

ANALISIS SIFAT FISIKA DAN KIMIA TANAH PADA LAHAN KOPI ARABIKA ORGANIK DI KABUPATEN BENER MERIAH

Analisis of Soil Physical and Chemical Properties in Organic Arabica Coffee Plantations in Bener Meriah District

M. Aygun¹, Halim Akbar^{1*}, Ismadi¹, Nasruddin¹, Laila Nazirah¹

¹Program studi Magister Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Malikussaleh

*Corresponding author: halim@unimal.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan sifat fisika dan kimia tanah pada lahan kopi Arabika (*Coffea arabica*) yang dibudidayakan dengan sistem organik dan anorganik di Kabupaten Bener Meriah, Provinsi Aceh. Penelitian dilakukan pada varietas unggulan, yaitu Gayo 2 dengan tiga kategori umur tanaman (5, 10 dan 15 tahun). Parameter fisika tanah yang dianalisis meliputi permeabilitas, bulk density, porositas dan kadar air. Sementara itu, parameter kimia tanah meliputi pH tanah, kandungan karbon organik (C-organik), nitrogen total (N-total), fosfor total (P-total) dan kalium total (K-total). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan deskriptif kuantitatif dengan pengambilan sampel secara purposive sampling. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem budidaya organik memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap peningkatan kualitas tanah dibandingkan sistem anorganik. Tanah pada lahan organik memiliki porositas dan kandungan C-organik yang lebih tinggi, serta bulk density yang lebih rendah. Demikian pula, kandungan unsur hara makro (N, P, K) lebih tinggi pada sistem organik.

Kata kunci; Arabika, fisika, Gayo-2, kimia, organik.

ABSTRACT

This study aims to analyze and compare the physical and chemical properties of soil in Arabica coffee (*Coffea arabica*) plantations cultivated utilizing organic and inorganic systems in Bener Meriah Regency, Aceh Province. The study was conducted on the superior variety Gayo 2 with three categories of plant age (5, 10 and 15 years). The physical soil parameters analyzed include permeability, bulk density, porosity and moisture content. In the meantime, the chemical soil parameters include soil pH, organic carbon content (organic C), total nitrogen (total N), total phosphorus (total P) and total potassium (total K). The method used in this study was a quantitative descriptive approach with purposive sampling. The analysis results showed that the organic farming system had a better effect on improving soil quality compared to the inorganic system. Soil in organic fields has higher porosity and organic carbon content, as well as lower bulk density. Similarly, macro nutrient content (N, P, K) is higher in organic systems.

Keywords; Arabica, chemical, Gayo-2, Organic, physical.

PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan penting di Indonesia yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan berperan besar dalam perekonomian nasional. Selain menjadi sumber devisa negara melalui ekspor, kopi juga memberikan penghidupan bagi jutaan petani di berbagai daerah. Indonesia memiliki luas areal perkebunan

kopi mencapai 1,24 juta hektar dengan produksi sekitar 729 ribu ton per tahun, dimana lebih dari 65% hasilnya diekspor (Ditjenbun, 2018). Angka ini menunjukkan besarnya kontribusi kopi terhadap pembangunan sektor pertanian maupun peningkatan kesejahteraan petani (Munara, 2021).

Indonesia memiliki berbagai jenis kopi, salah satunya Arabika (*Coffea arabica* L.)

menjadi yang paling diminati pasar internasional karena cita rasa dan aroma khasnya. Kabupaten Bener Meriah, Provinsi Aceh, dikenal sebagai salah satu sentra utama kopi Arabika berkualitas tinggi. Kondisi agroklimat berupa ketinggian, suhu, serta karakteristik tanah di wilayah ini sangat mendukung produksi kopi dengan kualitas premium (Izzati *et al.*, 2024). Oleh sebab itu, upaya pengelolaan lahan dan sistem budidaya kopi di daerah ini sangat menentukan keberlanjutan produksi.

Produktivitas dan kualitas kopi tidak hanya dipengaruhi oleh faktor iklim dan varietas, tetapi juga oleh sifat fisika dan kimia tanah sebagai media tumbuh. Sifat fisika tanah, seperti tekstur, struktur, porositas dan kapasitas menahan air, memengaruhi kemampuan tanah dalam mendukung perakaran tanaman. Sementara itu, sifat kimia tanah, meliputi pH, bahan organik, serta kandungan unsur hara makro (N, P, K), berperan langsung dalam penyediaan nutrisi dan mendukung aktivitas mikroorganisme tanah (Hardjowigeno, 2007). Menurut Elly dan Maitimu (2025) bahan organik dapat memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kapasitas simpan air serta ketersediaan unsur hara lainnya. Dengan demikian, kondisi tanah yang sehat menjadi syarat penting untuk mendukung produktivitas lahan kopi.

