

PENGARUH BERBAGAI PEMBENAH TANAH TERHADAP SIFAT KIMIA DAN FISIKA TANAH ANDISOLS

(THE EFFECT OF VARIOUS SOIL AMENDMENTS ON THE CHEMICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF ANDISOLS SOIL)

Henly Yulina¹, Mahfud Arifin², Rina Devnita³

Program Studi Ilmu Pertanian, Universitas Padjadjaran¹, Program Studi Agroteknologi, Universitas Bale Bandung¹, Program Studi Agroteknologi, Universitas Padjadjaran^{2,3}

Jl. Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor 45363^{1,2,3}, Jalan R.A.A. Wiranatakusumah 7 Baleendah Kabupaten Bandung 40258¹

Email: henlyyulina2089@gmail.com¹, mahfud.arifin@unpad.ac.id² rina.devnita@unpad.ac.id³

ABSTRAK

Andisols tergolong tanah yang subur namun memiliki kendala, yaitu retensi fosfat (P) yang tinggi, sehingga ketersediaan P tanah rendah. Solusi untuk meningkatkan ketersediaan P dengan pemberian pembenah tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berbagai pembenah tanah terhadap sifat fisika dan kimia tanah Andisols. Penelitian menggunakan metode *literature review* dengan mengumpulkan data dari berbagai sumber sekunder terpercaya dari Google Scholar dan ResearchGate. Sumber yang dikumpulkan berasal dari jurnal dan prosiding baik nasional maupun internasional. Hasil *literature review* menunjukkan bahwa pembenah tanah berpengaruh nyata dalam memperbaiki dan meningkatkan sifat fisika dan kimia Andisols, pembenah tanah dapat meningkatkan ketersediaan P secara langsung melalui proses mineralisasi atau secara tidak langsung dengan membantu pelepasan P yang terfiksasi serta pengaruh pembenah tanah yang nyata dalam memperbaiki dan meningkatkan sifat fisika dan kimia tanah akan meningkatkan kesuburan Andisols dan produktivitas tanaman

Kata kunci : pembenah tanah, sifat fisika tanah, sifat kimia tanah, Andisols, bahan organik

ABSTRACT

Andisols are classified as fertile soils but have problems, namely high phosphate (P) retention, resulting in low soil P availability. The solution to increase P availability is by providing soil amendments. This research aims to determine the effect of various soil amendments on the physical and chemical properties of Andisols soil. The research uses a literature review method by collecting data from various trusted secondary sources from Google Scholar and ResearchGate. The sources collected come from both national and international journals and proceedings. The results of the literature review show that soil amendments have a real effect in improving and improving the physical and chemical properties of Andisols, soil amendments can increase the availability of P directly through the mineralization process or indirectly by helping the release of fixed P as well as a real influence of soil amendments in improving and increasing The physical and chemical properties of the soil will increase the fertility of Andisols and plant productivity

Keywords : soil amendment, physicals soils properties, chemical soils properties, Andisols, organic matter

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara dengan jumlah gunung berapi aktif terbanyak di dunia (Annur, 2022). Letusannya mengeluarkan material vulkanik yang menumpuk di puncak,

lereng, kaki bukit, dan sekitarnya. Pada tahap awal, bahan-bahan tersebut membentuk tanah Regosol (Entisols), yang kemudian berkembang menjadi tanah yang mengandung mineral non-kristal (orde jangka pendek), berwarna gelap, dan mempunyai C- organik tinggi. Tanah yang terbentuk akibat letusan gunung berapi mempunyai keunikan karakteristiknya tersendiri dan diklasifikasikan sebagai Andisol (Soil Survey Staff, 2014). Andisols adalah tanah abu vulkanik yang paling banyak dijumpai. Jenis tanah tersebut di Indonesia mencakup sekitar 5,395 juta ha atau 2,9 persen dari total luas daratan (Kartawisastra dan Dariah, 2014). Andisols tergolong tanah yang subur namun memiliki kendala dalam budidaya pertanian yaitu retensi P (fosfat) yang tinggi, sehingga kandungan P tidak tersedia bagi tanaman (Prasetya et al., 2024).

Fosfat adalah salah satu unsur hara makro yang berfungsi dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kekurangan unsur P akan mengganggu proses metabolisme tanaman (Chu et al., 2018). Retensi P yang tinggi pada Andisol disebabkan oleh adanya mineral liat non kristalin (alofan, imogolit dan ferihidrit) yang tinggi pada tanah tersebut. Mineral non kristalin tersebut memiliki kemampuan mengikat P yang tinggi. Alofan mampu meretensi P hingga 97,8% (Sukarman dan Dariah, 2014). Retensi P yang tinggi pada Andisols berakibat pada rendahnya P yang tersedia untuk tanaman. Permasalahan pada tanah Andisols dapat diatasi melalui strategi dengan menurunkan retensi P dan meningkatkan ketersediaan P agar kebutuhan tanaman dapat terpenuhi (Prasetya et al., 2024). Retensi P dapat diturunkan dengan cara meningkatkan muatan negatif tanah. Muatan negatif tanah dapat ditingkatkan dengan cara peningkatan pH atau penurunan nilai pH_0 . Peningkatan pH tanah akibat pemberian bahan organik terjadi karena selama proses dekomposisi akan dihasilkan senyawa organik bermuatan negatif yang mampu mengikat kation. Pada awal proses pengomposan, pH relatif rendah karena adanya asam organik, kemudian pH meningkat seiring dengan peningkatan kandungan NH_4^+ . Peningkatan pH disebabkan oleh pemecahan protein dan pelepasan amonia. Hasil akhir perombakan bahan organik dalam bentuk kation basa juga dapat meningkatkan pH kompos (Sidauruk et al., 2017).

Sementara penurunan nilai pH_0 akibat pemberian bahan organik terjadi karena bahan organik mengandung asam humat dan asam fulvat yang mempunyai pH_0 rendah. Salah satu pembenah tanah yang dapat menurunkan nilai pH_0 adalah bahan organik (Sandrawati et al., 2019). Penurunan nilai pH_0 juga berkaitan dengan proses dekomposisi bahan organik yang diberikan. Selama proses dekomposisi bahan organik akan dihasilkan asam-asam organik. Gugus fungsional pada asam-asam organik seperti hidroksil (-OH) dan karboksil (-COOH)

mempunyai afinitas tinggi terhadap Al dan Fe (Tan, 2003). Bahan-bahan organik yang dimasukkan kedalam tanah untuk memperbaiki dan meningkatkan sifat tanah disebut pembenah tanah.

