

Evaluasi Tingkat Kesesuaian Lahan Aktual dan Potensial untuk Budidaya Bawang Merah (*Allium cepa* L.) di Desa Lampoko Kabupaten Bone

Evaluation of Actual and Potential Land Suitability for Shallot (*Allium cepa* L.) Cultivation in Lampoko Village, Bone Regency

Muh. Alif Akbar Barsut^{1*}, Sulkifli¹, Andi Bonewati¹

¹Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Muhammadiyah Bone
Email korespondensi: barsutalif241@gmail.com

ABSTRACT

*The study aims to analyze the actual and potential land suitability for the cultivation of red onions (*Allium cepa* L.) in Lampoko Village, Barebbo Subdistrict, Bone Regency, South Sulawesi. The study was conducted from April to July 2025 using field surveys and laboratory analysis. The approach to land suitability evaluation was conducted using a matching method based on the FAO framework. The parameters analyzed included physical and chemical soil properties such as texture, pH, organic carbon, total nitrogen, available phosphorus, available potassium, Cation Exchange Capacity (CEC), as well as local climate data. The research results indicate that the soil at the study site has a pH ranging from 5.95 to 6.25, which is classified as slightly acidic to neutral and suitable for shallot growth. However, the content of macronutrients such as nitrogen (0.15-0.17%) and available phosphorus (10.71-11.61 ppm) is relatively low, making them the primary limiting factors. The CEC values are moderate to high (17.25-22.03 cmol/kg), indicating good nutrient retention potential. Land suitability evaluation shows that the actual suitability class in S3n (marginally suitable) with the primary limiting factor being nutrient availability, particularly phosphorus. Through improvement efforts such as balanced fertilization with N, P, and K, as well as the addition of organic matter, the land suitability class can be improved to S2n (sufficiently suitable). These results indicate that the land in Lampoko Village has considerable potential for shallot cultivation if supported by appropriate site-specific nutrient management.*

Keywords: *Evaluation, land suitability, matching, nutrient management, shallot*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kesesuaian lahan aktual dan potensial untuk budidaya bawang merah (*Allium cepa* L.) di Desa Lampoko, Kecamatan Barebbo, Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan. Penelitian dilaksanakan pada April hingga Juli 2025 dengan menggunakan metode survei lapangan dan analisis laboratorium. Pendekatan evaluasi kesesuaian lahan dilakukan menggunakan metode matching berdasarkan kerangka kerja FAO. Parameter yang dianalisis meliputi sifat fisik dan kimia tanah seperti tekstur, pH, C-organik, N-total, P-tersedia, K-tersedia, Kapasitas Tukar Kation (KTK), serta data iklim setempat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah di lokasi penelitian memiliki pH berkisar 5,95–6,25 yang tergolong agak masam hingga netral dan sesuai untuk pertumbuhan bawang merah. Namun demikian, kandungan hara makro seperti nitrogen (0,15-0,17%) dan fosfat tersedia (10,71-1161 ppm) tergolong rendah sehingga menjadi faktor pembatas utama. Nilai KTK tergolong sedang hingga tinggi (17,25–22,03 cmol/kg) yang menunjukkan

potensi retensi hara yang baik. Evaluasi kesesuaian lahan menunjukkan bahwa kelas kesesuaian aktual adalah S3n (sesuai marginal) dengan faktor pembatas utama ketersediaan hara, khususnya fosfat. Melalui upaya perbaikan berupa pemupukan berimbang N, P, dan K serta penambahan bahan organik, kelas kesesuaian lahan dapat ditingkatkan menjadi S2n (cukup sesuai). Hasil ini menunjukkan bahwa lahan di Desa Lampoko memiliki potensi yang cukup baik untuk pengembangan bawang merah apabila didukung dengan manajemen hara spesifik lokasi yang tepat.

