



## AGROMIX

Jurnal Ilmiah Fakultas Pertanian, Universitas Yudharta Pasuruan  
pISSN (Print): 2085-241X; eISSN (Online): 2599-3003  
Website: <https://jurnal.yudharta.ac.id/v2/index.php/agromix>

# Perbaikan kualitas tanah berpasir untuk kebun kopi dengan penambahan tanah liat dan kompos di Desa Bambang, Kecamatan Wajak

*Improving the quality of sandy soil for coffee plantations with the addition of clay soil and compost in Bambang Village, Wajak District*

Nisfi Fariatul Ifadah<sup>1\*</sup>, Zaenal Kusuma<sup>2</sup>, Soemarno<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Magister Pengelolaan Tanah dan Air, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia

<sup>2</sup> Departemen Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia

\*Email korespondensi: nisfi.ifadah@gmail.com

### ABSTRACT

#### Article history

Received : December 20, 2022

Accepted : March 15, 2023

Published : March 30, 2023

#### Keyword

Sandy soil; Compost; Clay

**Introduction:** This study focuses on the effect of applying clay and compost on improving the quality of sandy soil in terms of the physical and chemical quality of the soil so that it can be a solution to problems in managing sandy soil so that the land can be productive and sustainable. **Methods:** This study used a factorial completely randomized design (RAL-F) with 3 treatment factors, namely: Depth (K1: 0-30 cm, K2: 30-60 cm), Dosage of compost (M1: 0 ton ha<sup>-1</sup> as control, M2: 20 ton ha<sup>-1</sup>), Percentage of mineral soil (T1: 0% as control, T2: 25%, T3: 50%). Each treatment was repeated 4 times to obtain 48 pot units for the experiment. Data collection is carried out every 2 weeks for soil pH data. As for the other observation parameters taken in the last week of the incubation process, the data taken are chemical data in accordance with predetermined observation parameters which include soil physical properties such as bulk density, specific gravity, porosity, moisture content, pF value and basic chemical properties such as pH, organic matter, P-Available, N-Total. **Results:** Based on the results of laboratory analysis, it was shown that there was an increase in the average value of pH H<sub>2</sub>O and pH KCl every week, where initially the pH of H<sub>2</sub>O was 5.3 (1 MSI) to 5.9 (11 MSI) and the pH of KCl was from 5.1 (1 MSI) to 5.5 (11 MSI). This proves that the addition of organic matter and clay to the soil can increase the soil pH value. In addition to an increase in soil pH, there was also an increase in other chemical properties (BO, total-N and available-P) as well as soil physical properties (BI, BJ, Porosity and pF 2.5). **Conclusion:** the addition of clay soil and compost can improve the quality of sandy soil, especially the soil chemistry characteristics.

### ABSTRAK

#### Riwayat artikel

Dikirim : 20 Desember, 2022

Disetujui : 15 Maret, 2023

Diterbitkan : 30 Maret, 2023

#### Kata kunci

Tanah berpasir; Kompos; Tanah

Liat

**Pendahuluan:** Penelitian ini berfokus pada pengaruh pengaplikasian tanah liat dan kompos terhadap perbaikan kualitas tanah berpasir yang ditinjau dari kualitas fisika dan kimia tanahnya sehingga dapat menjadi solusi permasalahan dalam pengelolaan berpasir agar lahan dapat produktif dan berkelanjutan. **Metode:** Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap faktorial (RAL-F) dengan 3 faktor perlakuan, yaitu: Kedalaman (K1: 0-30 cm, K2: 30-60 cm), Dosis pupuk kompos (M1: 0 ton ha<sup>-1</sup> sebagai kontrol, M2: 20 ton ha<sup>-1</sup>), Persentase tanah mineral (T1: 0% sebagai kontrol, T2: 25%, T3: 50%). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 4 kali sehingga diperoleh 48 satuan pot untuk percobaan. Pengambilan data dilakukan setiap 2 minggu untuk data pH tanah. Sedangkan untuk parameter pengamatan lainnya diambil pada minggu terakhir proses inkubasi, data yang diambil adalah data kimia sesuai dengan parameter pengamatan yang telah ditentukan yang diantaranya adalah sifat fisika tanah seperti berat isi, berat jenis, porositas, kadar air, nilai pF dan sifat kimia dasar seperti pH, bahan organik, P-Tersedia, N-Total. **Hasil:** Berdasarkan hasil Analisa laboratorium menunjukkan adanya peningkatan nilai rerata pH H<sub>2</sub>O dan pH KCl setiap minggunya, dimana yang awalnya pH H<sub>2</sub>O 5,3 (1 MSI) menjadi 5,9 (11 MSI) dan pH KCl dari 5,1 (1 MSI) menjadi 5,5 (11 MSI). Hal ini membuktikan bahwa dengan adanya penambahan bahan organik dan liat ke dalam tanah dapat meningkatkan nilai pH tanah. Selain peningkatan pH tanah juga terjadi peningkatan untuk sifat kimia lainnya (BO, N-total dan P-tersedia) dan juga sifat fisika tanah (BI, BJ, Porositas dan pF 2,5). **Kesimpulan:** penambahan liat dan kompos dapat memperbaiki kualitas tanah terutama dari kualitas sifat kimia tanahnya.

**Sitasi:** Ifadah, N. F., Soemarno, & Zaenal Kusuma. (2023). Perbaikan kualitas tanah berpasir untuk kebun kopi dengan penambahan tanah liat dan kompos di Desa Bambang, Kecamatan Wajak. *Agromix*, 14(1), 125-134. <https://doi.org/10.35891/agx.v14i1.3577>

## PENDAHULUAN

Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu provinsi produsen kopi di Indonesia yang produksinya didominasi oleh kopi berjenis robusta. Pada tahun 2016 – 2020, Provinsi Jawa Timur menempati posisi keempat sebagai produsen kopi robusta di Indonesia. Kabupaten Malang menjadi salah satu wilayah dengan produksi kopi robusta tertinggi di Jawa Timur. Pada tahun 2015 Kabupaten Malang memproduksi kopi robusta sebesar 8,95 ribu ton atau berkontribusi mencapai 31,35% dari total produksi kopi Jawa Timur (Sekretariat Jenderal - Kementerian Pertanian, 2017). Adapun wilayah yang menjadi sentra produksi kopi di Kabupaten Malang adalah Kecamatan Ampelgading, Sumbermanjing Wetan, Tirtoyudo, dan Dampit. Peluang komoditas kopi untuk dikembangkan di Kabupaten Malang sangat besar, hal ini didorong dari ketersediaan lahan dan kondisi iklim yang ada. Potensi pengembangan produksi kopi di Kabupaten Malang masih sangat tinggi karena ketersediaan lahan dan kondisi iklim yang ada. Salah satu daerah pengembangan kopi yang potensial adalah Desa Bambang di Kecamatan Wajak. Akan tetapi, dalam perkembangannya, lahan untuk budidaya kopi mengalami beberapa kendala, terutama dari kondisi lahan yang ada. Desa Bambang memiliki lahan dengan tekstur tanah berpasir yang terbentuk dari material-material vulkanik Gunung Semeru. Kondisi tersebut menyebabkan lahan di Desa Bambang umumnya dimanfaatkan untuk budidaya tanaman semusim berupa jagung dan rumput gajah serta penambangan pasir galian C.

