



E28

Perubahan Sifat Kimia Tanah Pascatambang Batu Bara setelah Satu Siklus Pertumbuhan Sorgum dengan Aplikasi Pupuk Kandang Ayam dan NPK

Khairunnisa Luthfiah¹, Medi Hendra^{1*}, Dwi Susanto¹

¹Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Jl. Barong Tongkok, Gunung Kelua, Kota Samarinda, Kalimantan Timur – 75242

*Email Corresponding author: medihendra@fmipa.unmul.ac.id

ABSTRAK

Lahan pascatambang batu bara di Kalimantan Timur umumnya tergolong marginal akibat rendahnya kesuburan tanah, reaksi tanah masam, serta kandungan bahan organik dan unsur hara yang terbatas. Upaya pemulihan dilakukan melalui kombinasi pupuk kandang ayam dan pupuk NPK yang berperan saling melengkapi dalam memperbaiki kesuburan tanah. Sementara itu, tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) dipilih karena memiliki toleransi tinggi terhadap kondisi miskin hara dan mampu berkontribusi terhadap peningkatan bahan organik tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan sifat kimia tanah pascatambang setelah satu siklus pertumbuhan sorgum dengan aplikasi kombinasi pupuk kandang ayam dan pupuk NPK. Penelitian dilaksanakan di Kota Samarinda pada Februari - Agustus 2025 dengan kombinasi dosis pupuk kandang ayam (0, 15, 20, dan 30 ton/ha) dan pupuk NPK (0, 150, dan 300 kg/ha). Analisis sifat kimia tanah meliputi pH, C-organik, N-total, P₂O₅, dan K₂O, yang dilakukan sebelum perlakuan dan setelah panen sorgum. Hasil menunjukkan bahwa kombinasi pupuk kandang ayam dan pupuk NPK mampu memperbaiki kualitas kimia tanah dibandingkan kondisi awal. Nilai pH meningkat dari 4,61 hingga mencapai 6,40, kandungan C-organik dari 0,12% menjadi 3,70%, serta terjadi peningkatan kadar N-total, P₂O₅, dan K₂O pada seluruh perlakuan. Pupuk kandang ayam berperan dominan dalam meningkatkan bahan organik dan pH tanah, sedangkan pupuk NPK mendukung ketersediaan hara makro secara cepat. Kombinasi keduanya efektif memperbaiki kesuburan tanah marginal pascatambang dan berpotensi mendukung pengelolaan lahan pascatambang secara berkelanjutan.

Kata kunci: Lahan pascatambang, pupuk kandang ayam, pupuk NPK, sifat kimia tanah, sorgum.

PENDAHULUAN

Kalimantan Timur merupakan provinsi dengan sumber daya dan cadangan batu bara terbesar di Indonesia. Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral tahun 2022, sumber daya batu bara terverifikasi di provinsi ini mencapai 38,27 miliar ton. Aktivitas penambangan yang luas, terutama dengan sistem *open pit mining*, menyebabkan kerusakan fisik dan kimia tanah yang signifikan, termasuk penurunan pH, kapasitas tukar kation, bahan organik, serta ketersediaan unsur



hara (Ramadhana *et al.*, 2019; Rahman *et al.*, 2021; Zainudin dan Kesumaningwati, 2021). Kondisi tersebut menjadikan lahan pascatambang sebagai lahan marginal dengan produktivitas rendah.

Meski demikian, lahan pascatambang memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi lahan pertanian alternatif apabila kualitas tanahnya dapat ditingkatkan. Upaya pemulihan tanah marginal dapat dilakukan melalui pemupukan untuk memperbaiki kesuburan tanah, baik dengan pupuk anorganik maupun organik (Erfandi, 2017). Pupuk NPK merupakan sumber unsur hara makro esensial yang umum digunakan untuk meningkatkan kesuburan tanah. Namun, penggunaannya secara tunggal sering kali kurang optimal dibandingkan dengan kombinasi bersama pupuk organik (Murnita dan Taher, 2021; Ridwan *et al.*, 2020). Kombinasi dengan pupuk organik, seperti pupuk kandang ayam, dapat meningkatkan kandungan bahan organik serta efisiensi serapan unsur hara.