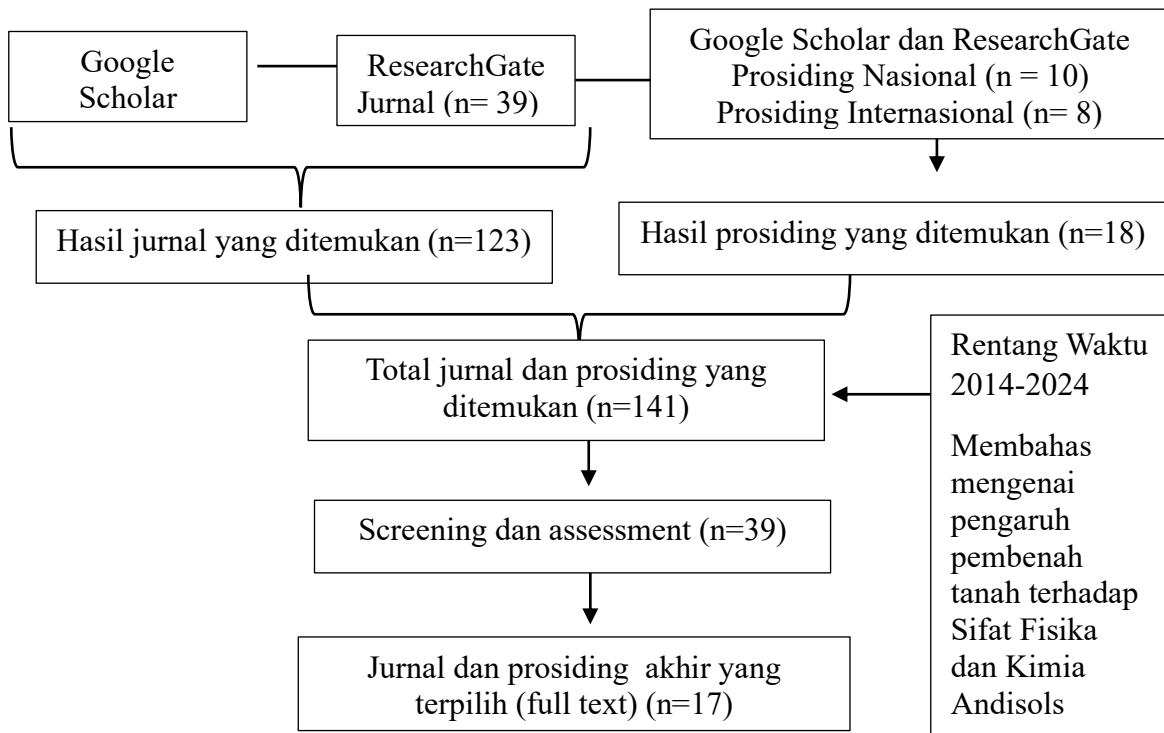
Pembenah tanah adalah bahan-bahan yang diberikan ke dalam tanah dalam bentuk mineral atau bahan organik yang berfungsi memperbaiki struktur tanah (Mulyani et al., 2018). Pembenah tanah ada yang bersifat alami maupun buatan (sintetis). Berdasarkan senyawa atau unsur pembentuk utamanya, pembenah tanah bisa dibedakan sebagai pembenah tanah organik, hayati, dan mineral. Penggunaan pembenah tanah yang bersumber dari bahan organik sebaiknya menjadi prioritas utama, selain terbukti efektif dalam memperbaiki kualitas tanah dan produktivitas lahan, juga bersifat terbarukan, insitu, dan relatif murah, serta bisa mendukung konservasi karbon dalam tanah (Ai Dariah et al., 2015).

Penambahan bahan organik dapat memperbaiki sifat kimia tanah seperti menurunkan retensi P dan meningkatkan ketersediaan P di dalam tanah. Hal ini juga dapat dilihat dari kenampakan sifat fisika tanah seperti penurunan bobot isi, ketersediaan air tanah meningkat, dan peningkatan agregat tanah. Penambahan bahan organik diperlukan untuk meningkatkan kandungan C-organik minimal mencapai 2%. Bahan organik mampu mengikat partikel tanah, menambah porositas, dan meningkatkan kapasitas menahan air (Nurbaity et al., 2013). Dengan banyaknya manfaat dari pembenah tanah untuk memperbaiki sifat fisika dan sifat kimia tanah, maka peneliti tertarik untuk mereview berbagai jurnal mengenai pengaruh pembenah tanah terhadap sifat fisika dan kimia tanah pada Andisols, sehingga dapat memberikan referensi kepada para peneliti dalam menentukan pembenah tanah yang baik. Tujuan dilakukan studi literatur ini adalah agar para pembaca dan peneliti mengetahui berbagai pengaruh pembenah tanah terhadap sifat kimia dan fisika tanah Andisols, sehingga para peneliti memiliki berbagai alternatif pembenah tanah yang sesuai dengan ketersediaannya di lokasi atau daerah peneliti dan fungsinya dalam memperbaiki dan meningkatkan sifat kimia dan fisika tanah.

METODE PELAKSANAAN

Penelitian ini menggunakan metode *literature review* dengan mengumpulkan data dari berbagai sumber sekunder. Internet berfungsi sebagai platform utama untuk pengumpulan dan pemanfaatan data sebagai sumber terpercaya dari Google Scholar dan ResearchGate. Sumber yang dikumpulkan berasal dari jurnal nasional, internasional, prosiding nasional,

dan prosiding internasional. Proses pencarian jurnal dan prosiding hingga mendapatkan jurnal dan prosiding akhir yang terpilih dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini :



Gambar 1. Proses Pencarian Jurnal

Berdasarkan hasil penelusuran jurnal dan prosiding di google scholar dan researchgate, dengan kata kunci pembenah tanah, bahan organik, andisols, sifat kimia tanah, sifat fisika tanah, dan bahan organik peneliti menemukan 123 jurnal dan 18 prosiding baik nasional maupun internasional yang sesuai dengan kata kunci tersebut dengan rentang tahun 2014-2024 dengan total 141 jurnal dan prosiding dengan Kata kunci : pembenah tanah, sifat fisika tanah, sifat kimia tanah, Andisols, bahan organik. Selanjutnya dilakukan proses skrining dan *assessment* dengan melihat jurnal atau prosiding yang menjabarkan setiap respon sifat fisika maupun sifat kimia tanah Andisols akibat pemberian berbagai pembenah tanah/bahan organik. Kebanyakan jurnal menuliskan pengaruh pembenah tanah/bahan organik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman tertentu. Sehingga sebanyak 102 jurnal dieliminasi pada proses skrining dan assessment karena tidak sesuai dengan kriteria. Selanjutnya tersisa 39 jurnal dan prosiding yang memenuhi kriteria. Dari 39 jurnal dan prosiding tersebut yang terpilih adalah 17 jurnal dan prosiding.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembenah tanah adalah bahan-bahan yang berperan dalam memperbaiki dan meningkatkan sifat fisika dan kimia tanah. Tabel 1 memperlihatkan berbagai pengaruh pembenah tanah terhadap sifat fisika dan kimia tanah Andisols.

