

Kualitas Kimia Tanah pada Lahan Kopi Arabika Organik dan Anorganik di Kecamatan Bebesen Kabupaten Aceh Tengah

(Soil Chemical Quality on Organic and Inorganic Arabica Coffee Land in Bebesen Subdistrict, Central Aceh)

Yamsil Muhammad¹, Ilyas Ilyas¹, Sufardi Sufardi^{1*}

¹Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

*Corresponding author: sufardi_usk@unsyiah.ac.id

Abstrak. Pertanian organik merupakan salah satu pendekatan baru dalam sistem pertanian berkelanjutan. Meningkatnya permintaan produk pertanian organik telah mendorong petani dan pelaku usaha untuk beralih ke sistem pertanian organik sebagaimana yang saat ini dikembangkan pada kopi arabika di Aceh Tengah. Studi ini difokuskan untuk menilai kualitas kimia tanah pada dua areal kebun kopi arabika yang dikelola secara organik dan anorganik. Lokasi studi ini terdapat di di Gampong Blang Gele Kecamatan Bebesen Kabupaten Aceh Tengah pada koordinat 4°37'57.18"LU 96°48'25.16"BT dengan luas areal masing-masing sekitar 5.000 meter persegi. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada titik-titik sampel perwakilan dari masing-masing kebun kopi arabika dengan menggunakan bor tanah. Sampel tanah yang diambil adalah sampel tanah lapisan atas (0–20 cm) dan sampel lapisan tanah bawah (20–40 cm). Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa pengelolaan kopi arabika secara organik memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap kualitas tanah dibandingkan pengelolaan secara anorganik. Beberapa sifat kimia tanah seperti pH (H₂O), K dapat ditukar (K-dd), KTK dan kejenuhan basa (KB) mempunyai kualitas yang lebih tinggi pada lahan kopi arabika organik dibandingkan lahan kopi arabika anorganik. Kendala utama pada lahan kopi arabika organik adalah rendahnya P tersedia, sedangkan pada lahan kopi anorganik ada dua kendala yaitu pH tanah masam dan kejenuhan basa yang rendah. Pemberian bahan amandemen organik seperti kompos, biochar, dan pupuk hayati dapat dianjurkan untuk mengatasi beberapa permasalahan pada lahan kopi arabika tersebut.

Kata kunci: Kopi Arabika, Pertanian Organik, Kualitas Kimia Tanah

Abstract. Organic farming is one of the new approaches in sustainable farming systems. The demand for organic agricultural products has encouraged farmers and business actors to switch to organic farming systems as developed for Arabica coffee in Central Aceh today. This study aims to assess the chemical quality of the soil in Arabica coffee plantations that are managed organically and inorganically. The location of this study is in Gampong Blang Gele, Bebesen District, Central Aceh Regency at coordinates 4°37'57.18"N 96°48'25.16"E with an area of about 5,000 square meters each. Soil sampling was carried out at representative sample points from each Arabica coffee plantation using a soil auger. Soil samples were taken from topsoil samples (0–20 cm) and subsoil samples (20–40 cm). The results of soil analysis showed that organic Arabica coffee management had a better effect on soil quality than inorganic management. Some soil chemical properties such as pH, exchangeable K, CEC, and base saturation (KB) have higher quality in organic Arabica coffee fields compared to inorganic Arabica coffee fields. The main obstacle in organic Arabica coffee fields is the low available P, while in inorganic coffee fields there are two constraints, namely acid soil pH and low base saturation. The provision of organic amendments such as compost, biochar, and biofertilizers can be recommended to overcome some of the problems in the Arabica coffee field.

Keywords: Arabica Coffee, Organic Farming, Soil Chemistry Quality

PENDAHULUAN

Kopi adalah komoditi perkebunan yang mempunyai nilai ekonomis dan termasuk tinggi jika dibandingkan dengan tanaman perkebunan lainnya serta juga sangat berperan terhadap penghasilan Negara. Tidak hanya berperan untuk sumber devisa, kopi juga digunakan sebagai sumber pendapatan untuk kurang dari satu setengah juta jiwa petani kopi di Indonesia (Rahardjo, 2012). Ada dua jenis kopi yang umum dibudidayakan di Indonesia yaitu Kopi Robusta dan Kopi Arabika.

