

EVALUASI KESESUAIAN LAHAN UNTUK PENGEMBANGAN CABAI MERAH (*Capsicum annuum L.*) PADA LAHAN PASCAVULKANIK GUNUNG SINABUNG DI KECAMATAN NAMAN TERAN, KABUPATEN KARO

Bilter Sirait✉, Ebsan M. Sianipar, Roni Martin

Fakultas Pertanian, Universitas Methodist Indonesia, Medan, Indonesia

Email: siraitbilteranton@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.46880/methoda.Vol16No1.pp9-14>

ABSTRACT

*This study aimed to evaluate the level of land suitability for red chili pepper (*Capsicum annuum L.*) cultivation on land affected by the eruption of Mount Sinabung in Naman Teran District, Karo Regency. The study was conducted from December 2025 to February 2026 using a survey method with a spatial and descriptive analysis approach. The overlay of soil type, elevation, and slope gradient maps resulted in 13 Land Map Units (LMUs). However, eruption-affected areas were identified in two villages within specific LMUs. Land suitability evaluation was carried out using a matching method between land characteristics and crop suitability criteria. The results showed that the LMU in Sigarang-garang Village was classified as unsuitable (N), with nutrient retention and erosion hazard as the main limiting factors. Similarly, the LMU in Sukanalu Village was also classified as unsuitable (N), with comparable limitations. Some parameters, such as soil pH, can be improved through liming; however, nutrient retention remains a major constraint that is difficult to significantly improve.*

Keyword: Land Evaluation, Red Chili, Volcanic Eruption, Soil Fertility.

ABSTRAK

*Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian lahan bagi budidaya cabai merah (*Capsicum annuum L.*) pada lahan terdampak erupsi Gunung Sinabung di Kecamatan Naman Teran, Kabupaten Karo. Penelitian dilaksanakan pada Desember 2025 hingga Februari 2026 menggunakan metode survei dengan pendekatan analisis spasial dan deskriptif. Hasil overlay peta jenis tanah, ketinggian tempat, dan kemiringan lereng menghasilkan 13 Satuan Peta Lahan (SPL), namun lokasi terdampak erupsi teridentifikasi pada dua desa dalam satuan SPL tertentu. Evaluasi kesesuaian lahan dilakukan menggunakan metode pencocokan (matching) antara karakteristik lahan dan kriteria kesesuaian tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SPL di Desa Sigarang-garang termasuk dalam kelas tidak sesuai (N) dengan faktor pembatas utama retensi hara dan bahaya erosi. Pada SPL Desa Sukanalu, kelas kesesuaian lahan juga tergolong tidak sesuai (N) dengan pembatas serupa. Beberapa parameter seperti pH tanah masih dapat diperbaiki melalui pengapuran, namun faktor retensi hara tetap menjadi kendala utama yang sulit diperbaiki secara signifikan*

Kata Kunci: Evaluasi Lahan, Cabai Merah, Erupsi Gunung Api, Kesuburan Tanah.

PENDAHULUAN

Kabupaten Karo merupakan salah satu sentra produksi hortikultura utama di Sumatera Utara, khususnya komoditas cabai merah.

Kecamatan Naman Teran memiliki potensi agroekologi yang cukup baik karena berada pada ketinggian 1.300 - 1.450 mdpl. Namun demikian, aktivitas vulkanik Gunung Sinabung telah

mempengaruhi karakteristik lahan, terutama sifat fisik dan kimia tanah, yang berdampak pada produktivitas pertanian (Simanjuntak, C. M., Deni Elfiati dan Delvian, 2015; Sukarman, Mulyani dan Purwanto, 2020; Tarigan, 2015).

Penelitian mengenai evaluasi kesesuaian lahan untuk komoditas hortikultura telah banyak dilakukan, terutama dengan pendekatan pencocokan (*matching*) antara karakteristik lahan dan kebutuhan tanaman. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa faktor-faktor seperti tekstur tanah, pH, ketersediaan air, serta retensi hara menjadi penentu utama keberhasilan budidaya tanaman hortikultura, termasuk cabai dan lada (Weil and Brady, 2017; Pinatih, Kusmiyarti dan Susila, 2019; Zhiddiq, Badwi, Haeril, 2021; Prayoga, et al., 2021; Harahap et al., 2018).

