

**PENGARUH PEMBERIAN BAHAN ORGANIK DAN PASIR TERHADAP
PERUBAHAN KARAKTERISTIK KIMIA VERTISOL**

***THE EFFECT OF ORGANIC MATTER AND SAND ON CHANGES IN THE
CHEMICAL CHARACTERISTICS OF VERTISOL***

Fara Amilia Jayanti¹⁾, Wanti Mindari²⁾, Purnomo Edi Sasongko³⁾

¹⁻³Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, UPN "Veteran" Jawa Timur

ABSTRACT

Vertisol has a high clay content which causes this soil to expand if wet and wrinkle if dry. The fertility level of vertisol is relatively low, so it is necessary to improve soil quality through the provision of organic matter and sand. This study was prepared based on the Complete Random Design (RAL) Factorial consisting of two factors. The first factor is 4 kinds of organic matter (B) consisting of control (B0), banana peel compost + cow dung (10:1) (B1), leaf litter compost (B2), and hyacinth compost + cow dung (B3). Compost is applied at a dose of 15 tons.ha⁻¹. The second factor is the three percentages of sand material (P) consisting of 0% (P0), 20% (P1), and 40% (P2). The chemical characteristics of the soil analyzed are pH, c-organic, n-available, p-available, and CEC. The results showed that the application of organic matter and sand had a significant effect on c-organic and nitrate. While at pH, ammonium, p-available, and CEC have no significant effect.

Key-words: *Vertisol, soil improver, chemical characteristics*

INTISARI

Vertisol mempunyai kandungan liat yang tinggi yang mengakibatkan tanah ini mengembang jika basah dan mengkerut jika kering. Tingkat kesuburan vertisol tergolong rendah, sehingga perlu adanya perbaikan kualitas tanah melalui pemberian bahan organik dan pasir. Penelitian ini disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial yang terdiri dari dua factor. Factor pertama yaitu 4 macam bahan organik (B) yang terdiri dari kontrol (B0), kompos kulit pisang + kotoran sapi (10:1) (B1), kompos serasah daun (B2), dan kompos eceng gondok + kotoran sapi (B3). Kompos diaplikasikan dengan dosis 15 ton.ha⁻¹. Faktor kedua yaitu tiga persentase pemberian material pasir (P) yang terdiri dari 0% (P0), 20% (P1), dan 40% (P2). Karakteristik kimia tanah yang dianalisis yaitu pH, c-organik, n-tersedia, p-tersedia, dan KTK. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian bahan organik dan pasir memberikan pengaruh secara nyata terhadap c-organik dan nitrat. Sedangkan pada pH, amonium, p-tersedia, dan KTK tidak memberikan pengaruh nyata.

Kata kunci: Vertisol, Pembenh Tanah, Karakteristik Kimia

¹ Correspondence author : Fara Amilia Jayanti. Email : 18025010011@student.upnjatim.ac.id

PENDAHULUAN

Vertisol merupakan tanah dengan dominasi fraksi liat yang tinggi sehingga memiliki keterbatasan pada ketersediaan air dan nutrisi tanah. Vertisol memiliki mineral lempung montmorillonit (tipe 2:1), sehingga jenis tanah ini mengembang saat basah dan menyusut saat kering (Rajiman *et al.*, 2022).

Pemanfaatan tanah vertisol sebagai lahan pertanian biasanya memiliki masalah pada kesuburan tanah yang cenderung rendah. Vertisol Bojonegoro mempunyai kandungan liat >30% dengan kandungan C-Organik sekitar 1.06% (Nugroho *et al.*, 2023), sedangkan nilai pH tanah vertisol Bojonegoro tergolong agak alkalis (Oswaldus *et al.*, 2022). Ketersediaan unsur hara yang rendah diakibatkan oleh beberapa faktor seperti pencucian (*leaching*), pengolahan lahan yang berlebihan, dan pengikatan nutrisi akibat adanya mineral monmorilonit, sehingga tanaman seringkali mengalami defisiensi (Zultiarawati, 2020).

