

Analisis Kehilangan Fosfat dan Dampak Ekonomi Petani Agrowisata di Kelurahan Loto Kota Ternate

Analysis of Phosphate Loss and Economic Impacts for Agrotourism Farmers in Loto Village, Ternate City

Muhammad Yamin Kadar¹, Buhari Umasugi², Tri Mulya Hartati², Ramli Hadun³, Lily Ishak², Adnan Sofyan³

¹Mahasiswa Magister Ilmu Pertanian, Pascasarjana, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

²Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

³Program Studi Magister Ilmu Pertanian, Pascasarjana, Universitas Khairun, Ternate, Indonesia

*Koresponden Author. Email: my7021991@gmail.com

Received: 2 Agustus 2026

Accepted: 30 September 2026

Available online: 23 Oktober 2026

ABSTRACT

Soil erosion is a form of land degradation that leads to the loss of soil and nutrients, resulting in economic consequences for agricultural land management. This study aimed to analyze the loss of phosphate (P) nutrients and the associated economic impact on farmers caused by soil erosion. The research was conducted at the Loto Agrotourism site in Loto Village, Ternate City. Collection pits were established at 12 observation points (LT01–LT12) to capture sediment transported by surface runoff and soil erosion. Soil analysis was performed at all observation points to determine P nutrient concentrations; subsequently, nutrient loss was calculated based on erosion rates. The economic value of the nutrient loss was estimated based on the cost of replacement fertilizers. The results showed that erosion rates varied across plots, ranging from a low of 0.0088 tons/ha at LT03 to a high of 0.3749 tons/ha at LT08. The highest P nutrient loss occurred at LT08, amounting to 0.01073 kg/ha of P₂O₅. The estimated economic value of the nutrient loss, based on P fertilizer requirements, was Rp 5,306,898. These findings highlight the extent of P nutrient loss at the Loto Agrotourism site, underscoring the importance of implementing soil and water conservation measures tailored to specific site conditions to mitigate erosion and nutrient loss.

Keywords: agrotourism, economic value, phosphate nutrients, soil erosion, sediment

I. PENDAHULUAN

Tanah merupakan sumber daya penting dalam mendukung kegiatan pertanian karena berfungsi sebagai media tumbuh tanaman dan penyedia unsur hara. Pengelolaan lahan yang tidak memperhatikan kondisi biofisik dapat meningkatkan risiko erosi, terutama pada lahan berlereng dan wilayah dengan curah hujan tinggi. Erosi menyebabkan terlepasnya dan terangkutnya partikel tanah sehingga lapisan tanah bagian atas beserta unsur hara yang terkandung di dalamnya dapat hilang (Janata et al., 2025). Kehilangan tersebut tidak hanya berpengaruh terhadap kualitas tanah, tetapi juga dapat meningkatkan kebutuhan input untuk mempertahankan produktivitas lahan.

Salah satu unsur hara yang penting tetapi rentan mengalami kehilangan melalui proses erosi dan limpasan permukaan adalah fosfor (P). Fosfor berperan penting dalam transfer energi, perkembangan akar, pembentukan bunga dan biji, serta berbagai proses metabolisme tanaman. Berbeda dengan nitrogen yang relatif mudah

mengalami transformasi dan kehilangan dalam bentuk gas, fosfor di dalam tanah sebagian besar berada dalam bentuk yang terikat pada mineral tanah atau bahan organik. Meskipun demikian, fosfor yang terikat pada partikel tanah dapat berpindah bersama sedimen ketika terjadi erosi. Limpasan permukaan juga dapat membawa fosfor terlarut, terutama pada lahan yang menerima input pupuk fosfat secara intensif atau ketika kapasitas tanah dalam mempertahankan fosfor telah terlampaui (Sharpley et al., 2001)).