Kabupaten Bener Meriah, memiliki sistem budidaya kopi yang dilakukan dengan pendekatan yang bervariasi, terutama antara budidaya secara organik dan anorganik. Sistem organik umumnya mengandalkan input alami seperti pupuk kandang, kompos dan bahan hayati yang diyakini mampu memperbaiki struktur tanah serta meningkatkan aktivitas biologi tanah secara berkelanjutan.

Kopi organik merupakan kopi yang dihasilkan melalui sistem budidaya berkelanjutan dengan meminimalkan atau tanpa penggunaan bahan kimia. Sistem ini tidak hanya menjaga kelestarian sumber daya alam dan lingkungan, tetapi juga menghasilkan produk yang aman dikonsumsi serta memiliki nilai gizi tinggi. Budidaya kopi organik, seperti pada kopi Gayo, turut memberikan keuntungan sosial-ekonomi bagi masyarakat sekitar.

Kesehatan tanah, khususnya sifat kimia tanah, sangat mempengaruhi produktivitas kopi. Kekurangan unsur hara dapat menghambat pertumbuhan dan menurunkan hasil panen. Oleh karena itu, survei dan analisis tanah diperlukan untuk mengetahui karakteristik lahan serta menentukan strategi pengelolaan yang tepat (Pasaribu *et al.*, 2025).

Pupuk organik dapat diperoleh dari seresah tanaman penanang, hasil pemangkasan batang kopi, maupun kotoran ternak. Aplikasinya dilakukan sejak penyiapan lahan hingga perawatan rutin, misalnya melalui pengisian bahan organik ke dalam lubang tanam atau penimbunan secara berkala di sekitar perakaran. Budidaya kopi dengan cara organik mampu menjaga kesuburan tanah sekaligus meningkatkan keberlanjutan produksi.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa sistem pertanian organik mampu meningkatkan kualitas tanah melalui peningkatan kandungan bahan organik, aktivitas biologi tanah, serta perbaikan struktur tanah (Laila *et al.*, 2025). Hasil penelitian Widianingsih *et al.* (2025) menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik dapat secara signifikan berdampak positif terhadap sifat biologi tanah serta meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah. Namun, kajian mengenai pengaruh sistem organik terhadap sifat fisika dan kimia tanah pada lahan kopi Arabika, khususnya di Kabupaten Bener Meriah, masih terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis sifat fisika dan kimia tanah pada perkebunan kopi di bawah binaan Koperasi Ara Cahyani Gayo dengan memperhatikan keseragaman ketinggian, varietas, serta umur tanaman, serta melihat hubungannya dengan hasil produksi kopi Arabika organik.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Perkebunan Kopi dibawah Binaan Koperasi Ara Cahyani Gayo yang berada di Kecamatan Permata dan Kec Bandar Kabupaten Bener Meriah Provinsi Aceh. Sampel tanah dianalisis di Laboratorium Penelitian Tanah dan

Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala dan Laboratorium Ilmu Tanah Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Malikussaleh. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus sampai Oktober 2024.

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah H_2O_2 Kemudian bahan-bahan kimia untuk analisis sifat kimia tanah yang digunakan seperti aquadest, $K_2Cr_2O_7$ 1 N, H_2SO_4 pekat, asam pospat (H_3PO_4) 85% NaF, indikator difenilamin, ferosulfat 1 N, HCl 25%, ammonium asetat 1 N, alkohol, H_3BO_3 , NaOH 40%, asam borat 40%, indikator BCG dan HCl 0,1 N, asam borat 15% NH_4OAc 0,01 dan 1 N, indikator metal merah, NaCl 10% dan NaOH 40%.

Bahan yang di gunakan yaitu tanah utuh. Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah bor tanah, meteran, kertas label, global positioning system (GPS), abney level, timbangan analitik, ayakan 2 mm, pH meter, labu ukur, botol kocok, erlenmeyer, mesin kocok, tabung reaksi, oven, tangkai capitan, pinggan aluminium, cawan porselen, kertas saring, labu kajledahl, alat destilasi, spektrophometer, aplikasi ArcGIS, seperangkat laptop, kamera dan alat tulis

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode survei yang terdiri dari empat tahap yaitu, (1) tahap persiapan; (2) survei pendahuluan; (3) survei utama; dan (4) analisis data dan penyajian hasil.