Tabel 1. Pengaruh Pembenah Tanah terhadap Sifat Fisika dan Kimia Andisols

No	Pembenah Tanah	Judul	Sumber	Pengaruh		Referensi
				Sifat Fisika	Sifat Kimia	
1	Asam humat	Pengaruh Macam Bahan Organik terhadap Nilai pH, pH ₀ , Retensi P dan P tersedia pada Andisol Asal Ciater	Soil Rens Jurnal Ilmiah Lingkungan Tanah Pertanian		Retensi P (%) menurun	(Sandrawati et al., 2019)
2	Kompos Jerami	Pengaruh Macam Bahan Organik terhadap Nilai pH, pH ₀ , Retensi P dan P tersedia pada Andisol Asal Ciater	Soil Rens Jurnal Ilmiah Lingkungan Tanah Pertanian		P-tersedia (ppm) meningkat, pH ₀ menurun	(Sandrawati et al., 2019)
3	Pupuk kompos	Pengaruh Abu Vulkanis Gunung Agung dan Pupuk Kompos terhadap Beberapa Sifat Tanah dan Hasil Kacang Tunggak (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.)	Agrotrop : Journal on Agriculture Science		peningkatan P-tersedia pada Andisol	(Narka et al., 2021)
4	Pupuk Bokashi Feses Sapi	Status Hara Makro dan Produksi Berat Segar Tanaman Alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) yang Diberikan Pupuk Bokashi Feses Sapi Sumba Ongole dengan Level yang Berbeda	Jurnal Peternakan Sabana		Meningkatkan C-Organik, N-Total, P ₂ O ₅ , K ₂ O, Ca, Mg, pH-H ₂ O tanah	(Meha & Hambakodu, 2023)
5	Bahan organik	Pengaruh Pemberian Bahan Organik terhadap Perubahan Sifat Kimia Andisol, Pertumbuhan dan Produksi Gandum (<i>Triticum eastivum</i> L.)	Jurnal Kawista		Meningkatkan P tersedia dan P retensi	(Irawan et al., 2016)

6	Abu vulkanik Sinabung	Pengaruh Partikel Nano Abu Vulkanik dan Batuan Fosfat terhadap Muatan Variable dan Kemasaman Andisol	Jurnal Agrikultura		Menurunkan pH ₀	(Yuliana et al., 2017)
7	Abu vulkanik Sinabung dan batuan fosfat	Pengaruh Partikel Nano Abu Vulkanik dan Batuan Fosfat terhadap Muatan Variable dan Kemasaman Andisol	Jurnal Agrikultura		Meningkatkan pH-H ₂ O	(Yuliana et al., 2017)
8	Bioarang	Pemanfaatan Bioarang pada Beragam Cekaman Air untuk Ketersediaan Fosforus Guna Meningkatkan Produktivitas Kedelai Anjasmoro (Glycine max L. Merrill.)	Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)		Meningkatkan pH, KTK, Ca-tersedia, Mg-tersedia, K-tersedia, Na-tersedia, P-total, P-tersedia, dan N-total	(Prasetya et al., 2024)
9	Pemberian kompos tea fluff dan <i>Azotobacter</i> sp, pupuk kompos	Pengaruh Aplikasi Kompos Tea Fluff dan <i>Azotobacter</i> sp. Terhadap Sifat Fisik Tanah dan Pertumbuhan Bibit pada Persemaian Teh	Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan	Menurunkan bobot isi tanah		(Dewi & Wulansari, 2023)
10	Bokashi Sekam Padi	Pengaruh Terak Baja dan Bokashi Sekam Padi terhadap Kemantapan Agregat, Biomassa Tanaman serta Korelasinya pada Tanaman Brokoli di Tanah Andisol Lembang	Jurnal Agroteknologi dan Sains (JAGROS)	Memantapkan Agregat Tanah		(Yulina et al., 2018)
11	Kompos ampas kopi	Pengaruh Aplikasi Kompos Ampas Kopi terhadap Perubahan Sifat Kimia Andisol Ngabab, Kabupaten Malang	Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan		Meningkatkan pH, kandungan C-organik, N-total, P-tersedia, Kdd dan Na-dd serta nilai KTK tanah	(Siahaan & Suntari, 2019)

12	Kapur, pupuk organik, dan campuran bio-slurry dan fosfat sebanyak	Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi Varietas Inpari 23 pada Tiga Jenis Tanah yang Mendapat Pembenah dengan Berbasis Puuk Organik Bio-Slurry	Agrisaintifika Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian		Meningkatkan pH tanah	(Nugroho et al., 2021)
13	Terak Baja	Pengaruh Partikel Mikro Terak Baja terhadap Retensi Fosfor dan Hidrogen pada Andisol	Jurnal Penelitian Saintek		Menurunkan Retensi P dan meningkatkan P-tersedia	(Rosidah et al., 2018)
14	Biochar Lerak	Study of Lerak (Sapindus Rarak) Biochar Application for Andosol Agricultural Soil Remediation	IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science		Meningkatkan C-Organik dan N-Total	(Arum & Wikaningrum, 2022)
15	Bokashi sekam padi dan terak baja	Pengaruh Terak Baja dan Bokashi Sekam terhadap Air Tersedia, Biomassa Tanaman serta Korelasinya pada Tanaman Cabai Merah setelah Vegetatif Akhir pada Andisol, Lembang		Meningkatkan kapasitas air tersedia		(Yulina et al., 2021)
16	Kompos	Pengaruh Penggunaan Berbagai Jenis Kompos terhadap Kandungan Hara N, P, K Andisol di Kebun Kopi Arabika Kecamatan Timang Gajah Kabupaten Bener Meriah	Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian		Meningkatkan N-total, P-tersedia, K-dd	(Supriadi et al., 2021)
17	Pupuk Kandang Ayam	Determining the optimal application rate of chicken manure for agricultural land through Phosphorus sorption-desorption analyses in Andisols of Wonokitri, East Java, Indonesia	Sains Tanah		Meningkatkan P-tersedia	(Noor et al., 2023)

