan laut dengan kemiringan masing-masing 1,62 %, 1,39 % dan 1,15 %. Sampel tanah diambil menggunakan cangkul pada kedalaman 0-20 cm. Pada setiap ketinggian diambil 3 titik sampel dan setiap titik terdapat 4 subsampel kemudian dikompositkan. Sampel tanah dimasukkan dalam kantong plastik kemudian dibawa ke laboratorium, dibersihkan dari kotoran, batuan dan kerikil, dihancurkan, kemudian dikering-anginkan dan diayak 2 mm mesh untuk pengukuran karakteristik tanah (Dercon *et al.*, 2022). Sifat-sifat tanah yang dianalisis meliputi: tekstur menggunakan metode pipet, kemudian kelas tekstur ditentukan berdasarkan pada segitiga tekstur, pH tanah menggunakan pH-meter, C-organik (Walkley & Black, 1934), P dan K potensial diekstraksi menggunakan pelarut HCl 25 %. Penetapan kapasitas tukar kation (KTK) menggunakan pengestrak Amonium Asetat 1 N pH 7, sedangkan kejenuhan basa (KB) ditetapkan berdasarkan jumlah basa yang terdapat dalam sampel kemudian dibagi dengan jumlah KTK dan dikalikan 100. Analisis data menggunakan dua pendekatan yakni analisis varians (Anova) untuk sifat fisika-kimia tanah selanjutnya perbedaan rata-rata perlakuan diuji dengan uji BNJ, sedangkan penetapan status kesuburan tanah dianalisis secara deskriptif mengacu pada kriteria yang ditetapkan oleh Balai Penelitian Tanah (2023).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tekstur, pH tanah dan C-organik

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketinggian lahan yang berbeda tidak menunjukkan perbedaan pada kelas tekstur tanah yakni liat (Tabel 1), dimana partikel liat pada posisi lahan atas, tengah dan bawah relatif sama yakni 82,06, 83,97 dan 81,33 %. Hal ini diduga karena perbedaan kemiringan dari lahan atas, tengah dan bawah relatif kecil. Seperti yang dilaporkan oleh Tan *et al.* (2014) bahwa erosi tanah tidak signifikan pada kemiringan < 8 % pada perkebunan kelapa sawit di Pahang. Namun berbeda dengan yang dikemukakan oleh Negasa *et al.* (2017) dan Aytenew (2015) yang melaporkan bahwa kadar liat meningkat dengan semakin menurunnya posisi lereng. Peningkatan kadar liat tentu saja akan berpengaruh terhadap sifat fisika-kimia lainnya. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa posisi lereng tidak berpengaruh signifikan terhadap pH tanah (Tabel 1) dengan kisaran 5,05 hingga 5,53 (masam). Tamene *et al.* (2020) menjelaskan bahwa posisi lereng tidak berpengaruh nyata terhadap pH tanah. Rendahnya pH tersebut selain dipengaruhi oleh bahan induk tanah lokasi penelitian yang berasal dari batuan sedimen masam, juga diduga karena terjadinya pengangkutan kation-kation basa seperti K^+ , Ca^{+2} dan Mg^{+2} ke areal persawahan yang lebih rendah posisinya. Emiru & Gebrekidan (2013) mengatakan bahwa kehilangan kation-kation basa dapat terjadi melalui aliran air menuju ke posisi lereng yang lebih rendah dan berakibat pada penurunan pH tanah.

Meskipun ketinggian lahan tidak berpengaruh nyata terhadap distribusi partikel tanah, namun hasil anova menunjukkan posisi lahan berpengaruh nyata terhadap kadar C-organik tanah. Pada lahan bagian tengah dan bawah menunjukkan adanya peningkatan kadar C-organik yang lebih tinggi dari lahan bagian atas (Tabel 1). Akumulasi C-organik tertinggi diperoleh pada lereng bagian bawah yakni 3,09 % yang lebih tinggi dari lereng bagian atas. Penurunan tertinggi terjadi pada lahan atas yakni 50,49 %, sedangkan lahan tengah 17,15 %. Hal ini diduga karena C-organik tanah terangkut

bersama aliran air dari lahan bagian atas ke bawah. Seperti yang dilaporkan oleh beberapa peneliti bahwa pada posisi lereng yang berbeda akan memicu terjadinya erosi dan akumulasi C-organik pada lereng bagian bawah (Negasa *et al.*, 2017; Alam *et al.*, 2020; Seifu *et al.*, 2020).

