

**ANALISIS KARAKTERISITIK SIFAT TANAH DALAM MENILAI POTENSI
KESUBURAN TANAH DI DUSUN 13 DESA BANGUN SARI
KECAMATAN TANJUNG MORAWA**

Daniel Try^{1*}, Agnes Enonita Harefa², Natalia Siagian³, Anggita Lydia Sirait⁴, Dini Sagala⁵, Cahyani Oktavia Saragih⁶, Mesi Tambunan⁷, Qania Gultom⁸, Ester Tinor Julianty Siagian⁹, dan Stevanie Diva Marpaung¹⁰

¹⁻¹⁰Universitas Negeri Medan, Kota Medan, Indonesia

* Email: danieltrypatratampubolon@gmail.com

Diterima: 07 Mei 2026

Direvisi: 26 Mei 2026

Publikasi: 29 Mei 2026

Abstract

This study aims to analyze soil characteristics in assessing soil fertility potential in Hamlet 13, Bangun Sari Village, Tanjung Morawa District. The study employed a qualitative descriptive method through field observation and simple laboratory testing, including pH measurement (H₂O and KCl), organic matter identification, carbonate testing using 10% HCl, and observation of soil physical and biological properties. Soil samples were collected directly from the study area and analyzed using descriptive interpretation to integrate physical, chemical, and biological aspects. Data were analyzed descriptively through the interpretation of observations and measurements of soil pH, carbonate reactions, and organic matter content to describe soil characteristics and fertility levels. The results showed that the soil had a brown color, clay to sandy clay texture, crumb structure, good drainage, and moderately loose consistency, with a pH ranging from 5 to 6, indicating slightly acidic conditions. Carbonate content was classified as low to moderate, while biological activity was indicated by the presence of plant roots and soil organisms such as earthworms. Overall, soil fertility was categorized as moderate, and improved organic matter management is needed to optimize agricultural potential in the study area.

Keywords: Soil; Physical; Chemical; Biological; Soil fertility

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik tanah dalam menilai potensi kesuburan tanah di Dusun 13, Desa Bangun Sari, Kecamatan Tanjung Morawa. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan observasi lapangan dan uji laboratorium sederhana, meliputi pengukuran pH (H₂O dan KCl), identifikasi bahan organik, pengujian karbonat menggunakan HCl 10%, serta pengamatan sifat fisik dan biologis tanah. Sampel tanah diambil langsung dari lokasi penelitian dan dianalisis menggunakan interpretasi deskriptif untuk mengintegrasikan aspek fisik, kimia, dan biologis. Data dianalisis secara deskriptif kualitatif melalui interpretasi hasil pengamatan dan pengukuran pH, reaksi karbonat, serta kandungan bahan organik untuk menggambarkan karakteristik dan tingkat kesuburan tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah memiliki warna coklat, tekstur lempung hingga lempung berpasir, struktur remah, drainase yang baik, serta konsistensi agak gembur, dengan nilai pH berkisar antara 5 hingga 6 yang menunjukkan kondisi agak asam. Kandungan karbonat tergolong rendah hingga sedang, sementara aktivitas biologis ditunjukkan oleh keberadaan akar tanaman dan mikroorganisme seperti cacing tanah. Secara keseluruhan, kesuburan tanah dikategorikan sedang, dan diperlukan peningkatan pengelolaan bahan organik untuk mengoptimalkan potensi pertanian di wilayah tersebut.

Kata kunci: Tanah; Fisik; Kimia; Biologi; Kesuburan Tanah

PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat penting dalam menunjang kehidupan manusia, khususnya pada sektor pertanian. Tanah tidak hanya berfungsi sebagai

media tumbuh tanaman, tetapi juga sebagai penyedia unsur hara, air, dan udara yang dibutuhkan dalam proses pertumbuhan tanaman (da Gama, 2023; Gavrilesco, 2021; Horel, 2024). Dalam kajian Suri et al. (2026), kualitas tanah

sangat menentukan tingkat produktivitas lahan pertanian. Semakin baik kualitas tanah, maka semakin tinggi pula kemampuan tanah dalam mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Sebaliknya, tanah dengan kualitas rendah akan membatasi pertumbuhan tanaman dan menurunkan hasil produksi. Pemahaman mengenai karakteristik tanah menjadi dasar penting dalam pengelolaan lahan pertanian yang berkelanjutan.