Solusi yang tepat untuk memperbaiki tingkat kesuburan vertisol yang rendah yaitu dengan memperbanyak bahan organik karena akan bersifat sebagai *buffer*/penyangga yang berfungsi mengurangi daya mengembang atau mengkerut tanah (Subagyo, 2019). Bahan organik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kompos. Pemberian kompos dalam jangka panjang, dapat memperbaiki pH dan meningkatkan hasil tanaman pertanian. Selain itu, kompos juga mengandung humus (bunga tanah) yang sangat dibutuhkan untuk peningkatan hara makro dan mikro dan sangat dibutuhkan tanaman (Setyorini *et al.*, 2019).

Menghadapi permasalahan kesuburan pada tanah vertisol yang rendah maka perlu adanya perbaikan lahan melalui pemberian bahan organik dan pasir sehingga dilakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Pemberian Bahan Organik dan Pasir

Terhadap Perubahan Karakteristik Kimia Vertisol”.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober sampai dengan Desember 2022 di Green House dan Laboratorium Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, UPN “Veteran” Jawa Timur.

Rancangan Percobaan. Penelitian ini disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial yang terdiri dari dua factor. Factor pertama yaitu 4 macam bahan organik (B) yang terdiri dari kontrol (B0), kompos kulit pisang + kotoran sapi (10:1) (B1), kompos serasah daun (B2), dan kompos eceng gondok + kotoran sapi (B3). Kompos diaplikasikan dengan dosis 15 ton.ha⁻¹. Faktor kedua yaitu tiga persentase pemberian material pasir (P) yang terdiri dari 0% (P0), 20% (P1), dan 40% (P2). Jadi terdapat 12 kombinasi perlakuan dan masing-masing diulang sebanyak tiga kali.

Pelaksanaan Penelitian. Penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahapan mulai dari persiapan, aplikasi bahan organik dan pasir, dan inkubasi media. Tahap persiapan meliputi persiapan media dan persiapan bahan organik. Bahan organik yang digunakan berasal dari kulit pisang, serasah daun, dan eceng gondok yang dikomposkan selama satu bulan. Untuk kompos kulit pisang dan eceng gondok dikombinasikan dengan kotoran sapi. Media yang digunakan yaitu tanah jenis vertisol yang diambil dari Kecamatan Malo, Kabupaten Bojonegoro dengan kedalaman 0-20 cm. Setelah itu sampel diayak ukuran 2 mm dan ditimbang sebanyak 8 kg kemudian dimasukkan ke dalam polybag.

Aplikasi bahan organik dan pasir dilakukan sesuai dengan rancangan percobaan yang telah ditentukan. Media

campuran diinkubasi selama 30 hari untuk menstabilkan reaksi bahan organik, pasir, dan vertisol.

Parameter Penelitian. Parameter yang diamati meliputi pH, C-Organik, N-Tersedia, P-Tersedia, dan KTK. Pengambilan sampel tanah dilakukan sebanyak dua kali yaitu sebelum perlakuan dan setelah perlakuan. Metode analisis yang digunakan yaitu pH (metode elektrometrik), C-Organik (Walkley and Black), N-Tersedia (Destilasi Titrimetri), P-Tersedia (Olsen), dan KTK (NH_4OAc pH 7).

Analisis Data. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) dengan uji F pada tingkat kesalahan 5% untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap hasil. Apabila terdapat pengaruh yang nyata, maka dilakukan uji lanjut Beda Nyata Jujur (BNJ) pada tingkat kesalahan 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Awal Sebelum Perlakuan

Karakteristik vertisol sebelum perlakuan disajikan pada tabel 1. Berdasarkan hasil analisis tanah, vertisol Bojonegoro didominasi oleh fraksi debu (83%) sehingga didapatkan tekstur lempung berdebu. Hasil analisis kimia menunjukkan bahwa vertisol Bojonegoro mempunyai pH agak alkalis (7,85), c-organik rendah (1,46%), p-tersedia sedang (12,18 ppm), dan KTK yang tergolong tinggi (29,74 cmol.kg^{-1}). Vertisol tergolong tanah yang relatif kaya akan hara karena mempunyai cadangan sumber hara yang tinggi, dengan kapasitas tukar kation tinggi dan pH 6,0 – 8,2 (Saridevi *et al.*, 2013), namun cadangan unsur hara tersebut belum tersedia bagi tanaman.