Kopi arabika (*Coffea arabica* L.) adalah salah satu unggulan ekspor Indonesia dan sudah dikenal di pasar domestik dan internasional. Kopi arabika sangat cocok dibudidayakan di Dataran Tinggi Gayo seperti di Kabupaten Aceh Tengah, Kabupaten Bener Meriah dan Kabupaten Gayo Lues. Total luas tanam hingga sekitar 95.500 ha pada tahun 2011, dimana 48.500 ha di Aceh Tengah, 39.000 ha di Bener Meriah dan 7.000 ha di Gayo Lues dan produktivitas masing 0,68, 0,78 dan 0,5 ton/tahun. ha/tahun (BPS, 2012). Di Aceh Tengah, jumlah petani kopi sampai 34.476 KK serta rata penguasaan lahan 1,4 ha (Dishutbun, 2012). Dengan asumsi keluarga yang terdiri dari 4 orang, 137.904 orang di kabupaten ini bergantung dengan perkebunan kopi untuk mata pencaharian mereka. Jumlah ini mewakili hampir 90% dari total penduduk Aceh Tengah yang mencapai 149.145 jiwa (BPS, 2012). Pengelolaan Kopi Arabika di Aceh saat ini menggunakan sistem budidaya organik dan anorganik.

Kopi organik ialah kopi yang diproduksi secara ekologis, ekonomis, berkelanjutan, sangat berkualitas dan aman dari bahaya bahan kimia sintetis. Sedangkan, kopi anorganik merupakan kopi yang diproduksi dari penggunaan bahan yang jika digunakan berlebihan dalam jangka panjang dapat merusak lingkungan dan kurang berkualitas. Karena dalam budidayanya memakai bahan kimia, sehingga membuat konsumen merasa kurang yakin untuk mengkonsumsinya. Di budidaya pertanian, kopi organik hanya menggunakan bahan organik seperti sisa tanaman, pupuk kandang, tanaman penutup tanah, dan pupuk hijau dan tidak ada penggunaan bahan kimia dalam pembudidayaannya. Sedangkan kopi anorganik sistem pembudidayaannya memakai bahan sintetis, tidak hanya dapat mengendalikan hama penyakit tetapi juga dapat memupuk (Karim et al., 1997). Dari berbedanya teknik dalam pembudidayaan Kopi Arabika maka akan berbeda pula dampaknya terhadap produksi, keamanan pangan, serta berpengaruh terhadap kualitas tanah dan lingkungan. Oleh sebab itu, untuk menguji sifat dan karakteristik tanah khususnya sifat kimia tanah pada suatu lahan, dilakukan pengujian atau survei pada lahan tersebut. Menurut Rosster (2000), survei tanah adalah proses penentuan pola tutupan tanah, penentuan karakteristik tanah, dan penyajiannya dalam bentuk yang bisa dimengerti dan diinterpretasi oleh setiap pengguna. Sifat kimia tanah sangat berpengaruh dalam produktivitas kopi. Jika tanaman kopi kekurangan salah satu unsur hara yang dibutuhkannya, maka dapat mengakibatkan kekurangan unsur hara serta terhambatnya pertumbuhan serta produksi kopi, sehingga produktivitas tanaman kopi menjadi kurang optimal.

Evaluasi sifat kimia tanah pada lahan kopi arabika organik dan anorganik di Kecamatan Bebesen Kabupaten Aceh Tengah bertujuan untuk membandingkan kualitas kimia tanah pada lahan kopi arabika yang dikelola secara organik dan anorganik di Kecamatan Bebesen Kabupaten Aceh Tengah.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di perkebunan kopi arabika organik dan anorganik di Kecamatan Bebesen Kabupaten Aceh Tengah Provinsi Aceh. Areal penanaman kopi yang dikelola secara organik dan anorganik yang menjadi lokasi studi ini terdapat di di Gampong Blang Gele Kecamatan Bebesen Kabupaten Aceh Tengah pada koordinat 4⁰37'57.18" N 96⁰48'25.16" E dengan luas areal masing-masing sekitar 5.000 meter persegi. Areal kedua model kebun kopi tersebut adalah milik petani setempat. Analisis sifat-sifat kimia tanah dilakukan di Laboratorium Penelitian Tanah dan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala. Penelitian ini dimulai pada Maret 2021 sampai dengan Oktober 2021.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang dipakai pada penelitian ini adalah perlengkapan survei tanah di lapangan yaitu Global Positioning System (GPS), bor tanah, meteran, plastik, kertas lebel, karet, kamera, dan beberapa alat yang digunakan di laboratorium seperti pH meter, *shaker*, spektrofotometer (SFP), *burette*, *hot plate*, dan *stirrer magnetic*, *oven*, *homogenizer*, dan *atomic absorption spectrophotometer* (AAS). Bahan yang dipakai pada penelitian ini yaitu sampel tanah dari kebun kopi arabika organik dan anorganik serta sejumlah bahan kimia lainnya sebagai keperluan analisis di laboratorium seperti aquades, Asam Sulfat (H_2SO_4), kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$), Amonium Asetat (NH_4OAc), Alkohol, Natrium Clorida ($NaCl$), dan larutan bray I, Asam Clorida (HCl), Asam Nitrat (HNO_3), Asam Perklorik ($HClO_4$)