Kata kunci : *Bawang merah, evaluasi, kesesuaian lahan, manajemen hara, metode matching*

PENDAHULUAN

Bawang merah (*Allium cepa* L.) merupakan komoditas hortikultura strategis di Indonesia yang bernilai ekonomi tinggi dan vital bagi ketahanan pangan nasional (Tori *et al.*, 2023). Permintaan bawang merah yang stabil dan cenderung meningkat, terutama pada hari besar keagamaan, menuntut ketersediaan produksi yang kontinu (Sihombing *et al.*, 2023). Namun, upaya pemenuhan kebutuhan nasional masih menghadapi kendala produktivitas yang tidak merata akibat ketidaksesuaian lahan dan teknik budidaya yang belum optimal. Keberhasilan budidaya bawang merah sangat dipengaruhi oleh faktor kesesuaian lahan yang meliputi sifat fisik dan kimia tanah, iklim, serta topografi (Lestari *et al.*, 2025)

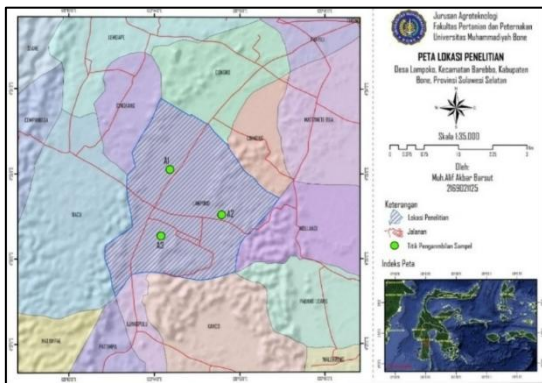
Kabupaten Bone, khususnya Desa Lampoko di Kecamatan Barebbo, merupakan wilayah pertanian yang memiliki potensi pengembangan bawang merah (BPS Kab. Bone, 2024). Kawasan ini didukung oleh iklim tropis basah dan kontur wilayah yang relatif datar hingga sedikit bergelombang. Meskipun demikian, hingga saat ini belum tersedia informasi ilmiah yang komprehensif mengenai tingkat kesesuaian lahan untuk bawang merah di desa tersebut. Kurangnya data mengenai sifat fisik tanah, ketersediaan hara, dan faktor terbatas lainnya menyebabkan pengelolaan lahan belum optimal dan berpotensi menimbulkan variasi hasil panen (Tynchenko *et al.*, 2024).

Evaluasi kesesuaian lahan telah banyak digunakan sebagai dasar perencanaan pengembangan komoditas pertanian karena mampu mengidentifikasi faktor pembatas spesifik lokasi secara akurat (Rahmawaty *et al.*, 2023). Penelitian sebelumnya menunjukkan ketidaksesuaian lahan merupakan salah satu penyebab utama rendah produktivitas tanaman hortikultura di daerah tropis (Lestari *et al.*, 2025). Selain itu, pengelolaan hara yang tidak berbasis kondisi lahan spesifik sering menyebabkan efisiensi pupuk rendah dan berdampak pada degradasi kualitas tanah (Walia *et al.*, 2024). Oleh karena itu, kajian kesesuaian lahan menjadi sangat penting untuk menghasilkan rekomendasi pengelolaan yang tepat guna meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan sistem pertanian.

Evaluasi kesesuaian lahan menjadi langkah strategis untuk mengidentifikasi faktor pembatas spesifik lokasi agar rekomendasi pengelolaan dapat diberikan secara presisi (Hardjowigeno & Widiatmaka, 2020). Metode *matching* (pencocokan) antara karakteristik lahan dengan persyaratan tumbuh tanaman memungkinkan identifikasi faktor pembatas spesifik, seperti pH tanah, ketersediaan hara, atau drainase (Rahmawaty *et al.*, 2023). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian lahan aktual dan potensial serta merumuskan rekomendasi pengelolaan lahan yang tepat bagi pengembangan bawang merah di Desa Lampoko.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Lampoko, Kecamatan Barebbo, Kabupaten Bone, berlangsung mulai April hingga Juli 2025. Peralatan yang digunakan mencakup *Global Positioning System* (GPS) untuk penentuan titik koodinat, pH meter, alat bor tanah, ring sampel, kamera dokumentasi, dan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (ArcGIS). Bahan penelitian terdiri dari sampel tanah terganggu dan tidak terganggu yang diambil dari tiga unit lahan representatif (Gambar 1), peta administrasi, penggunaan lahan, dan data iklim 10 tahun terakhir dari BMKG setempat.