Pupuk kandang ayam berpotensi besar untuk dimanfaatkan di Kalimantan Timur karena ketersediaan bahan bakunya tinggi dan kandungan haranya relatif lebih baik dibandingkan pupuk kandang lain (Arifah *et al.*, 2019; Warman *et al.*, 2023). Kombinasi pupuk NPK dan pupuk kandang ayam juga dilaporkan mampu meningkatkan kesuburan tanah serta hasil tanaman pada berbagai komoditas pertanian (Sunarningtyas dan Sudiarso, 2022; Matini *et al.*, 2022).

Selain melalui pemupukan, pemilihan tanaman adaptif turut berperan dalam mempercepat perbaikan kualitas tanah marginal. Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) merupakan tanaman yang toleran terhadap kondisi tanah miskin hara, memiliki sistem perakaran luas, serta mampu berkontribusi terhadap peningkatan bahan organik tanah melalui sisa biomassa (Aryani *et al.*, 2022). Oleh karena itu, sorgum dapat menjadi tanaman model yang sesuai untuk mengevaluasi perubahan kualitas tanah selama satu siklus pertumbuhannya di lahan pascatambang batu bara.

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perubahan sifat kimia tanah pascatambang batu bara setelah satu siklus pertumbuhan tanaman sorgum dengan aplikasi kombinasi pupuk kandang ayam dan pupuk NPK. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai efektivitas kombinasi pemupukan dan penanaman sorgum dalam memperbaiki kualitas kimia tanah marginal pascatambang serta mendukung pengelolaan lahan pascatambang secara berkelanjutan di Kalimantan Timur.

METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari hingga Agustus 2025 di Kelurahan Sambutan, Kecamatan Sambutan, Kota Samarinda, Kalimantan Timur. Analisis sifat kimia tanah dilakukan di Laboratorium Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman. Tanah yang digunakan berasal dari lahan pascatambang batu bara yang berada di Kelurahan Simpang Pasir, Kecamatan Palaran, Kota Samarinda. Pengambilan tanah dilakukan dengan metode *composite sampling* pada kedalaman 0–30 cm, kemudian dikeringanginkan, diayak, dan digunakan sebagai media tanam.

Perlakuan yang digunakan terdiri atas kombinasi pupuk kandang ayam dan pupuk NPK dengan variasi dosis yang berbeda. Dosis pupuk kandang ayam meliputi 0, 15, 20, dan 30 ton/ha, sedangkan dosis pupuk NPK meliputi 0, 150, dan 300 kg/ha. Pupuk kandang ayam yang digunakan difermentasi selama 30 hari dengan campuran kotoran ayam, larutan EM4 (30 mL EM4 + 60 g



gula aren + 15 L air), serta diaduk setiap tujuh hari untuk menjaga aerasi (Trisnadewi *et al.*, 2023; Maryulis *et al.*, 2024). Sebelum perlakuan, tanah diinkubasi dengan dolomit sebanyak 1,5 kali nilai Al-dd selama tujuh hari (Ramadhan *et al.*, 2018), kemudian diaplikasikan pupuk kandang ayam sesuai dosis perlakuan dan diinkubasi kembali selama tujuh hari (Muzanni *et al.*, 2023). Setelah masa inkubasi, tanah ditanami sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) dan diberi pupuk NPK sesuai dosis perlakuan pada umur dua minggu setelah tanam. Pemeliharaan tanaman dilakukan hingga masa panen yang ditandai dengan biji bernas dan keras, serta daun yang mulai menguning dan mongering (Aryani *et al.*, 2022).

Sampel tanah untuk analisis diambil dua kali, yaitu sebelum perlakuan (tanah awal) dan setelah panen tanaman sorgum (tanah akhir). Sampel tanah dikeringkan pada suhu 40°C selama 48 jam, diayak (2 mm), dan dianalisis untuk menentukan perubahan sifat kimia tanah. Parameter yang dianalisis meliputi pH (H₂O), C-organik, N-total, P₂O₅, dan K₂O, sedangkan pada tanah awal terdapat tambahan parameter berupa pH (KCl) dan Al-dd. Klasifikasi hasil analisis mengacu pada kriteria Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk (2023). Data hasil analisis disajikan secara deskriptif untuk menggambarkan perubahan sifat kimia tanah pascatambang batu bara setelah satu siklus pertumbuhan sorgum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas Tanah Awal

Analisis awal dilakukan untuk menentukan kondisi kimia tanah pascatambang sebelum perlakuan pemupukan, yang menjadi dasar pembandingan terhadap perubahan setelah satu siklus pertumbuhan sorgum. Hasil analisis disajikan pada **Tabel 1**, dengan klasifikasi parameter tanah mengacu pada kriteria Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk (2023).