Metode Penelitian

Penelitian ini memakai metode deskriptif yang dilakukan dengan pengambilan sampel tanah yang diambil di lahan perkebunan kopi arabika organik dan anorganik. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan menggunakan bor tanah pada kedalaman 0 – 20 cm dan 20 – 40 cm.

Pengamatan dan Pengambilan Sampel Tanah

Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan yaitu pengamatan langsung di lapangan dan pengambilan sampel tanah pada kedalaman efektif 0 – 20 cm dan 20 – 40 cm di atas permukaan tanah. Sampel tanah diambil menggunakan bor tanah di 2 lokasi, dimana tiap lokasi diambil 8 titik. Pengambilan sampel tanah diambil di bawah tanaman kopi sebanyak 2 tanaman, 4 titik dan 2 kedalaman. Jarak antar pohon yaitu 20 m. Maka dari pengambilan sampel tanah didapatkan 32 sampel tanah. Setiap ulangan tersebut dikomposit pada setiap tanaman dan setiap kedalaman menjadi 1 sehingga terdapat 8 sampel untuk 2 lokasi. Sampel tanah yang diperoleh dimasukkan ke dalam plastik yang diberi nama atau kode menggunakan kertas label. Setiap lokasi dicatat titik koordinatnya menggunakan alat GPS (*Global Positioning System*). Sampel tanah yang sudah dikumpulkan dibawa ke laboratorium dan dilakukan analisis sifat kimia tanah.

Analisis Laboratorium

Sampel tanah yang belum dianalisis yang dikumpulkan di lokasi penelitian harus dikeringkan terlebih dahulu. Setelah itu, tanah dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 0,5 mm. Karakteristik tanah yang dikaji pada penelitian ini yaitu: pH tanah (pH H_2O , pH NaF), C organik, N total, P total, P tersedia, K dapat ditukar (K-dd), Al bisa ditukar (Al-dd), Kapasitas tukar kation (KTK), dan kejenuhan basa (KB), dan tekstur tanah. Adapun metode dan kegunaan setiap sifat tanah bisa dilihat pada Tabel 1.

Data hasil analisis laboratorium diolah secara statistik menggunakan statistika deskriptif untuk mendapatkan nilai rata-rata hitung dan standar deviasi dari data sampel. Perbandingan parameter kimia tanah antara lahan kopi organik dan lahan kopi anorganik disajikan dalam bentuk grafik dan dibedakan berdasarkan perbedaan kelas dalam kriteria evaluasi sifat kimia tanah (Lembaga Penelitian Tanah, 2013).

Tabel 1. Aspek-aspek kimia dan fisika tanah yang analisis, metode serta kegunaannya