Gambar 1. Peta titik pengambilan sampel di Desa Lampoko, Kab. Bone

Penelitian menggunakan metode survei dengan tahapan yang meliputi persiapan, survei pendahuluan dan survei utama. Titik sampel ditentukan berdasarkan unit lahan hasil tumpang susun (*overlay*) peta kemiringan lereng, jenis tanah, kemiringan lereng, dan penggunaan lahan. Sampel tanah diambil secara komposit pada kedalaman efektif perakaran (0-30 cm) dan selanjutnya analisis sifat kimia dan fisik tanah di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin. Parameter yang dianalisis meliputi tekstur tanah, pH (H₂O), C-organik, N-total, P-tersedia, K-tersedia, Kapasitas Tukar Kation (KTK), dan Kejenuhan Basa.

Data hasil analisis laboratorium dan data iklim kemudiah diolah

menggunakan metode *matching* (pencocokan). Karakteristik lahan tersebut dicocokkan dengan tabel kriteria kesesuaian lahan untuk tanaman bawang merah (Tabel 1) yang mengacu pada modifikasi kerangka kerja FAO (1976). Hasil akhirnya dikategorikan menjadi dua: kesesuaian lahan aktual (kondisi saat ini) dan kesesuaian lahan potensial (kondisi setelah perbaikan dilakukan).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lingkungan dan Iklim

Kondisi iklim merupakan faktor fundamental dalam evaluasi kesesuaian lahan karena berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan tanaman. Berdasarkan klasifikasi Schmidt-Ferguson yang meninjau suhu dan curah hujan, Desa Lampoko masuk dalam kategori tipe A (sangat basah). Rata-rata curah hujan tahunan di lokasi penelitian tercatat sebesar 1.377,5 mm dengan suhu rata-rata harian 26,9°C (BMKG, 2025).

Secara agronomis, suhu optimum untuk pertumbuhan bawang merah berkisar antara 25–28°C (Tabel 2), sedangkan suhu di lokasi penelitian berada pada kisaran 27–31°C. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun suhu sedikit di atas kisaran optimum, tanaman masih berada dalam batas toleransi fisiologisnya (Lestari *et al.*, 2025). Curah hujan yang relatif tinggi juga berpotensi meningkatkan kelembapan tanah yang dapat mendukung pertumbuhan, namun di sisi lain dapat meningkatkan risiko pencucian hara terutama nitrogen dan kalium (Rashmi *et al.*, 2017; Walia *et al.*, 2024)

Data hasil survei yang menunjukkan 6 bulan basah mengindikasikan bahwa ketersediaan air bukan merupakan faktor pembatas utama. Namun, kondisi ini perlu diimbangi dengan sistem drainase yang baik untuk mencegah genangan yang dapat menghambat pertumbuhan akar dan meningkatkan risiko penyakit tanaman

(Anvigh *et al.*, 2024; Manghwar *et al.*, 2024).

Tabel 1. Kriteria Evaluasi Kesesuaian Lahan Bawang Merah

Kualitas/Karakteristik Lahan	Kelas kesesuaian lahan			
	S1	S2	S3	N
t. Rejim suhu				
▪ Suhu rata-rata tahunan (°C)	25-28	>28-31 23-<25	>31-33 21-<23	>33 <21
w. Ketersediaan air				
▪ Bulan kering	4-6	>6	2-<4	<2
▪ Curah hujan tahunan (mm)	1.000-1.400	900- <1.000/ 1.700- 2.500	800-<900/ >2.500	<800
r. Media perakaran				
▪ Drainase tanah	Baik, agak lambat	Agak cepat	Terhambat	Sangat terhambat
▪ Tekstur tanah	Agak halus	Halus	Agak kasar	Kasar
▪ Kedalaman efektif (cm)	>150	100-150	50-100	<50
▪ Gambut (kematangan)	Saprik	Saprik, hemik	Hemik	Fabrik
▪ Ketebalan gambut (cm)	<50	50-100	100-150	>150
f. Retensi hara				
▪ KTK (cmol/kg)	>16	5-16	<5	-
▪ Kejenuhan basa (%)	>35	20-35	<20	-
▪ pH H ₂ O	6,0-7,5	5,5-6,0	<5,5	-
n. Ketersediaan hara				
▪ N total (%)	Sedang	Rendah	Sangat rendah	-
▪ P ₂ O ₅ (ppm)	Tinggi	Sedang	Rendah	Sangat rendah
▪ K (me/100 g)	Sedang	Rendah	Sangat rendah	-
x. Salinitas				
▪ Salinitas (dS/m)	<2	3-8	8-15	>15
eh. Bahaya erosi				
▪ Lereng (%)	<3	3-8	8-15	>15
▪ Bahaya erosi	Sangat ringan	Ringan-sedang	Berat	Sangat berat
lp. Penyiapan lahan				
▪ Batuan permukaan (%)	<5	5-15	15-40	>40
▪ Singkapan bantuan (%)	<5	5-15	15-25	>25