Penurunan kadar C-organik pada lahan bagian atas akan mengakibatkan penurunan bahan organik dan kesuburan tanah. Hubungan yang positif antara C-organik dan KTK dengan nilai $r = 0,880$ ditunjukkan pada Gambar 1. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan bahan organik tanah dapat meningkatkan kation-kation basa di dalam tanah. Gerke (2022) menjelaskan bahwa bahan organik tanah memegang posisi sentral dalam fungsi tanah dan sifat fisikakimia tanah. Bahan organik dapat menurunkan bulk density tanah, meningkatkan porositas, memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kapasitas tanah mengikat air (Walsh & McDonnell, 2012). Beberapa penulis juga mengungkapkan bahwa bahan organik meningkatkan KTK tanah dan ketersediaan unsur hara, mampu menyerap logam-logam berat (Ali *et al.*, 2020) dan meningkatkan aktivitas mikroba tanah (Zhou *et al.*, 2023).

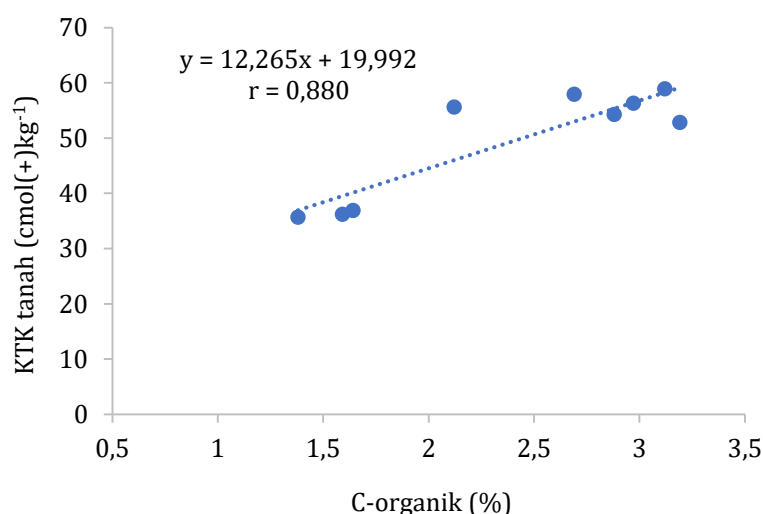
3.2 KTK, KB, P dan K Tanah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa posisi lahan berpengaruh secara signifikan terhadap KTK tanah (Tabel 2). Pada lahan bawah KTK mencapai $56,00 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ yang tidak berbeda dengan lahan tengah $55,90 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$, namun signifikan dibanding lahan atas $36,26 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$. Penurunan tertinggi terjadi pada lahan atas yakni 35,25 %, sedangkan lahan tengah hanya 0,18 %.

Beberapa peneliti melaporkan bahwa kapasitas tukar kation tanah (KTK) meningkat dengan semakin menurunnya posisi lahan sebagai akibat dari akumulasi partikel liat dan bahan organik (Alam *et al.*, 2020; Yasin & Yulnafatmawita, 2018; Zhang *et al.*, 2021). Hubungan yang positif ditemukan antara pH dan KTK dengan nilai $r = 0,807$ (Gambar 2), KTK meningkat dengan semakin meningkatnya pH tanah.