Dalam perspektif ekonomi pertanian, kehilangan fosfor melalui erosi merupakan kehilangan modal kesuburan tanah yang dapat diterjemahkan menjadi biaya ekonomi. Unsur hara yang hilang dari lahan pada akhirnya harus dikompensasi melalui pemberian pupuk agar status kesuburan tanah dan produktivitas tanaman tetap dipertahankan. Artinya, semakin besar kehilangan fosfor, semakin besar pula potensi kebutuhan input pupuk sebagai pengganti unsur hara yang hilang. Kondisi tersebut dapat meningkatkan biaya produksi dan menekan pendapatan

bersih petani, terutama pada sistem usahatani dengan margin keuntungan yang relatif terbatas. Pendekatan valuasi ekonomi terhadap kehilangan unsur hara karena erosi menunjukkan bahwa konservasi tanah bukan hanya tindakan ekologis, tetapi juga merupakan strategi untuk meningkatkan efisiensi ekonomi usaha tani (Borrelli et al., 2020).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kehilangan unsur hara P dan dampak ekonomi akibat erosi tanah di lahan Agrowisata Loto, Kelurahan Loto, Kota Ternate.

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di lahan Agrowisata Loto, Kelurahan Loto, Kecamatan Ternate Barat, Kota Ternate, Maluku Utara, pada bulan April–Juli 2026. Lokasi penelitian dan titik sampel sebagaimana pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan titik sampel

B. Pengumpulan Data dan Penentuan Plot

Penelitian ini menggunakan 12 plot pengamatan yang ditetapkan berdasarkan variasi kemiringan lereng dan penggunaan lahan. Data primer meliputi: curah hujan harian, kemiringan lereng, vegetasi, permukaan tanah, penggunaan lahan, sampel tanah terusik untuk analisis sifat fisik (berat volume dan permeabilitas tanah) dan kimia tanah (C-organik dan P-total) serta wawancara dengan petani terkait biaya pupuk dan praktik konservasi. Data sekunder berupa data curah hujan resmi Stasiun BMKG Babullah dan data harga pupuk dari Dinas Pertanian Kota Ternate untuk analisis ekonomi kehilangan unsur hara.

C. Analisis fisik tanah dan kimia tanah

Analisis sifat fisik tanah yang meliputi berat isi, dan permeabilitas dilaksanakan di Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian Universitas Khairun. Sementara itu, analisis sifat kimia tanah yang mencakup C-organik dan P_2O_5 , dilakukan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin.

D. Pengukuran Sedimen dan Laju Erosi

Penelitian ini menggunakan metode sediment trap untuk mengukur laju erosi tanah secara langsung pada

masing-masing plot di lokasi penelitian (Arsyad, 2010). Sedimen hasil aliran permukaan yang tertampung dipisahkan dari air, dikeringanginkan, dan ditimbang setelah setiap kejadian hujan untuk memperoleh massa sedimen kering. Besarnya laju erosi tanah dihitung menggunakan rumus:

$$E = \frac{Bs}{A \times T}$$

dengan keterangan:

E = laju erosi tanah (ton/ha)

Bs = berat sedimen kering yang tertampung (ton)

L = luas lahan atau luas bidang pengamatan (ha)

T = waktu atau durasi periode pengamatan (bulan/tahun)

E. Penentuan Kehilangan Unsur Hara Akibat Erosi

Menghitung jumlah unsur hara (N, P_2O_5 , K_2O) dan C-Organik yang hilang bersama sedimen akibat terangkutnya lapisan atas tanah (Lal, 2003). Jumlah kehilangan unsur hara dihitung berdasarkan perkalian antara laju erosi dengan kandungan unsur hara dalam tanah menggunakan persamaan:

Rumus perhitungannya adalah:

$$H_i = A \times C_i$$

dengan keterangan:

H_i = kehilangan unsur hara ke-i (kg/ha/tahun)

E = laju erosi tanah (ton/ha/tahun)

C_i = kandungan unsur hara ke-i dalam tanah (kg/ton tanah).