Tabel 1. Karakteristik Kimia Tanah Sebelum Perlakuan

Sifat Tanah	Satuan	Nilai	Kriteria (*)
pH		7,85	Agak alkalis
C-Organik	%	1,46	Rendah
N- NH_4^+	ppm	374,32	
N- NO_3^-		97,99	
P ₂ O ₅ (Olsen)	ppm	12,18	Sedang
KTK	cmol.kg^{-1}	29,74	Tinggi
Tekstur :			
Pasir	%	4	Lempung berdebu
Debu		83	
Liat		13	

Keterangan (*) : Kriteria bersumber dari Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk (2023)

Kandungan amonium pada tanah sebelum perlakuan yakni 374,32 ppm dan nitrat sebesar 97,99 ppm. Kadar amonium pada tanah lebih tinggi daripada kadar nitrat. Hal ini berkaitan dengan adanya jerapan oleh

muatan negatif tanah terhadap kation NH_4^+ . Subiksa (2018) menyatakan bahwa kation NH_4^+ merupakan kation yang dapat teradsorpsi di permukaan koloid tanah, sehingga gerakannya akan lebih kecil

dibandingkan NO_3^- yang senantiasa bebas di larutan tanah. Bentuk NO_3^- akan lebih banyak mengalami leaching karena mobilitasnya tinggi dalam larutan tanah. Sedangkan NH_4^+ pada umumnya tidak mengalami pencucian (*leaching*).

Hasil analisis karakteristik awal menunjukkan bahwa perlu adanya upaya perbaikan tanah melalui pemberian bahan organik dan pasir. Mindari et al. (2023) menyatakan bahwa pemberian bahan organik dan pasir mampu merubah karakteristik fisika dan kimia tanah.

Karakteristik Bahan Organik dan Pasir

Karakteristik bahan organik dan pasir disajikan pada tabel 2. Nilai pH pada bahan organik dan pasir berkisar antara 6,73 – 10,11 tergolong netral hingga alkali. Sementara itu, kandungan c-organik berkisar antara 0,47 – 53,98 %. Sedangkan kadar amonium berkisar antara 98,63 – 1894,97 ppm dan nitrat berkisar antara 44,12 – 392,49 ppm. Dengan pemberian bahan organik dan pasir diharapkan mampu memperbaiki kualitas kimia tanah vertisol Bojonegoro.

Tabel 2. Karakteristik Bahan Organik dan Pasir

Perlakuan		pH	C-Organik	Amonium	Nitrat
			%	Ppm	
1.	Bahan Organik				
	B1	10,11	53,98	1894,97	359,24
	B2	6,77	10,87	969,21	392,49
	B3	7,59	11,45	951,85	388,98
2.	Pasir	6,73	0,47	98,63	44,12

Keterangan : B1 = Kompos kulit pisang + kotoran sapi, B2 = Kompos serasah daun, B3 = Kompos eceng gondok + kotoran sapi

Karakteristik Kimia Tanah

Karakteristik tanah vertisol yang didominasi liat akan berdampak pada ketersediaan hara di dalam tanah. Oleh karenanya, pembenah tanah diberikan

sebagai bentuk perbaikan sifat kimia tanah seperti pH, C-organik, N-Tersedia, P-Tersedia, dan KTK.

Tabel 3. Karakteristik Kimia Tanah Setelah Perlakuan

Perlakuan	pH	C-Organik	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₃ ⁻	P-Tersedia	KTK
		%	ppm	Ppm	ppm	cmol.kg ⁻¹
B0P0	7,79	1,60 bc	255,69	152,26 c	32,30	26,01
B0P1	8,14	1,22 abc	121,09	60,61 ab	33,40	24,85
B0P2	8,23	1,08 ab	107,95	69,74 ab	23,40	13,38
B1P0	7,84	1,66 c	235,76	105,31 bc	56,42	23,56
B1P1	8,07	1,03 a	186,49	74,04 ab	49,81	24,01
B1P2	8,12	1,23 abc	148,25	38,39 a	36,99	14,92