Karakteristik dan Kesuburan Tanah

Berdasarkan hasil analisis tanah (Tabel 3), pH tanah berkisar antara 5,95–6,25 yang tergolong agak masam hingga netral dan sesuai untuk budidaya bawang merah. Pada kisaran pH tersebut, unsur hara makro seperti N, P, dan K tersedia dalam jumlah optimal dan risiko toksisitas aluminium relatif rendah (Xia *et al.*, 2024).

Namun demikian, rendahnya kandungan C-organik (1,18-1,41%), N-total (0,15-0,17%), dan P-tersedia (10,71-11,61 ppm) menunjukkan bahwa tanah mengalami keterbatasan kesuburan. Kondisi ini diduga disebabkan oleh tingginya intensitas curah hujan yang menyebabkan pencucian (*leaching*) unsur hara terutama nitrogen dan fosfor, serta rendahnya input bahan organik ke dalam

tanah. Selain itu, penggunaan lahan yang intensif tanpa pengelolaan hara yang berimbang juga dapat menyebabkan

penurunan kandungan hara tanah secara bertahap (Purwanto & Alam, 2020; Walia *et al.*, 2024).

Tabel 2. Hasil Evaluasi Kesesuaian Lahan Aktual dan Potensial untuk Tanaman Bawang Merah Pada Unit Lahan A1, A2, dan A3

Kualitas dan karakteristik lahan	Nilai data	Kelas kesesuaian lahan aktual	Usaha perbaikan	Kelas kesesuaian lahan potensial
t. Regim suhu				
▪ Suhu rata-rata tahunan	26,9°C	S1	-	S1
w. Ketersediaan air				
▪ Bulan kering	4 bulan	S1	-	S1
▪ Curah hujan tahunan	1377,5 mm	S1	-	S1
r. Media perakaran				
▪ Drainase tanah	Baik	S1	-	S1
▪ Tekstur tanah	Lempung berliat	S1	-	S1
▪ Kedalaman efektif	102 cm	S1	-	S1
▪ Gambut; kematangan	-	-	-	-
▪ Ketebalan	-	-	-	-
f. Retensi hara				
▪ KTK	19,48 (sedang)	S1	-	S1
▪ Kejenuhan basa (%)	36,33	S1	-	S1
▪ pH	6,03	S1	-	S1
n. Ketersediaan hara				
▪ N total	0,16% (rendah)	S2	Pemupukan N	S1
▪ P tersedia	11,06 ppm (rendah)	S3	Pemupukan P	S2
▪ K tersedia	0,32 cmol/kg (rendah)	S2	Pemupukan K	S1
i. Bahaya banjir				
▪ Periode banjir	Tidak ditemukan	S1	-	S1
▪ Frekuensi	-	-	-	-
x. Kegaraman				
▪ Salinitas	-	-	-	-
g. Toksisitas				
▪ Kedalaman parit	-	-	-	-
p. Kemudahan pengelolaan				
▪ Tekstur	Lempung berliat	S1	-	S1
▪ Konsistensi	Agak kering	S1	-	S1
m. Potensi Mekanisasi				
▪ Kemiringan	0-3%	S1	-	S1
▪ Batu permukaan	0%	S1	-	S1
Sub-kelas kesesuaian lahan	Aktual (A) =	S3n	Potensial (P) =	S2n

Fosfor yang rendah juga dapat disebabkan oleh fiksasi P oleh mineral Fe dan Al pada tanah ber-pH agak masam, sehingga ketersediaannya bagi tanaman menjadi terbatas (Cui *et al.*, 2020; Elhaissofi *et al.*, 2022). Hal ini juga menjadi faktor pembatas utama dalam pertumbuhan bawang merah karena unsur P sangat berperan dalam pembentukan akar dan umbi (Geisseler *et al.*, 2022).