18	Pupuk Kandang Sapi	Peran Pupuk Kandang dalam Meningkatkan Kesuburan Tanah dan Produktivitas Tanaman	Jurnal Sains Agro	Menurunkan bobot isi tanah, meningkatkan kadar air tanah, dan total ruang pori		(Atman, 2020)
19	Pupuk Biochar	Aplikasi Biochar dan Urea terhadap Beberapa Sifat Fisika Tanah Serta Pertumbuhan dan Produksi Kentang	Agrosamudra	Menurunkan bobot isi tanah, meningkatkan agregat tanah, pori air tersedia,		(Saputra, 2016)

Tabel 1 menunjukkan bahwa berbagai pembenah tanah yang berasal dari bahan organik dapat memperbaiki dan meningkatkan sifat fisika dan kimia tanah Andisols. Tabel 1 menunjukkan dari 19 (sembilan belas) pembenah tanah lima (5) pembenah tanah berpengaruh terhadap sifat fisika Andisols dalam hal menurunkan bobot isi tanah, memantapkan agregat tanah, dan meningkatkan kapasitas air tersedia. Sementara 14 (empat belas) pembenah tanah berpengaruh terhadap sifat kimia Andisols dalam hal menurunkan retensi P, pH₀ dan meningkatkan P-tersedia, N-total, P-tersedia, K-dd, C-organik, pH H₂O, Na-dd, Ca-tersedia, Mg-tersedia, K-tersedia, Na-tersedia, dan P-total. Penelitian mengenai pengaruh pembenah tanah terhadap sifat kimia Andisols lebih banyak dilakukan karena pengaruhnya dapat lebih terlihat dibandingkan dengan pengaruhnya terhadap sifat fisika tanah, meskipun begitu pembenah tanah tetap berpengaruh terhadap sifat fisika dan kimia tanah.

Pengaruh Pembenah Tanah dengan Sifat Fisika Tanah

Sifat fisika tanah adalah karakteristik tanah yang dapat langsung dilihat di lapangan, seperti warna tanah, tekstur tanah, struktur tanah, agregat tanah, bobot isi, dan lain sebagainya. Pembenah tanah yang diberikan kedalam tanah dapat memperbaiki dan meningkatkan sifat fisika tanah. Pada umumnya pembenah tanah ini berupa bahan organik. Berbagai hasil penelitian sudah membuktikan hal tersebut. Suryani et al., (2015) menyatakan bahwa pemberian bahan organik ke dalam tanah akan meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah sebagai pengurai bahan organik yang akan membentuk struktur yang remah dan membuat pori-pori di dalam tanah lebih banyak dan gembur sehingga bobot isi menjadi rendah. Bobot isi menurun dengan penambahan bahan organik dan mikroba karena bobot isi yang rendah dari bahan organik dan peran dari produk organik yang meningkatkan stabilitas agregat, sehingga bobot isi menurun. Selain itu bahan organik berperan dalam merekatkan partikel tanah sejak saat pembentukan agregat mikro (Ali et al., 2019). Menurut Zulkoni (2014) pemberian bahan organik berpengaruh terhadap pengikatan partikel-partikel tanah menjadi agregat tanah sehingga terbentuk pori-pori yang menjadi jalan air untuk masuk ke dalam tubuh tanah.

Pada Tabel 1 pembenah tanah yang berpengaruh terhadap sifat fisika tanah adalah kompos tea fluff dan *Azotobacter* sp, bokashi sekam padi, pupuk kompos, serta terak baja. Pupuk bokashi adalah bahan organik padat yang berasal dari berbagai jenis campuran yaitu dari limbah ternak dan pertanian yang telah difermentasikan dengan EM4. Bokashi sangat

berperan untuk meningkatkan serapan hara tanah, membantu menggemburkan tanah dan memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah yang sudah rusak akibat penggunaan dosis pupuk yang tidak sesuai (Meha & Hambakodu, 2023). Sementara EM4 merupakan salah satu bahan pengurai organik (berisi mikroorganisme perombak bahan organik) yang ditambahkan pada saat proses fermentasi sehingga berpengaruh baik terhadap kualitas tanah (Rumambi et al., 2019).

Selain pupuk bokashi, kompos juga merupakan salah satu jenis pembenah tanah organik yang dapat meningkatkan kualitas fisik, kimia, maupun biologi tanah dalam meningkatkan bahan organik tanah (Widowati et al., 2022). Kompos berpengaruh terhadap sifat fisika tanah dalam menurunkan bobot isi tanah Andisols. Menurut hasil penelitian Narka et al., (2021) pemberian kompos berpengaruh nyata terhadap bobot isi tanah. Bobot isi terendah ditemukan pada pemberian kompos 20 ton/ha. Menurunnya bobot isi tanah akibat penambahan kompos diduga karena kompos dapat memperbaiki struktur tanah. Struktur tanah yang lebih baik akan menyebabkan tanah menjadi lebih gembur dan selanjutnya akan menyebabkan bobot isi tanah menjadi lebih rendah. Selanjutnya hasil penelitian Widodo & Kusuma (2018) menyatakan bahwa kompos dapat digunakan untuk memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara tanaman dan menjaga kesuburan tanah. Pemberian kompos dapat meningkatkan stabilitas agregat, menurunkan bobot isi tanah, dan memperbanyak pori tanah, sehingga akar tanaman mudah berkembang. Menurut Surya et al., (2017) pengaplikasian bahan organik dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Bahan organik dinilai dapat meningkatkan kemantapan agregat tanah karena, hasil dekomposisi kompos dapat mengikat butir-butir tanah yang mengakibatkan tanah menjadi gembur, maka dari itu pemberian kompos dapat meningkatkan agregat tanah, sehingga tanah semakin mantap (Nenobesi & Mella, 2017).

Bahan organik lain yang dapat memperbaiki sifat fisika tanah adalah pupuk kandang sapi. Hasil penelitian Prasetyo et al., (2014), pemberian pupuk kandang pada lahan pertanian berpengaruh nyata terhadap sifat fisik tanah yaitu penurunan bobot isi dan peningkatan porositas tanah, akan tetapi tidak nyata terhadap kemantapan agregat. Perlakuan pupuk kandang sapi atau kompos ampas tebu masing-masing sebanyak 10 t/ha paling baik dalam memperbaiki sifat fisik tanah dengan rata-rata penurunan bobot isi sebesar 9,33% dan peningkatan porositas sebesar 9,4% dibandingkan kontrol. Secara umum, dibandingkan dengan tahun pertama ternyata perbaikan sifat fisik tanah terjadi pada tahun kedua.