Kesuburan tanah merupakan kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah dan keseimbangan yang sesuai dan ditentukan oleh interaksi antara sifat fisik, kimia, dan biologis tanah yang saling berkaitan dan tidak dapat dipisahkan (Jaskulska et al., 2020). Ketiga aspek tersebut perlu dianalisis secara menyeluruh karena masing-masing memberikan kontribusi terhadap kualitas tanah. Selain itu, menurut Guan et al. (2024), unsur hara makro dan mikro berperan penting dalam mendukung proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kondisi lingkungan tanah juga mempengaruhi ketersediaan serta penyerapan unsur hara oleh akar tanaman. Kesuburan tanah mencerminkan keseimbangan berbagai faktor yang bekerja secara bersamaan dalam sistem tanah.

Sifat fisik tanah menjadi salah satu faktor utama yang mempengaruhi kemampuan tanah dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Komponen sifat fisik meliputi tekstur, struktur, porositas, dan warna tanah yang saling berhubungan. Tekstur tanah menentukan kemampuan tanah dalam menahan air serta menyimpan unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Struktur tanah yang baik menciptakan ruang pori yang memungkinkan pergerakan air dan udara berlangsung secara optimal (Castellini et al., 2025; Simanullang et al., 2024). Hal ini diperkuat oleh Ologunde et al. (2025) yang dimana kondisi-kondisi tersebut sangat berpengaruh terhadap perkembangan akar

tanaman yang membutuhkan oksigen dan kelembaban yang cukup.

Berdasarkan Jia et al., (2024) dan Penn & Camberato (2019), sifat kimia tanah berkaitan dengan kandungan unsur hara serta tingkat keasaman atau pH tanah yang mempengaruhi ketersediaan nutrisi bagi tanaman. Unsur hara seperti nitrogen, fosfor, dan kalium menjadi komponen utama dalam proses metabolisme tanaman. Unsur mikro juga memiliki peranan penting dalam mendukung berbagai proses fisiologis tanaman meskipun dibutuhkan dalam jumlah kecil. Nilai pH tanah menentukan apakah unsur hara dapat tersedia dan diserap secara optimal oleh tanaman dan hal ini berdampak jika kondisi tanah yang terlalu asam atau terlalu basa dapat membatasi ketersediaan unsur hara tertentu (Ardianti et al., 2022; Turner et al., 2020). Sifat kimia tanah sangat menentukan efektivitas tanah dalam mendukung produktivitas pertanian.

Sifat biologis tanah berhubungan dengan aktivitas organisme tanah seperti bakteri, jamur, dan fauna tanah yang berperan dalam proses penguraian bahan organik (Antisari et al., 2021). Hal ini diperkuat juga oleh Piotrowska-Długosz et al. (2024) yakni aktivitas organisme pada biologis tanah menghasilkan unsur hara yang dapat dimanfaatkan kembali oleh tanaman. Semakin tinggi aktivitas biologis tanah, semakin baik pula kualitas tanah dalam mendukung kesuburan. Bahan organik memiliki peran penting dalam memperbaiki struktur tanah serta meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air dan unsur hara. Selain itu, bahan organik menjadi sumber energi utama bagi mikroorganisme tanah. Sifat biologis tanah mencerminkan tingkat kesehatan ekosistem tanah secara keseluruhan.

Keterbatasan data mengenai karakteristik tanah di wilayah lokal masih menjadi permasalahan, termasuk di Dusun 13 Desa Bangun Sari, Kecamatan Tanjung Morawa.