Pada wilayah berbukit dan lahan marginal, faktor pembatas utama umumnya meliputi ketersediaan air dan unsur hara, yang menyebabkan sebagian besar lahan hanya tergolong sesuai marginal (S3). Selain itu, kondisi topografi seperti kemiringan lereng juga berperan signifikan dalam meningkatkan risiko erosi yang berdampak pada penurunan produktivitas lahan (Lal, 2015; Bouma, 2002; Fleige, H., et al., 2016; Putri, dan Sasongko, 2023).

Di sisi lain, penelitian pada tanah vulkanik menunjukkan bahwa tanah jenis tersebut memiliki karakteristik unik, yaitu potensi kesuburan yang tinggi, namun rentan terhadap masalah seperti keasaman tanah, rendahnya bahan organik, serta keterbatasan retensi hara akibat proses pelindian dan sifat mineralnya. Intensifikasi pertanian tanpa pengelolaan yang tepat bahkan dapat mempercepat degradasi sifat kimia tanah vulkanik, terutama melalui penurunan pH dan kandungan bahan organik (Lal, 2015; Mutmainnah et al., 2021; Putri dan Sasongko, 2023).

Sejauh ini, kajian mengenai evaluasi kesesuaian lahan pada wilayah pasca erupsi gunung api, khususnya untuk komoditas cabai merah, masih terbatas. Selain itu, belum banyak penelitian yang secara jelas membedakan antara faktor pembatas yang bersifat permanen dan faktor yang masih dapat diperbaiki melalui intervensi pengelolaan lahan (Taani, Husban and Farhan, 2020.; Mujiyo et al., 2026; Sukarman,

Mulyani dan Purwanto, 2018). Selain itu, sebagian besar penelitian belum secara komprehensif membedakan antara faktor pembatas yang bersifat permanen dan yang masih dapat diperbaiki melalui intervensi pengelolaan lahan (Rossiter, 1996; Bouma, 2002; Lal, 2015; Sys et al., 1991; FAO, 1976).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian lahan bagi tanaman cabai merah pada wilayah terdampak erupsi Gunung Sinabung dengan pendekatan analisis spasial serta penilaian kesesuaian lahan aktual dan potensial.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November sampai dengan Januari 2025, dan Lokasi penelitian dilaksanakan di Kecamatan Naman Teran, Kabupaten Karo 02° 50' - 03° 19' LU dan 97° 55' - 98° 38' BT dengan luas 2.206,88 Km² berada pada ketinggian 0-1400 meter diatas permukaan laut.

Penelitian ini menggunakan metode survei dengan pendekatan deskriptif kualitatif dan analisis spasial berbasis Satuan Peta Lahan (SPL). SPL diperoleh melalui overlay peta jenis tanah, kemiringan lereng, dan ketinggian tempat menggunakan perangkat lunak ArcGIS (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Data yang digunakan meliputi:

- Data primer: karakteristik fisik dan kimia tanah dari hasil survei dan analisis laboratorium, di antaranya: pH, C-organik, KTK, tekstur, sedang metode klasifikasi berbasis FAO (1976). Jumlah sampel tanah mengikuti prosedur penelitian sebelumnya dengan metode sampling secara purposive.

- Data sekunder: data iklim 10 tahun terakhir dari BMKG

Evaluasi kesesuaian lahan dilakukan menggunakan metode pencocokan (matching) berdasarkan kriteria dari BBSDLP (2012). Parameter yang dianalisis meliputi temperatur, ketersediaan air, retensi hara, media perakaran, serta bahaya erosi.

HASIL PEMBAHASAN

Data Iklim

Data iklim selama 10 tahun terakhir (2015-2025) diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Unit Stasiun Klimatologi Sampali Deli Serdang meliputi data: Curah hujan, suhu udara dan kelembapan udara rata-rata bulanan pos pengamatan/stasiun terdekat yaitu Stasiun Pengamatan Parapat Kabupaten Karo dianggap dapat mewakili data iklim di Kecamatan Namanteran. Data iklim yang diperoleh dengan data rata-rata berikut:

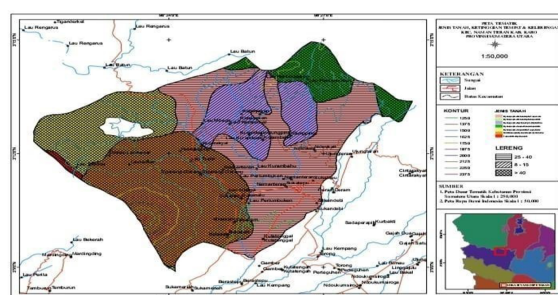
- Suhu udara rata-rata tahunan : 20,1 °C
- Jumlah curah hujan rata-rata perbulan : 2827 mm/tahun
- Jumlah curah hujan rata-rata tahunan : 593 mm/tahun
- Kelembaban rata-rata tahunan : 87,8% / tahun
- Tipe iklim (Oldeman: B (Bulan Basah))

Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi agroklimat wilayah penelitian relatif sesuai untuk pengembangan tanaman hortikultura, ditinjau dari suhu, curah hujan, dan kelembapan udara yang optimal. Faktor-faktor ini berperan penting dalam proses fisiologi tanaman, seperti fotosintesis, respirasi, dan pembentukan hasil. Namun demikian, kesesuaian agroklimat tidak selalu sejalan dengan kesesuaian lahan secara keseluruhan, karena faktor edafik (tanah) sering menjadi pembatas utama dalam sistem produksi pertanian (Weil, R. R and N. C. Brady, 2017; Lal, 2015; Bouma, 2002; Mujiyo et al., 2020).

Karakteristik Lahan

Dari hasil pengamatan survei di lapangan, data iklim dan analisis tanah yang dilakukan pada kedalaman 0 cm-30 cm, di peroleh data karakteristik lahan sebanyak 1 satuan peta lahan tetapi yang terkena erupsi gunung Sinabung terdapat 2 desa yaitu desa Sigarang garang dan

desa Sukanalu yang berdasarkan pada jenis tanah, ketinggian dan kemiringan lereng yang ada dikecamatan Naman Teran. Tanah yang tersebar dikecamatan Naman Teran ada 4 warna tanah yaitu : Abu vulkanik dari permukaan tanah hingga ke dalaman 10 cm, Topsoil dari kedalaman 10 cm - 50 cm, Liminate dari kedalaman 50 cm - 1m, transisi dari kedalaman 1m - 1,5m. Data visual dan tabel detail SPL tidak ditampilkan. Distribusi spasial SPL/LMU disajikan pada Gambar 1, sedangkan karakteristik detailnya dirangkum dalam analisis.



Gambar 2. Satuan Peta Lahan

Hasil analisis menunjukkan bahwa wilayah penelitian memiliki kondisi agroklimat dengan suhu rata-rata 20,1°C, curah hujan tinggi, dan kelembapan udara mencapai 87,8%, yang secara umum mendukung pertumbuhan tanaman hortikultura (Weil, R. R and N. C. Brady, 2017; Pinatih et al., 2019; FAO, 1976; Sukarman et al., 2020). Tanah vulkanik umumnya memiliki sifat fisik yang baik, namun seringkali mengalami kendala pada sifat kimia, terutama terkait retensi hara dan keasaman tanah (Shoji et al., 1994; Nanzyo, 2002; Simanjuntak, C. M., Deni Elfiati dan Delvian, 2015; Tarigan, 2015).

Namun demikian, hasil evaluasi kesesuaian lahan menunjukkan bahwa:

SPL 1 (Desa Sigarang-garang): termasuk kelas tidak sesuai (N) dengan faktor pembatas utama retensi hara (nr) dan bahaya erosi (eh). Rendahnya kapasitas tukar kation dan kejenuhan basa menunjukkan keterbatasan tanah dalam menyediakan unsur hara.

SPL 2 (Desa Sukanalu): juga tergolong tidak sesuai (N), dengan pembatas utama yang serupa, ditambah kondisi tekstur tanah yang kurang mendukung perkembangan akar. Hal ini diperjelas pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis pH dan KTK

Peubah	Hasil	Tergolong	Interpretasi
pH	5.1	agak masam	S3
KTK	8 cmol/kg	rendah	N
C-organik	0,47	Memadai	S1
Tekstur	Lempung berpasir	Tidak sesuai	N

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa keterbatasan utama lahan terletak pada rendahnya kemampuan tanah dalam menahan unsur hara, yang tercermin dari nilai kapasitas tukar kation (KTK) yang rendah. Kondisi ini mengindikasikan bahwa tanah memiliki kemampuan yang terbatas dalam mempertahankan unsur hara esensial seperti kalium (K), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg), yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman cabai merah.