Abu vulkanik merupakan pembenah tanah yang dapat memperkaya tanah serta memperbaiki sifat fisik tanah. Menurut Achmad & Hadi (2015) abu vulkanik merupakan mineral yang memiliki potensi sebagai pembenah tanah sekaligus berfungsi memperkaya tanah dan memperbaiki sifat fisik tanah.

Pengaruh Pembenah Tanah dengan Sifat Kimia Tanah

Pada Tabel 1 terlihat bahwa pembenah tanah yang berpengaruh terhadap sifat kimia tanah adalah asam humat, kompos Jerami, pupuk kandang dan kompos, bokashi feses sapi, bahan organik, abu vulkanik sinabung dan batuan fosfat, bioarang, kompos ampas kopi, terak baja, biochar lerak, dan pupuk kandang ayam. Pembenah tanah tersebut termasuk dalam bahan organik. Pemberian berbagai pembenah tanah menyebabkan perubahan sifat kimia tanah. Pembenah tanah yang diberikan berupa bahan organik. Pada Tabel 1 terlihat bahwa pembenah tanah yang berpengaruh terhadap sifat kimia tanah adalah asam humat, kompos Jerami, pupuk kandang dan kompos, bokashi feses sapi, bahan organik, abu vulkanik sinabung dan batuan fosfat, bioarang, kompos ampas kopi, terak baja, biochar lerak, dan pupuk kandang ayam. Pembenah tanah tersebut termasuk dalam bahan organik. Bahan organik dapat mempercepat proses pelapukan. Asam humat-fulvat merupakan fraksi bahan organik yang mempunyai peranan penting dalam reaksi kimia di dalam tanah. Melalui pembentukan khelat logam-organik, asam-asam organik akan melarutkan mineral-mineral primer dan sekunder yang ada di dalam media tanam dan selanjutnya akan menjadi tersedia bagi tanaman (Narka et al., 2021).

Sifat kimia tanah yang baik mencirikan kualitas tanah yang baik dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian Narka et al., (2021) menunjukkan bahwa kadar C-organik tanah menunjukkan peningkatan secara nyata akibat adanya pemberian pupuk kompos. Peningkatan ini disebabkan karena kandungan C-organik pupuk kompos yang digunakan cukup besar yaitu 12,85 % dan dosis yang diberikan cukup tinggi sampai 20 ton/ha. Cervera-Mata et al., (2018) menyatakan bawa peningkatan dosis aplikasi kompos ampas kopi akan diikuti oleh peningkatan kandungan C-organik pada tanah. Selanjutnya nilai N-total juga akan meningkat karena proses dekomposisi bahan organik yang berasal dari kompos ampas kopi selama inkubasi tanah. Nguyen et al., (2016) menyatakan bahwa aplikasi kompos ampas kopi akan meningkatkan N-total tanah secara signifikan dibandingkan dengan aplikasi pupuk anorganik NPK.

Pemberian berbagai pembenah tanah terbukti dapat memperbaiki dan meningkatkan sifat kimia tanah Andisols. Hasil penelitian (Meha & Hambakodu, 2023) menunjukkan bahwa penggunaan pupuk bokashi feses sapi yang lebih tinggi 1.000 gram/polybag menyediakan unsur hara yang cukup banyak, sehingga dapat meningkatkan unsur hara makro maupun mikro pada tanah, baik C-organik, N, P, K, Ca, dan Mg tanah serta meningkatkan pH tanah. Hasil penelitian Zulkoni et al., (2020) menunjukkan ternyata pemberian bahan organik sebanyak 40 ton/ha sudah bisa menaikkan sifat kimia tanah menjadi tinggi dari semula yang sangat rendah. Pemberian bahan organik sebanyak 60 ton/ha merupakan perlakuan terbaik untuk meningkatkan kadar C- organik, N- total, P dan K tersedia serta KTK pada masa inkubasi. Hasil penelitian Irawan et al., (2016) menyatakan bahwa hasil tertinggi penambahan bahan organik dijumpai peningkatan pupuk kandang 30 ton ha⁻¹ dapat meningkatkan P tersedia dan menurunkan retensi P.

Pengaruh bahan organik terhadap ketersediaan P dapat secara langsung melalui proses mineralisasi atau secara tidak langsung dengan membantu pelepasan P yang terfiksasi. Hasil dekomposisi bahan organik yang berupa asam-asam organik dapat membentuk ikatan khelasi dengan ion-ion Al dan Fe sehingga dapat menurunkan kelarutan ion Al dan Fe, maka dengan begitu ketersediaan P menjadi meningkat. Asam-asam organik yang dihasilkan dari dekomposisi bahan organik juga dapat melepaskan P yang terjerap sehingga ketersediaan P meningkat (Sari et al., 2017). Hal tersebut disebabkan juga karena nilai pH meningkat sehingga ketersediaan P juga meningkat. Hasil penelitian Yuliana et al., (2017) menyatakan bahwa komposisi dosis yang paling berpengaruh dalam meningkatkan pH-H₂O adalah 5% abu vulkanik Sinabung dan 7,5% batuan fosfat yaitu sebesar 20,36%, sedangkan komposisi dosis yang paling berpengaruh dalam menurunkan pH₀ adalah 2,5% abu vulkanik Sinabung dan 0% batuan fosfat yaitu sebesar 28,57%. Abu vulkanik merupakan mineral yang berpotensi sebagai pembenah tanah sekaligus berfungsi meningkatkan pH tanah.