Informasi terkait sifat fisik, kimia, dan biologis tanah di wilayah tersebut belum tersedia secara lengkap dan terintegrasi. Kondisi ini menyebabkan potensi kesuburan tanah belum dapat diketahui secara pasti. Kurangnya data ilmiah menghambat proses perencanaan pengelolaan lahan yang tepat sasaran. Kajian mengenai karakteristik tanah menjadi penting untuk memahami potensi sumber daya lahan secara lebih akurat.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis karakteristik sifat fisik, kimia, dan biologis tanah di Dusun 13 Desa Bangun Sari. Fokus penelitian juga diarahkan pada penentuan tingkat kesuburan tanah berdasarkan parameter pH, bahan organik, dan kandungan kapur. Hubungan antara karakteristik tanah dengan potensi kesuburan lahan turut menjadi bagian penting dalam kajian ini. Hasil penelitian diharapkan mampu menggambarkan kondisi tanah secara lebih rinci dan terukur. Informasi yang dihasilkan dapat digunakan sebagai dasar dalam pengelolaan lahan pertanian yang lebih efektif. Pengembangan pertanian berbasis kondisi tanah lokal dapat meningkatkan keberlanjutan produksi pertanian di wilayah tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan pendekatan eksperimen sederhana melalui pengujian langsung terhadap sampel tanah. Berdasarkan kajian Hamid & Prasetyowati (2021), metode deskriptif kualitatif digunakan untuk memahami suatu fenomena berdasarkan kondisi nyata melalui pengamatan langsung tanpa manipulasi variabel. Pendekatan ini dipilih untuk menggambarkan karakteristik sifat kimia tanah berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran sederhana pada sampel tanah.

Penelitian dilaksanakan di Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Medan dengan koordinat 3.609686, 98.714285 sebagai lokasi

pengujian sampel tanah, sedangkan pengambilan sampel dilakukan di Dusun 13 Desa Bangun Sari, Kecamatan Tanjung Morawa pada koordinat 3.523116, 98.765745. Pemilihan lokasi pengujian didasarkan pada ketersediaan fasilitas yang mendukung pelaksanaan analisis tanah secara sederhana. Tahapan penelitian meliputi persiapan alat dan bahan, pengambilan sampel, pengujian, serta analisis hasil.

Objek penelitian berupa sampel tanah lapisan permukaan yang diambil secara langsung di lokasi penelitian dan dianggap mewakili kondisi tanah setempat. Sampel digunakan untuk mengetahui karakteristik sifat kimia tanah melalui pengujian tingkat keasaman (pH), kandungan bahan kapur, dan bahan organik. Setelah diambil, sampel dibawa ke lokasi pengujian untuk dianalisis menggunakan larutan indikator dan alat ukur sederhana.

Instrumen penelitian terdiri atas alat dan bahan yang digunakan selama proses pengujian. Alat yang digunakan meliputi gelas beaker, pengaduk, kertas lakmus atau pH meter, serta penggaris. Gelas beaker berfungsi sebagai wadah pencampuran sampel, pengaduk digunakan untuk menghomogenkan larutan, sedangkan kertas lakmus atau pH meter digunakan untuk mengukur tingkat keasaman tanah. Adapun bahan penelitian meliputi sampel tanah, aquades, larutan KCl 1 N, larutan HCl 10%, dan larutan H₂O₂ 10%.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui empat jenis pengujian, yaitu uji pH aktual, uji pH potensial, uji bahan kapur, dan uji bahan organik. Uji pH aktual dilakukan dengan mencampurkan sampel tanah dan aquades, kemudian mengukur nilai pH menggunakan universal test paper berdasarkan perubahan warna indikator. Uji pH potensial dilakukan dengan prosedur yang sama, tetapi menggunakan larutan KCl 1 N untuk mengetahui cadangan keasaman tanah. Uji bahan kapur dilakukan dengan meneteskan larutan HCl 10%

pada sampel tanah dan mengamati terbentuknya gelembung sebagai indikator keberadaan karbonat. Sementara itu, uji bahan organik dilakukan dengan menambahkan larutan H_2O_2 10% dan mengamati reaksi berbuih yang menunjukkan adanya bahan organik.