Tabel 1. Sifat Kimia pada Tanah Awal

Parameter	Satuan	Nilai	Kategori
pH (H ₂ O)	-	4,61	Masam
pH (KCl)	-	3,80	Masam
C-Organik	%	0,12	Sangat Rendah
N-Total	%	0,03	Sangat Rendah
P ₂ O ₅	mg/100g	7,22	Rendah
K ₂ O	mg/100g	23,03	Sedang
Al ³⁺	meq/100g	2,00	Tinggi
H ⁺	meq/100g	1,60	Sedang

Hasil analisis menunjukkan bahwa tanah komposit memiliki tingkat kesuburan rendah dengan reaksi tanah masam (pH H₂O 4,61 dan pH KCl 3,80). Kondisi ini umumnya menurunkan ketersediaan unsur hara, terutama fosfor (P), serta meningkatkan kelarutan ion Al³⁺ dan H⁺ yang bersifat toksik terhadap pertumbuhan akar tanaman (Warke & Wakgari, 2024).



Kandungan C-organik sebesar 0,12% tergolong sangat rendah, menandakan rendahnya bahan organik tanah. Hal ini menyebabkan kemampuan tanah dalam memperbaiki struktur, menjaga kelembapan, serta mendukung aktivitas mikroorganisme menjadi terbatas (Ling *et al.*, 2025). Kandungan N-total sebesar 0,03% juga termasuk sangat rendah, yang mengindikasikan keterbatasan nitrogen mineral yang tersedia untuk tanaman. Keterbatasan nitrogen dapat menghambat pembentukan protein dan pertumbuhan vegetatif awal tanaman (Anas *et al.*, 2020).

Sementara itu, kadar P_2O_5 sebesar 7,22 mg/100 g tergolong rendah, sedangkan K_2O sebesar 23,03 mg/100 g berada pada kategori sedang. Ketersediaan P dan K yang terbatas dapat menghambat pertumbuhan vegetatif maupun generatif. Fosfor berperan penting dalam pembentukan energi (ATP) dan perkembangan akar, sedangkan kalium berfungsi dalam pengaturan tekanan osmotik, aktivasi enzim, serta pengisian biji (Jiaying *et al.*, 2022).

Secara umum, tanah pascatambang yang digunakan memiliki reaksi masam, kandungan bahan organik rendah, serta keterbatasan unsur hara makro esensial. Kondisi ini menunjukkan bahwa tanpa perlakuan pemupukan, produktivitas tanaman akan sangat rendah, sehingga aplikasi kombinasi pupuk organik dan anorganik menjadi penting untuk memperbaiki kesuburan dan kualitas tanah pascatambang.

Kualitas Tanah Setelah Perlakuan

Analisis sifat kimia tanah setelah perlakuan dilakukan pada saat panen sorgum, sehingga data yang diperoleh mencerminkan kondisi akhir tanah setelah melalui satu siklus pertumbuhan tanaman dan proses penyerapan hara. Hasil analisis disajikan pada **Tabel 2**. Selanjutnya, untuk mengetahui kecenderungan pengaruh masing-masing faktor perlakuan, data tersebut dirata-ratakan berdasarkan faktor tunggal, yang disajikan pada **Tabel 3**.

Nilai pH tanah meningkat pada seluruh perlakuan yang menunjukkan adanya perbaikan kondisi kimia tanah pascatambang yang semula bersifat masam. Peningkatan ini tidak hanya dipengaruhi oleh pupuk kandang ayam, tetapi juga karena adanya aplikasi dolomit pada semua perlakuan, termasuk kontrol. Sebelum perlakuan, pH tanah sebesar 4,61, kemudian meningkat menjadi 4,76 pada kontrol setelah pemberian dolomit. Hal ini menunjukkan bahwa dolomit berfungsi sebagai bahan pengapuran yang mampu menetralkan keasaman tanah. Ion Ca^{2+} dari dolomit menggantikan ion H^+ pada kompleks jerapan tanah, sehingga menurunkan kelarutan Al^{3+} penyebab kemasaman (Hakim dan Siswanto, 2020). Efek ini diperkuat oleh keberadaan kation basa (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+) serta gugus fungsional organik dalam pupuk kandang ayam, yang berperan dalam menetralkan ion H^+ dan meningkatkan kapasitas penyangga tanah (Chen *et al.*, 2023).