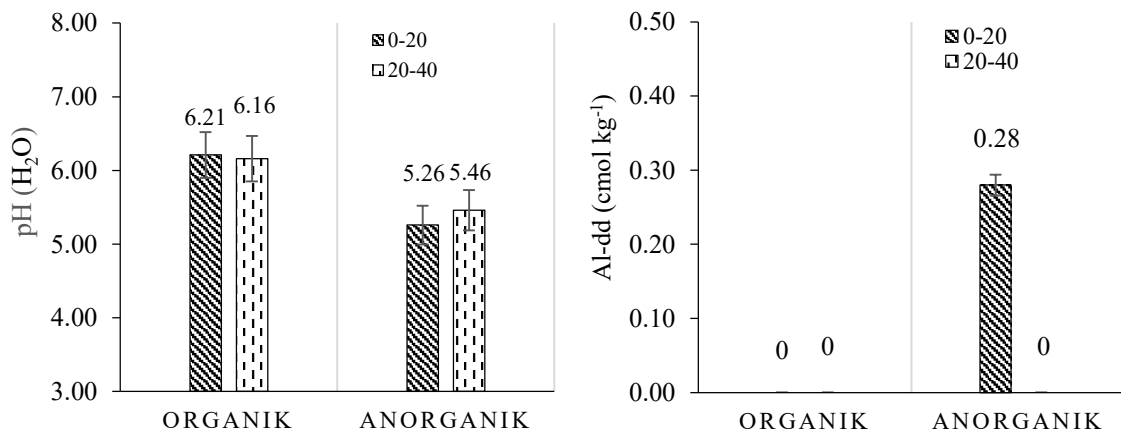
No	Aspek Analisis	Metode Analisis	Kegunaannya
1.	pH (H ₂ O)	Elektrometrik	Untuk mengetahui kadar keasaman tanah
2.	pH (Naf)	Elektrometrik	Menguji indikasi mineral yang amorf
3.	C organik	Walkey dan Black	Untuk mengetahui kadar karbon
4.	N total	Kjeldahl	Untuk mengetahui kadar nitrogen total
5.	P tersedia	Bray I	Mengetahui fosfor yang dapat diserap tanaman
6.	P total	Ekstraksi HNO ₃ dan HClO ₄	Mengetahui fosfor cadangan tanah
7.	K-dd	Ekstraksi 1N NH ₄ OAc pH7	Mengetahui kalium tersedia yang dapat diserap tanaman
8.	Al-dd	Ekstraksi 1N KCl	Mengetahui potensi kemasaman terekstrak
9.	KTK	Ekstraksi 1N NH ₄ OAc pH7	Mengetahui daya jerap kation basa
10.	KB	Ekstraksi 1N NH ₄ OAc pH7	Mengetahui persentase kation basa tanah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Kimia Tanah

(a) Kemasaman Tanah (pH H₂O dan Al-dd)

Reaksi tanah (pH) merupakan salah satu sifat kimia tanah yang sangat berperan bagi pertumbuhan tanaman termasuk kopi arabika. Tanaman kopi arabika membutuhkan pH tanah agak masam hingga netral untuk berkembang dengan baik. Hasil analisis tanah membuktikan bahwa rata nilai pH (H₂O) tanah pada lahan kopi arabika organik adalah 6.21 pada lapisan atas (0 – 20 cm), sedangkan pada lapisan bawah permukaan (20 – 40 cm) adalah 6.16 (Gambar 1). Berdasarkan informasi ini maka kedua nilai pH tanah pada lahan kopi organik tergolong ke dalam kriteria agak masam (LPT, 2013). Namun nilai pH (H₂O) tanah pada lahan yang dikelola secara anorganik ternyata nilai pH-nya lebih rendah dan tergolong masam yaitu 5.26 - 5.46.



Gambar 1. Rata-rata nilai pH (H₂O) tanah dan kandungan Al dapat ditukar (A-dd) pada lahan kopi arabika organik dan anorganik di Kecamatan Bebesen Kabupaten Aceh Tengah

Dari nilai pH yang diperoleh pada kedua kebun di atas, maka dapat dilihat bahwa pada lahan kopi arabika organik memiliki pH tanah yang lebih baik dibandingkan pada lahan kopi arabika anorganik. Lebih rendahnya nilai pH pada lahan kopi arabika anorganik diduga berkaitan dengan adanya aplikasi pupuk anorganik seperti Urea, AS, dan pupuk fosfat SP-36. Penggunaan pupuk kimia seperti pupuk ini cenderung menurunkan pH tanah karena pupuk-

pupuk buatan tersebut akan larut menjadi penyumbang keasaman tanah. Urea yang terlarut di dalam tanah dapat bereaksi dengan air menghasilkan asam-asam karbonat (H_2CO_3) sehingga lama-kelamaan dapat menurunkan pH tanah. Pupuk Urea juga dapat meningkatkan jumlah ammonium ke dalam tanah sehingga ammonium tersebut dapat mengalami proses nitrifikasi menghasilkan nitrit dan nitrat. Hal ini sesuai dengan pendapat Winarso (2005) bahwa pemberian pupuk urea sebagai sumber hara N dapat menurunkan pH tanah yang mengakibatkan terjadinya pelepasan H^+ dari reaksi nitrifikasi berupa perubahan NH_4^+ menjadi NO_3^- . Kemudian pemberian pupuk nitrogen secara berkepanjangan ke dalam tanah mengakibatkan meningkatnya reaksi nitrifikasi pada tanah dengan membebaskan ion hidrogen sehingga pH tanah menjadi menurun (Ouyang et al. 2018; Nainggolan et al. 2009; Yuniarti et al., 2020), Demikian juga dengan pupuk fosfat yang larut di dalam tanah dapat membentuk asam-asam fosfat yang memberikan pengaruh terhadap penurunan pH Tanah.