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif kualitatif berdasarkan hasil pengamatan dan pengukuran selama proses pengujian berlangsung. Nilai pH aktual digunakan untuk mengetahui tingkat keasaman tanah dalam kondisi alami, sedangkan nilai pH potensial digunakan untuk mengetahui cadangan keasaman yang tersimpan dalam tanah. Perbandingan antara pH aktual dan pH potensial digunakan untuk menggambarkan kondisi kimia tanah secara umum. Hasil uji bahan kapur dianalisis berdasarkan intensitas gelembung yang muncul setelah penambahan larutan HCl 10% pada sampel tanah. Hasil uji bahan organik dianalisis berdasarkan keberadaan reaksi berbuih setelah penambahan larutan H_2O_2 10% pada sampel tanah. Seluruh hasil pengujian kemudian diinterpretasikan untuk mengetahui karakteristik sifat tanah dan tingkat kesuburan tanah di lokasi penelitian. Analisis dilakukan secara sistematis agar hasil penelitian dapat dipahami dan digunakan sebagai dasar interpretasi kondisi tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan pengujian terhadap sampel tanah yang diambil di Dusun 13 Desa Bangun Sari Kecamatan Tanjung Morawa, diperoleh data mengenai sifat fisik, kimia, dan biologis tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah memiliki warna coklat, tekstur halus yang mengarah pada jenis lempung hingga lempung berpasir, struktur tanah berbentuk remah, drainase tergolong baik, serta konsistensi tanah yang agak gembur. Selain itu, ditemukan adanya sistem perakaran tanaman dan keberadaan makroorganisme tanah seperti

cacing di sekitar lokasi sampel. Pengujian sifat kimia menunjukkan nilai pH aktual sebesar 6 dan pH potensial sebesar 5 sehingga tanah tergolong agak asam. Hasil uji HCl 10% menunjukkan adanya reaksi berbuih dalam jumlah sedikit yang mengindikasikan kandungan kapur dalam kategori rendah hingga sedang. Hasil tersebut menjadi dasar dalam menganalisis hubungan antara karakteristik tanah dengan potensi kesuburan tanah di wilayah penelitian.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa warna tanah di lokasi penelitian didominasi oleh warna coklat yang mengindikasikan adanya kandungan bahan organik dalam jumlah sedang. Tanah yang memiliki warna coklat umumnya masih mengandung bahan organik yang cukup untuk mendukung pertumbuhan tanaman (Ferrando Jorge et al., 2021; Sirisathitkul & Sirisathitkul, 2025). Warna tanah merupakan salah satu indikator awal yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kesuburan tanah karena berkaitan dengan kandungan bahan organik dan aktivitas biologis di dalam tanah. Kandungan bahan organik berperan penting dalam meningkatkan kemampuan tanah menyimpan air dan unsur hara sehingga kondisi tanah menjadi lebih produktif (Haque et al., 2021). Selain itu, menurut Zhang et al. (2021), keberadaan bahan organik juga mendukung aktivitas mikroorganisme yang membantu proses dekomposisi di dalam tanah. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tanah di lokasi penelitian masih memiliki potensi biologis yang cukup baik untuk mendukung pertumbuhan tanaman.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa tekstur tanah cenderung halus dengan tipe lempung hingga lempung berpasir serta memiliki struktur tanah berbentuk remah. Tekstur dan struktur tanah sangat mempengaruhi kemampuan tanah dalam menahan air, menyediakan unsur hara, dan mendukung perkembangan akar tanaman (Pires, 2023). Struktur remah yang ditemukan pada lokasi