Tahap pertama metode survei adalah tahap persiapan yang meliputi studi pustaka, perizinan lokasi penelitian, dan pengumpulan data sekunder sebaran lahan kopi organik, kelerengan serta ketinggian.

Tahap selanjutnya adalah survei pendahuluan. Tahap ini bertujuan mempersiapkan pelaksanaan survei utama, yang meliputi pengecekan lokasi titik penelitian dan pengurusan surat izin penelitian serta observasi keseluruhan tempat penelitian.

Tahap terakhir adalah survei utama yang meliputi tiga kegiatan, yaitu

pengambilan sampel tanah, pengukuran dan pengamatan biofisik lahan. Sampel tanah diambil dalam bentuk utuh dan tidak utuh. Kegiatan pengambilan sampel ini dilakukan pada 12 Titik pengambilan dengan menggunakan bor tanah pada kedalaman 0-30 cm secara acak dari lima titik (sub sampel).

Sampel tanah yang sudah dihaluskan kemudian dianalisis Tekstur Tanah, Bahan Organik (B.O), KTK , N Total, N Tersedia, P Total, P Tersedia dan pH, Metode analisis sifat fisika dan kimia tanah yang berdasarkan BPSI Tanah dan Pupuk (2023).

Tabel 1. Metode Analisis Kimia Tanah

No	Sifat Tanah	Metode
1	pH(H_2O)	pH meter
2	C-organik	Walkey and
3	N-total	Black
4	P- Total	Kjeldah
5	K- Total	Kjeldah

Sumber: BPSI Tanah dan Pupuk (2023)

Tabel 2. Metode Analisis Fisika Tanah

No	Sifat Tanah	Metode
1	Permeabilitas	falling head
2	Buldensity	($g\ cm^{-2}$)
3	Porositas	injeksi raksa .
4	Kadar Air	(Metode Gravimetrik)

Sumber: BPSI Tanah dan Pupuk (2023)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Berdasarkan hasil analisis dilaboratorium fisika tanah dan lingkungan Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala didapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel 3 yang menunjukkan data sifat fisika tanah pada tanaman kopi varietas Gayo 2 berdasarkan umur tanaman (5, 10 dan 15 tahun) pada sistem budidaya organik.

Permeabilitas tanah menunjukkan kemampuan tanah dalam meloloskan air. Pada sistem budidaya organik, nilai permeabilitas tertinggi ditemukan pada tanaman berumur 5 tahun, yaitu $67,00\ cm\ jam^{-1}$, sementara pada umur 15 tahun turun menjadi $23,82\ cm\ jam^{-1}$ Penurunan ini mungkin dipengaruhi oleh peningkatan kepadatan tanah seiring bertambahnya umur tanaman dan perkembangan akar yang intens.

Bulk density tanah pada sistem organik meningkat dari 0,81 g cm⁻³ (5 tahun) menjadi 0,94 g cm⁻³ (15 tahun). Hal ini mencerminkan peningkatan kepadatan partikel tanah seiring waktu, namun tetap

Porositas tanah pada sistem organik cenderung lebih tinggi dengan nilai tertinggi pada umur 5 tahun yaitu 68,57%, sedangkan pada umur 15 tahun menurun menjadi 63,90%. Penurunan ini selaras dengan peningkatan bulk density. Rendahnya porositas ini dapat mengganggu sirkulasi udara dan air, serta memperburuk pertumbuhan akar (Laoli & Halawa, 2024).

Pada umur 10 tahun, sistem organik mencatat kadar air lebih tinggi (12,36%).

berada pada kisaran normal (< 1,4 g cm⁻³), sehingga tidak menghambat perkembangan akar.