Tabel 1. Distribusi partikel tanah, C-organik dan pH tanah pada posisi lahan yang berbeda

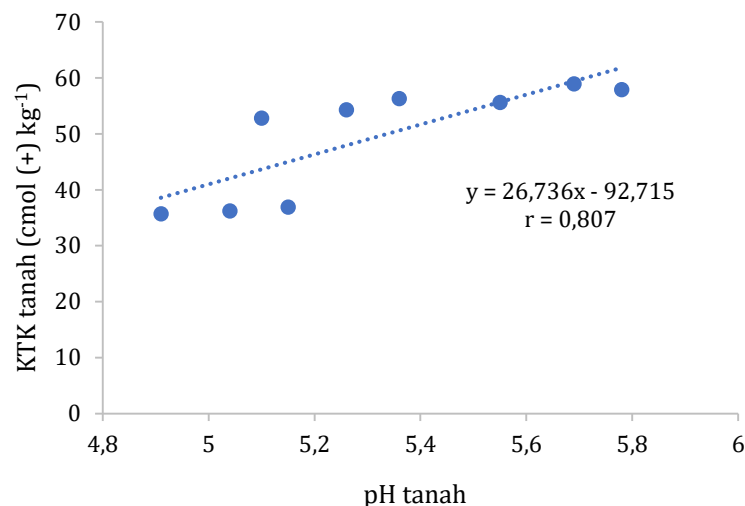
Posisi Lahan	Ketinggian (mdpl)	Distribusi partikel (%)			Kelas Tekstur	C-organik (%)	pH
		Pasir	Debu	Liat			
Atas	88	1,99	15,95	82,06	Liat	1,53b	5,53a
Tengah	79	2,13	13,90	83,97	Liat	2,56a	5,38a
Bawah	66	1,72	16,95	81,33	Liat	3,09a	5,03a



Gambar 1. Hubungan antara C-organik tanah dengan KTK sawah tadah hujan di Desa Sindang Kasih

Tabel 2. Kapasitas Tukar Kation (KTK), Kejenuhan Basa (KB), P total dan K total tanah pada posisi lahan yang berbeda

Posisi Lahan	Ketinggian (mdpl)	KTK (cmol(+)/kg)	KB (%)	P (mg/100g)	K (mg/100g)
Atas	88	36,26b	28,70c	17,70c	99,13a
Tengah	79	55,90a	34,16b	39,43b	109,00a
Bawah	66	56,00a	37,40a	45,16a	112,56a



Gambar 2. Hubungan antara pH tanah dengan KTK sawah tadah hujan di Desa Sindang Kasih

Kejenuhan basa (KB) berkisar antara 28,70 – 37,40 %, nilai tersebut termasuk rendah yang mencirikan tanah Ultisol. Hal ini diduga karena pengaruh faktor bahan induk sedimen masam yang memiliki cadangan kation basa yang rendah, erosi dan pencucian basa-basa sehingga mempengaruhi pH tanah yang rendah. Kejenuhan basa (KB) tanah meningkat secara signifikan dengan semakin menurunnya posisi lahan (Tabel 2). Pada lahan bawah nilai KB mencapai 37,40 cmol(+) kg⁻¹ yang secara signifikan lebih tinggi dari lahan tengah dan atas. Pada lahan atas terjadi penurunan yang signifikan yakni 23,26 %. Kabala & Labaz (2018) menunjukkan bahwa peningkatan KB berkorelasi positif dengan peningkatan pH tanah. Hal ini sejalan dengan Alam *et al.* (2020) yang melaporkan bahwa pada posisi lereng bagian bawah terjadi akumulasi kation-kation basa sebagai hasil erosi dan pelindian.

P total tanah meningkat secara signifikan dengan semakin menurunnya posisi lahan (Tabel 2). P total pada lahan bawah adalah 45,16 mg/100g secara signifikan lebih tinggi dari bagian tengah dan atas. Diamati adanya penurunan P total yang sangat signifikan pada lahan atas yang mencapai 60,81 % dibandingkan lahan bawah. Omokaro (2023) melaporkan perbedaan karakteristik fisika tanah pada toposekuen yang berbeda disebabkan oleh erosi, pengangkutan dan sedimentasi komponen-komponen fisika, kimia dan biologi tanah.