penelitian menunjukkan bahwa agregat tanah mudah hancur dan memiliki porositas yang baik sehingga pergerakan air dan udara di dalam tanah berlangsung lebih optimal (Abid et al., 2025). Tanah dengan tekstur lempung hingga lempung berpasir memiliki keseimbangan antara kemampuan menahan air dan sistem aerasi tanah. Kondisi tersebut memungkinkan akar tanaman berkembang dengan lebih baik dan meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara (Irshad et al., 2024; Wang et al., 2021). Struktur tanah yang baik juga mempermudah proses pengolahan lahan sehingga tanah lebih mudah dimanfaatkan untuk kegiatan pertanian. Hal tersebut menunjukkan bahwa sifat fisik tanah di lokasi penelitian berkontribusi positif terhadap tingkat kesuburan tanah.

Drainase tanah pada lokasi penelitian tergolong baik yang ditunjukkan dengan tidak adanya genangan air pada permukaan tanah. Kondisi drainase yang baik menunjukkan bahwa tanah mampu mengalirkan kelebihan air secara optimal sehingga akar tanaman tidak mengalami kondisi anaerobik dan konsistensi tanah yang agak gembur menunjukkan bahwa tanah relatif mudah diolah dan tidak terlalu padat (Cui et al., 2022). Tanah yang gembur memiliki ruang pori yang cukup sehingga proses pertukaran udara dan infiltrasi air dapat berlangsung dengan baik (Wendel et al., 2022). Kondisi tersebut sangat mendukung perkembangan akar tanaman dan aktivitas organisme tanah. Faktor tersebut memperkuat indikasi bahwa kondisi fisik tanah masih berada dalam kategori cukup produktif.

Berdasarkan hasil pengujian kimia tanah, nilai pH aktual sebesar 6 menunjukkan bahwa tanah tergolong agak asam namun masih berada pada kisaran yang cukup baik untuk pertumbuhan sebagian besar tanaman budidaya. Nilai pH potensial sebesar 5 menunjukkan adanya cadangan keasaman tanah yang berasal dari ion H^+ dan Al^{3+} yang tersimpan pada kompleks koloid tanah. Kondisi tanah yang agak

asam masih memungkinkan unsur hara tersedia bagi tanaman dalam jumlah yang cukup. Selain itu, kondisi pH tersebut juga masih mendukung aktivitas mikroorganisme tanah yang berperan dalam proses siklus unsur hara. Tanah dengan tingkat keasaman yang stabil umumnya lebih mampu mendukung pertumbuhan tanaman dibandingkan tanah yang terlalu asam. Nilai pH tersebut menunjukkan bahwa tanah masih memiliki potensi kesuburan meskipun memerlukan pengelolaan lanjutan untuk menjaga stabilitas sifat kimia tanah.

Hasil uji kandungan kapur menunjukkan adanya reaksi berbuih dalam jumlah sedikit setelah penambahan larutan HCl 10%. Reaksi tersebut menunjukkan bahwa tanah mengandung kalsium karbonat dalam kategori rendah hingga sedang. Menurut Cui et al. (2022), kandungan kapur memiliki peran penting dalam menetralkan keasaman tanah dan menjaga kestabilan kondisi kimia tanah. Keberadaan kalsium dalam tanah juga Kandungan kapur yang relatif rendah menunjukkan bahwa kemampuan tanah dalam menahan peningkatan keasaman masih terbatas (Anderson et al., 2020). Kondisi tersebut dapat menyebabkan tanah lebih mudah mengalami perubahan pH apabila tidak dilakukan pengelolaan yang tepat. Hal tersebut menunjukkan perlunya penambahan bahan pembenah tanah atau pengapuran berkala untuk menjaga kualitas tanah di lokasi penelitian.