F. Analisis Nilai Ekonomi

Kerugian ekonomi akibat kehilangan unsur hara dinilai menggunakan pendekatan nilai pengganti pupuk, di mana unsur N, P, dan K yang hilang dikonversi menjadi kebutuhan pupuk pengganti, kemudian dikalikan dengan harga pasar pupuk (Pimentel et al., 1995). Total kerugian ekonomi dihitung dengan menjumlahkan nilai kehilangan setiap unsur hara menggunakan rumus:

Keterangan:

D = total kerugian ekonomi (Rp/ha/tahun)

H_i = kehilangan unsur hara ke-i (kg/ha/tahun)

H_{pi} = harga per kg unsur hara dalam bentuk pupuk setara.

G. Klasifikasi Tingkat Erosi

Tingkat bahaya erosi ditentukan dengan mengklasifikasikan hasil perhitungan laju erosi (E) pada masing-masing titik pengamatan. Klasifikasi ini mengacu pada kriteria menurut Sadewo et al. (2023), yang membagi tingkat erosi ke dalam lima kelas (Tabel 2.1).

Tabel 2.1. Klasifikasi tingkat bahaya erosi

Laju Erosi (ton/ha/tahun)	Kelas
< 15	Sangat Ringan
15 – 60	Ringan
60 – 180	Sedang
180 – 480	Berat
> 480	Sangat Berat

Sumber: Sadewo et al. (2023)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sifat fisik tanah dan kimia tanah

Data Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai bulk density tanah berkisar antara 1,11 g/cm³ hingga 1,45 g/cm³. Nilai bulk density terendah ditemukan pada sampel LT 08 sebesar 1,11 g/cm³, sedangkan nilai tertinggi berada pada plot LT 11 sebesar 1,45 g/cm³. Variasi kerapatan tanah ini

mempengaruhi kemampuan tanah dalam melewatkan air. Hal ini terlihat dari nilai permeabilitasnya yang berkisar antara 3,70 cm/jam pada sampel LT 01 (terendah) hingga 48,64 cm/jam pada sampel LT 03 (tertinggi). Karakteristik tekstur pasir berlempung menjadi faktor utama yang menyebabkan sampel LT 03 memiliki nilai permeabilitas tertinggi.

Tabel 1. Karakteristik Fisik dan Kimia Tanah

No. Urut	Kode Plot	Bulk Density (g/cm ³)	Permeabilitas (cm/jam)	C organik (%)	P2O5 (mg/100g ⁻¹)
1	LT 01	1,34	3,70	2,17	32,52
2	LT 02	1,26	12,60	2,34	29,63
3	LT 03	1,18	48,64	2,31	24,85
4	LT 04	1,26	6,23	1,70	35,62
5	LT 05	1,33	12,70	2,12	34,00
6	LT 06	1,18	6,29	2,00	25,00
7	LT 07	1,42	13,38	2,22	41,16
8	LT 08	1,11	4,16	2,85	28,63
9	LT 09	1,30	11,40	2,14	33,52
10	LT 10	1,29	13,35	2,29	27,96
11	LT 11	1,45	45,30	2,33	31,25
12	LT 12	1,29	10,06	2,41	29,25

Sumber: Hasil analisis dan perhitungan, 2026.

Sifat kimia tanah menunjukkan kandungan C-organik berada pada kisaran nilai terendah 1,70% pada LT 04 hingga nilai tertinggi 2,85% pada LT 08. Ketersediaan unsur hara fosfor P2O5 menunjukkan fluktuasi antartitik pengamatan dengan rentang nilai terendah 24,85 mg/100 g

pada LT 03 hingga nilai tertinggi 41,16 mg/100 g pada LT 07.

1. Analisis Karakteristik Plot dan Laju Erosi

Hasil pengamatan menunjukkan adanya variasi laju erosi yang cukup besar pada ke-12 plot.