Tabel 3. Hasil Analisis Tanah di Desa Lampoko, Kec. Barebbo, Kab. Bone, Sulawesi Selatan

Parameter	Unit Lahan			Kriteria
	A1	A2	A3	
pH H ₂ O	6,25	5,95	6,17	agak masam
C-organik (%)	1,18	1,41	1,25	rendah
N total (%)	0,17	0,15	0,16	rendah
P ₂ O ₅ tersedia (ppm)	11,61	10,87	10,71	rendah
K tersedia (cmol/kg)	0,42	0,36	0,18	sangat rendah-sedang
KTK (cmol/kg)	22,03	19,17	17,25	Sedang-tinggi
Kejenuhan basa (%)	36	34	39	sedang

Sumber: Data Laboratorium dan Kesuburan Tanah Universitas Hasanuddin (2025)

Namun demikian, tanah di lokasi penelitian memiliki potensi retensi hara yang baik, ditunjukkan oleh nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) yang tergolong sedang hingga tinggi (17,25-22,03 cmol/kg). Nilai KTK yang cukup tinggi ini mengindikasikan bahwa tanah memiliki kemampuan yang baik dalam menahan hara, sehingga pemupukan dapat dilakukan dengan efisiensi tinggi (Ćirić *et al.*, 2023). Ketersediaan Kalium (K) yang bervariasi dari sangat rendah hingga sedang, juga perlu mendapat perhatian mengingat peran K menjadi faktor pendukung translokasi fotosintat ke umbi (Rawat *et al.*, 2022; Torabian *et al.*, 2021).

Evaluasi Kesesuaian Lahan Aktual dan Potensial

Berdasarkan hasil pencocokan (*matching*) data fisik dan kimia tanah dengan persyaratan tumbuh tanaman (Tabel 1), diperoleh kelas kesesuaian lahan aktual dan potensial sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Secara aktual, lahan di Desa Lampoko diklasifikasikan sebagai S3n (Sesuai Marginal). Faktor pembatas utamanya adalah ketersediaan hara (n), terutama rendahnya kandungan Fosfat (P₂O₅). Sementara itu, faktor pembatas hara (rendahnya N dan K) dan media perakaran dapat diperbaiki melalui tindakan pemupukan berimbang sesuai dosis spesifik lokasi, status hara dapat ditingkatkan (Chen *et al.*, 2026; Walia *et al.*, 2024), menjadi S1 (Sangat Sesuai). Namun, unsur hara P peningkatan status kesuburan diproyeksikan naik satu tingkat menjadi S2 (Cukup Sesuai) melalui pemupukan P.

Kesesuaian lahan potensial dapat ditingkatkan menjadi S2n (Cukup Sesuai dengan pembatas ketersediaan hara) setelah dilakukan perbaikan. Upaya perbaikan yang direkomendasikan meliputi pemupukan berimbang menggunakan pupuk anorganik (sumber N, P dan K) serta penambahan bahan organik untuk meningkatkan kadar C-organik tanah. Walia *et al.* (2024) melaporkan bahwa pemupukan berimbang yang dintegrasikan dengan manajemen hara terpadu dapat memulihkan kesehatan tanah dan meningkatkan transformasi hara yang krusial.

Pada kondisi potensial ini, lahan di Desa Lampoko dinilai cukup layak dan produktif untuk pengembangan bawang merah dengan input teknologi pemupukan yang tepat dan presisi sesuai dengan kebutuhan lokasi. Penilaian “cukup sesuai” (S2n) diberikan karena sebagian besar karakteristik lahan seperti suhu, curah hujan, drainase, taktur tanah, kedalaman efektif, pH, KTK, dan

kemiringan lereng telah memenuhi syarat optimum pertumbuhan bawang merah. Faktor Pembatas yang masih tersisa terutama berada pada aspek ketersediaan hara, khususnya fosfor, namun sifat pembatas tersebut termasuk faktor yang masih dapat diperbaiki melalui intervensi pengelolaan lahan dan pemupukan spesifik lokasi (Hardjowigeno & Widiatmaka, 2020; Walia *et al.*, 2024). Kondisi ini menunjukkan bahwa lahan masih mampu mendukung pertumbuhan dan produksi bawang merah secara ekonomis meskipun memerlukan tambahan input dan pengelolaan yang lebih intensif dibandingkan dengan lahan kelas S1.