Kandungan C-organik meningkat secara konsisten seiring dengan penambahan dosis pupuk kandang ayam, dengan nilai tertinggi pada perlakuan A_3 ($\geq 3,65\%$). Peningkatan ini menunjukkan perbaikan bahan organik tanah akibat masuknya senyawa karbon dari pupuk kandang ayam. Menurut Adeyemo *et al.* (2019), bahan organik berperan penting dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation, dan menyediakan energi bagi mikroorganisme. Selain itu, Ling *et al.* (2025) menjelaskan bahwa peningkatan kadar C-organik turut memperkuat



cadangan karbon tanah dalam bentuk fraksi *particulate organic carbon* (POC) yang labil dan *mineral-associated organic carbon* (MAOC) yang lebih stabil, sehingga mendukung keseimbangan jangka panjang kualitas tanah.

Tabel 2. Kualitas Tanah Setelah Perlakuan dan Pemanenan

Perlakuan	pH	C-Organik (%)	N-Total (%)	P ₂ O ₅ tersedia (ppm)	K ₂ O tersedia (ppm)
A ₀ N ₀	4,76	0,12	0,03	2,23	29,85
A ₀ N ₁	4,45	0,21	0,06	18,29	62,86
A ₀ N ₂	4,68	0,26	0,08	39,47	75,86
A ₁ N ₀	5,29	1,09	0,07	100,58	156,00
A ₁ N ₁	5,97	1,28	0,11	147,19	185,43
A ₁ N ₂	6,05	1,09	0,12	137,82	200,00
A ₂ N ₀	6,07	1,00	0,11	139,38	154,86
A ₂ N ₁	6,05	1,17	0,13	141,83	157,71
A ₂ N ₂	6,40	1,20	0,12	146,89	150,29
A ₃ N ₀	6,15	3,65	0,15	241,74	225,29
A ₃ N ₁	6,35	3,69	0,16	225,67	244,00
A ₃ N ₂	6,35	3,70	0,16	231,04	238,29

Keterangan: A₀= Kontrol (Tanpa pupuk kandang ayam); A₁ = 15 ton/ha pupuk kandang ayam; A₂ = 20 ton/ha pupuk kandang ayam; A₃ = 30 ton/ha pupuk kandang ayam; N₀= Kontrol (Tanpa pupuk NPK); N₁ = 150 kg/ha Pupuk NPK; N₂ = 300 kg/ha Pupuk NPK

Tabel 3. Rata-rata Kualitas Tanah Setelah Perlakuan dan Pemanenan

Perlakuan	pH	C-Organik (%)	N-Total (%)	P ₂ O ₅ tersedia (ppm)	K ₂ O tersedia (ppm)
A ₀	4,63	0,20	0,06	20,00	56,19
A ₁	5,77	1,15	0,10	128,53	180,48
A ₂	6,17	1,12	0,12	142,70	154,29
A ₃	6,28	3,68	0,16	232,82	235,86
N ₀	5,57	1,47	0,09	120,98	141,50
N ₁	5,71	1,59	0,12	133,25	162,50
N ₂	5,87	1,56	0,12	138,81	166,11



Keterangan: A₀ = Kontrol (Tanpa pupuk kandang ayam); A₁ = 15 ton/ha pupuk kandang ayam; A₂ = 20 ton/ha pupuk kandang ayam; A₃ = 30 ton/ha pupuk kandang ayam; N₀ = Kontrol (Tanpa pupuk NPK); N₁ = 150 kg/ha Pupuk NPK; N₂ = 300 kg/ha Pupuk NPK

Peningkatan serupa juga terlihat pada kandungan N-total, P₂O₅, dan K₂O tersedia. Hal ini menandakan bahwa pupuk kandang ayam berperan ganda sebagai amelioran sekaligus sumber hara makro utama (N, P, dan K). Berdasarkan nilai rata-rata, pengaruh pupuk kandang ayam lebih dominan dibandingkan pupuk NPK, dengan perlakuan A₃ menghasilkan kualitas tanah terbaik. Hasil ini sejalan dengan temuan Adekiya *et al.* (2020) yang melaporkan bahwa pupuk kandang ayam mampu meningkatkan pH, C-organik, dan kandungan unsur hara tanah lebih signifikan dibandingkan pupuk anorganik tunggal.