Tabel 2. Karakteristik Fisik, Total Sedimen, dan Laju Erosi

Kode Plot	Tanaman	Kemiringan lereng	Total sedimen (ton)	Luas lahan (ha)	Laju erosi (ton/ha)	Laju erosi (ton/ha/tahu)	Kategori
LT 01	Ketimun	8	0,0022	0,0540	0,0412	0,18787	Ringan
LT 02	Ketimun & Kemangi	6	0,0033	0,1255	0,0259	0,11820	Ringan
LT 03	Terong	19	0,0013	0,1436	0,0088	0,03995	Ringan
LT 04	Cabe Nona	17	0,0014	0,0502	0,0282	0,12852	Ringan
LT 05	Tomat	16	0,0023	0,0333	0,0681	0,31087	Ringan
LT 06	Tanaman Crop/Tanah tidak diolah	16	0,0015	0,1086	0,0135	0,06149	Ringan
LT 07	Ketimun	22	0,0036	0,0357	0,1003	0,45744	Ringan
LT 08	Terong	14	0,0154	0,0410	0,3749	1,71062	Ringan
LT 09	Terong	16	0,0020	0,0283	0,0700	0,31945	Ringan
LT 10	Cabe Keriting	19	0,0185	0,1046	0,1772	0,80830	Ringan
LT 11	Non crop/baru ada bedengan	21	0,0074	0,1431	0,0515	0,23515	Ringan
LT 12	Cabe Nona	24	0,0028	0,0936	0,0295	0,13471	Ringan

Sumber: Hasil analisis dan perhitungan, 2026.

Berdasarkan Tabel 2, seluruh plot sampel LT 01 hingga LT 12 masuk ke dalam kategori laju erosi ringan,

meskipun berada pada kemiringan lereng berkisar antara 6% hingga 24%. Fenomena ini mengindikasikan bahwa

manajemen olah tanah dan vegetasi penutup di lokasi penelitian sangat efektif dalam menekan risiko erosi.

Secara spesifik, variasi nilai erosi dipengaruhi oleh perlakuan plot, kerapatan tanaman krop, serta karakteristik fisik tanah seperti tekstur, Bulk Density, dan permeabilitas. Pada plot LT 01, LT 03, LT 06, LT 08, LT 09 dan LT 12 yang tidak menggunakan mulsa, laju erosi tetap terkendali. Bahkan, plot LT 03 Terong mencatat laju erosi terendah sebesar 0,03995 ton/ha/tahun pada lereng 19. Rendahnya erosi pada LT 03 ini didukung oleh karakteristik fisiknya yang bertekstur pasir berlempur, nilai BD rendah 1,18 g/cm³, dan permeabilitas yang sangat tinggi 48,64 cm/jam, sehingga air hujan cepat meresap dan meminimalkan aliran permukaan (*runoff*).

Peran vegetasi alami terlihat nyata pada plot LT 06 belum diolah serta plot LT 08, LT 09 yang belum menggunakan mulsa, dan LT 12 yang memiliki banyak tanaman krop. Kelimpahan tanaman krop ini berfungsi sebagai penahan mekanis permukaan tanah. Akibatnya, meskipun plot LT 12 berada pada lereng curam 24%

dengan tekstur lempung berpasir, BD 1,29 g/cm³, permeabilitas 10,06 cm/jam, laju erosinya tetap mampu ditekan hingga 0,13471 ton/ha/tahun.

Namun demikian, laju erosi tertinggi tercatat pada plot LT 08 Terong sebesar 1,71062 ton/ha/tahun, diikuti oleh plot LT 10 (cabe keriting) sebesar 0,80830 ton/ha/tahun. Selain faktor morfologi tajuk tanaman utama yang kurang rapat melindungi tanah dari pukulan air hujan (*splash erosion*), plot LT 08 juga memiliki permeabilitas yang cukup rendah, 4,16 cm/jam, dengan tekstur lempung berpasir, yang memicu lebih banyak aliran permukaan pembawa sedimen. Sementara pada plot kontrol LT 11 baru ada bedengan yang bertekstur pasir berlempur, tingginya permeabilitas 45,30 cm/jam membantu menahan laju erosi pada angka 0,23515 ton/ha/tahun meskipun tanahnya baru diolah BD 1,45 g/cm³. Secara keseluruhan, integrasi tanaman krop dan sifat fisik tanah yang mendukung di area penelitian ini efektif dalam meminimalisasi degradasi tanah.