Kondisi tanah yang berpasir merupakan salah satu kendala dalam budidaya kopi. Hal ini dikarenakan tanah dengan tekstur berpasir sangat mudah meloloskan air sehingga rentan membuat tanaman mengalami kekeringan. Selain rawan kekeringan, mudah lolosnya air dari matriks tanah menyebabkan hilangnya unsur-unsur hara yang dibutuhkan tanaman, terutama pada hara-hara yang larut dengan air. Selain faktor air, hara yang tersedia pada lahan berpasir tergolong rendah dapat dikarenakan tanah belum mengalami perkembangan atau proses pedogenesis, sehingga bahan mineral yang tersedia di alam belum berupa hara tersedia bagi tanaman. Kondisi ini menyebabkan sebagian besar lahan berpasir tergolong miskin hara atau memiliki hara yang terbatas dan kurang tersedia bagi tanaman, sehingga lahan-lahan berpasir mengalami masalah kesuburan tanah. Sehingga dengan kondisi tersebut perlu adanya perbaikan karakteristik lahan supaya lahan-lahan berpasir menjadi lebih sesuai bagi budidaya tanaman kopi (Kasongo & Van Ranst, 2010; Molin dkk., 2010; Abranches dkk., 2019; Chagas dkk., 2019).

Perbaikan kualitas tanah berpasir dapat dilakukan dengan melakukan perbaikan karakteristiknya melalui pemberian bahan organik atau menggunakan bahan pembenah tanah (Rawls dkk., 2004). Bahan pembenah tanah digunakan di kebun kopi adalah pupuk kandang, kompos, biochar, zeolit, liat dan lain-lainnya. Bahan pembenah tanah yang dapat dimanfaatkan untuk perbaikan kondisi tanah pada lahan berpasir dan tersedia secara lokal adalah tanah liat dan kompos. Penggunaan tanah liat sebagai pembenah tanah berpasir didasari pada tingginya kandungan fraksi liat yang diharapkan dapat memperbaiki karakteristik tanah-tanah berpasir. Partikel liat mengandung muatan elektrik yang berperan dalam proses agregasi tanah, partikel liat ini membantu dalam membentuk agregat-agregat tanah yang lebih mantap dan pada akhirnya dapat meningkatkan kualitas tanah (Wagner dkk., 2007; Djajadi dkk., 2010; Ebrahimi dkk., 2016). Selain itu, penambahan tanah liat pada tanah berpasir juga dapat memperbaiki kesuburan tanah dan juga mampu menjaga (memproteksi) bahan organik dalam tanah dari proses dekomposisi (Shi & Marschner, 2013; Roychand & Marschner, 2014).

Kompos seringkali digunakan sebagai bahan pembenah tanah, karena ketika mengalami dekomposisi, bahan organik dalam kompos dapat membantu meningkatkan ketersediaan hara tanah dan perbaikan karakteristik tanah lainnya (Alagöz & Yilmaz, 2009; Demir & Doğan-Demir, 2019). Aplikasi kompos dapat meningkatkan kualitas dan produktivitas tanah serta keberlanjutan produksi pertanian dengan menambahkan bahan organik tanah dan memasok sejumlah hara ke tanah, seperti N dan P (Liu dkk., 2012; Lin dkk., 2019; Risdawati & Soemarno, 2021).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh aplikasi tanah liat dan kompos terhadap perbaikan kualitas tanah berpasir yang ditinjau dari karakteristik fisika dan kimia tanah, sehingga dapat menjadi solusi masalah pengelolaan lahan-lahan berpasir agar lebih produktif dan berkelanjutan.

## METODE

### Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pot ukuran 10 kg, terpal, plastik, cetok, cangkul, papras, ring sampel, ring master, pisau lapang, ayakan mesh ukuran 2 mm dan 0,5 mm, mesin grinding, timbangan, dan alat tulis. Sedangkan bahan yang digunakan adalah tanah berpasir dari kebun kopi yang berjenis kopi robusta di Desa Bambang, dan tanah liat dari Jatikerto. Tanah berpasir diambil pada kedalaman 0-30 cm dan 30-60 cm.

### Tempat pelaksanaan

Kegiatan penelitian dilaksanakan di Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Kota Malang. Berdasarkan topografinya Fakultas Pertanian UB terletak pada ketinggian 445 m di atas permukaan air laut. Secara geografis Fakultas Pertanian UB terletak pada posisi -7,9543 Lintang Selatan dan 112,6111 Bujur Timur dengan suhu rata-rata

25°C-30°C. Analisis laboratorium dilakukan di laboratorium Kimia dan Fisika tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Pelaksanaan penelitian dilakukan dari bulan Mei 2022 sampai dengan Desember 2022

### Rancangan percobaan

Rancangan kegiatan penelitian menggunakan rancangan acak lengkap faktorial (RAL-F) dengan 3 faktor perlakuan, yaitu: Kedalaman (K1: 0-30 cm, K2: 30-60 cm), Dosis pupuk kompos (M1: 0 ton ha<sup>-1</sup> sebagai kontrol, M2: 20 ton ha<sup>-1</sup>), Persentase tanah mineral (L1: 0% sebagai kontrol, L2: 25%, L3: 50%). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 4 kali sehingga diperoleh 48 satuan pot untuk percobaan. Dalam 1 pot tanah terdapat 8 kg tanah berpasir dalam kondisi kering udara, dimana untuk perlakuan dengan penambahan tanah liat akan dihitung dari total 8 kg tanah berpasir.