Hasil pengamatan biologis menunjukkan adanya sistem perakaran tanaman dan keberadaan makroorganisme tanah seperti cacing. Keberadaan organisme tanah menunjukkan bahwa aktivitas biologis dalam tanah masih berlangsung dengan baik dan mendukung proses dekomposisi bahan organik. Organisme tanah memiliki peran penting dalam siklus unsur hara, pembentukan agregat tanah, serta peningkatan porositas tanah. Aktivitas biologis yang tinggi dapat membantu memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan

kesuburan tanah secara alami (Usman et al., 2016). Selain itu, keberadaan akar tanaman membantu memperkuat struktur tanah melalui pembentukan agregat yang lebih stabil. Kondisi biologis yang baik menunjukkan bahwa tanah masih memiliki kemampuan alami dalam

mendukung produktivitas lahan. Faktor tersebut memperlihatkan bahwa aspek biologis tanah memberikan kontribusi terhadap tingkat kesuburan tanah di lokasi penelitian seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi Frekuensi Pemahaman konsep Siswa pada Siklus I

Parameter	Hasil Pengamatan	Keterangan
pH aktual	6	Agak asam
pH potensial	5	Lebih asam
Kandungan kapur	Berbuih - sedikit	Rendah-sedang
Warna tanah	Coklat	Indikasi bahan organik
Tekstur	Halus	Lempung/lempung berpasir
Struktur	Remah	Mudah hancur
Drainase	Baik	Tidak tergenang
Konsistensi	Agak gembur	Mudah diolah
Perakaran	Ada	Mendukung pertumbuhan
Biologi tanah	Ada makroorganisme	Aktivitas biologis ada

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat fisik, kimia, dan biologis tanah di lokasi penelitian saling berkaitan dalam menentukan tingkat kesuburan tanah. Struktur tanah yang remah dan drainase yang baik mendukung perkembangan akar tanaman serta aktivitas organisme tanah. Nilai pH yang masih berada pada kisaran agak asam memungkinkan unsur hara tetap tersedia bagi tanaman dan mendukung aktivitas biologis tanah. Kandungan kapur dalam kategori rendah hingga sedang membantu menjaga kestabilan kondisi kimia tanah meskipun belum optimal. Hubungan antar sifat tanah tersebut menunjukkan bahwa kesuburan tanah dipengaruhi oleh interaksi berbagai faktor yang bekerja secara bersamaan. Temuan penelitian menunjukkan bahwa tanah di Dusun 13 Desa Bangun Sari masih memiliki potensi yang cukup baik untuk mendukung pertumbuhan tanaman dengan tingkat kesuburan kategori sedang. Pengelolaan tanah melalui penambahan bahan organik dan pengapuran berkala dapat menjadi upaya untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas tanah di wilayah penelitian.

Temuan ini memberikan gambaran awal mengenai kondisi tanah lokal yang dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam pengelolaan lahan pertanian di wilayah setempat. Informasi mengenai karakteristik tanah menjadi penting untuk menentukan bentuk perlakuan tanah yang lebih sesuai dengan kondisi lapangan, sekaligus dapat menjadi acuan awal bagi pengamatan atau kajian lanjutan mengenai kesuburan tanah dan potensi pengembangan pertanian pada wilayah dengan karakteristik serupa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, tanah di Dusun 13 Desa Bangun Sari Kecamatan Tanjung Morawa memiliki karakteristik fisik, kimia, dan biologis yang saling mendukung terhadap potensi kesuburan tanah. Kondisi fisik tanah yang baik, tingkat keasaman tanah yang masih berada pada kisaran agak asam, serta adanya aktivitas biologis dalam tanah menunjukkan bahwa tanah di lokasi penelitian masih mampu mendukung pertumbuhan tanaman. Tingkat kesuburan tanah di lokasi penelitian tergolong