Seperti yang dijelaskan oleh Negasa *et al.* (2017) bahwa erosi tanah memainkan peranan yang penting terhadap pengangkutan bahan organik tanah dari lereng bagian atas ke lereng bagian bawah. Peneliti yang lain melaporkan bahwa KTK, N total dan P total tanah berkorelasi negatif dengan kemiringan lereng (Tamene *et al.*, 2020; Wubie & Assen, 2020). Brosens *et al.* (2020) melaporkan bahwa kemiringan lereng mempercepat mobilisasi partikel-partikel tanah menuju tempat-tempat yang lebih rendah. Namun demikian K dapat tukar tanah tidak dipengaruhi secara signifikan oleh posisi lahan (Tabel 2), walaupun ada kecenderungan meningkat dengan semakin menurunnya posisi lahan. Hal ini diduga karena K terikat kuat pada permukaan jerapan terutama akibat partikel liat yang tinggi (Yasin & Yulnafatmawita, 2018).

Tabel 3. Status kesuburan tanah sawah tadah hujan di Desa Sindang Kasih Kecamatan Ranomeeto Barat

Parameter	Posisi lahan		
	Atas	Tengah	Bawah
KTK (cmol (+) kg ⁻¹)	36,26(T)	55,93(ST)	56,00(ST)
KB (%)	28,60(R)	34,16(R)	37,40(S)
P Total (mg 100 g ⁻¹)	17,72(R)	39,40(S)	45,15(T)
K Total (mg 100 g ⁻¹)	109,15(ST)	99,21(ST)	112,36(ST)
C-Organik (%)	1,53(R)	2,56(R)	3,09(T)
Status Kesuburan Tanah	Rendah	Rendah	Tinggi

*Keterangan: R= Rendah, S= Sedang, T= Tinggi, ST= Sangat Tinggi.

3.3 Penetapan Status Kesuburan Tanah

Beberapa indikator menunjukkan peningkatan sifat-sifat kimia tanah seiring dengan semakin menurunnya posisi lahan (Tabel 3). Semua variabel kesuburan tanah yang dianalisis mengalami peningkatan dengan menurunnya posisi lahan, kecuali K total tanah. Ada tiga parameter yang menjadi penyebab rendahnya kesuburan tanah sawah bagian atas dan tengah yakni C-organik, kejenuhan basa (KB), dan P total. C-organik tanah merupakan komponen fundamental fungsi tanah yang mempengaruhi beberapa sifat fisika, kimia dan biologi tanah. Murphy (2015) melaporkan bahwa bahan organik meningkatkan kapasitas tanah mengikat air dan memperbaiki stabilitas agregat tanah. Stabilitas agregat tanah akan menurun dengan cepat jika kadar C-organik tanah kurang dari 1,2 – 1,5 %. Perubahan C-organik tanah karena adanya erosi pada daerah berlereng berdampak pada perubahan karakteristik kesuburan dan kualitas tanah. Erosi pada daerah berlereng menyebabkan hilangnya lapisan tanah atas sehingga mempengaruhi retensi air, tekstur dan struktur tanah yang penting untuk produktivitas pertanian (Zhou *et al.*, 2024). Xu *et al.* (2014) melaporkan bahwa bahan organik dapat meningkatkan stabilitas agregat dan kapasitas tanah menahan air, kapasitas tukar kation (KTK), retensi unsur hara, menurunkan *bulk density* (BD) dan meningkatkan pH tanah serta populasi mikroba tanah dan ketersediaan unsur hara.

P-total tanah bervariasi antara 17,72 mg 100 g⁻¹ pada lahan atas dan tertinggi pada lahan bawah yakni 45,15 mg 100 g⁻¹. Peningkatan ini diduga berkaitan dengan pengangkutan partikel tanah dan bahan organik dari lahan atas ke bawah. Hal ini sejalan dengan yang dilaporkan oleh Khan *et al.* (2013) bahwa kemiringan lahan berpengaruh signifikan terhadap P tanah karena terikat kuat dengan kompleks jerapan.