Tabel 1 Perlakuan percobaan

No	Kode Perlakuan	Deskripsi
1	K1M1L1	Tanah berpasir dari kedalaman 0-30 cm
2	K1M1L2	Tanah berpasir dari kedalaman 0-30 cm + Tanah Liat 25%
3	K1M1L3	Tanah berpasir dari kedalaman 0-30 cm + Tanah liat 50%
4	K1M2L1	Tanah berpasir dari kedalaman 0-30 cm + Kompos 20 ton ha <sup>-1</sup>
5	K1M2L2	Tanah berpasir dari kedalaman 0-30 cm + Kompos 20 ton ha <sup>-1</sup> + Tanah liat 25%
6	K1M2L3	Tanah berpasir dari kedalaman 0-30 cm + Kompos 20 ton ha <sup>-1</sup> + Tanah liat 50%
7	K2M1L1	Tanah berpasir dari kedalaman 30-60 cm
8	K2M1L2	Tanah berpasir dari kedalaman 30-60 cm + Tanah liat 25%
9	K2M1L3	Tanah berpasir dari kedalaman 30-60 cm + Tanah liat 50%
10	K2M2L1	Tanah berpasir dari kedalaman 30-60 cm + Kompos 20 ton ha <sup>-1</sup>
11	K2M2L2	Tanah berpasir dari kedalaman 30-60 cm + Kompos 20 ton ha <sup>-1</sup> + Tanah liat 25%
12	K2M2L3	Tanah berpasir dari kedalaman 30-60 cm + Kompos 20 ton ha <sup>-1</sup> + Tanah liat 50%

Tahapan dalam penelitian ini meliputi persiapan penelitian (pengambilan tanah, pengeringan dan pengayakan tanah), inkubasi tanah dan perawatan, pengambilan sampel tanah untuk analisis data, analisis laboratorium dan analisis data. Pada tahapan persiapan inkubasi tanah, pertama adalah mengambil tanah berpasir dengan kedalaman 0-30 cm dan 30-60 cm, setelah itu tanah dikeringkan dengan udara terlebih dahulu, kemudian diayak dan yang terakhir dilakukan pencampuran sesuai dengan perlakuan yang akan dilakukan. Dalam proses pengeringan, tanah dibalik setiap hari yang bertujuan agar sampel tanah dapat kering udara secara merata. Pengayakan tanah, Masing-masing tanah yang telah kering udara baik tanah pasir dan liat diayak menggunakan ayakan mesh ukuran 2 mm. Tanah kering udara yang lolos ayakan tersebut digunakan sebagai bahan untuk inkubasi. Setelah itu, masing-masing tanah yang telah lolos ayakan ditimbang dan kemudian dimasukkan ke dalam pot ukuran 10 kg yang sebelumnya telah disiapkan.

Proses pencampuran tanah dengan kompos dan tanah liat dilakukan ketika sudah dilakukan pengayakan. Setelah dilakukan pencampuran secara merata, maka dapat dilanjutkan pada tahap selanjutnya yakni proses inkubasi. Tahap inkubasi dilakukan dengan meletakkan sampel tanah berpasir yang telah lolos ayakan dan sudah dicampur dengan kompos serta tanah liat ke dalam pot ukuran 10 kg. Pada tahapan inkubasi ini juga ada tahapan perawatan dimana pada tahapan ini dilakukan penyiraman tanah secara rutin setiap satu minggu sekali dengan memperhatikan kebutuhan air tanah. Kegiatan penyiraman sampel tanah bertujuan untuk menjaga kondisi tanah dalam kondisi kapasitas lapang. Untuk menjaga tanah tetap dalam kondisi lapang, maka penyiraman perlu memperhatikan volume air yang diberikan.

Tahapan yang terakhir adalah pengambilan sampel tanah dan analisis laboratorium, dimana pada tahapan ini dilakukan pengambilan sampel tanah setiap 2 minggu sekali berupa pengambilan data pH tanah yang terdiri dari pH (H<sub>2</sub>O) (kemasaman aktual) dan pH (KCl) (kemasaman potensial). Sedangkan untuk parameter pengamatan lainnya diambil pada minggu terakhir proses inkubasi ketika nilai pH tanah sudah menunjukkan nilai pH yang stabil. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil sampel tanah inkubasi berupa sampel tanah tanah terganggu atau komposit. Adapun data yang diambil adalah data kimia sesuai dengan parameter pengamatan yang telah ditentukan yang diantaranya adalah sifat fisika tanah seperti berat isi, berat jenis, porositas, kadar air, nilai pF, kemantapan agregat dan sifat kimia dasar seperti pH, bahan organik, P-Tersedia, N-Total.

### Analisis data

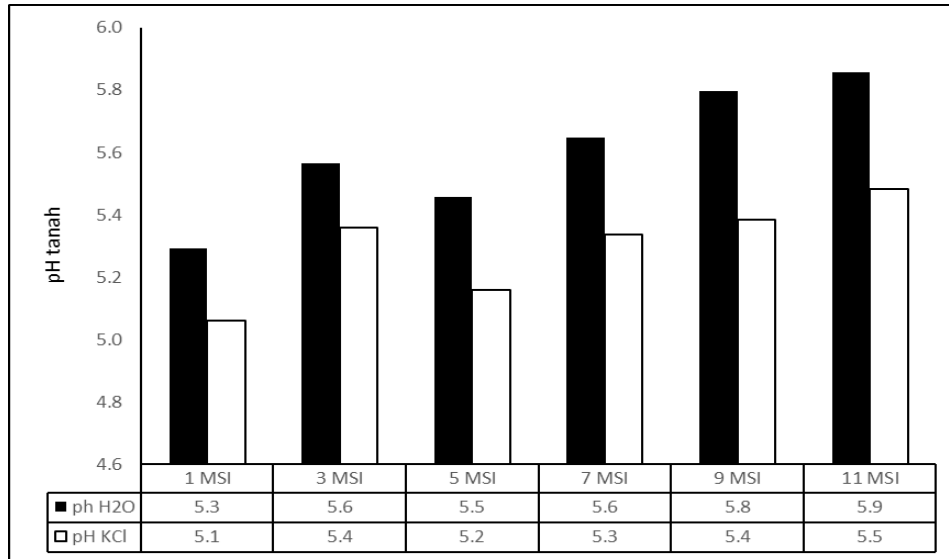
Analisis data diawali dengan kegiatan rekapitulasi data dalam *Microsoft excel* 2019. Selanjutnya dengan menggunakan *software spss* data tersebut dianalisis. Analisis data yang selanjutnya adalah analisis sidik ragam melalui uji F (Anova 5%) untuk melihat pengaruh dari tanah liat dan kompos dalam membenahi tanah berpasir. Apabila didapatkan adanya interaksi atau pengaruh nyata terhadap perlakuan, maka analisis dilanjutkan dengan melakukan uji

lanjut menggunakan uji DMRT (*Duncan's New Multiple Range Test*) pada taraf 5% untuk mencari hasil yang sesuai dengan melihat hubungan antara faktor kedalaman, aplikasi liat, dan kompos terhadap sifat tanah yang diuji. Pada tahap terakhir dilakukan analisis Korelasi untuk mengetahui hubungan antara penambahan tanah liat dan kompos pada setiap variabel yang diamati dan Regresi untuk mengetahui bagaimana pengaruh dari tanah liat dan kompos terhadap variabel pengamatan, analisis korelasi dan regresi dilakukan dengan *software Microsoft excel 2019*

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### pH tanah

Berdasarkan hasil analisis laboratorium dapat diketahui adanya peningkatan nilai rerata pH(H<sub>2</sub>O) dan pH(KCl) selama inkubasi tanah, dimana pada awalnya nilai pH(H<sub>2</sub>O) 5,3 (pengamatan 1 MSI, minggu setelah inkubasi) menjadi 5,9 (pengamatan 11 MSI) dan pH(KCl) dari 5,1 (1 MSI) menjadi 5,5 (11 MSI) (Gambar 1). Hal ini membuktikan bahwa penambahan bahan organik dan tanah liat ke tanah berpasir dapat meningkatkan nilai pH tanah.