B2P0	7,85	1,60 bc	255,21	149,89 c	35,26	27,07
B2P1	8,01	1,26 abc	184,06	83,85 ab	49,29	24,92
B2P2	8,03	1,48 abc	148,49	59,39 ab	27,35	18,50
B3P0	7,83	1,48 abc	221,13	59,01 ab	42,88	23,84
B3P1	7,96	1,28 abc	175,30	79,18 ab	45,77	18,84
B3P2	8,05	1,74 c	129,28	75,96 ab	28,39	14,03
BNJ 5%	0,28 ^m	0,54 [*]	87,39 ^m	59,56 ^{**}	23,24 ^m	9,39 ^m

Keterangan : B1 = Kompos kulit pisang + kotoran sapi, B2 = Kompos serasah daun, B3 = Kompos eceng gondok + kotoran sapi, P0 = Pasir 0%, P1 = Pasir 20%, P3 = Pasir 40%

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pemberian bahan organik dan pasir berpengaruh nyata terhadap c-organik dan berpengaruh sangat nyata terhadap N-NO₃⁻. Sedangkan pada pH, N-NH₄⁺, p-tersedia, dan KTK tidak memberikan pengaruh yang nyata.

Nilai pH tanah menunjukkan banyaknya konsentrasi ion H⁺ di dalam tanah. Tanah yang masam menunjukkan konsentrasi ion H⁺ di dalam tanah tinggi sedangkan konsentrasi OH⁻ di dalam tanah rendah, begitu juga sebaliknya apabila konsentrasi ion H⁺ rendah sedangkan konsentrasi ion OH⁻ tinggi di dalam tanah maka menunjukkan pH tanah tergolong alkalis/basa (Siregar *et al.*, 2017). Tanah vertisol sebelum perlakuan mempunyai nilai pH 7,85. Tabel 3 menunjukkan bahwa pemberian bahan organik dan pasir dapat merubah nilai pH menjadi lebih tinggi disbanding sebelum perlakuan. Nilai pH tanah pada vertisol setelah perlakuan masih tergolong basa karena pH >7,00. Hal ini dapat dikarenakan karena terjadi pelepasan senyawa-senyawa organik, baik itu berupa asam-asam organik ataupun kation-kation basa, yang akan mengakibatkan peningkatan pH tanah (Siregar *et al.*, 2017) akibat pemberian bahan organik.

Karbon organik merupakan bagian fungsional dari bahan organik tanah yang

mempunyai fungsi dan peranan sangat penting dalam menentukan tingkat kesuburan dan produktivitas tanah yang berpengaruh terhadap sifat fisik, kimia maupun biologi tanah. Kandungan c-organik tanah pada vertisol setelah perlakuan masih tergolong rendah dengan nilai antara 1,03-1,74%. Nilai terendah sebesar diperoleh pada perlakuan kompos kulit pisang + kotoran sapi dengan persentase pasir 20% (B1P1). Sedangkan nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan kompos eceng gondok + kotoran sapi dengan persentase pasir 40% (B3P2). Kandungan c-organik yang tinggi pada perlakuan B3P2 dapat disebabkan karena kompos eceng gondok yang diberikan masih belum terdekomposisi secara sempurna. Sedangkan pemberian pasir mampu memperbaiki aerasi dan drainase tanah sehingga akan berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme tanah dalam proses penguraian bahan organik yang dapat meningkatkan kandungan c-organik tanah. Menurut Halasan *et al.* (2018), setelah bahan organik yang ditambahkan telah terdekomposisi sempurna, mikroba memanfaatkan kembali bahan organik yang ada di dalam tanah. Hal inilah yang menyebabkan kadar c-organik menjadi rendah.

Pemberian bahan organik dan pasir tidak memberikan pengaruh nyata terhadap

amonium tanah, namun memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan nitrat tanah. Kandungan amonium terendah diperoleh pada perlakuan tanpa bahan organik dengan persentase pasir 40% (B0P2), sedangkan kandungan nitrat terendah diperoleh pada perlakuan kompos kulit pisang + kotoran sapi dengan persentase pasir 40% (B1P2). Hal ini dikarenakan pemberian pasir dengan persentase yang tinggi dapat meningkatkan kandungan pasir pada tanah menjadi tinggi sehingga menyebabkan tanah tidak dapat menahan air lebih lama. Sedangkan kandungan pasir yang tinggi dapat mengakibatkan ikatan koloid tanah menjadi lemah sehingga amonium mudah hilang. Selain itu kandungan pasir yang tinggi juga dapat mengakibatkan proses pencucian menjadi lebih besar.