Kejenuhan basa (KB) pada lahan atas secara nyata lebih rendah dari lahan tengah dan bawah. Peningkatan KB pada lahan bawah diduga berkaitan dengan peningkatan C-organik tanah. Kejenuhan basa merupakan salah satu indikator penting ketersediaan unsur hara di dalam tanah. Semakin kecil KB maka semakin sedikit kation-kation yang tersedia. Seperti dikemukakan oleh beberapa peneliti bahwa KB merupakan indikasi banyak kation-kation yang tersedia di dalam tanah (Rawal *et al.*, 2019; Tiecher *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2023). Kejenuhan basa memainkan peranan penting dalam mempertahankan hara tanah, menyediakan hara esensial untuk tanaman dan mempertahankan pH tanah (Luo *et al.*, 2017; Katili *et al.*, 2025).

4. KESIMPULAN

Keragaman topografi berpengaruh signifikan terhadap perubahan kadar C-organik, P total, KTK dan KB, kecuali tekstur, pH dan K total tanah. Pada lahan bawah terjadi peningkatan beberapa sifat kimia sebagai akibat dari pengangkutan partikel liat dan bahan organik, sebaliknya pada lahan atas dan tengah terjadi penurunan yang signifikan terhadap C organik, KTK, KB dan P total tanah. Diamati hubungan yang positif antara C-organik dan KTK ($r=0,88$), serta peningkatan pH tanah