Hal ini bisa dikaitkan dengan kandungan bahan organik yang berfungsi sebagai penyangga kelembaban tanah (Lawolo, 2025). Namun, pada umur 15 tahun, kadar air di sistem organik (11,1%) lebih tinggi dibanding sistem anorganik (6,38%), menunjukkan bahwa tanah organik cenderung lebih stabil dalam menjaga kelembaban. Penjelasan lebih lanjut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Sifat Fisika Tanah Tanaman kopi Varietas Gayo 2

Umur Tanaman (Tahun)	Sistem Budidaya			
	Organik			
	Permeabilitas (cm jam ⁻¹)	Bulkdensity (g cm ⁻³)	Porositas (%)	Kadar Air (%)
5	67,00	0,81	68,87	5,26
10	24,76	0,88	66,34	12,36
15	23,82	0,94	63,90	11,11
Sumber.	Analisis	Fisika	Tanah	2025

Analisis kimia tanah yang dilakukan sistem budidaya organik memberikan hasil yang lebih baik pada seluruh parameter tanah Kandungan C-organik, N-total, P-total dan K-total meningkat seiring waktu dalam sistem organik, sedangkan dalam sistem anorganik peningkatan cenderung

lambat atau bahkan menurun. Peningkatan sifat kimia tanah dalam sistem organik menandakan adanya perbaikan kualitas tanah secara berkelanjutan dan mendukung sistem pertanian kopi yang ramah lingkungan dan produktif. Hasil analisis sifat kimia dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Sifat Kimia Tanah Tanaman kopi Varietas Gayo 2

Umur Tanaman (Tahun)	Sistem Budidaya				
	Organik				
	pH	C-Organik (%)	N-Total (%)	P-Total (%)	K-Total (%)
5	5,62	12,00	0,30	0,06	0,53
10	5,86	14,50	0,32	0,20	0,36
15	5,26	16,57	0,39	0,12	0,75

Sumber. Hasil Analisis Laboratorium Tanah dan Tanaman 2025.

Berdasarkan Tabel 4 didapat bahwa nilai pH tanah pada sistem organik berkisar antara 5,26–5,62. Penurunan pH pada umur 15 tahun di sistem organik menjadi 5,26 bisa disebabkan oleh akumulasi asam organik dari dekomposisi bahan organik (Zainal *et al.*, 2025).

Kandungan karbon organik (C-organik) lebih tinggi pada sistem organik, yaitu meningkat dari 12,00% (umur 5 tahun) menjadi 16,37% (umur 15 tahun). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian bahan organik secara rutin mampu meningkatkan cadangan karbon dalam tanah yang sangat penting untuk memperbaiki struktur tanah,

kemampuan menahan air dan aktivitas mikroba (Prasetya *et al.*, 2022).

Kadar nitrogen total (N-total) juga lebih tinggi pada sistem organik, yaitu dari 0,30% (umur 5 tahun) meningkat menjadi 0,53% (umur 15 tahun). Peningkatan ini sejalan dengan akumulasi bahan organik dan aktivitas mikroorganisme fiksasi nitrogen yang lebih aktif dalam sistem organik.

Fosfor total (P-total) pada sistem organik meningkat seiring umur tanaman, dari 0,06% menjadi 0,12%. Hal ini didukung oleh pemanfaatan kompos dan pupuk organik yang mengandung fosfor tersedia

Pembahasan

a. Sifat Kimia Tanah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem budidaya berpengaruh secara signifikan terhadap beberapa sifat kimia tanah seperti pH, kandungan kalium (K) total dan C-organik. Lahan kopi yang dikelola secara organik cenderung memiliki pH yang lebih stabil, kandungan bahan organik lebih tinggi dan akumulasi kalium yang lebih baik daripada lahan anorganik. Temuan ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya bahwa pengelolaan tanah berbasis organik meningkatkan kualitas tanah secara berkelanjutan (Aryanti *et al.*, 2025).

Persentase C-organik pada contoh tanah yang dianalisis didominasi dalam kategori tinggi ($>3,1\%$), baik itu pada perkebunan kopi organik maupun anorganik. Kandungan C-organik tidak memiliki perbedaan yang signifikan, hal tersebut diduga dikarenakan area penelitian memiliki karakteristik jenis tanah dari ordo Andisol yang berkembang dari aktivitas gunung api seperti abu vulkanik (Permata & Putranto, 2023). Menurut Takahashi dan Dahlgren (2016) tanah yang terbentuk dari aktivitas vulkanik gunung api khususnya abu vulkanik memiliki karakteristik persentase C-organik yang tinggi.

Tanah Andisol yang kaya akan mineral alofan, imogolite dan protoimogolite memiliki kaitan yang sangat erat terhadap kandungan C-organik dengan membentuk kompleks organo-metal (Permata & Putranto, 2023). Bahan organik yang terdekomposisi menjadi humus akan berikatan dengan Al yang berasal dari

lambat. Sistem organik mempercepat mineralisasi fosfat berkat aktivitas mikroba dan kondisi tanah yang lebih gembur (Sefano *et al.*, 2024).