Fenomena ini umum dijumpai pada tanah yang berasal dari abu vulkanik, terutama pada fase awal perkembangan tanah, di mana proses pelindian berlangsung cukup intensif dan kandungan bahan organik relatif rendah. Akibatnya, meskipun kondisi iklim seperti suhu dan curah hujan tergolong mendukung, faktor kimia tanah justru menjadi penentu utama dalam membatasi tingkat kesesuaian lahan.

Selain itu, kondisi topografi yang relatif miring meningkatkan potensi terjadinya erosi, yang selanjutnya mempercepat kehilangan lapisan tanah atas yang kaya akan unsur hara. Hal ini memperkuat bahwa faktor retensi hara dan bahaya erosi merupakan pembatas dominan dalam pemanfaatan lahan di wilayah penelitian.

Upaya perbaikan lahan seperti pengapuran dan penambahan bahan organik dapat memberikan dampak positif terhadap peningkatan pH tanah dan kapasitas tukar kation. Namun demikian, perbaikan tersebut cenderung bersifat parsial dan belum mampu mengatasi keterbatasan yang bersifat inheren, khususnya yang berkaitan dengan tekstur tanah dan sifat dasar retensi hara.

Beberapa faktor seperti tekstur tanah dan retensi hara bersifat inheren sehingga sulit diperbaiki secara optimal. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa retensi hara dan tekstur tanah merupakan faktor kritis dalam menentukan kesesuaian lahan

(Sys and Debaveye, 1991; Rossiter, 1996; Harahap et al., 2018; Mujiyo et al., 2020; Yuan, et al., 2025). Secara ekologis, erupsi Gunung Sinabung memberikan dampak signifikan terhadap perubahan sifat tanah, terutama melalui akumulasi material vulkanik yang mempengaruhi struktur, tekstur, dan kandungan kimia tanah. Meskipun material vulkanik dapat meningkatkan kandungan mineral tertentu, proses pelapukan dan pelindian dapat menyebabkan rendahnya ketersediaan unsur hara dalam jangka pendek. Selain itu, peningkatan kemiringan lereng akibat deposisi material juga berkontribusi terhadap peningkatan risiko erosi (Shoji et al., 1994; Nanzyo, 2002; Sukarman dan Purwanto, 2020; Tarigan, 2015; ; Lal, 2015). Upaya perbaikan lahan yang dapat dilakukan meliputi pengapuran untuk meningkatkan pH tanah, penambahan bahan organik untuk memperbaiki retensi hara, serta penerapan teknik konservasi tanah seperti terasering dan penanaman tanaman penutup tanah untuk mengurangi erosi. Penambahan bahan organik diketahui mampu meningkatkan kapasitas tukar kation serta memperbaiki struktur tanah, sedangkan pengapuran efektif dalam menetralkan keasaman tanah. Namun demikian, beberapa faktor seperti tekstur tanah dan sifat dasar retensi hara bersifat inheren sehingga sulit diperbaiki secara optimal dalam jangka pendek (Weil and Brady, 2017; Lal, 2015; Bouma, 2002; Sukarman et al., 2018; Pinatih et al., 2019).

NOVELTY. Penelitian ini berbeda dari penelitian sebelumnya karena memiliki kebaruan ilmiah dalam beberapa aspek berikut:

1. Konteks Spesifik Pascabencana Vulkanik. Studi ini secara khusus mengevaluasi kesesuaian lahan hortikultura pada wilayah terdampak erupsi Gunung Sinabung, yang masih relatif terbatas dalam literatur, terutama pada komoditas cabai merah.
2. Integrasi Analisis Spasial dan Evaluasi Lahan Aktual-Potensial. Penelitian ini menggabungkan pendekatan Satuan Peta Lahan (SPL) berbasis GIS dengan metode pencocokan (*matching*) untuk menghasilkan klasifikasi kesesuaian lahan baik secara aktual maupun potensial.
3. Identifikasi Faktor Pembatas Permanen vs. Dapat Diperbaiki. Studi ini tidak hanya

mengidentifikasi faktor pembatas, tetapi juga membedakan secara tegas antara faktor yang bersifat inheren (sulit diperbaiki) seperti retensi hara, dan faktor yang dapat direkayasa seperti pH tanah dan erosi.