sedang berdasarkan parameter pH, bahan organik, dan kandungan kapur yang diamati. Hubungan antara sifat fisik, kimia, dan biologis tanah menunjukkan bahwa ketiga faktor tersebut berperan penting dalam menentukan kondisi dan potensi kesuburan tanah di wilayah penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abid, M. M., Maroeto, M., & Arifin, Moch. (2025). Land Use-Driven Variation in Soil Physical Properties: A Case Study from Wotan Village, Panceng Subdistrict, East Java. *Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus*, 11(2), 785–804. <https://doi.org/10.36987/jpbn.v11i2.7484>
- Anderson, G. C., Pathan, S., Easton, J., Hall, D. J. M., & Sharma, R. (2020). Short- and Long-Term Effects of Lime and Gypsum Applications on Acid Soils in a Water-Limited Environment: 2. Soil Chemical Properties. *Agronomy*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/agronomy10121987>
- Ardianti, A. A., Athallah, F. N. F., Wulansari, R., & Wicaksono, K. S. (2022). The relationship Between Soil Chemical Properties and Uptake of Tea Plant Nutrient in PTPN VI Jambi. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 9(1), 181–191. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.1.20>
- Castellini, M., Bondi, C., Leogrande, R., Giglio, L., Vitti, C., Mastrangelo, M., & Bagarello, V. (2025). Evaluating the Effects of Compost, Vermicompost, and Biochar on Physical Quality of Sandy-Loam Soils. *Applied Sciences*, 15(6). <https://doi.org/10.3390/app15063392>
- Cui, Z., Huang, Z., Liu, Y., López-Vicente, M., & Wu, G. L. (2022). Natural compensation mechanism of soil water infiltration through decayed roots in semi-arid vegetation species. *Science of the total environment*, 819, 151985. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151985>
- da Gama, J. (2023). The Role of Soils in Sustainability, Climate Change, and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities. *Ecologies*, 4(3), 552–567. <https://doi.org/10.3390/ecologies4030036>
- Ferrando Jorge, N., Clark, J., Cárdenas, M. L., Geoghegan, H., & Shannon, V. (2021). Measuring Soil Colour to Estimate Soil Organic Carbon Using a Large-Scale Citizen Science-Based Approach. *Sustainability*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/su131911029>
- Gavrilescu, M. (2021). Water, Soil, and Plants Interactions in a Threatened Environment. *Water*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/w13192746>
- Guan, D.-X., Menezes-Blackburn, D., & Li, G. (2024). The Importance of Mineral Elements for Sustainable Crop Production. *Agronomy*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/agronomy14010209>
- Hamid, A., & Prasetyowati, M. S. D. R. A. (2021). *Metodologi Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, dan Eksperimen*. CV Literasi Nusantara Abadi.
- Haque, A. N. A., Uddin, Md. K., Sulaiman, M. F., Amin, A. M., Hossain, M., Zaibon, S., & Mosharrof, M. (2021). Assessing the Increase in Soil Moisture Storage Capacity and Nutrient Enhancement of Different Organic Amendments in Paddy Soil. *Agriculture*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/agriculture11010044>
- Horel, Á. (2024). Soil–Plant–Water Systems and Interactions. *Plants*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/plants13030358>
- Irshad, A., Ahmad, H., Muhammad, I., Khan, S. U., & Raza, S. (2024). Editorial: The role of water stress and soil texture on plant roots anatomy, architecture, and senescence. *Frontiers in Plant Science, Volume 15-2024*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1490001>
- Jaskulska, I., Lemanowicz, J., Breza-Boruta, B., Siwik-Ziomek, A., Radziemska, M., Dariusz, J., & Białek, M. (2020). Chemical and Biological Properties of Sandy Loam Soil in Response to Long-Term Organic–Mineral Fertilisation in a Warm-Summer Humid Continental Climate. *Agronomy*,