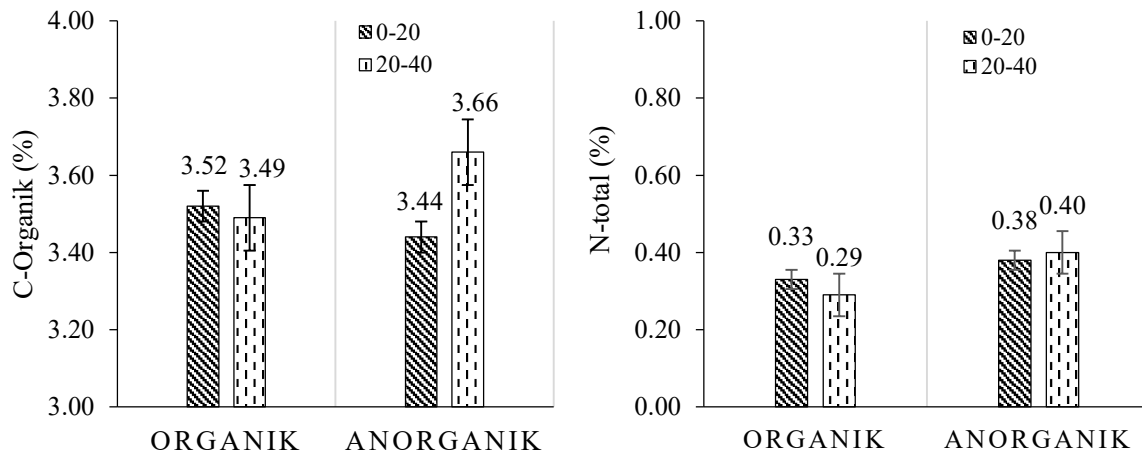
Gambar 1 juga memperlihatkan bahwa kandungan Al dapat ditukar (Al-dd) tanah pada lahan kopi arabika organik dan anorganik sebagian besar memiliki nilai yang tidak terukur. Hanya pada sampel tanah pada lahan kopi arabika anorganik kedalaman 0 – 20 cm saja yang mempunyai nilai Al-dd sebesar $0.56 \text{ cmol kg}^{-1}$ dan nilai ini juga tergolong dalam kriteria sangat rendah. Rendahnya kadar Al-dd sangat berhubungan dengan pH tanah. Al-dd merupakan bentuk Al larut yang selain dapat meracuni tanaman juga dapat memfiksasi anion fosfat di dalam tanah (Fageria et al., 2008). Kandungan Al-dd tanah biasanya akan terbentuk jika pH tanah < 5.50 dan semakin tinggi pH tanah maka semakin rendah kadar Al-dd di dalam tanah karena Al-dd tersebut membentuk senyawa $Al(OH)_3^0$ yang tidak larut atau mengendap (Norman, 1978, Bohn et al., 2013). Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa pada lahan kopi arabika organik Al-dd yang ada di tanah akan terikat dengan senyawa organik sehingga menjadi tidak larut. Hal yang sama disampaikan oleh Hasanuddin et al. (2007), yang menyatakan bahwa pemberian pupuk organik dapat menurunkan Al-dd sekaligus meningkatkan pH tanah meskipun peningkatan pH tanah tidak sedrastis penurunan Al-dd. Kemudian rendahnya Al diduga karena pelapukan dari bahan organik, sejalan dengan pernyataan Soepardi (1983) bahwa bahan organik yang mudah lapuk sangat efektif menurunkan reaktifitas Al. Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat dikatakan bahwa dari aspek kemasaman tanah, pengelolaan kebun kopi secara organik memberikan dampak yang lebih baik terhadap keasaman tanah jika dibandingkan dengan pengelolaan secara anorganik.

(b) C organik dan N total

Hasil analisis laboratorium yang disajikan pada Gambar 2 bisa dilihat bahwa rata-rata kandungan C organik di lahan kopi arabika organik pada kedalaman 0 – 20 cm sebesar 3.52% yang termasuk dalam kriteria tinggi dan pada kedalaman 20-40 cm memiliki nilai rata-ratanya adalah 3.49% dan juga termasuk dalam kriteria tinggi (LPT 2013).