Apabila pengelolaan hara tidak dilakukan secara tepat, maka produktivitas bawang merah berpotensi tidak optimal akibat rendahnya efisiensi serapan unsur hara. Oleh karena itu, rekomendasi yang dapat diterapkan meliputi pemupukan fosfor secara bertahap sesuai hasil uji tanah, penerapan pemupukan berimbang N, P, dan K, serta penggunaan mulsa dan pengelolaan drainase untuk mengurangi kehilangan hara akibat pencucian. Selain itu, monitoring kesuburan tanah secara berkala perlu dilakukan agar status hara tetap terjaga dan produktivitas lahan dapat dipertahankan secara berkelanjutan.

KESIMPULAN

Lahan di Desa Lampoko memiliki potensi pengembangan bawang merah dengan kelas kesesuaian aktual S3n (Sesuai Marginal). Faktor pembatas utama adalah ketersediaan hara (n), khususnya rendahnya P tersedia (Fosfat). Rekomendasi pengelolaan meliputi pemupukan N, P, K berimbang, penambahan bahan organik untuk mencapai produktivitas optimal, kelas kesesuaian lahan dapat ditingkatkan menjadi S2n (Cukup Sesuai) secara potensial.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Universitas Hasanuddin atas bantuan analisis sampel tanah, serta kepada pihak di Universitas Muhammadiyah Bone yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anvigh, R. M., Silva, J. F., & Macedo, J. (2024). Designing Sustainable Drainage Systems as a Tool to Deal with Heavy Rainfall—Case Study of Urmia City, Iran. *Sustainability* 2024, Vol. 16, Page 7349, 16(17), 7349. <https://doi.org/10.3390/SU16177349>
- BPS Kab. Bone. (2024). Kabupaten Bone dalam Angka 2024. Badan Pusat Statistik Kabupaten Bone. <https://bonekab.bps.go.id/id/publication/2024/02/28/44d3def500d22b9e338617c0/kabupaten-bone-dalam-angka-2024.html>
- BMKG. (2025). Data iklim harian: Curah hujan dan suhu udara Kabupaten Bone periode 2015-2024. Badan Meteorologi, Klimatologi, Dan Geofisika.
- Chen, Y., Kamran, M., Liu, Q., Yue, M., Qu, X., Han, J., Zhao, Z., Zhang, Y., & Xu, Y. (2026). Recommendation of nitrogen, phosphorus and potassium balanced fertilizer based on soil status/soil availability and economic benefits of alfalfa in salt-affected soils of North China plain. *BMC Plant Biology* 2026 26:1, 26(1), 224-. <https://doi.org/10.1186/S12870-025-07786-Y>
- Ćirić, V., Prekop, N., Šeremešić, S., Vojnov, B., Pejić, B., Radovanović, D., & Marinković, D. (2023). The implication of cation exchange capacity (CEC) assessment for soil quality management and