Gambar 1. Rata-rata nilai pH tanah

Aplikasi kompos dapat meningkatkan pH tanah karena bahan organik dalam kompos bersifat amfoter, dapat bertindak sebagai asam atau sebagai basa (Kobayashi, 2014). Hal ini menyebabkan bahan organik mampu meningkatkan pH tanah-tanah masam dan menurunkan pH tanah-tanah alkali. Senyawa organik dalam kompos memungkinkan membentuk kompleks khelat, yaitu ikatan antara senyawa organik dengan kation logam pada tanah dengan pH masam (Halim dkk., 2003; Katsumi dkk., 2015), selain itu dekomposisi bahan organik menghasilkan sejumlah kation-kation basa K, Ca, Mg, dan Na (Siregar dkk., 2017). Kompos yang diaplikasikan secara teratur mampu mempertahankan atau meningkatkan pH tanah (Soheil dkk., 2012). Hasil penelitian Kluge (2006) mengkonfirmasi peningkatan nilai pH tanah yang signifikan, bahkan pada aplikasi kompos dengan dosis “sedang”, peningkatan rerata nilai pH tanah 6,4-6,8 pada dosis aplikasi kompos 10 ton/ha. Aplikasi kapur dosis 200-400 kg CaO/ha/tahun setara dengan aplikasi kompos 6-7 ton/ha dalam kaitannya dengan stabilitas nilai pH tanah. Meskipun pH tanah sudah meningkat namun masih terjadi fluktuasi nilai pH, sehingga penelitian inkubasi tanah di *green house* memerlukan waktu yang lebih lama.

#### Karakteristik kimia dan fisika tanah

Hasil-hasil pengamatan selama ± 2-3 bulan percobaan inkubasi menunjukkan pemberian tanah liat dan kompos dapat memperbaiki kesuburan tanah berpasir, meliputi sifat-sifat fisika dan kimia tanah. Berikut Tabel 2 menyajikan hasil analisis sifat kimia tanah pada semua perlakuan.

Table 2. Karakteristik Kimia tanah

Perlakuan	Bahan Organik (%)		N-Total (%)		P-Tersedia (ppm)	
	1 MSI	11 MSI	1 MSI	11 MSI	1 MSI	11 MSI
K1M1L1	1,68 f	1,54 d	0,094 e	0,097 d	21,25 h	24,62 gh
K1M1L2	1,39 e	1,41 c	0,089 b	0,094 c	19,04 g	22,58 f
K1M1L3	0,51 a	1,27 a	0,085 a	0,087 a	12,64 cd	15,84 b
K1M2L1	1,47 e	1,71 e	0,093 de	0,110 h	21,25 h	25,48 h
K1M2L2	1,13 d	1,60 d	0,091 c	0,099 ef	16,74 f	20,23 e
K1M2L3	0,99 c	1,56 d	0,092 cd	0,097 de	16,30 f	18,11 d
K2M1L1	1,44 e	1,43 c	0,091 c	0,094 c	12,36 bc	17,62 cd
K2M1L2	1,37 e	1,34 b	0,092 cd	0,092 b	11,73 b	16,57 bc
K2M1L3	1,13 d	1,26 a	0,085 a	0,088 a	9,58 a	12,54 a
K2M2L1	1,69 f	1,78 f	0,100 g	0,113 h	14,22 e	23,54 fg
K2M2L2	1,24 d	1,54 d	0,096 f	0,102 g	13,18 d	20,34 e
K2M2L3	0,67 b	1,46 c	0,093 de	0,100 f	8,87 a	15,68 b

Keterangan: Angka - angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda berarti berbeda sangat nyata berdasarkan uji DMRT ( $\alpha$  0,05).

Aplikasi kompos dan tanah liat ke tanah berpasir yang berasal dari kedalaman 0-30 cm dan 30-60 cm dapat memperbaiki karakteristik kimia tanahnya, hal ini dapat dilihat pada perlakuan kombinasi kompos 20 ton dan tanah liat 50% dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah dari 0,67 % menjadi 1,46 %, meningkatkan kandungan N-total dari 0,093% menjadi 0,1%; dan kandungan P-tersedia dari 8,87 ppm menjadi 15,68 ppm (Tabel 2). Hal ini sesuai dengan hasil-hasil penelitian yang dilakukan Ye dkk. (2019) pada tanah ultisol terdegradasi yang menunjukkan bahwa aplikasi tanah liat dari horizon B dengan kandungan liat 25% setara dengan 25 ton/ha dapat meningkatkan derajat agregasi dan stabilitas agregat tanah yang ditandai dengan peningkatan diameter rata-rata tertimbang agregat tanah dari 390 mm menjadi 592 mm dan pembentukan makroagregat tanah dari 32% menjadi 54%. Penambahan tanah liat tidak berpengaruh pada kandungan N tanah, akan tetapi penambahan tanah liat mampu mengurangi pencucian  $\text{NO}_3^-$  dan meningkatkan adsorpsi  $\text{NH}_4^+$  (Berthelsen dkk., 2007; Sitthaphanit dkk., 2009; Sitthaphanit dkk., 2010).

Partikel liat berperan meningkatkan kapasitas adsorpsi kation  $\text{NH}_4^+$ , proses adsorpsi ini membantu melindungi kation  $\text{NH}_4^+$  dari proses nitrifikasi (menjadi  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ) dan proses volatilisasi (penguapan  $\text{NH}_3$ ), sehingga penambahan tanah liat ke tanah-tanah berpasir dapat membantu mengurangi kehilangan N melalui proses pencucian  $\text{NO}_3^-$  dan penguapan ammonia (Moradzadeh dkk., 2014; Mazloomi & Jalali, 2017; Mazloomi & Jalali, 2019; Pelster dkk., 2019). Selain dapat memperbaiki dari sifat kimia tanah, penambahan tanah liat dan kompos ke tanah berpasir juga dapat memperbaiki beberapa karakteristik fisika tanahnya (Tabel 3).