Pada lahan kopi arabika anorganik pada kedalaman 0 – 20 cm mempunyai nilai rata-rata 3,44% yang termasuk dalam kriteria tinggi, kemudian pada kedalaman 20 – 40 cm rata-rata nilai kandungan C-organik yaitu 3.66% dan termasuk dalam kriteria tinggi. Pada kedua kebun Kopi Arabika memiliki nilai rata-rata C-organik yang sama-sama termasuk dalam kriteria tinggi. Kandungan C-organik yang tinggi pada sampel tanah kopi arabika organik dan anorganik berkaitan dengan jenis tanah. Hasil identifikasi jenis tanah di lokasi studi termasuk ke dalam tanah ordo Andisols. Tanah ini dicirikan oleh warna tanah lapisan atas yang hitam karena mengandung bahan organik tinggi sebagai akibat adanya mineral alofan yang mampu mengikat senyawa organik dan senyawa fosfat. Hal ini juga dibuktikan dari hasil analisis laboratorium yang ternyata pH NaF tanah $>9,4$ berarti tanah tersebut mengandung mineral alofan, sehingga humus sangat tahan terhadap dekomposisi, menjadikan waktu tinggal rata-rata C-organik menjadi jauh lebih lama (Soil Survey Staff, 2014). Hal ini sesuai dengan

pernyataan dari Sukarman dan Dariah (2014) bahwa humus akan terus terkumpul sebagai hasil pelapukan yang terikat oleh alofan yang mengandung Al untuk dalam membuat kompleks Al-humus yang tahan terhadap dekomposisi. Hubungan antara kandungan C organik tanah dan A-humus tanah juga telah diteliti oleh Fajrina et al. (2019). C-organik yang tinggi terjadi akibat adanya penimbunan serasah-serasah yang berasal dari tanaman kopi arabika dan tanaman naungan yang terdekomposisi yang menjadikannya sebagai penyedia pupuk organik serta banyaknya daun kopi maupun daun tanaman yang sudah lama gugur dipermukaan tanah mampu memberikan masukan sebagai pupuk organik tanah pada lapisan solum tanah.



Gambar 2. Rata-rata kandungan Corganik dan N total tanah pada lahan kopi arabika organik dan anorganik di Kecamatan Bebesen Kabupaten Aceh Tengah

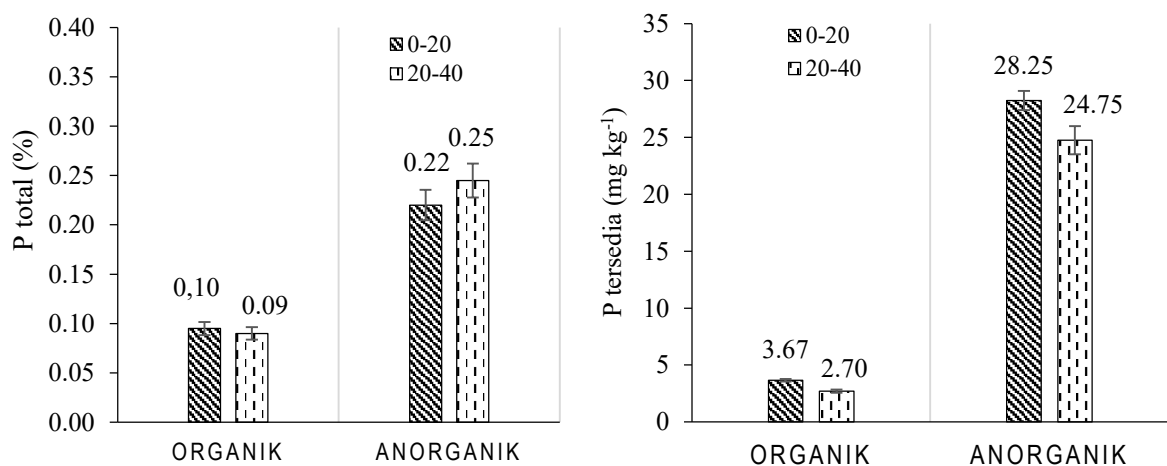
Bahan organik merupakan bagian dari komponen tanah yang mempunyai suatu sistem yang kompleks dan dinamis serta berasal dari sisa-sisa tumbuhan dan/atau hewan di dalam tanah, yang terus menerus berubah bentuknya disebabkan oleh faktor biologi, fisika, dan kimia. Kandungan bahan organik tanah dapat ditentukan dengan melakukan analisis C-organik. Pada tanah, bahan organik menyebar di atas permukaan tanah dan umumnya berkurang seiring dengan semakin dalam tanah (Fajrina et al., 2019, Sufardi et al. 2019). BC organik tanah dapat berasal dari senyawa karbon di alam dan semua jenis senyawa organik yang ada di dalam tanah, termasuk serasah, fraksi bahan organik ringan, biomassa mikroba, bahan organik terlarut di air, dan bahan organik stabil atau humus (Supryono et al., 2009).