dengan KTK ($r=0,80$). Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa status kesuburan tanah mengalami penurunan seiring peningkatan posisi lahan dan sebaliknya kesuburan tanah meningkat dengan semakin menurunnya posisi lahan. Data penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam penetapan rekomendasi pemupukan yang spesifik lokasi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami menyampaikan terima kasih kepada Teguh Ananda Anshori yang telah membantu melakukan pengambilan sampel tanah di lapangan dan preparasi awal untuk proses analisis di laboratorium.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal, P. K., Hebbar, K. B., Venugopal, M., Rani, S., Biswal, A., & Wani, S. P. (2008). *Quantification of yield gaps in rain-fed rice, wheat, cotton and mustard in India*. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Alam, S., Purwanto, B. H., Hanudin, E., & Putra, E. T. S. (2020). Soil diversity influences on oil palm productivity in ultramafic ecosystems, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(11), 5521–5530.
- Ali, U., Shaaban, M., Bashir, S., Gao, R., Fu, Q., Zhu, J., & Hu, H. (2020). Rice straw, biochar and calcite incorporation enhance nickel (Ni) immobilization in contaminated soil and Ni removal capacity. *Chemosphere*, 244, 125418.
- Amare, H., Admase, H., & Ewunetu, T. (2024). Influence of land-use types and topographic slopes on the physico-chemical characteristics of soils in Northwestern Ethiopia. *Frontiers in Soil Science*, 4, 1–9.
- Arifin, A., Biba, M. A., & Syafiuddin, S. (2021). Determinants of production and income risks of rainfed lowland farming: A case study in Maros Regency, Indonesia. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 36(2), 319.
- Ayele, G. T., Demissie, S. S., Jemberrie, M. A., Jeong, J., & Hamilton, D. P. (2020). Terrain effects on the spatial variability of soil physical and chemical properties. *Soil Systems*, 4(1), 1–21.
- Aytenew, M. (2015). Effect of slope gradient on selected soil physicochemical properties of Dawja Watershed in Enebe Sar Midir District. *American Journal of Scientific and Industrial Research*, 6(4), 74–81.
- Balai Penelitian Tanah. (2023). *Analisis kimia tanah, tanaman, air, dan pupuk* (3rd ed.). Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk.
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Luas panen dan produksi padi di Sulawesi Tenggara*. BPS Sulawesi Tenggara. <https://sultra.bps.go.id/statictable/2023/09/22/4509>
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Luas sawah baku Indonesia*. BPS Sulawesi Tenggara. <https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2023/03/01/2025>
- Brosens, L., Campforts, B., Robinet, J., Vanacker, V., Opfergelt, S., Ameijeiras-Mariño, Y., Minella, J. P. G., & Govers, G. (2020). Slope gradient controls soil thickness and chemical weathering in subtropical Brazil: Understanding rates and timescales of regional soilscape evolution through a combination of field data and modeling. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 125(6), 1–26.
- Dercon, G., Yi, A. L. Z., Fesenko, S., & Heng, L. (2022). *Sampling of agricultural soils and plants for radioactivity analysis*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Emiru, H., & Gebrekidan, H. (2013). Effect of land use changes and soil depth on soil organic matter, total nitrogen and available phosphorus contents of soils in Senbat Watershed, Western Ethiopia. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 8(3), 206–212.
- Gerke, J. (2022). The central role of soil organic matter in soil fertility and carbon storage. *Soil Systems*, 6(33), 1–14.
- Herniyanti, A., Suleman, D., Namriah, Ginting, S., Alam, S., Yusuf, D. N., & Resman. (2023). Influence of toposequence on soil quality of sugarcane plantation area in Bombana Regency, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1253, 012021.
- Hikmatullah, H., & Suryani, E. (2014). Potensi sumberdaya lahan Pulau Sulawesi mendukung peningkatan produksi padi, jagung, dan kedele. *Jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus*, 41–56.
- Kabala, C., & Łabaz, B. (2018). Relationships between soil pH and base saturation: Conclusions for Polish and international soil classifications. *Soil Science Annual*, 69(4), 206–214.
- Kasno, A., Rostaman, T., & Setyorini, D. (2016). Peningkatan produktivitas lahan sawah tadah hujan dengan pemupukan hara N, P, dan K dan penggunaan padi varietas unggul. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 40(2), 147–157.
- Katili, H. A., Sariyani, S., & Ongky, O. (2025). Spatial distribution of nutrients to determine soil fertility in mixed farming based on geostatistical Kriging. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 12(3), 7723–7738.
- Khan, F., Hayat, Z., Ahmad, W., Ramzan, M., Shah, Z., Sharif, M., Mian, I. A., & Hanif, M. (2013). Effect of slope position on physico-chemical properties of eroded soil. *Soil and Environment*, 32(1), 22–28.
- Kiani, M., Hernandez-Ramirez, G., & Quideau, S. (2020). Spatial variation of soil quality indicators as a function of land use and topography. *Canadian Journal of Soil Science*, 100, 463–478.
- Luo, X., Liu, G., Xia, Y., Chen, L., Jiang, Z., Zheng, H., & Wang, Z. (2017). Use of biochar-compost to improve properties and productivity of the degraded coastal soil in the Yellow River Delta, China. *Journal of Soils and Sediments*, 17(3), 780–789.
- Maryana, Y. E., Herwenita, H., & Hutapea, Y. (2021). Performance of new superior variety of rice and its feasibility in rainfed rice lowland of South Sumatra. *Jurnal Lahan Suboptimal: Journal of Suboptimal Lands*, 10(1), 54–63.
- Murphy, B. (2015). Key soil functional properties affected by soil organic matter: Evidence from published literature. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 25(1), 1–6.
- Negasa, T., Ketema, H., Legesse, A., Sisay, M., & 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.
- Omokaro, G. O. (2023). A review on the impacts of toposequence on soil properties. *American Journal of Environment and Climate*, 2(3), 114–120.
- Rawal, A., Chakraborty, S., Li, B., Lewis, K., Godoy, M., Paulette, L., & Weindorf, D. C. (2019). Determination of base saturation percentage in agricultural soils via portable X-ray fluorescence spectrometer. *Geoderma*, 338, 375–382.
- Seifu, W., Elias, E., & Gebresamuel, G. (2020). Effects of land use and landscape position on soil properties in Dire Watershed, Central Highlands of Ethiopia. *Eurasian Soil Science*, 56, 951–962.
- Suratman, Y. (2020). Produktivitas dan pendapatan usahatani padi sawah tadah hujan di Kelurahan Cempaka Kota Banjarbaru. *Rawa Sains: Jurnal Sains STIPER Amuntai*, 10(2), 87–94.
- Tamene, G. M., Adiss, H. K., & Alemu, M. Y. (2020). Effect of slope aspect and land use types on selected soil physicochemical properties in North Western Ethiopian Highlands. *Applied and Environmental Soil Science*, 2020(1), 1–8.