- 10(10).
<https://doi.org/10.3390/agronomy10101610>
- Jia, M., Wang, Y., Zhang, Q., Lin, S., Zhang, Q., Chen, Y., Hong, L., Jia, X., Ye, J., & Wang, H. (2024). Effect of Soil pH on the Uptake of Essential Elements by Tea Plant and Subsequent Impact on Growth and Leaf Quality. *Agronomy*, 14(6).
<https://doi.org/10.3390/agronomy14061338>
- Ologunde, O. H., Lima, R. P., Cagna, C. P., Tormena, C. A., & Nunes, M. R. (2025). Soil physical quality determines early-stage crop root development. *Rhizosphere*, 36, 101220.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2025.101220>
- Penn, C. J., & Camberato, J. J. (2019). A critical review on soil chemical processes that control how soil ph affects phosphorus availability to plants. *Agriculture (Switzerland)*, 9(6).
<https://doi.org/10.3390/agriculture9060120>
- Piotrowska-Długosz, A., Długosz, J., Kalisz, B., & Gąsiorek, M. (2024). Soil Microbial and Enzymatic Properties in Luvisols as Affected by Different Types of Agricultural Land-Use Systems and Soil Depth. *Agronomy*, 14(1).
<https://doi.org/10.3390/agronomy14010083>
- Pires, L. F. (2023). Changes in Soil Water Retention and Micromorphological Properties Induced by Wetting and Drying Cycles. *Soil Systems*, 7(2).
<https://doi.org/10.3390/soilsystems7020051>
- Simanullang, H. D., Denaneer, D., & Afrianti, S. (2024). Soil Physical Properties of Oil Palm Plantations in Tidal Areas of Peatland. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 13(4), 1101.
<https://doi.org/10.23960/jtep-l.v13i4.1101-1108>
- Sirisathitkul, Y., & Sirisathitkul, C. (2025). Decoding Soil Color: Origins, Influences, and Methods of Analysis. *AgriEngineering*, 7(3).
<https://doi.org/10.3390/agriengineering7030058>
- Suri, D., Sharma, R. P., Gawdiya, S., Sankhyan, N. K., Manuja, S., Singh, J., Sharma, T., Al-Ansari, N., Mattar, M. A., & Salem, A. (2026). Soil Quality Index as a Predictor of Maize–Wheat System Productivity Under Long-Term Nutrient Management. *Land*, 15(1).
<https://doi.org/10.3390/land15010183>
- Turner, A. J., Arzola, C. I., & Nunez, G. H. (2020). High pH Stress Affects Root Morphology and Nutritional Status of Hydroponically Grown Rhododendron (Rhododendron spp.). *Plants*, 9(8).
<https://doi.org/10.3390/plants9081019>
- Usman, S., Muhammad, Y., & Chiroman, A. (2016). Roles of soil biota and biodiversity in soil environment – A concise communication. *EURASIAN JOURNAL OF SOIL SCIENCE (EJSS)*, 5(4), 255.
<https://doi.org/10.18393/ejss.2016.4.255-265>
- Vittori Antisari, L., Ferronato, C., De Feudis, M., Natali, C., Bianchini, G., & Falsone, G. (2021). Soil Biochemical Indicators and Biological Fertility in Agricultural Soils: A Case Study from Northern Italy. *Minerals*, 11(2).
<https://doi.org/10.3390/min11020219>
- Wang, D., Wang, Z., Zhang, J., Zhou, B., Lv, T., & Li, W. (2021). Effects of Soil Texture on Soil Leaching and Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Growth under Combined Irrigation and Drainage. *Water*, 13(24).
<https://doi.org/10.3390/w13243614>
- Wendel, A. S., Bauke, S. L., Amelung, W., & Knief, C. (2022). Root-rhizosphere-soil interactions in biopores. *Plant and Soil*, 475(1), 253–277.
<https://doi.org/10.1007/s11104-022-05406-4>
- Zhang, M., Dong, L.-G., Fei, S.-X., Zhang, J.-W., Jiang, X.-M., Wang, Y., & Yu, X. (2021). Responses of Soil Organic Carbon Mineralization and Microbial Communities to Leaf Litter Addition under Different Soil Layers. *Forests*, 12(2).
<https://doi.org/10.3390/f12020170>