Kalium total (K-total) juga menunjukkan tren peningkatan pada sistem organik dari 0,10% menjadi 0,25% pada umur 15 tahun. Ketersediaan kalium dalam oleh pelapukan mineral tanah dan sumbangan bahan organik yang tinggi kadar K-nya seperti abu atau pupuk kandang (Mansyur *et al.*, 2021).

mineral membentuk kompleks Al-humus atau yang sering dikenal dengan Alpp, kompleks ini diketahui memiliki peran yang baik dalam menyimpan C-organik tanah pada Andisol (Takahashi dan Dahlgren, 2016). Sumber bahan organik yang terdapat pada contoh tanah yang diteliti dapat bersumber dari penambahan bahan organik seperti pupuk kandang dan kompos pada perkebunan organik, serta serasah dari dedaunan tanaman kopi dan tanaman naungan pada perkebunan kopi anorganik.

Kandungan N total pada perkebunan kopi organik dalam kondisi yang cukup tinggi, hal tersebut diduga disebabkan oleh peran bahan organik yang ditambahkan berupa kompos dan pupuk kandang, secara spesifik dinamika N dalam tanah sangat berhubungan dengan bahan organik tanah dan mikroba tanah (Allen *et al.*, 2015). Sejalan dengan Priyono *et al.* (2021) bahwa penggunaan pupuk organik pada lahan perkebunan kopi secara signifikan meningkatkan kandungan N-total tanah yang disebabkan oleh meningkatnya mineralisasi nitrogen oleh mikroorganisme tanah. Pengelolaan lahan dengan sistem organik akan meningkatkan aktivitas mikroba tanah yang memiliki peran dalam mineralisasi nitrogen agar tersedia bagi tanaman.

Kandungan P total yang secara umum dalam kategori sedang hingga sangat tinggi berkaitan dengan bahan induk tanah yang berasal dari bahan vulkanik yang kaya akan mineral apatite (Fiantis *et al.*, 2011), dimana mineral tersebut memiliki komposisi yang kaya akan fosfat. Sejalan

dengan hasil penelitian Monikasari (2024) menunjukkan bahwa mineral-mineral dalam abu gunung seperti apatit mengalami pelapukan kimia melalui proses hidrolisis dan asidifikasi yang meningkatkan nilai P-tersedia. Total P yang tinggi pada tanah andisol tidak dapat menjamin P tersedia untuk tanaman dapat terpenuhi dengan baik, hal tersebut dapat berkaitan dengan retensi P pada tanah andisol. Tanah andisol yang mengandung mineral alofan akan mempengaruhi ketersediaan P pada tanah. Alofan dapat mengikat P hingga 97,8% serta keberadaan Al dan Fe dalam bentuk amorf dapat mengikat P dalam tanah (Sukarman dan Dariah, 2014).

Kalium total dalam bentuk K_2O dalam kriteria yang tinggi pada perkebunan kopi organik dapat disebabkan oleh penambahan pupuk organik berupa pupuk kandang maupun kompos. Kalium total pada tanah andisol memiliki hubungan yang erat dengan akumulasi bahan organik tanah (Adji *et al.*, 2024). Secara umum tanah andisol kaya akan kalium yang bersumber dari mineral mudah lapuk yang berasal dari bahan induk vulkanik seperti olivine dan feldspar (Sukarman dan Dariah, 2014). Sejalan dengan hasil penelitian Sualang *et al.* (2023) bahwa sifat fisik tanah andisol yang berasal dari abu vulkanik Gunung sinabung menjadi agak padat dan agak kasar yang mencirikan perubahan tanah lebih baik.

b. Sifat Fisika Tanah

Sifat fisika tanah seperti bulk density dan porositas tidak menunjukkan perbedaan signifikan antara kedua sistem budidaya, yang diduga kuat dipengaruhi oleh faktor edafik seperti jenis tanah (Andisol) yang memiliki sifat fisika unggul secara alami (Halawa dan Zebua, 2024). Sejalan dengan hasil penelitian Salamah *et al.* (2024) bahwa sifat khas Andisol, seperti tingginya

kapasitas menahan air dan agregasi yang stabil, menjadikannya tahan terhadap degradasi fisik walaupun mengalami tekanan budidaya. Namun demikian, tren menunjukkan bahwa lahan organik lebih konsisten dalam menjaga struktur tanah yang baik, khususnya pada tanaman usia lebih tua (Laia *et al.*, 2025).