Pembenah tanah lain yang dapat memperbaiki sifat kimia tanah adalah bioarang dan kompos ampas kopi. Bioarang adalah material organik padat dalam wujud arang yang dihasilkan melalui proses pirolisis (metode yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan limbah selama proses berlangsung) dengan oksigen terbatas dan mengandung unsur karbon (C) tinggi (Arabi et al. 2018). Aplikasinya pada tanah Andisol efektif menurunkan retensi P dan menonaktifkan Al dan Fe sehingga fosfat yang terikat menjadi aktif membentuk ortofosfat yang dapat diserap oleh tanaman. Kandungan gugus fungsi oksigen seperti fenolik (–OH), karboksilat (R-COOH), karbonil (C=O), dan laktonik (C=O)-

O-) dapat mengkelat Al dan Fe (Leng et al., 2015). Selain itu, bioarang mampu menyimpan air. Kemampuan tersebut dapat mempertahankan kelembapan tanah serta memenuhi kebutuhan air tanaman serta mengurangi interval waktu penyiraman. Hasil penelitian Prasetya et al., (2024) menunjukkan bahwa aplikasi bioarang dengan dosis 20 ton/ha dan volume air 100% secara nyata dapat memperbaiki sifat kimia tanah, baik pH, KTK, Ca-tersedia, Mg-tersedia, K-tersedia, Na-tersedia, P-total, P-tersedia, dan N-total. Hasil penelitian Siahaan & Suntari (2019) menyatakan bahwa aplikasi kompos ampas kopi dengan perlakuan dosis 150% atau 30 t ha⁻¹ (P3) dan dosis 200% atau 40 t ha⁻¹ (P4) pada tanah Andisol Ngabab berpengaruh nyata untuk meningkatkan pH, kandungan C-organik, N-total, P-tersedia, K-dd (2, 6 dan 8 MSI) dan Na-dd serta nilai KTK (4, 6 dan 8 MSI) tanah Andisol Ngabab dibandingkan dengan perlakuan kontrol atau tanpa kompos ampas kopi (P0).

Proses Pelepasan Fosfat pada Andisols

Fosfor merupakan salah satu unsur hara makro esensial bagi tanaman, akan tetapi ketersediaan fosfor (P) di dalam tanah pada umumnya sangat rendah, karena P banyak dijerap oleh klei (liat), Al dan Fe, maupun oleh mineral pada tanah Andosol. Penambahan bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan P di dalam tanah karena asam organik hasil dari dekomposisi bahan organik memiliki kemampuan dalam mengikat kation seperti Al dan Fe melalui ikatan khelasi sehingga fosfor (P) dapat tersedia (Sari et al., 2017). Ketersediaan P di dalam tanah dipengaruhi oleh jumlah dan jenis mineral tanah, pH tanah, dan bahan organik. Ketersediaan P maksimum dalam tanah biasanya berkisar pada pH 5,5 – 7 (Widowati et al., 2022). Ketersediaan P akan menurun apabila pH tanah kurang dari 5,5 atau lebih tinggi dari 7 (Firnias, 2018). Penambahan bahan organik dapat meningkatkan P tersedia di dalam tanah secara langsung melalui proses mineralisasi atau tidak langsung dengan membantu pelepasan P terfiksasi (Sari et al., 2017).

Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Sukarman dan Dariah (2014) yang menyatakan bahwa kandungan P-tersedia tanah Andisol yang rendah terjadi karena adanya fiksasi yang kuat oleh bahan alofan dan lambatnya proses mineralisasi fosfat dari bahan organik, dan juga ditambahkan ikatan-ikatan P sukar larut, seperti Al-P dan Fe-P menyebabkan P-tersedia rendah. Hasil penelitian Sutrisno et al., (2021) menyatakan bahwa penambahan bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan P didalam tanah karena asam organik hasil dekomposisi bahan organik memiliki kemampuan dalam mengikat kation seperti Al dan Fe melalui ikatan khelasi sehingga P dapat tersedia. Hasil penelitian Siahaan & Suntari (2019)

menyatakan bahwa peningkatan dosis kompos ampas kopi juga diikuti peningkatan P-tersedia tanah Andisol walaupun masih di dalam kriteria sangat rendah.

Peningkatan P-tersedia tanah Andisol ini disebabkan oleh terdekomposisinya bahan organik yang terdapat pada kompos ampas kopi. Cervera-Mata et al., (2018) menyatakan bahwa semakin meningkatnya dosis kompos ampas kopi yang diaplikasikan akan semakin meningkatkan kandungan P-tersedia tanah. Hasil penelitian Sari et al., (2017) menunjukkan bahwa pada tanah Andisol penambahan kompos kotoran sapi untuk meningkatkan P-tersedia lebih baik jika dilakukan sebelum pemupukan P, sedangkan kompos jerami setelah pemupukan P. Penambahan kompos dan pupuk P lebih memberikan pengaruh dalam meningkatkan ketersediaan P dan menurunkan Al-dd dibanding perlakuan yang hanya ditambahkan pupuk P. Hasil penelitian Rosidah et al., (2018) menunjukkan bahwa aplikasi mikro partikel terak baja setelah diinkubasi 2 bulan berpengaruh terhadap retensi P dan P-tersedia tetapi tidak berpengaruh terhadap H-dd. Terak baja yang diaplikasikan sebagai amelioran memiliki kandungan Si sebanyak 12%. Si yang terdapat dalam terak baja diharapkan mampu mensubstitusi P yang diretensi oleh mineral alofan. Untuk peningkatan efektivitas aplikasi maka dilakukan pengujian melalui pengecilan ukuran amelioran menjadi berukuran mikro. Pengubahan ukuran menjadi mikro partikel mampu meningkatkan kelarutan bagi unsur yang sukar larut (Park & Yeo, 2002).

KESIMPULAN

Hasil literature review menyimpulkan bahwa dari beberapa penelitian terkait pembenah tanah terhadap sifat fisika dan kimia tanah Andisols adalah

1. Pembenah tanah berpengaruh nyata dalam memperbaiki dan meningkatkan sifat fisika dan kimia Andisols
2. Pembenah tanah dapat meningkatkan ketersediaan P secara langsung melalui proses mineralisasi atau secara tidak langsung dengan membantu pelepasan P yang terfiksasi.
3. Pengaruh pembenah tanah yang nyata dalam memperbaiki dan meningkatkan sifat fisika dan kimia tanah akan meningkatkan kesuburan Andisols dan produktivitas tanaman

REKOMENDASI

Dari hasil literature review hal-hal yang dapat direkomendasikan adalah:

1. Dalam pembuatan artikel menggunakan literature review akan lebih baik apabila menggunakan metode systematic literature review (SLR) atau tinjauan pustaka sistematis, sehingga data atau sumber yang didapatkan lebih banyak dan lebih spesifik sesuai dengan kajian yang akan kita bahas.
2. Dapat dibuat artikel literature review yang lebih detail mengenai pengaruh pembenah tanah terhadap sifat fisika dan kimia Andisols terhadap jenis tanaman tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, S. R., & Hadi, H. (2015). Identifikasi Sifat Kimia Anu Vulkanik dan Upaya Pemulihan Tanaman Karet Terdampak Letusan Gunung Kelud (Studi Kasus: Kebun Ngrangkah Pawon, Jawa Timur). *Warta Perkaretan*, 34(1), 19–30.
- Ai Dariah, Sutono, S., & Nurida, N. L. (2015). Pembenah Tanah untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan Vol. 9 No. 2, Desember 2015; 67-84 Dibuka*, 9 No.2(Desember 2015), 67–84.
- Ali, A., Ghani, M. I., Ding, H., Fan, Y., Cheng, Z., & Iqbal, M. (2019). Co-amended Synergistic Interactions between Arbuscular Mycorrhizal Fungi and The Organic Substrate-Induced Cucumber Yield and Fruit Quality Associated with The Regulation of The AM-Fungal Community Structure under Anthropogenic Cultivated Soil. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(7), 1–23. <https://doi.org/10.3390/ijms20071539>
- Annur, C. M. (2022). Indonesia Punya Gunung Berapi Aktif Terbanyak di Dunia. *Databoks*. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/07/27/indonesia-punya-gunung-berapi-aktif-terbanyak-di-dunia>
- Arum, S., & Wikaningrum, T. (2022). Study of Lerak (Sapindus Rarak) Biochar Application for Andosol Agricultural Soil Remediation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1065(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1065/1/012020>
- Atman. (2020). Peran Pupuk Kandang Dalam Meningkatkan Kesuburan Tanah Dan Produktivitas Tanaman. *Jurnal Sains Agro*, 5(April). <http://ojs.umbungo.ac.id/index.php/saingro/article/view/285>
- Cervera-Mata, A., Pastoriza, S., Rufián-Henares, J. Á., Párraga, J., Martín-García, J. M., & Delgado, G. (2018). Impact of Spent Coffee Grounds as Organic Amendment on Soil

- Fertility and Lettuce Growth in Two Mediterranean Agricultural Soils. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(6), 790–804.
<https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1387651>
- Chu, S., Li, H., Zhang, X., Yu, K., Chao, M., Han, S., & Zhang, D. (2018). Physiological and Proteomics Analyses Reveal Low-phosphorus Stress Affected The Regulation of Photosynthesis in Soybean. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(6), 1–16.
<https://doi.org/10.3390/ijms19061688>
- Dewi, C., & Wulansari, R. (2023). Pengaruh Aplikasi Kompos Tea Fluff dan Azotobacter sp. Terhadap Sifat Fisika Tanah dan Pertumbuhan Bibit pada Persemaian Teh. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 10(1), 135–142.
<https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2023.010.1.15>
- Firnia, D. (2018). Dinamika Unsur Fosfor pada Tiap Horison Profil Tanah Masam. *Jurnal Agroekotek*, 10(1), 45–52. <https://doi.org/10.30645/j-sakti.v1i2.46>
- Irawan, A., Jufri, Y., & Zuraida. (2016). Pengaruh Pemberian Bahan Organik terhadap Perubahan Sifat Kimia Andisol, Pertumbuhan dan Produksi Gandum (*Triticum eastivum* L.). *Jurnal Kawista*, 1(1), 1–9.
- Leng, L., Yuan, X., Huang, H., Shao, J., Wang, H., Chen, X., & Zeng, G. (2015). Bio-char Derived from Sewage Sludge by Liquefaction: Characterization and Application for Dye Adsorption. *Applied Surface Science*, 346, 223–231.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.04.014>
- Meha, H. M., & Hambakodu, M. (2023). Status Hara Makro dan Produksi Berat Segar Tanaman Alfalfa (*Medicago sativa* L.) yang Diberikan Pupuk Bokashi Feses Sapi Sumba Ongole dengan Level yang Berbeda. *Jurnal Peternakan Sabana*, 2(2), 71–79.
<https://ojs.unkriswina.ac.id/index.php/sabana>
- Mulyani, O., Sofyan, E. T., & Nurbaity, A. (2018). Pengaruh Jenis Amelioran Dalam Berbagai Taraf Pemberian Dosis Cd Terhadap Tanah Dan Tanaman. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 3(1), 29–33. <https://doi.org/10.33661/jai.v3i1.1163>
- Narka, I. W., Dibia, I. N., & Atmaja, I. W. D. (2021). Pengaruh Abu Vulkanis Gunung Agung dan Pupuk Kompos terhadap Beberapa Sifat Tanah dan Hasil Kacang Tunggak (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) The Effect of the Mount Agung Volcanic Ash and Compost on Soil. *Agrotrop: Journal on Agriculture Science*, 11(2), 167–175.
<https://ojs.unud.ac.id/index.php/agrotrop/article/view/79822?articlesBySameAuthorPage=1#articlesBySameAuthor>

- Nenobesi, D., & Mella. (2017). Pemanfaatan Limbah Padat Kompos Kotoran Ternak dalam Meningkatkan Daya Dukung Lingkungan dan Biomasa Tanaman Kacang Hijau (*Vigna Radiata* L.) Varietas Vima 1. *Jurnal Bumi Lestari*, 17(1), 69–81.
- Nguyen, N. K., Nguyen, B. V., Do, S. H., & Lam, L. T. (2016). Effect of Biomixture Containing Spent Coffee Ground and Milled Egg-shells on The Yield of Okra (*abelmoschus esculentus* moench) and Soil Fertility under Greenhouse Conditions. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 6(4), 495–501. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.6.4.858>
- Noor, M. Y., Hartono, A., & Nugroho, B. (2023). Determining The Optimal Application Rate of Chicken Manure for Agricultural Land through Phosphorus sorption-desorption Analyses in Andisols of Wonokitri, East Java, Indonesia. *Sains Tanah*, 20(2), 179–186. <https://doi.org/10.20961/STJSSA.V20I2.70746>
- Nugroho, P. J., Sumarsono, & Sutarno. (2021). Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Padi Varietas Inpari 23 pada Tiga Jenis Tanah yang Mendapat Pembenah dengan Berbasis Pupuk Organik Bio-Slurry. *Agrisaintifika*, 5(2), 124–132.
- Nurbaity, A., Hidayat, C., Hudaya, D., & Sauman, J. (2013). Mycorrhizal Fungi and Organic Matter Affect some Physical Properties of Andisols. *Soil Water Journal*, 2(2), 639–644.
- Prasetya, A., Hidayah Utami, S. N., Rizqi, F. A., Nuraini, Y. W., & Pradani, M. (2024). Pemanfaatan Bioarang pada Beragam Cekaman Air untuk Ketersediaan Fosfor Guna Meningkatkan Produktivitas Kedelai Anjasmoro (*Glycine max* L. Merrill.). *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 29(1), 99–110. <https://doi.org/10.18343/jipi.29.1.99>
- Prasetyo, A., Listyorini, E., & Utomo, W. H. (2014). Hubungan Sifat Fisik Tanah, Perakaran Dan Hasil Ubi Kayu Tahun Kedua Pada Alfisol Jatikerto Akibat Pemberian Pupuk Organik Dan Anorganik. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 1(1), 27–37.
- Rosidah, R., Devnita, R., Hudaya, R., & Haryanto, R. (2018). Pengaruh Partikel Mikro Terak Baja Terhadap Retensi Fosfor dan Hidrogen Pada Andisol. *Jurnal Penelitian Saintek*, 23(2), 86–94.
- Rumambi, A., Telleng, M., Kaunang, W., & Malalantang, S. (2019). Produktivitas Ratan Sorgum Varietas Kawali Dengan Pemupukan Bokashi Feses Sapi. *Pastura*, 7(2), 69–73. <https://doi.org/10.24843/pastura.2018.v07.i02.p03>
- Sandrawati, A., Marpaung, T., Devnita, R., Machfud, Y., & Arifin, M. (2019). Pengaruh Macam Bahan Organik terhadap Nilai pH, pH0, Retensi P dan P tersedia pada Andisol Asal Ciater. *SoilREns*, 16(2), 49–56. <https://doi.org/10.24198/soilrens.v16i2.20861>