B. Kehilangan Unsur Hara Akibat Erosi

Tabel 3. Kehilangan Unsur Hara Akibat Erosi

No. Urut	Kode Plot	Total Sedimen ton/ha	Luas lahan (ha)	Laju erosi (ton/ha)	Kehilangan C organik (kg/ha)	Kehilangan P ₂ O ₅ (kg/ha)
1	LT 01	0,0022	0,0540	0,0412	0,894	0,0134
2	LT 02	0,0033	0,1255	0,0259	0,606	0,0077
3	LT 03	0,0013	0,1436	0,0088	0,202	0,0022
4	LT 04	0,0014	0,0502	0,0282	0,479	0,0100
5	LT 05	0,0023	0,0333	0,0681	1,444	0,0232
6	LT 06	0,0015	0,1086	0,0135	0,270	0,0034
7	LT 07	0,0036	0,0357	0,1003	2,226	0,0413
8	LT 08	0,0154	0,0410	0,3749	10,686	0,1073
9	LT 09	0,0020	0,0283	0,0700	1,498	0,0235
10	LT 10	0,0185	0,1046	0,1772	4,057	0,0495
11	LT 11	0,0074	0,1431	0,0515	1,201	0,0161
12	LT 12	0,0028	0,0936	0,0295	0,712	0,0086

Sumber: Hasil analisis dan perhitungan, 2026.

Berdasarkan Tabel 3, besarnya kehilangan unsur hara antara plot tidak bersifat linier terhadap laju erosi, melainkan dikendalikan oleh interaksi antara volume sedimen terangkut dan konsentrasi awal hara di dalam tanah. Plot LT 08 mencatat kehilangan seluruh parameter tertinggi, meliputi C-organik 10,69 kg/ha dan P₂O₅ 0,1073 kg/ha. Hal ini dipicu oleh laju erosi ekstrem 0,3749 ton/ha yang secara agresif menggerus lapisan *topsoil*. Sebaliknya, plot LT03 menunjukkan tingkat kehilangan minimum C-organik: 0,20 kg/ha dan P₂O₅: 0,0022 kg/ha karena didukung oleh efektivitas retensi tanah dengan laju erosi terendah 0,0088 ton/ha.

Secara mekanis, kehilangan C-organik dan P₂O₅ dikontrol ketat oleh fraksi sedimen halus yang terdispersi serta kerentanan terhadap pencucian. Karena itu, nutrisi tanah di tempat penelitian ini terus berkurang. Kita harus menerapkan teknik konservasi tanah agar lahannya tidak semakin miskin unsur hara.

C. Nilai Ekonomi Kehilangan Unsur Hara

Estimasi kerugian ekonomi dihitung menggunakan metode biaya penggantian (*replacement cost method*) (Dixon et al., 2012). Hara yang hilang diekuivalenkan dengan nilai pupuk komersial NPK Phonska (15-15-15) yang lazim digunakan oleh petani setempat untuk memulihkan kesuburan tanah (Arsyad, 2010). Hasil perhitungan nilai ekonomi kehilangan unsur hara disajikan pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4, total nilai ekonomi kehilangan hara P dari seluruh plot mencapai Rp 5.306.898/ha, dengan fluktuasi spasial yang sangat dipengaruhi oleh volume erosi dan kadar hara awal tanah. Plot LT 08 mencatat total kerugian ekonomi tertinggi Rp 1.860.608/ha akibat tingginya laju erosi yang linier dengan peningkatan hanyutan massa tanah subur. Sebaliknya, LT 03 menunjukkan kerugian minimum Rp 37.317/ha karena kapasitas infiltrasi yang tinggi

(permeabilitas 48,64 cm/jam) efektif menekan pembentukan limpasan permukaan. Oleh karena itu, implementasi konservasi tanah dan air yang adaptif terhadap karakteristik

biofisik lereng di wilayah Agrowisata Loto mendesak untuk diterapkan guna meminimalkan pembengkakan pengeluaran finansial petani untuk input pupuk eksternal.