Kandungan amonium dan nitrat tertinggi diperoleh pada perlakuan kontrol (B0P0). Hal ini dikarenakan kandungan liat pada perlakuan ini masih tergolong tinggi. Siswanto (2018) menjelaskan bahwa ion amonium yang bermuatan positif akan terikat oleh koloid tanah, tidak mudah hilang oleh proses pencucian, dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman setelah melalui proses pertukaran kation. Pencucian nitrat sering terjadi pada tanah berpasir atau tanah yang sangat gembur. Saat pencucian terjadi, air memindahkan nitrat menuju lapisan dibawah daerah perakaran tanaman (Aziz dan Kurnia, 2015).

Pemberian bahan organik dan pasir tidak memberikan pengaruh nyata terhadap ketersediaan fosfor dalam tanah. Berdasarkan hasil analisis statistik diperoleh nilai terendah pada perlakuan tanpa bahan organik dengan persentase pasir 40% (B0P2), sedangkan nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan kompos kulit pisang + kotoran sapi dengan persentase pasir 0% (B1P0). Secara keseluruhan pemberian bahan organik dan pasir dapat

meningkatkan ketersediaan P dalam tanah. Proses dekomposisi bahan organik akan menghasilkan beberapa unsur hara yang dibutuhkan tanaman seperti N, P, dan K. Selain itu, dekomposisi bahan organik menghasilkan asam-asam organik yang akan bereaksi dengan oksida dan hidroksida membentuk senyawa kompleks organik sehingga menurunkan kapasitas adsorpsi P dan meningkatkan ketersediaan P (Kaya et al., 2022).

Kation mempunyai kemampuan untuk mengabsorpsi anion (ion bermuatan negatif) atau partikel organik dan anorganik (Masria et al., 2019). Kapasitas tukar kation tanah merupakan salah satu sifat kimia tanah yang penting karena berpengaruh pada kemudahan dan ketersediaan hara bagi tanaman. Hasil KTK terendah diperoleh pada perlakuan tanpa bahan organik dengan persentase pasir 40% (B0P2), sedangkan hasil tertinggi diperoleh pada perlakuan kompos serasah daun dengan persentase pasir 0% (B2P0). Narka (2015) menjelaskan bahwa semakin tinggi fraksi pasir, baik fraksi pasir sangat kasar, pasir kasar maupun pasir sedang, maka KTK tanah semakin rendah. Hal ini terjadi karena fraksi pasir mempunyai luas permukaan spesifik yang rendah sehingga tidak mampu mengadsorpsi kation-kation. Foth (1998) dalam Soniari (2016) menyatakan bahwa fraksi pasir dan debu menampilkan ikatan negatif yang tidak begitu baik karena luas permukaan spesifiknya yang rendah sehingga pasir mempunyai kapasitas tukar kation yang rendah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa pemberian bahan organik dan pasir secara nyata berpengaruh terhadap c-organik dan $N-NO_3^-$. Tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap pH, $N-NH_4^+$, P-