Gambar 2 juga bisa dilihat bahwa kandungan N total tanah pada lahan kopi arabika organik pada kedalaman 0 – 20 cm sebesar 0.33% yang termasuk dalam kriteria sedang dan di kedalaman 20 – 40 cm rata-rata N-total adalah 0.29% yang juga termasuk dalam kriteria sedang. Pada lahan kopi arabika anorganik rata-rata N-total pada kedalaman 0 – 20 cm yaitu 0.38% yang termasuk dalam kriteria sedang dan pada kedalaman 20 – 40 cm memiliki rata-rata N total 0.40% dan termasuk dalam kriteria sedang. Dari kedua lahan kopi arabika dapat dilihat bahwa nilai rata-rata kandungan N-total termasuk dalam kriteria sedang dan relatif tidak berbeda antara lapisan tanah. Kandungan N pada kedua lahan tersebut yang memiliki kriteria sedang, diduga karena unsur N merupakan unsur yang mobile pada tanah sehingga mudah hilang melalui pencucian dan penguapan. Menurut Dobermann and Fairhurst (2000) sekitar 60 – 70% penggunaan pupuk N kemungkinan akan hilang dalam bentuk gas N, terutama karena volatilisasi dan denitrifikasi NO_3 . Penelitian Yuniarti et al. (2008) yang memnunjukkan bahwa pemberian bahan organik bias meningkatkan kandungan Nitrogen tanah dari 0.24% sampai 0.25%. Nilai Nitrogen tanah dipengaruhi oleh proses dekomposisi bahan organik, sehingga nilai Nitrogen yang termasuk dalam kriteria sedang diduga tanah Andisol yang didominasi oleh alofan yang bisa melindungi bahan organik sehingga bahan

organik sukar terurai. Unsur N pada tanah berasal dari hasil dekomposisi bahan organik yang berasal dari sisa-sisa tanaman maupun binatang, pemupukan (terutama urea dan ammonium nitrat) dan air hujan. Tanaman menyerap N utamanya melalui akar dan juga melalui stomata daun pada saat hujan atau penyeprotan pupuk daun (Hanafiah, 2005). Berdasarkan kandungan C dan N tanah tersebut maka dapat dikatakan bahwa pengelolaan lahan kopi secara organik dan anorganik relatif tidak terjadi perbedaan karena kandungan bahan organik dan N total tanah pada Andisols relatif secara umum mencukupi.

(c) *P total dan P-tersedia*

Unsur hara P adalah unsur esensial kedua setelah N yang sangat berperan sebagai penyusun senyawa berenergi tinggi dan terlibat dalam fotosintesis, penyerapan hara, dan perkembangan akar (Sufardi 2012, Marchner 2008, Mengel dan Kikrby 2013). Ketersediaan P pada tanah jarang yang melebihi 0,01 % dari all out P dan sebagian besar P terikat oleh koloid tanah sehingga tidak tersedia bagi tanaman (Bohn et al., 2013). Oleh sebab itu, bentuk P-total dan P-tersedia sangat penting sebagai marker ketersediaan hara tersebut pada tanaman. Hasil analisis tanah terhadap kandungan P-total dan P-tersedia pada lahan kopi arabika organik dan kopi arabika anorganik dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rata-rata kandungan P total dan P tersedia tanah pada lahan kopi arabika organik dan anorganik di Kecamatan Bebesen Kabupaten Aceh Tengah

Gambar 3 bisa dilihat bahwa kandungan P total berkisar antara 0.09 - 0.10% pada lahan kopi arabika organik dan ini tergolong rendah dan relatif tidak berbeda antara tanah lapisan atas (0 – 20 cm) dengan tanah lapisan bawah (20 – 40 cm). Pada lahan kopi arabika anorganik nilai rata-rata P-total di kedalaman 0 – 20 cm yaitu 0.22% dan pada kedalaman 20 – 40 cm 0.25. Kedua nilai ini termasuk kategori rendah. Meskipun secara kriteria tidak berbeda, namun dari nilainya terlihat bahwa P total tanah pada lahan kopi arabika anorganik lebih tinggi hingga dua kali lipat. Hal ini diduga pada lahan kopi arabika anorganik mendapat tambahan P dari pupuk anorganik yang diberikan oleh petani sebagai sumber hara P tanah. Rendahnya kandungan P total di kedua lahan kopi arabika tersebut dikarenakan adanya cadangan P mineral tanah rendah. Hal ini merupakan kondisi yang lazim terjadi pada tanah-tanah di wilayah tropika yang miskin P cadangan karena banyak senyawa P ini mengalami pencucian seiring dengan perkembangan tanah akibat tingginya curah hujan di iklim tropika (Havlin et al., 2014).