Tabel 4. Nilai ekonomi kehilangan unsur hara akibat erosi

No Urut	Kode Plot	Pengganti Pupuk P_2O_5 (kg/ha)	Nilai ekonomi P_2O_5 (Rp/ha)
1	LT 01	0,0893	232,104
2	LT 02	0,0512	133,052
3	LT 03	0,0145	37,713
4	LT 04	0,0669	173,917
5	LT 05	0,1544	401,550
6	LT 06	0,0225	58,401
7	LT 07	0,2751	715,297
8	LT 08	0,7156	1.860,608
9	LT 09	0,1565	406,804
10	LT 10	0,3302	858,591
11	LT 11	0,1074	279,169
12	LT 12	0,0576	149,691
Total			5.306.898

Sumber: Hasil analisis data penelitian, 2026.

D. Arahan Konservasi Tanah dan Air

Arahan konservasi tanah dan air disusun secara spesifik berbasis karakteristik biofisik plot kemiringan lereng, laju erosi, luas area tangkapan, jenis tanaman, dan pengelolaan lahan guna menekan pembentukan limpasan permukaan. Strategi konservasi dikelompokkan berdasarkan skala prioritas penanganan sebagai berikut:

Prioritas utama risiko erosi tinggi & tanah terbuka, terutama pada lahan plot LT 08. Laju erosi tertinggi: 0,3749 ton/ha. Mendesak untuk diaplikasikan mulsa organik pada permukaan dan antarbedengan tanaman terong, pemasangan penghalang fisik berupa pasak bambu pada jalur parit untuk menahan sedimen, serta pembuatan saluran pembuangan air (SPA) yang aman di kaki bedengan.

LT 11 kemiringan 21%, belum ada tanaman, meskipun sudah dibuat bedengan dan laju erosi saat ini terendah, potensi peningkatan erosi tetap sangat tinggi karena luasnya area tangkapan dan permukaan tanah yang masih terbuka. Direkomendasikan untuk segera menyempurnakan penataan bedengan mengikuti kontur, serta mengendalikan arah drainase.

Prioritas menengah lereng curam & area tangkapan luas: LT 10 lereng 19%, area tangkapan luas, cabai keriting & LT 07 lereng 22%, ketimun: diarahkan pada pemecahan panjang lereng melalui pembuatan bedengan searah kontur, penanaman vegetasi penutup pada ruang antarbedengan, serta pembuatan rorak atau bangunan pengendali sedimen sederhana pada jalur konsentrasi aliran.

LT 05 Tomat & LT 09 Terong: Pemeliharaan tutupan tanah dengan mulsa organik, perbaikan arah bedengan mengikuti garis kontur, dan penerapan olah tanah minimum tanpa memotong lereng. Prioritas Rendah &

Tindakan Pemeliharaan Laju Erosi Rendah: LT 01 Permeabilitas terendah: 3,70 cm/jam: Fokus pada peningkatan infiltrasi melalui aplikasi bahan organik dosis tinggi, mulsa, dan olah tanah minimum untuk memperbaiki porositas makro tanah.

LT 04 Cabai nona: Pemeliharaan eksistensi mulsa eksisting, penambahan serasah di tepi bedengan, serta pembuatan rorak penangkap sedimen. LT 06 Tanpa olah tanah: Mempertahankan kondisi tanah tidak diolah secara intensif dan membiarkan sisa tanaman menutupi permukaan tanah.