4. Formulasi Strategi Adaptif Lahan Pascavulkanik. Penelitian ini memberikan pendekatan adaptif dalam pengelolaan lahan melalui kombinasi pengapuran, bahan organik, dan konservasi tanah, yang relevan untuk kondisi agroekosistem pasca erupsi.

REKOMENDASI

1. Rekomendasi Praktis (Aplikasi Lapangan)
 - a) Perlu dilakukan peningkatan kesuburan tanah melalui aplikasi bahan organik secara berkelanjutan untuk memperbaiki retensi hara.
 - b) Pengapuran direkomendasikan untuk meningkatkan pH tanah agar lebih optimal bagi pertumbuhan cabai merah.
 - c) Penerapan teknik konservasi seperti terasering dan tanaman penutup tanah sangat penting untuk menekan laju erosi.
 - d) Petani disarankan mempertimbangkan rotasi atau diversifikasi tanaman dengan komoditas yang lebih adaptif terhadap kondisi lahan marginal.
2. Rekomendasi Kebijakan
 - a) Pemerintah daerah perlu menyusun zonasi kesesuaian lahan berbasis pascabencana sebagai dasar perencanaan pertanian berkelanjutan.
 - b) Diperlukan dukungan program rehabilitasi lahan pasca erupsi melalui subsidi input pertanian (kapur, pupuk organik).
 - c) Penguatan peran penyuluh pertanian dalam mendampingi petani pada wilayah terdampak.
3. Rekomendasi Akademik (Penelitian Lanjutan)
 - a) Perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait teknologi ameliorasi tanah vulkanik untuk meningkatkan retensi hara secara lebih efektif.
 - b) Kajian komparatif antar komoditas hortikultura untuk menemukan tanaman yang paling adaptif pada kondisi lahan pasca erupsi.

- c) Pengembangan model evaluasi lahan berbasis machine learning atau remote sensing untuk meningkatkan akurasi pemetaan kesesuaian lahan.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat kesesuaian lahan untuk pengembangan cabai merah pada wilayah pasca erupsi Gunung Sinabung tergolong tidak sesuai (N), dengan faktor pembatas utama berupa rendahnya retensi hara dan tingginya risiko erosi. Meskipun beberapa upaya perbaikan seperti pengapuran dan penambahan bahan organik dapat meningkatkan kondisi tanah, intervensi tersebut belum mampu mengatasi keterbatasan yang bersifat mendasar. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pengelolaan lahan yang lebih adaptif, termasuk pemilihan komoditas yang lebih sesuai dengan kondisi lahan, guna mendukung keberlanjutan sistem pertanian di kawasan pasca vulkanik.

Pernyataan Penggunaan Kecerdasan Buatan

Penulis menyatakan bahwa teknologi kecerdasan buatan (AI) digunakan secara terbatas hanya untuk membantu perbaikan bahasa dan kejelasan penulisan. Seluruh ide, analisis, dan kesimpulan merupakan hasil pemikiran penulis, serta telah diverifikasi secara mandiri sesuai dengan standar akademik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bouma, J. (2002). Land quality indicators of sustainable land management across scales. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88(2), 129-136..
- FAO. (1976). *A framework for land evaluation*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/>
- Fleige, H., Beck-Broichsitter, S., Dörner, J., Goebel, M. O., Bachmann, J., & Horn, R. (2016). Land use and soil development in southern Chile: Effects on physical properties. *Journal of soil science and plant nutrition*, 16(3), 818-831. DOI: 10.4067/S0718-95162016005000058
- Harahap, F. S., Rauf, A., Rahmawaty, R., & Sidabukke, S. H. (2018). Evaluasi kesesuaian lahan pada areal penggunaan lain di Kecamatan Sitellu Tali Urang Julu Kabupaten Pakpak Bharat untuk