Sementara itu, pupuk NPK tetap memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan ketersediaan hara, terutama nitrogen, fosfor, dan kalium yang cepat tersedia bagi tanaman. Namun karena sifatnya mudah tercuci, kombinasi dengan pupuk kandang ayam menjadi penting untuk mempertahankan retensi dan keseimbangan hara di tanah (Sher *et al.*, 2022). Dengan demikian, aplikasi kombinasi pupuk kandang ayam dan pupuk NPK terbukti efektif dalam memperbaiki kualitas kimia tanah marginal pascatambang setelah satu siklus pertumbuhan sorgum, sekaligus mendukung peningkatan produktivitas lahan secara berkelanjutan

KESIMPULAN

Aplikasi kombinasi pupuk kandang ayam dan pupuk NPK terbukti dapat memperbaiki kualitas kimia tanah pascatambang batu bara setelah satu siklus pertumbuhan sorgum. Perlakuan tersebut dapat meningkatkan pH tanah, kadar C-organik, N-total, serta ketersediaan P dan K dibandingkan kondisi awal. Pupuk kandang ayam memberikan pengaruh lebih dominan terhadap peningkatan bahan organik dan perbaikan reaksi tanah, sedangkan pupuk NPK berperan dalam menyediakan unsur hara makro secara cepat. Sinergi keduanya berpotensi mendukung peningkatan kesuburan dan keberlanjutan fungsi lahan pascatambang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Laboratorium Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman serta Kepala Laboratorium Fisiologi dan Perkembangan Tumbuhan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman atas fasilitas, bimbingan, dan dukungan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini. Apresiasi juga diberikan kepada seluruh pihak yang turut membantu dalam proses analisis dan penyusunan hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA



- Adekiya, A.O., Ejue, W.S., Olayanju, A., Dunsin, O., Aboyeji, C.M., Aremu, C., Adegbite, K., dan Akinpelu, O. 2020. Different Organic Manure Sources and NPK Fertilizer on Soil Chemical Properties, Growth, Yield and Quality of Okra. *Scientific Report*, 10: 16083.
- Anas, M., Liao, F., Verma, K.K., Sawrwar, M.A., Mahmood, A., Chen, Z.L., ... dan Li, Y.R. 2020. Fate of Nitrogen in Agriculture and Environment: Agronomic, Eco-Physiological and Molecular Approaches to Improve Nitrogen Use Efficiency. *Biological Research*, 53(47): 1-20.
- Arifah, S.H., Astiningrum, M., dan Susilowati, Y.E. 2019. Efektivitas Macam Pupuk Kandang dan Jarak Tanam pada Hasil Tanaman Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *VIGOR: Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*, 4(1): 38-42.
- Aryani, N.F., Khatimah, K., Tajuddin, F.N., Khairunnisa, A.I., Magfira, N., Aminuddin, N.W. 2022. *Budidaya Tanaman Sorgum (Sorghum bicolor (L.) Moench)*. Makassar: Badan Penerbit UNM.
- Badan Geologi. 2023. *Neraca Sumber Daya dan Cadangan Mineral, Batu Bara, dan Panas Bumi Indonesia Tahun 2022*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk. 2023. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk Edisi 3*. Bogor: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Chen, J., Yu, J., Li, Z., Zhou, J., dan Zhan, L. 2023. Ameliorating Effects of Biochar, Sheep Manure and Chicken Manure on Acidified Purple Soil. *Agronomy*, 13(4): 1142-1153.
- Erfandi, D. 2017. Pengelolaan Lansekap Lahan Bekas Tambang: Pemulihan Lahan dengan Pemanfaatan Sumberdaya Lokal (*In-Situ*). *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 11(2): 55-66.
- Hakim, D.L. dan Siswanto, S.Y. 2020. The Changing of Soil Reaction and Exchangeable Aluminum on Two Different Soil Order due to Dolomite Application. *International Journal of Environmental & Agriculture Research*, 6(1): 36-39.
- Jiaying, M., Tingting, C., Jie, L., Weimeng, F., Baohua, F., Guanyan, L., ... dan Guanfu, F. 2022. Functions of Nitrogen, Phosphorus and Potassium in Energy Status and Their Influences on Rice Growth and Development. *Rice Science*, 29(2): 166-178.
- Ling, J., Dungait, J.A.J., Baquerizo, M.D., Cui, Z., Zhou, R., Zhang, W., ... dan Tian, J. 2025. Soil Organic Carbon Thresholds Control Fertilizer Effects on Carbon Accrual in Croplands Worldwide. *Nature communications*, 16: 3009.
- Maryulis, T., Syuhada, F.A., Alatas, A., dan Supriyanti, J. 2024. Analisis Pemanfaatan Kotoran Hewan Ayam sebagai Bahan Pembuatan Pupuk Kompos di CV. Faruq Farm. *Jurnal agriness*, 2(1): 1-6.
- Matini, J.D., Jayaputra, dan Nurrachman. 2022. Pengaruh Dosis Pupuk NPK dan Pupuk Kandang Ayam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Paprika (*Capsicum annum var. grossum* L.) di Dataran Rendah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*, 1(2): 94-101.