Tabel 3. Karakteristik fisika tanah

Perlakuan	BI ( $\text{g.cm}^{-3}$ )		BJ ( $\text{g.cm}^{-3}$ )		Porositas (%)		pF 2,5 (%)	
	1 MSI	11 MSI	1 MSI	11 MSI	1 MSI	11 MSI	1 MSI	11 MSI
K1M1L1	1,10a	1,11a	2,25a	2,31a	0,43a	0,39a	0,33a	0,28a
K1M1L2	1,12ab	1,19b	2,33b	2,34b	0,45ab	0,42b	0,35b	0,3b
K1M1L3	1,17abc	1,21c	2,34bc	2,39c	0,45ab	0,43b	0,41c	0,32c
K1M2L1	1,18bc	1,23d	2,34bc	2,40d	0,47abc	0,45c	0,41d	0,33d
K1M2L2	1,19bc	1,23d	2,35cd	2,41d	0,47abc	0,47d	0,43e	0,33d
K1M2L3	1,20bc	1,25e	2,36de	2,42e	0,49bcd	0,48e	0,455f	0,33de
K2M1L1	1,21c	1,26f	2,37e	2,44f	0,49cde	0,48ef	0,45g	0,33e
K2M1L2	1,21c	1,31g	2,42f	2,45g	0,5cde	0,49f	0,47h	0,38f
K2M1L3	1,23c	1,32h	2,43f	2,46g	0,5cde	0,49f	0,47h	0,38f
K2M2L1	1,25c	1,39i	2,43f	2,47h	0,51de	0,49g	0,50i	0,39g
K2M2L2	1,35d	1,41j	2,45g	2,50i	0,52ef	0,51h	0,50j	0,39g
K2M2L3	1,36d	1,43k	2,48h	2,55j	0,55f	0,55i	0,50j	0,42h

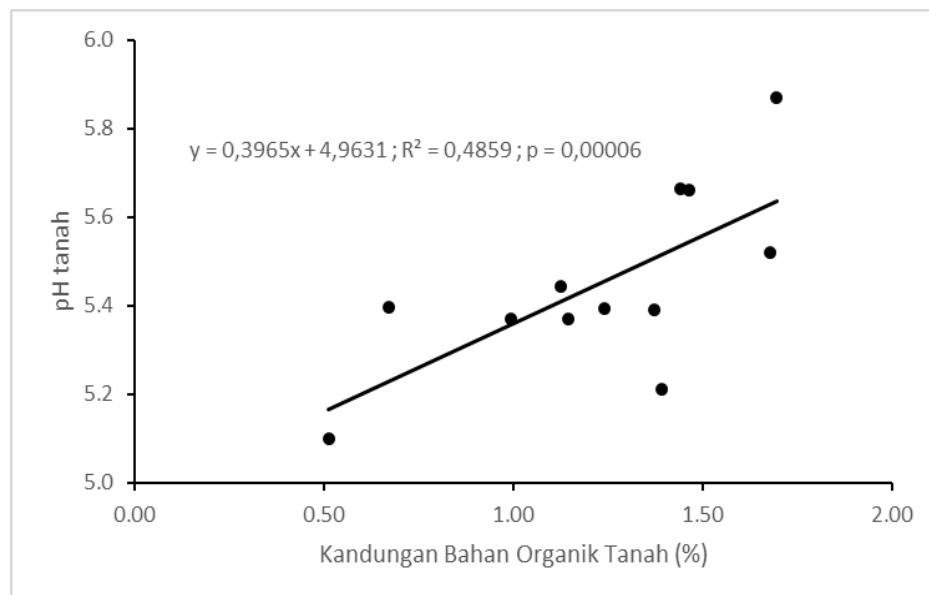
Keterangan: Angka - angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda berarti berbeda sangat nyata berdasarkan uji DMRT ( $\alpha$  0,05).

Hasil analisis yang disajikan pada Tabel 3, yang menunjukkan adanya peningkatan dan penurunan kualitas tanah berpasir dengan penambahan kompos dan tanah liat. Penambahan kompos secara signifikan dapat mempengaruhi

karakteristik fisika tanah, seperti memperbaiki agregat tanah, meningkatkan kemampuan tanah menahan air, serta menurunkan bobot isi tanah (Rawls dkk., 2004; John dkk., 2005; Purwantono dkk., 2011). Penelitian yang dilakukan oleh Bakri (2001) menunjukkan bahwa penambahan bahan organik ke tanah mampu meningkatkan kemantapan agregat tanah, sehingga meningkatkan ketersediaan air dan unsur hara di dalam tanah. Pemberian bahan organik pada tanah mampu mengurangi evaporasi sehingga dapat mengurangi resiko kehilangan air karena penguapan. Bahan organik mampu menyerap air lebih dari 20 kali bobot massanya (Stevenson, 1994; Saïdy, 2018). Aplikasi kompos dapat meningkatkan kualitas dan produktivitas tanah serta keberlanjutan produksi pertanian dengan memperbaiki kemampuan tanah menyimpan air tersedia dan hara tersedia (Rawls dkk., 2003; Olness, & Archer, 2005; Minasny & McBratney, 2018; Panagea dkk., 2021; Risdawati & Soemarno, 2021). Efek kompos pada sifat-sifat tanah, pertumbuhan tanaman dan penyerapan hara dapat dievaluasi 2, 4, 6, 9, 13, atau 18 bulan setelah aplikasinya. Penggunaan kompos ke tanah-tanah kebun kopi merupakan salah satu faktor penting yang berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas kebun kopi dan keberlanjutan produktivitas kebun kopi (Putra dkk., 2016).

### Hubungan pH dengan bahan organik

Berdasarkan hasil analisis uji regresi antara pH dengan kandungan bahan organik tanah didapatkan persamaan regresi :  $Y=0,3965X + 4,9631$  ( $R^2=0.4859$ ;  $p=0.00006$ ). Hal ini menunjukkan bahwa dengan semakin banyaknya kandungan bahan organik dalam tanah diikuti oleh peningkatan nilai pH tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada awal penelitian kandungan bahan organik tanah < 1 % dengan nilai pH(H<sub>2</sub>O) 5,3 dan setelah dilakukan penambahan kompos ternyata kandungan BOT meningkat menjadi > 1% dan diikuti peningkatan nilai pH(H<sub>2</sub>O) menjadi 5,9.