LT 02, LT 03, dan LT 12: Tindakan bersifat preventif dan pemeliharaan vegetasi (maintenance). Khusus pada LT 03, kapasitas infiltrasi alami yang sangat tinggi (permeabilitas 48,64 cm/jam) harus dijaga dengan menghindari pemadatan tanah. Sedangkan pada LT 12 lereng ekstrem (24%), penataan bedengan mengikuti kontur mutlak dipertahankan untuk mengantisipasi potensi limpasan mendadak.

IV. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis laju erosi tanah dan dampak ekonomi kehilangan unsur hara pada 12 plot pengamatan di lokasi penelitian, dapat disimpulkan beberapa poin inti berikut: Variabilitas Laju Erosi Lahan: Laju erosi tanah bersifat heterogen antarplot yang dikontrol secara simultan oleh interaksi kemiringan lereng, luas area tangkapan, sifat fisik tanah, tutupan vegetasi, dan pola pengelolaan lahan. Plot LT 08 mencatat laju erosi tertinggi 0,3749 ton/ha, sedangkan LT 03 mencatat laju erosi terendah 0,0088 ton/ha. Kuantitas Pemiskinan Unsur Hara: Proses erosi memicu deplesi nutrisi esensial topsoil secara signifikan. Plot dengan intensitas hanyutan massa tanah ekstrem LT 08 mengalami kehilangan hara makro paling tinggi, yakni

mencapai 0,9373 kg/ha N-total, 0,1073 kg/ha P₂O₅, dan 0,0612 kg/ha K₂O. Hal ini berisiko menurunkan status kesuburan dan kapasitas produksi lahan hortikultura jangka panjang. Dampak Finansial Kerugian Langsung: Konversi kehilangan hara menggunakan metode biaya penggantian setara pupuk NPK Phonska 15-15-15 menghasilkan total kerugian ekonomi langsung sebesar Rp 42.359,07/ha. Secara spasial, estimasi kerugian tertinggi berada di LT 08 Rp 19.168,23/ha dan terendah di LT 03 Rp 296.998/ha. Angka ini bertindak sebagai representasi pengeluaran minimum harian petani untuk input pemulihan nutrisi tanah.

REFERENSI

- Arsyad. (2010). . Konservasi Tanah dan Air. *Edisi Ke-2*. Bogor: IPB Press.
- Borrelli, P., Robinson, D. A., Panagos, P., Lugato, E., & Yang, J. E. (2020). Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015-2070). *PNAS*, 117(36), 21994–22001 |. <https://doi.org/10.1073/pnas.2001403117>
- Dixon, J., Scura, L., Carpenter, R., & Sherman, P. (2012). *Economic Analysis of Environmental Impacts* (2nd ed.). Routledge.
- Janata, M. F., Banuwa, I. S., Aini, S. N., Afandi, & Afrianti, N. A. (2025). Jurnal Agrotek Tropika THE EFFECT OF RIDGES AND FERTILIZATION APPLICATION ON LOSS OF. *Jurnal Agrotek Tropika*, 13(1), 122–128.
- Lal, R. (2003). Soil erosion and the global carbon budget. *Environment International*, 29(4), 437–450. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(02\)00192-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0160-4120(02)00192-7)
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R., & Blair, R. (1995). Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. *Science*, 267(5201), 1117–1123. <https://doi.org/DOI:10.1126/science.267.5201.1117>
- Sadewo, W., Subagiada, K., & Djayus. (2023). Analisis Klasifikasi Laju Erosi Menggunakan Metode Universal Soil Loss Equation (Usle) Dengan Sistem Informasi Geografi Kota Samarinda. *Jurnal Geosains Kutai Basin*, 6(1), 1–12.
- Sharpley, A. N., McDowell, R. W., & Kleinman, P. J. A. (2001). Phosphorus loss from land to water: integrating agricultural and environmental management. *Plant and Soil*, 237(Desember), 287–302. <https://doi.org/https://doi.org/10.1023/A:1013335814593>.