- Saputra, I. (2016). Aplikasi Biochar dan Urea terhadap Beberapa Sifat Fisika Tanah serta Pertumbuhan dan Produksi Kentang. *Agrosamudra*, 3(1), 63–74.
- Sari, M. N., Sudarsono, & Darmawan. (2017). Pengaruh Bahan Organik Terhadap Ketersediaan Fosfor pada Tanah-Tanah Kaya Al dan Fe. *Buletin Tanah Dan Lahan*, 1(1), 65–71.
- Siahaan, W., & Suntari, R. (2019). *Pengaruh Aplikasi Kompos Ampas Kopi terhadap Perubahan Sifat Kimia Andisol Ngabab, Kabupaten Malang*. 6(1), 1123–1132. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2019.006.1.11>
- Sidauruk, I., Rohanah, A., & Daulay, S. B. (2017). Uji Jenis Dekomposer pada Pembuatan Kompos dari Limbah Kulit Durian terhadap Mutu Kompos yang Dihasilkan. *Jurnal Rekayasa Pangan Dan Pertanian*, 5(1), 166–170. [https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jrpp/article/view/Ita Sidauruk](https://jurnal.usu.ac.id/index.php/jrpp/article/view/Ita%20Sidauruk)
- Soil Survey Staff. (2014). Keys to Soil Taxonomy. In *Keys to Soil Taxonomy* (Vol. 12). http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf
- Supriadi, S., Zuraida, Z., & Hifnalisa, H. (2021). Pengaruh Penggunaan Berbagai Jenis Kompos Terhadap Kandungan Hara N, P, K Andisol di Kebun Kopi Arabika Kecamatan Timang Gajah Kabupaten Bener Meriah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(2), 97–104. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v6i2.16934>
- Surya, J. A., Nuraini, Y., & Widiyanto. (2017). Kajian Porositas Tanah pada Pemberian Beberapa Jenis Bahan Organik di Perkebunan Kopi Robusta. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 4(1), 463–471.
- Suryani, Nelvia, & Edison Anom. (2015). Sifat Fisika Tanah dan Produksi Kedelai (Glycine max (L) Merrill) di Perkebunan Kelapa Sawit Akibat Pemberian Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jom Faperta*, 2(1).
- Sutrisno, A., Saidi, D., & Peniwartri, L. (2021). Pengaruh Pemberian Macam Bahan Organik dan SP-36 terhadap Ketersediaan Fosfor Latosol. *Jurnal Tanah Dan Air*, 18(2), 68–78.
- Widodo, K. H., & Kusuma, Z. (2018). Pengaruh Kompos terhadap Sifat Fisik Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Jagung di Inceptisol. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 5(2), 959–967. <http://jtsl.ub.ac.id>
- Widowati, T., Nuriyanah, N., Nurjanah, L., Lekatompessy, S. J. R., & Simarmata, R. (2022). Pengaruh Bahan Baku Kompos terhadap Pertumbuhan dan Produksi Cabai Merah Keriting (Capsicum annum L.). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(3), 665–671.

<https://doi.org/10.14710/jil.20.3.665-671>

- Yuliana, A., Arifin, M., & Nurlaeny, N. (2017). Pengaruh Partikel Nano Abu Vulkanik dan Batuan Fosfat terhadap Muatan Variable dan Kemasaman Andisol. *Agrikultura*, 28(3), 118–125. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v28i3.15743>
- Yulina, H., Devnita, R., & Harryanto, R. (2018). Pengaruh Terak Baja dan Bokashi Sekam Padi terhadap Kemantapan Agregat, Biomassa Tanaman serta Korelasinya pada Tanaman Brokoli di Tanah Andisol Lembang. *Jurnal Agroteknologi Dan Sains*, 2(2).
- Yulina, H., Devnita, R., & Harryanto, R. (2021). Pengaruh Terak Baja Dan Bokashi Sekam Padi Terhadap Air Tersedia, Biomassa Tanaman Serta Korelasinya Pada Tanaman Cabai Merah Setelah Vegetatif Akhir Pada Andisol, Lembang. *AGRO TATANEN | Jurnal Ilmiah Pertanian*, 2(2), 8–14. <https://doi.org/10.55222/agrotatanen.v2i2.598>
- Zulkoni, A. (2014). Upaya Peningkatan Kadar Lengas dan Permeabilitas Tanah Alfisol Menggunakan Bahan Organik dan Jamur Mikoriza Arbuskula sebagai Medium Tanaman Jagung. *Agrivet*, 20, 6–10.
- Zulkoni, A., Rahyuni, D., & Nasirudin, N. (2020). Pengaruh Bahan Organik dan Jamur Mikoriza Arbuskula terhadap Harkat Tanah Pasir Pantai Selatan Yogyakarta Yang Menjadi Medium Pertumbuhan Jagung (*Zea Mays*). *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(1), 8–15. <https://doi.org/10.33084/mitl.v5i1.1348>