Gambar 2. Hubungan antara pH tanah dengan kandungan bahan organik tanah (%)

Bahan organik dalam proses dekomposisinya melepaskan asam-asam organik yang dapat mengikat Al dan membentuk senyawa kompleks, sehingga Al menjadi tidak larut (Tan, 2010). Pemberian bahan organik adalah salah satu cara untuk mempercepat proses ameliorasi tanah (Tan, 2010). Aplikasi kompos dapat meningkatkan pH karena bahan organik dalam kompos yang bersifat amfoter, dapat bertindak sebagai asam dan sebagai basa (Kobayashi, 2014). Hal ini menyebabkan bahan organik mampu meningkatkan pH tanah masam dan menurunkan pH tanah alkalis. Senyawa organik dalam kompos memungkinkan pembentukan kompleks khelat, yaitu ikatan antara senyawa organik dengan kation logam pada tanah-tanah dengan pH masam, misalnya dengan Al, Fe, Mg, Mn, Cu, Zn (Siregar dkk., 2017). Kompos yang diaplikasikan ke tanah juga dapat meningkatkan pH tanah. Nilai pH tanah ditentukan berdasarkan konsentrasi kation Al<sup>+++</sup> dan H<sup>+</sup> (Pasti dkk., 2012). Konsentrasi kation Al<sup>+++</sup> dan H<sup>+</sup> dalam larutan tanah dapat dipengaruhi oleh aplikasi kompos (Mokolobate & Haynes, 2002; Naramabuye & Haynes, 2006; Naramabuye & Haynes, 2007; Tang dkk., 2007).

Proses dekomposisi bahan organik menghasilkan anion OH<sup>-</sup> yang dapat menetralkan aktivitas kation H<sup>+</sup> (Rukshana dkk., 2011; Meena dkk., 2021). Bahan organik dalam proses dekomposisinya menghasilkan asam humik (senyawa humik) yang terdiri dari substansi humik yang mengandung gugus-gugus fungsional (seperti gugus fenolik, gugus hidroksil, gugus karboksil) (Wu dkk., 2021). Gugus-gugus fungsional ini selanjutnya dapat mengikat H<sup>+</sup> dari larutan tanah (Siregar dkk., 2017). Selain itu, dekomposisi bahan organik dapat melepaskan anion OH<sup>-</sup> yang dapat mengikat Al<sup>3+</sup> dan Fe<sup>2+</sup> yang dapat membentuk senyawa kompleks sehingga Al<sup>3+</sup> dan Fe<sup>2+</sup> tidak larut dalam larutan tanah (Hees dkk., 2000). Pelepasan anion OH<sup>-</sup> oleh bahan organik bergantung pada pH awal tanah dan konstanta disosiasi (pK)

asam-asam organik lemah hasil dekomposisi bahan organik. Apabila pH tanah lebih kecil dari pK gugus asam lemah pada bahan organik yang ditambahkan, maka terjadi peningkatan pH tanah (Whalen dkk., 2000; Naramabuye & Haynes, 2006; Du et al., 2020). Tingkat keasaman tanah akibat dari pemberian bahan organik juga bergantung pada tingkat kematangan kompos dan karakteristik tanah. Apabila kompos yang diaplikasikan masih belum matang, artinya bahan organik belum terdekomposisi dengan baik, hal ini menyebabkan proses peningkatan pH lebih lambat (Azeez, & Van Averbek, 2012; Afandi dkk., 2015).

Peningkatan pH tanah mendekati pH netral mempengaruhi ketersediaan unsur hara dalam tanah, termasuk Nitrogen dan Fosfor. Hal ini sesuai dengan hasil-hasil penelitian yang dilakukan oleh Patti dkk. (2013), Koutika dkk. (2014), Penn & Camberato (2019), Lizarralde dkk. (2021). Ketika pH tanah naik dari pH 5,5 hingga sekitar pH 7,0, nitrogen menjadi tersedia bagi tanaman dalam bentuk  $\text{NO}_3^-$  (Kyveryga dkk., 2004; Cheng dkk., 2013; Waggoner dkk., 2021), dan P-tersedia dalam bentuk  $\text{HPO}_4^{2-}$  dan  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (Bouray dkk., 2021; Hendrie dkk., 2021; Lizarralde dkk., 2021; Bouray dkk., 2022).

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa pemberian kompos dan tanah liat pada tanah berpasir dapat memperbaiki kualitas tanah terutama pada sifat kimia tanah, yaitu meningkatkan nilai pH tanah, Bahan organik tanah, N-total dan P-tersedia, dengan perlakuan yang terbaik adalah kombinasi antara tanah berpasir baik kedalaman 0-30 ataupun 30-60 dengan penambahan kompos 20 ton  $\text{ha}^{-1}$  dan tanah liat 50%.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Sumber Daya Iptek dan Dikti Kemenristekdikti yang telah membuat program Beasiswa Pendidikan Magister menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU) sehingga program ini dapat digunakan sebagai penyedia dana penelitian berdasarkan Surat Keputusan Nomor 0267/E5/AK.04/2022 dan Perjanjian atau Kontrak Nomor 087/E5/PG/02.00.PT/2022

## DAFTAR PUSTAKA

- Abranches, J. L., Soratto, R. P., Perdoná, M. J., & Parecido, R. J. (2019). Arabica coffee response to rates of coated and conventional urea in sandy soil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 54. 10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.00767.
- Afandi, F., Siswanto, B., & Nuraini, Y. (2015). Pengaruh pemberian berbagai jenis bahan organik terhadap sifat kimia tanah pada pertumbuhan dan produksi tanaman ubi jalar di Entisol Ngrangkah Pawon, Kediri. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 2(2), 237-244.
- Alagöz, Z., & Yilmaz, E. (2009). Effects of different sources of organic matter on soil aggregate formation and stability: A laboratory study on a Lithic Rhodoxeralf from Turkey. *Soil and Tillage Research*, 103(2), 419-424.
- Azeez, J. O., & Van Averbek, W. (2012). Dynamics of soil pH and electrical conductivity with the application of three animal manures. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43(6), 865-874.
- Bakri. (2001). Pengaruh lindi dan kompos sampah kota terhadap beberapa sifat inceptisol dan hasil jagung (*Zea Mays. L.*). *Agrista*, 5(2), 114 -119.
- Berthelsen, S., Noble, A.D., Ruaysoongnern, S., Huan, H., & Yi, J. (2007). Addition of clay based ameliorants to light textured soils to reduce nutrient loss and increase crop productivity. In *Management of Tropical Sandy Soils for Sustainable Development*. In *Proceedings of the International Conference on the Management of Tropical Sandy Soils, Khon Kaen, Thailand, Nov. 2005*. FAO Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok. pp. 373-382.
- Bouray, M., Moir, J. L., Condron, L. M., & Paramashivam, D. (2022). Early effects of surface liming on soil P biochemistry and dynamics in extensive grassland. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 124(2), 173-187.
- Bouray, M., Moir, J. L., Lehto, N. J., Condron, L. M., Touhami, D., & Hummel, C. (2021). Soil pH effects on phosphorus mobilization in the rhizosphere of *Lupinus angustifolius*. *Plant and Soil*, 469(1), 387-407.
- Chagas, W. F. T., Silva, D. R. G., Lacerda, J. R., Pinto, L. C., Andrade, A. B., & Faquin, V. (2019). Nitrogen fertilizers technologies for coffee plants. *Coffee Science*, 14(1), 55-66.
- Cheng, Y., Wang, J., Mary, B., Zhang, J. B., Cai, Z. C., & Chang, S. X. (2013). Soil pH has contrasting effects on gross and net nitrogen mineralizations in adjacent forest and grassland soils in central Alberta, Canada. *Soil Biology and Biochemistry*, 57, 848-857.
- Demir, Y., & Doğan-Demir, A. (2019). The effect of organic matter applications on the saturated hydraulic conductivity and available water-holding capacity of sandy soils. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2), 3137-3146.
- Djajadi, D., Heliyanto, B. & Hidayah, N. (2010). Pengaruh Media Tanam dan Frekuensi Pemberian Air terhadap Sifat Fisik, Kimia dan Biologi Tanah serta Pertumbuhan Jarak Pagar. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, 16(2), 64-69.
- Du, Y., Cui, B., Wang, Z., Sun, J., & Niu, W. (2020). Effects of manure fertilizer on crop yield and soil properties in China: A meta-analysis. *Catena*, 193, 104617.