- Murnita dan Taher, Y.A. 2021. Dampak Pupuk Organik dan Anorganik Terhadap Perubahan Sifat Kimia Tanah dan Produksi Tanaman Padi (*Oriza sativa* L.). *Menara Ilmu: Jurnal Penelitian dan Kajian Ilmiah Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat*, 15(2): 67-76.
- Muzanni, Warganda, Hariyanti, A. 2023. Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan NPK terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung Pulut (*Zea mays ceratina*) pada Lahan Gambut. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 12(1): 1-9.
- Rahman, A., Ngapiyatun, S., dan Wartomo. 2021. Pemanfaatan Tanah Bekas Tambang Untuk Pertumbuhan Tanaman Perkebunan. *Rawa Sains: Jurnal Sains STIPER Amuntai*, 11(1): 31-38.
- Ramadhan, M., Hanafiah, A.S., dan Guchi, H. 2018. Respon Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap Pemberian Dolomit, Pupuk dan Bakteri Pereduksi Sulfat pada Tanah Sulfat Masam di Rumah Kaca. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*, 6 (3), 432-441.
- Ramadhana, D.D., Donantho, D., dan Rachel, R. 2019. Penilaian Status Kesuburan Tanah pada Lahan Pascatambang di Areal PT. Trubaindo Coal Mining Kabupaten Kutai Barat. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 2 (1), 24-28.
- Ridwan, Wardah, dan Ariani, D. 2020. Kombinasi Pupuk Organik dan Anorganik untuk Optimalisasi Produksi dan Kandungan Nutrisi Umbi Taka. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 48(2), 150-156.
- Sher, A., Adnan, M., Sattar, A., Ul-Allah, S., Ijaz, M., Hassan, M. U., ... dan El Askary, A. 2022. Combined Application of Organic and Inorganic Amendments Improved the Yield and Nutritional Quality of Forage Sorghum. *Agronomy*, 12 (4), 896-907.
- Sunarningtyas, S. dan Sudiarso. 2022. Pengaruh Pemberian Dosis Pupuk Kandang Ayam dan Pupuk Anorganik NPK terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 10 (11), 646-652.
- Trisnadewi, A.A.A.S., Wirawan, I.W., dan Budiasa, K.M. 2023. Pemberian Pupuk Kotoran Ayam Broiler dengan Waktu Inkubasi dan Dosis Berbeda terhadap Produktivitas Rumput Gajah Kate (*Pennisetum purpureum* cv. Mott). *Jurnal Ilmu Peternakan dan Veteriner Tropis*, 13 (2), 83-91.
- Warke, A.T. dan Wakgari, T. 2024. A Review on the Impact of Soil Acidification on Plant Nutrient Availability, Crop Productivity, and Management Options in the Ethiopian Highlands. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 13 (2), 31-45.
- Warman, Aminah, dan Nontji, M. 2023. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Sapi Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Agrotekmas Jurnal Indonesia: Jurnal Ilmu Pertanian*, 4 (1), 104-110.
- Zainuddin dan Kesumaningwati, R. 2021. Penilaian Status Kesuburan Tanah Pada Beberapa Penggunaan Lahan di Samarinda. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 3 (2), 106-111.