tersedia, dan KTK. Perlakuan B3P2 merupakan perlakuan optimal dalam perubahan nilai c-organik, sedangkan perlakuan B0P0 merupakan perlakuan optimal dalam merubahn nilai $N-NO_3^-$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Dr.Ir. Wanti Mindari, MP. dan Dr. Ir. Purnomo Edi Sasongko atas bimbingan dan arahan selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, A. A., & Kurnia, N. (2015). Kandungan Amonium dan Nitrat Tanah pada Budidaya Bayam Putih dengan Menggunakan Pupuk Urin Manusia. *Jurnal Bionature*, 16(2), 86–90.
- Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk. (2023). Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. In *Petunjuk Teknis Edisi 3 Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk* (Edisi 3). Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Halasan, Anandyawati, Hasanudin, & Riwandi. (2018). Perubahan Sifat Kimia Tanah dan Hasil Jagung pada Inceptisol dengan Pemberian Kompos. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(2), 33–39. <https://doi.org/10.31186/jipi.20.2.33-39>
- Kaya, E., Liubana, S., & Polnaya, D. (2022). Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Terhadap Perubahan Sifat Kimia Dan Pertumbuhan Tanaman Sawi (*Brassica juncea*) Pada Tanah Psamment. *Agrologia*, 11(2), 154–157.
- Masria, Lopulisa, C., Zubair, H., & Rasyid, B. (2019). Jenis Mineral dan Sifat Kimia Tanah Vertisol Hasil Pelapukan Batuan Gamping di Kabupaten Jeneponto. *Partner*, 24(1), 879–887.
- Mindari, W.-, Sasongko, P. E., & Santoso, S. B. (2023). Changes of Soil Physical and Chemical Characteristics of Vertisol by Organic Matter and Sands Applications. *Journal of Tropical Soils*, 28(2), 79. <https://doi.org/10.5400/jts.2023.v28i2.79-87>
- Narka, I. W. (2015). *Korelasi Fraksi Tanah Sistem USDA dengan Beberapa Sifat Tanah pada Beberapa Sampel Tanah di Bali*.
- Nugroho, M. V. P., Arifin, M., & Widjajani, B. Wi. (2023). Sifat Fisik Tanah Pada Lahan Bawang Merah Di Kecamatan Gondang Nganjuk dan Kecamatan Kedungadem Bojonegoro. *J. Solum*, 20(1), 20–28.
- Oswaldus, Widowati, & Karamina, H. (2022). Dampak Penggunaan Biochar Setelah Lima Tahun pada Vertisol dan Pemupukan NPK Terhadap Hasil Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L .). *Jurnal Budidaya Pertanian*, 18(1), 35–41. <https://doi.org/10.30598/jbdp.2022.18.1.35>
- Rajiman, Yekti, A., Megawati, S., & Anshori, A. (2022). Pengaruh Dosis Pupuk Kandang terhadap Karakter Agronomi Beberapa Varietas True Shallot Seed di Tanah Vertisol. *Jurnal Triton*, 13(1), 98–108. <https://doi.org/10.47687/jt.v13i1.239>
- Saridevi, G. A. A. R., Atmaja, I. W. D., & Mega, I. M. (2013). Perbedaan Sifat Biologi Tanah Pada Beberapa Tipe Penggunaan Lahan Di Tanah Andisol, Inceptisol, Dan Vertisol. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika (Journal of Tropical Agroecotechnology)*, 2(4), 214–223.
- Setyorini, D., Saraswati, R., & Anwar, E. K. (2019). 2. Kompos. In *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati* (pp. 11–40).

- Siregar, P., Fauzi, & Supriadi. (2017). Pengaruh Pemberian Beberapa Sumber Bahan Organik dan Masa Inkubasi Terhadap Beberapa Aspek Kimia Kesuburan Tanah Ultisol. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*, 5(2), 256–264.
- Siswanto, B. (2018). Sebaran Unsur Hara N, P, K Dan Ph Dalam Tanah. *Buana Sains*, 18(2), 109–124. <https://doi.org/10.33366/bs.v18i2.1184>
- Soniari, N. N. (2016). Korelasi Fraksi Partikel Tanah Dengan Kadar Air Tanah, Erodibilitas Tanah Dan Kapasitas Tukar Kation Tanah Pada Beberapa Contoh Tanah Di Bali. In *Universitas Udayana*. https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_penelitian_1_dir/afe37c28391a9e0b5b33107da2b321ff.pdf
- Subagyo, D. R. F. (2019). *Pengaruh Macam dan Takaran Pupuk Kandang Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung Manis di Vertisol*. Mercu Buana University Yogyakarta.
- Subiksa, I. (2018). Perbandingan Pengaruh Beberapa Jenis Pupuk Mengandung Fosfat Terhadap Kehilangan Hara Melalui Pelindian Pada Tanah Gambut. *Jurnal Lahan Suboptimal*, 7(1), 1–13. <https://doi.org/10.33230/jlso.7.1.2018.363>
- Zultiarawati, D. (2020). *Kajian Dosis dan Jenis Bahan Organik Terhadap Efisiensi Serapan Hara P Serta Produksi Tanaman Padi (Oryza sativa L.) pada Vertisol*. UPN “Veteran” Jawa Timur.