- Ebrahimi, D., Pellenq, R. J. M., & Whittle, A. J. (2016). Mesoscale simulation of clay aggregate formation and mechanical properties. *Granular Matter*, 18(3), 1-8.
- Glaser, B., & Lehr, V. I. (2019). Biochar effects on phosphorus availability in agricultural soils: A meta-analysis. *Scientific reports*, 9(1), 1-9.
- Halim, M., Conte, P., & Piccolo, A. (2003). Potential availability of heavy metals to phytoextraction from contaminated soils induced by exogenous humic substances. *Chemosphere*, 52(1), 265-275.
- Hees, P., Lundstrom, U., & Giesler, R. (2000). Low Molecular Weight Organic Acids and Their Al-complexes in Soil Solution - Composition, Distribution and Seasonal Variation in Three Podzolized Soils. *Geoderma*, 94 (2-4), 173-200.
- Hendrie, D. L., Moir, J. L., Boitt, G., Simpson, Z. P., & Condon, L. M. (2021). Investigating the relationships between soil acidity and phosphorus fractions in high country farmland of New Zealand's South Island. *Soil Research*, 59(5), 463-471.
- John, B., Yamashita, T., Ludwig, B., & Flessa, H. (2005). Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. *Geoderma*, 128(1-2), 63-79.
- Kasongo, R. K., & Van Ranst, E. (2010). Improving the quality of sandy soils of the Batéké plateau (DR Congo) by using local geological materials and industrial organic waste products. *Afrika Focus*, 23(1), 122-124.
- Katsumi, N., Yonebayashi, K., & Okazaki, M. (2015). Aluminum complexation by soil humic acids, with special reference to chelating ability. *Pedologist*, 59(1), 2-11.
- Kluge, R. (2006). *Key benefits of compost use for the soilplant system. workshop on ecologically sound use of biowaste in The EU Brussels*. Karlsruhe: State Agricultural Analytical and Research Institute.
- Kobayashi, K. (2014). Amphoteric Compounds. Dalam M. Gargaud, W. Irvine, R. Amils, H. CleavesII, D. Pinti, J. Quintanilla, dan M. Viso, *Encyclopedia of Astrobiology*. Berlin: Spinger.
- Koutika, L. S., Epron, D., Bouillet, J. P., & Mareschal, L. (2014). Changes in N and C concentrations, soil acidity and P availability in tropical mixed acacia and eucalypt plantations on a nutrient-poor sandy soil. *Plant and soil*, 379(1), 205-216.
- Kyveryga, P. M., Blackmer, A. M., Ellsworth, J. W., & Isla, R. (2004). Soil pH effects on nitrification of fall-applied anhydrous ammonia. *Soil Science Society of America Journal*, 68(2), 545-551.
- Lin, Y., Ye, G., Kuzyakov, Y., Liu, D., Fan, J., & Ding, W. (2019). Long-term manure application increases soil organic matter and aggregation, and alters microbial community structure and keystone taxa. *Soil Biology and Biochemistry*, 134, 187-196.
- Liu, J., Schulz, H., Brandl, S., Miehtke, H., Huwe, B., & Glaser, B. (2012). Short-term effect of biochar and compost on soil fertility and water status of a Dystric Cambisol in NE Germany under field conditions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175(5), 698-707.
- Lizarralde, C. A., McDowell, R. W., Condon, L. M., Brown, J., & Whelan, M. (2021). Amending soils of different pH to decrease phosphorus losses. *Soil Research*, 60(2), 114-123.
- Lizarralde, C. A., McDowell, R. W., Condon, L. M., Brown, J., & Whelan, M. (2021). Amending soils of different pH to decrease phosphorus losses. *Soil Research*, 60(2), 114-123.
- Mazloomi, F., & Jalali, M. (2017). Adsorption of ammonium from simulated wastewater by montmorillonite nanoclay and natural vermiculite: experimental study and simulation. *Environmental monitoring and assessment*, 189(8), 1-19.
- Mazloomi, F., & Jalali, M. (2019). Effects of vermiculite, nanoclay and zeolite on ammonium transport through saturated sandy loam soil: Column experiments and modeling approaches. *Catena*, 176, 170-180.
- Meena, A. L., Karwal, M., Dutta, D., & Mishra, R. P. (2021). Composting: phases and factors responsible for efficient and improved composting. *Agriculture and Food: e-Newsletter*, 1, 85-90.
- Minasny, B., & McBratney, A. B. (2018). Limited effect of organic matter on soil available water capacity. *European journal of soil science*, 69(1), 39-47.
- Mokolobate, M. S., & Haynes, R. J. (2002). Increases in pH and soluble salts influence the effect that additions of organic residues have on concentrations of exchangeable and soil solution aluminium. *European Journal of Soil Science*, 53(3), 481-489.
- Molin, J. P., Motomiya, A. V. D. A., Frasson, F. R., Faulin, G. D. C., & Tosta, W. (2010). Test procedure for variable rate fertilizer on coffee. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 32, 569-575.
- Moradzadeh, M., Moazed, H., Sayyad, G., & Khaledian, M. (2014). Transport of nitrate and ammonium ions in a sandy loam soil treated with potassium zeolite—Evaluating equilibrium and non-equilibrium equations. *Acta Ecologica Sinica*, 34(6), 342-350.
- Naramabuye, F. X., & Haynes, R. J. (2006). Effect of organic amendments on soil pH and Al solubility and use of laboratory indices to predict their liming effect. *Soil science*, 171(10), 754-763.
- Naramabuye, F. X., & Haynes, R. J. (2006). Short-term effects of three animal manures on soil pH and Al solubility. *Soil Research*, 44(5), 515-521.
- Naramabuye, F. X., & Haynes, R. J. (2007). The liming effect of five organic manures when incubated with an acid soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170(5), 615-622.