- pengembangan tanaman cabai merah (*Capsicum annum* L.). *JTSL (Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan)*, 5(2), 829-839.
- Lal, R. (2015). Soil degradation and resilience. In R. Lal (Ed.), *Soil management and climate change* (pp. 15–37). CRC Press.
- Mujiyo, M., Sulton, M. N., Kusumaningrum, L., Sunarto, S., Sunarhadi, M. A., Romadhon, M. R., ... & Hasanah, K. (2026). Land Suitability Assessment and Agricultural Sustainability of Rice Cultivation in the Hilly Region of Jatiroto, Indonesia. *Journal of Multidisciplinary Applied Natural Science*, 6(1), 44-61..
- Mutmainnah, D., Ayu, I. W., & Oklima, A. M. (2021). Analisis Tanah Untuk Indikator Tingkat Ketersediaan Lengan Tanah Di Lahan Kering Kecamatan Empang. *Jurnal Agroteknologi*, 1(1), 27–38.
- Nanzyo, M. (2002). Unique properties of volcanic ash soils. *Global Environmental Research*, 6(2), 99–112. DOI https://doi.org/10.57466/ger.6.2_99.
- Pinatih, I., Kusmiyarti, T. B., dan Susila, K. D. 2019. Evaluasi status kesuburan tanah pada lahan pertanian di Kecamatan Denpasar Selatan. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 4(4), 282–292.
- Prayoga, M. H., A.A.Bahri, Yusuf Azis , E.Rahmawati, 2021. Land suitability evaluation to increase Hiyung cayenne pepper production at Tapin district South Kalimantan Province. *International Journal of Biosciences* 19(3), 126-140
- Putri, D. R., & Sasongko, P. E. (2023). Sifat Fisika Tanah pada Tipe Penggunaan Lahan yang Berbeda di Kecamatan Pujon, Jawa Timur, Indonesia. *Jurnal Ilmu- Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(1), 27–33. <https://doi.org/10.31186/jipi.25.1.27-33>
- Rossiter, D. G. (1996). A theoretical framework for land evaluation. *Discussion paper. Geoderma*, 72 (1996), 165–190. Copyright (8 1996 Elsevier Science. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(96\)00031-6](https://doi.org/10.1016/0016-7061(96)00031-6)
- Shoji, S., M. Nanzyo and R. A. Dahlgren, (1994). *Volcanic ash soils: Genesis, properties and utilization*. Elsevier.
- Simanjuntak, C. M., , Elfiati D., & Delvian, 2015. *Dampak Erupsi Gunung Sinabung Terhadap Sifat Kimia Tanah Di Kabupaten Karo (The impact of eruption of Mount Sinabung on chemical properties of soil in Karo)*. Fakultas Kehutanan, Universitas Sumatera Utara
- Sukarman, S., Mulyani, A., & Purwanto, S. (2018). Modifikasi Metode Evaluasi Kesesuaian Lahan Berorientasi Perubahan Iklim. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 12(1), 1.
- Sys, C., E. Van Ranst, I.J. Debaveye, 1991. *Land evaluation. Part I: Principles in land evaluation and crop production calculations. International Training Centre for Post-Graduate Soil Scientists*. <https://edepot.wur.nl/494365>
- Taani A.A., Y.A. Husban and Ibrahim Farhan (2020). Land suitability evaluation for agricultural use using GIS and remotesensing techniques: The case study of Ma'an Governorate, Jordan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. DOI: 10.1016/j.ejrs.2020.01.001
- Tarigan, A. (2015). Rehabilitation Agriculture Area Covered By Sinabung Volcanic Ash. *Jurnal Online Pertanian Tropik* 2(3), 220–227. DOI: <https://doi.org/10.32734/jopt.v2i3.2915>
- Weil, R. R. & Brady, N. C. (2017). *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson Education. ISBN: 978-0133254488
- Yuan, X., et al. (2025). Genetic dissection of *Phytophthora capsici* resistance in *Capsicum annum* by genome-wide association mapping and fine mapping. *Horticultural Plant Journal*, 11(6) November 2025, pp 2177-2193. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2024.09.003>
- Zhiddiq, S., Badwi, N. A. & Khaerul, A. H., (2021). Evaluasi Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Lada (*Piper Nigrum* Linn) di Kecamatan Kindang, Kabupaten Bulukumba. *La Geografia*, 1.