- improvement. *Agriculture and Forestry*. *Agriculture and Forestry*, 69(4), 113–134. <https://doi.org/10.17707/AGRICULTFOREST.69.4.08>
- Cui, S., Qin, Y., Yu, J., Shi, X., Jia, L., & Fan, M. (2020). Improving Tuber Yield and Phosphorus Use Efficiency Using Split Phosphorus Application to Potatoes in Inner Mongolia. *American Journal of Potato Research* 2020 97:3, 97(3), 318–324. <https://doi.org/10.1007/S12230-020-09783-3>
- Elhaisoufi, W., Ghoulam, C., Barakat, A., Zeroual, Y., & Bargaz, A. (2022). Phosphate bacterial solubilization: A key rhizosphere driving force enabling higher P use efficiency and crop productivity. *Journal of Advanced Research*, 38, 13–28. <https://doi.org/10.1016/J.JARE.2021.08.014>
- FAO. (1976). A framework for land evaluation. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Geisseler, D., Ortiz, R. S., & Diaz, J. (2022). Nitrogen nutrition and fertilization of onions (*Allium cepa* L.)—A literature review. *Scientia Horticulturae*, 291, 110591. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2021.110591>
- Hardjowigeno, S., & Widiatmaka. (2020). Evaluasi kesesuaian lahan & perencanaan tataguna lahan. Gadjah Mada University Press.
- Lestari, V. H., Suryaningtyas, D. T., Mulatsih, S., & Lestari, V. H. (2025). Integrated Evaluation Land Suitability and Local Land Management Shallot in Larangan District, Brebes Regency: An Applied Agricultural Science Approach. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(8), 444–457. <https://doi.org/10.29303/JPPIPA.V11I8.11719>
- Manghwar, H., Hussain, A., Alam, I., Khoso, M. A., Ali, Q., & Liu, F. (2024). Waterlogging stress in plants: Unraveling the mechanisms and impacts on growth, development, and productivity. *Environmental and Experimental Botany*, 224, 105824. <https://doi.org/10.1016/J.ENVEXPBOT.2024.105824>
- Purwanto, B. H., & Alam, S. (2020). Impact of intensive agricultural management on carbon and nitrogen dynamics in the humid tropics. *Soil Science and Plant Nutrition*, 66(1), 50–59. <https://doi.org/10.1080/00380768.2019.1705182>
- Rahmawaty, Ismail, M. H., Rauf, A., Batubara, R., Elena Sitorus, E. W., Simamora, Z., & Ginting, E. F. (2023). Land characteristics and land suitability assessment for *Styrax* sp. in Humbang Hasundutan Regency, North Sumatra, Indonesia. *Heliyon*, 9(7), e16936. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16936>
- Rashmi, I., Shirale, A., Kartikha, K. S., Shinogi, K. C., Meena, B. P., & Kala, S. (2017). Leaching of plant nutrients from agricultural lands. *Essential Plant Nutrients: Uptake, Use Efficiency, and Management*, 465–489. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58841-4_19/SAVE-RESEARCH
- Rawat, J., Pandey, N., & Saxena, J. (2022). Role of Potassium in Plant Photosynthesis, Transport, Growth and Yield. *Role of Potassium in Abiotic Stress*, 1–14. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4461-0_1/SAVE-RESEARCH

- Sihombing, Y., Mardiharini, M., Indrawanto, C., Wasito, Hermawan, H., & Mulyono, J. (2023). Study of socio-economic approach patterns in the application of agricultural technology innovation for shallot commodities, Brebes Regency, Central Java Province. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1253(1), 012110.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1253/1/012110>
- Torabian, S., Farhangi-Abriz, S., Qin, R., Noulas, C., Sathuvalli, V., Charlton, B., & Loka, D. A. (2021). Potassium: A Vital Macronutrient in Potato Production—A Review. *Agronomy* 2021, Vol. 11, Page 543, 11(3), 543.
<https://doi.org/10.3390/AGRONOMY11030543>
- Tori, H., Yusuf Kholil, A., & Author, C. (2023). Prospect Analysis of Onion (*allium cepa* L) Production in Indonesia. *Indonesian Journal of Agriculture and Environmental Analytics*, 2(1), 1–14.
<https://doi.org/10.55927/IJAEA.V2I1.2705>
- Tynchenko, Y., Tynchenko, V., Kukartsev, V., Panfilova, T., Kukartseva, O., Degtyareva, K., Nguyen, V., & Malashin, I. (2024). Soil Properties Classification in Sustainable Agriculture Using Genetic Algorithm-Optimized and Deep Neural Networks. *Sustainability* 2024, Vol. 16, Page 8598, 16(19), 8598.
<https://doi.org/10.3390/SU16198598>
- Walia, S. S., Dhaliwal, S. S., Gill, R. S., Kaur, T., Kaur, K., Randhawa, M. K., Obročník, O., Bárek, V., Brestic, M., Gaber, A., & Hossain, A. (2024). Improvement of soil health and nutrient transformations under balanced fertilization with integrated nutrient management in a rice-wheat system in Indo-Gangetic Plains – A 34-year Research outcomes. *Heliyon*, 10(4), e25113.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25113>
- Xia, Y., Feng, J., Zhang, H., Xiong, D., Kong, L., Seviour, R., & Kong, Y. (2024). Effects of soil pH on the growth, soil nutrient composition, and rhizosphere microbiome of *Ageratina adenophora*. *PeerJ*, 12(4), e17231.
<https://doi.org/10.7717/PEERJ.17231/SUPP-6>