Bobot isi tanah pada keseluruhan contoh tanah yang dianalisis menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan. Rendahnya bobot isi tanah pada keseluruhan contoh tanah disebabkan oleh karakteristik Andisol yang secara umum memiliki bobot isi yang rendah ($0,9 \text{ g cm}^{-3}$ atau kurang) (Soil Survey Staff, 2014). Bobot isi tanah memiliki kaitan yang erat dengan persentase C-organik, berdasarkan hasil analisis sifat kimia tanah didapatkan bahwa C-organik yang didominasi dalam kriteria tinggi, C-organik memiliki korelasi negatif dengan bobot isi tanah, dimana semakin tinggi C organik tanah maka bobot isi tanah semakin menurun dengan meningkatnya ruang pori tanah dan porositas tanah serta membentuk struktur tanah yang remah (Li *et al.*, 2010). Sejalan dengan hasil penelitian Salmanalfarisi (2024) bahwa saat ditambahkan ke dalam tanah, bahan organik mampu menciptakan ruang pori baru sehingga kerapatan atau bobot isi tanah menurun.

KESIMPULAN

Sistem budidaya organik memiliki pengaruh positif terhadap kualitas kimia tanah. Lahan kopi organik menunjukkan pH tanah yang lebih stabil (agak masam), kandungan C-organik yang tinggi dan konsisten, serta kadar kalium (K) total yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa sistem organik lebih mendukung keseimbangan kimia tanah yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Adji, I.S., Susila, A.D. & Purnamawati, H. 2024. Pengaruh kandungan P dan K tanah terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman tomat (*Lycopersicon*

esculentum) pada Tanah Andisol. *Buletin Agrohorti*, 12(3): 327–335.

Allen, K., Corre, M. D., Tjoa, A., & Veldkamp, E. (2015). Soil nitrogen-cycling responses to conversion of lowland forests to oil palm and rubber plantations in Sumatra, Indonesia.

- PLOS ONE, 10(7), e0133325-.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133325>
- Aryanti, A., Fauzan, R.A., Atsna, S.W., Putri, C., Nurul, T. & Budiawati, Y. 2025. Analisis peran teknologi iot dalam praktik regeneratif soil management: studi kualitatif atas best practices global. *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 2(2): 74–90.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2017. Statistik Perkebunan Indonesia, Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Elly, S. & Maitimu, C.V. 2025. Karakteristik tanah berdasarkan kandungan unsur hara makro, c-organik, dan pH pada budidaya salak merah (*Salacca edulis* Reinw.) di Rumahsoal, Taniwel, Kabupaten Seram Bagian Barat. *JUSTE (Journal of Science and Technology)*, 5(2): 151–161.
- Fiantis, D., Nelson, M., Shamshuddin, J., Goh, T.B. & Van Ranst, E. 2011. Changes in the chemical and mineralogical properties of Mt. Talang volcanic ash in West Sumatra during the initial weathering phase. *Communications in soil science and plant analysis*, 42(5): 569–585.
- Halawa, S.S. & Zebua, A.N. 2024. Evaluasi sifat fisik tanah di lahan perkebunan dengan sistem pengelolaan organik dan konvensional. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 1(1): 184–192.
- Hardjowigeno, S. 2015. Dasar-dasar ilmu tanah. Penerbit Akademika Pressindo Jakarta. 288 hal.
- Izzati, R., Karim, A. & Adha, N.K. 2024. Ketinggian dan kualitas fisik biji kopi arabika: analisis hubungan dan praktik pertanian berkelanjutan. *Jurnal Sains Riset*, 14(3): 666–674.
- Laia, I.A., Gulo, E.A.K.D., Gulo, L.L. & Ndraha, A.B. 2025. Dampak penerapan pertanian organik terhadap kualitas tanah dan hasil pertanian tanaman padi sawah di Kepulauan Nias. *Flora: Jurnal Kajian Ilmu Pertanian dan Perkebunan*, 2(1): 177–187.
- Laoli, M.L.E.Y. & Halawa, C.F. 2024. Pengaruh kadar air dan porositas tanah terhadap efisiensi pemberian pupuk pada tanaman Jagung. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 1(1): 147–152.
- Lawolo, T.Y. 2025. Pengaruh pemberian pupuk kandang dan organik pada kelembapan tanah. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*, 2(1): 86–91.
- Li, P., Wang, Q., Endo, T., Zhao, X. & Kakubari, Y. 2010. Soil organic carbon stock is closely related to aboveground vegetation properties in cold-temperate mountainous forests. *Geoderma*, 154(3–4): 407–415.
- Mansyur, N.I., Pudjiwati, E.H. & Murti Laksono, A. 2021. *Pupuk dan pemupukan*. Syiah Kuala University Press.
- Monikasari, M. 2024. Karakteristik kimia oxisol yang diameliorasi dengan abu vulkanik marapi dan biochar kulit kopi. *Journal Arunasita*, 1(1): 24–32.
- Munara, I. 2021. Peran koperasi terhadap peningkatan produksi dan kesejahteraan petani kopi di Koperasi Serba Usaha (Ksu) Permata Gayo, Kecamatan Permata, Kabupaten Bener Meriah, Provinsi Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian [JIMTANI]*, 1(2).
- Pasaribu, J.E., Assalwa, H. & Herviana, A. 2025. Tinjauan geografi tanah: karakteristik, klasifikasi, dan pengelolaan lahan di Indonesia review literatur: (2016-2023). *Jurnal Pendidikan Sosial dan Humaniora*, 4(3): 4834–4843.
- Permata, V. & Putranto, A. 2023. Analisis pengaruh aktivitas gunung kelud terhadap karakter dan jenis tanah dalam sektor pertanian. *Jurnal Penelitian Geografi (JPG)*, 11(2): 169–176.
- Prasetya, B., Nopriani, L.S., Hadiwijoyo, E., Hanuf, A.A. & Nurin, Y.M. 2022. Pengelolaan bahan organik di lahan pertanian. Universitas Brawijaya Press.
- Prijono, S., Hanuf, A.A., Saputri, J.Y., Khoirunnisak, A., Nurin, Y.M. & Yunita, D.M. 2021. Pengelolaan tanah di Kebun Kopi. Universitas Brawijaya Press.