- Tan, N. P., Wong, M. K., Yusuyin, Y., Abdu, A., Iwasaki, K., & Tanaka, S. (2014). Soil characteristics in an oil palm field, Central Pahang, Malaysia, with special reference to micro sites under different managements and slope positions. *Tropical Agriculture Development*, 58(4), 146–154.
- Tiecher, T., Gatiboni, L., Dos Santos, D. R., Bissani, C. A., Martins, A. P., Gianello, C., Dick, D. P., Bortoluzzi, E. C., Escosteguy, P. A. V., da Silva, L. S., Brunetto, G., Mallmann, F. J. K., Pauletti, V., Lourenzi, C. R., de Sousa, R. O., Carlos, F. S., & Azevedo, A. C. (2022). Base saturation is an inadequate term for soil science. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 46, 1–7.
- Tuong, T. P., Kam, S. P., Wade, L., Pandey, S., Bouman, B. A. M., & Hardy, B. (2000). *Characterizing and understanding rainfed environments*. Proceedings of the International Workshop on Characterizing and Understanding Rainfed Environments.
- Walkley, A., & Black, C. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29–38.
- Walsh, E., & McDonnell, K. P. (2012). The influence of added organic matter on soil physical, chemical, and biological properties: A small-scale and short-time experiment using straw. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58(S1), 17–20.
- Widyantoro, W., & Toha, H. M. (2010). Optimalisasi pengelolaan padi sawah tadah hujan melalui pendekatan pengelolaan tanaman terpadu. In *Prosiding Pekan Serealia Nasional*. Balitsereal.
- Wubie, M. A., & Assen, M. (2020). Effects of land cover changes and slope gradient on soil quality in the Gumara watershed, Lake Tana basin of North-West Ethiopia. *Modeling Earth Systems and Environment*, 6(1), 85–97.
- Xu, H. J., Wang, X. H., Li, H., Yao, H. Y., Su, J. Q., & Zhu, Y. G. (2014). Biochar impacts soil microbial community composition and nitrogen cycling in an acidic soil planted with rape. *Environmental Science & Technology*, 48(16), 9391–9399.
- Yasin, S., & Yulnafatmawita. (2018). Effects of slope position on soil physico-chemical characteristics under oil palm plantation in wet tropical area, West Sumatra, Indonesia. *Agrivita*, 40(2), 328–337.
- Zhang, Q. Z., Wang, Y., Yao, W., Kong, Z., Zhao, M., Shao, S., & Wei, X. (2021). Effects of slope morphology and position on soil nutrients after deforestation in the hilly loess region of China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 321, 107615.
- Zhang, J., Qu, X., Song, X., Xiao, Y., Wang, A., & Li, D. (2023). Spatial variation in soil base saturation and exchangeable cations in tropical and subtropical China. *Agronomy*, 13, 781.
- Zhou, J., Sun, T., Shi, L., Kurganova, I., de Gerenyu, V. L., Kalinina, O., Giani, L., & Kuzyakov, Y. (2023). Organic carbon accumulation and microbial activities in arable soils after abandonment: A chronosequence study. *Geoderma*, 435, 106001.
- Zhou, S., Li, P., & Zhang, Y. (2024). Factors influencing and changes in the organic carbon pattern on slope surfaces induced by soil erosion. *Soil and Tillage Research*, 238, 116496.