- Olness, A., & Archer, D. (2005). Effect of organic carbon on available water in soil. *Soil Science*, 170(2), 90-101.
- Panagea, I. S., Berti, A., Čermak, P., Diels, J., Elsen, A., Kusá, H., Piccoli, I., Poesen, J., Stoate, C., Tits, M., Toth, Z. & Wyseure, G. (2021). Soil water retention as affected by management induced changes of soil organic carbon: analysis of long-term experiments in Europe. *Land*, 10(12), 1362.
- Pasti, I., Pasti, T., & Mentus, S. (2012). Switching between voltammetry and potentiometry in order to determine  $h^+$  or  $oh^-$  ion concentration over the entire pH scale by means of tungsten disk electrode. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 665, 83-89.
- Patti P. S., E. Kaya & Ch. Silahooy. (2013). Analisis status nitrogen tanah dalam kaitannya dengan serapan n oleh tanaman padi sawah di Desa Waimital, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram Bagian Barat. *Agrologia*, 2(1), 51-58
- Pelster, D. E., Watt, D., Strachan, I. B., Rochette, P., Bertrand, N., & Chantigny, M. H. (2019). Effects of initial soil moisture, cold size, and clay content on ammonia volatilization after subsurface band application of urea. *Journal of environmental quality*, 48(3), 549-558.
- Penn, C. J., & Camberato, J. J. (2019). A critical review on soil chemical processes that control how soil pH affects phosphorus availability to plants. *Agriculture*, 9(6), 120-129.
- Purwantono, A.S.D., Indradewa, D., Sudira, P. & Kertonegoro, B.D. (2013). Effect of poultry manure and vertisols matter on availability and leaching of macronutrients in coastal sandy soil. *Journal Of Tropical Soils*, 16(1), 17-24
- Putra, M. J. N. F. I. A., Soemarno, S., &Suntari, R. (2016). Humification degree and its relationship with some soil physical characteristics on robusta coffee (*Coffea Canephora*) plantation. *Journal Of Degraded And Mining Lands Management*, 3(4), 649-658.
- Rawls, W. J., Nemes, A. T. T. I. L. A., & Pachepsky, Y. A. (2004). Effect of soil organic carbon on soil hydraulic properties. *Developments in soil science*, 30, 95-114.
- Rawls, W. J., Nemes, A. T. T. I. L. A., & Pachepsky, Y. A. (2004). Effect of soil organic carbon on soil hydraulic properties. *Developments in soil science*, 30, 95-114.
- Rawls, W. J., Pachepsky, Y. A., Ritchie, J. C., Sobecki, T. M., & Bloodworth, H. (2003). Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma*, 116(1-2), 61-76.
- Risdawati, N., & Soemarno, S. (2021). Pengaruh aplikasi kompos kulit buah kopi terhadap kandungan bahan organik dan fosfor pada inceptisol kebun kopi Desa Bangelan, Malang. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 8(2), 461-469.
- Roychand, P. & Marschner, P. (2014). Respiration and Sorption of water-extractable organic carbon as affected by addition of  $Ca^{2+}$ , isolated clay or clay-rich subsoil to sand. *Pedosphere*, 24(1), 98-106.
- Rukshana, F., Butterly, C. R., Baldock, J. A., & Tang, C. (2011). Model organic compounds differ in their effects on pH changes of two soils differing in initial pH. *Biology and Fertility of Soils*, 47(1), 51-62.
- Saidy, A.R. (2018). *Bahan organik tanah: klasifikasi, fungsi dan metode studi*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press. 128 Hlm.
- Sekretariat Jenderal – Kementerian Pertanian. (2017). Outlook 2017 komoditas pertanian sub sektor perkebunan kopi. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.
- Shi, A. & Marschner, P. (2013). Addition of a clay subsoil to a sandy topsoil alters  $CO_2$  release and the interactions in residue mixtures. *Science of the Total Environment*, 465, 248-254.
- Siregar, P., Fauzi, dan 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.
- Sitthaphanit, S., Bell, R. W., & Limpinuntana, V. (2010). Effect of clay amendments on nitrogen leaching and forms in a sandy soil. In *Gilkes RJ, Prakongkep N, editors. Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science; Soil Solutions for a Changing World; Published on DVD; http://www.iuss.org*.
- Sitthaphanit, S., Limpinuntana, V., Toomsan, B., Panchaban, S., & Bell R.W. (2009). Fertilizer strategies for improved nutrient use efficiency on sandy soils in high rainfall regimes. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*, 85, 123-139.
- Soheil, R., Hossien, M., Gholamreza, S., Leila, H., Mozhdah, J., & Hassan, F. (2012). Effects of composted municipal waste and its leachate on some soil chemical properties and corn plant responses. *Int. Journal of Agriculture: Research and Review*, 2(6), 801-814.
- Tan, K.H. (2010). *Principles of soil chemistry fourth edition*. CRC Press Taylor and Francis Group. Boca Raton. London. New York. 362 p.
- Tang, Y., Zhang, H., Schroder, J. L., Payton, M. E., & Zhou, D. (2007). Animal manure reduces aluminum toxicity in acid soil. *Soil Science Society of America Journal*, 71(6), 1699-1707.
- Waggoner, A. L., Bottomley, P. J., Taylor, A. E., & Myrold, D. D. (2021). Soil nitrification response to dairy digestate and inorganic ammonium sources depends on soil pH and nitrifier abundances. *Soil Science Society of America Journal*, 85(6), 1990-2006.
- Wagner, S., Cattle, S. R., & Scholten, T. (2007). Soil-aggregate formation as influenced by clay content and organic-matter amendment. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170(1), 173-180.
- Whalen, J. K., Chang, C., Clayton, G. W., & Carefoot, J. P. (2000). Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. *Soil Science Society of America Journal*, 64(3), 962-966.

- Wu, D., Xia, T., Zhang, Y., Wei, Z., Qu, F., Zheng, G., Song, C., Zhao, Y., Kang, K., & Yang, H. (2021). Identifying driving factors of humic acid formation during rice straw composting based on Fenton pretreatment with bacterial inoculation. *Bioresource Technology*, *337*, 125403.
- Ye, R., Parajuli, B., & Sigua, G. (2019). Subsurface clay soil application improved aggregate stability, nitrogen availability, and organic carbon preservation in degraded ultisols with cover crop mixtures. *Soil Science Society of America Journal*, *83*(3), 597-604.