- Salamah, M.F., Arifin, A.Z., Purnamasari, R.T. & Hidayanto, F. 2024. Analysis of andisol soil quality index in scallion (*Allium fistulosum* L.) agricultural land in tosari district, pasuruan regency. *Journal of Applied Plant Technology*, 3(2): 91–105.
- Salmanalfarisi 2024. Pengaruh Pemberian pupuk organik terhadap sifat kimia tanah dan pertumbuhan tanaman terong ungu (*Solanum melongena* L.). *Biofarm*, 20(1): 56–64. Tersedia di <https://jurnal.unikal.ac.id/index.php/biofarm/article/download/4255/2356>.
- Sefano, M.A., Monikasari, M., Auliadesti, V., Athya, S. & Tapiani, W. 2024. Pengamatan sifat biologi tanah pada beberapa penggunaan lahan di kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Andalas. *Journal Arunasita*, 1(1): 15–23.
- Soil Survey Staff. 2014. Kunci Taksonomi Tanah Edisi Ketiga 2015 (12th ed.). Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Sualang, H.K., Lengkong, E.F. & Tumewu, P. 2023. *Jurnal Agroteknologi Terapan*. *Jurnal Agroekoteknologi Terapan*, 4(1): 182–190.
- Sukarman, D.A. & Dariah, A. 2014. Tanah Andosol di Indonesia: Karakteristik, potensi, kendala, dan pengelolaannya untuk pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor, 144.
- Takahashi, T., & Dahlgren, R. A. 2016. Nature, properties and function of aluminum–humus complexes in volcanic soils. *Geoderma*, 263, 110–121.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.032>
- Widianingsih, M.M., Suparno, N.O. & Azalia, V. 2025. Pengaruh penggunaan pupuk organik terhadap sifat biologi tanah. *Jurnal Psikososial dan Pendidikan*, 1(2): 1104–1110.
- Zainal, Z.A., Hidayat, N., Rusmini, R., La Mudi, L.M., Mentari, F.S.D., Arifiana, N.B. & Krismiratsih, F. 2025. Efektivitas bakteri asam laktat terhadap percepatan dekomposisi bahan organik mucuna dalam proses fermentasi kompos. *Median: Jurnal Ilmu Ilmu Eksakta*, 17(2): 50–60.