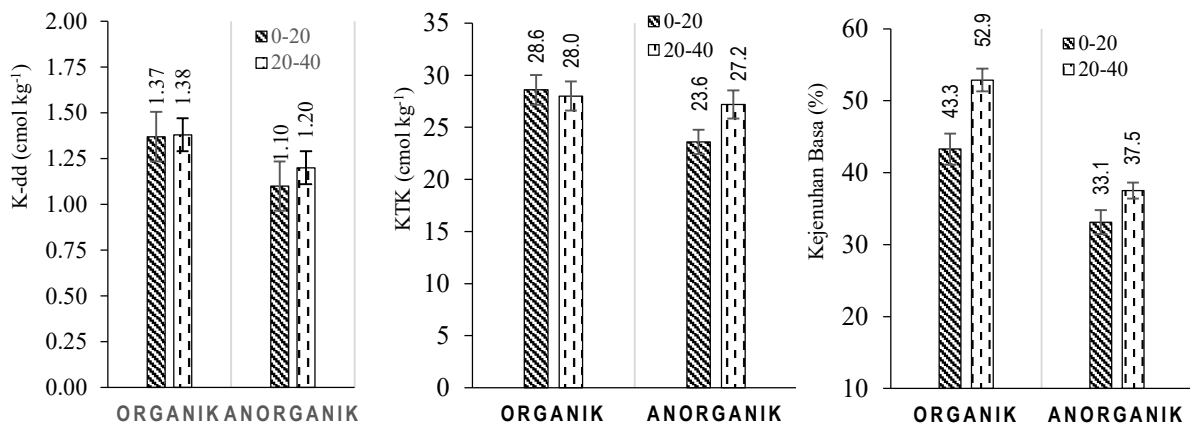
Selanjutnya Gambar 3 juga bisa dilihat bahwa rata-rata P tersedia tanah di lahan kopi arabika organik berkisar antara 2.70 - 3.67 mg kg⁻¹ yang termasuk dalam kriteria sangat

rendah walaupun di lapisan tanah atas (0 – 20 cm) sedikit lebih tinggi dibandingkan pada tanah lapisan bawah (20 – 40 cm). Keadaan ini sangat berbeda jika dibandingkan dengan kandungan P tersedia pada lahan kopi arabika anorganik yang nilainya mencapai 24.75 - 28.25 mg kg⁻¹ (sangat tinggi). Hal ini menunjukkan bahwa tanah yang dikelola secara anorganik memiliki kandungan P total dan P tersedia yang lebih tinggi karena ada kontribusi dari pupuk anorganik yang diberikan oleh petani dalam bentuk SP-36 dan Rock Phosphate. Pada lahan kopi organik yang kebutuhan P hanya diharapkan dari bahan organik, ternyata kandungan P tanahnya sangat rendah dan tidak mencukupi kebutuhan hara P tanaman kopi. Tanpa penambahan pupuk fosfat, ketersediaan hara P pada tanah tidak terpenuhi karena tanah ordo Andisols yang dikembangkan tanaman kopi arabika ini memiliki masalah dalam penyediaan P. Pada Andisols, P terjerap oleh mineral alofan hingga melebihi 92% (Mizota dan van Reeuwijk 1989), sehingga indikasi ini telah menjadi kriteria dalam klasifikasi tanah ordo Andisol (Soil Survey Staff, 2014). Andisol mengandung > 50% alofan. Alofan dengan nisbah Si/Al sekitar 0,5 sangat reaktif terhadap fosfat (Fiantis et al., 2005; Pizarro et al., 2008; Elsheikh et al., 2009). Pada permukaan alofan terdapat gugus Al-OH bebas (Al-aktif) dalam jumlah yang besar (Eswaran, 1985). Gugus Al-OH bebas dapat berdisosiasi atau mengalami protonasi sehingga bisa bersifat sebagai asam ataupun basa. Andisol adalah tanah yang terbentuk dari bahan vulkanik yang mengandung beberapa mineral, seperti mineral yang dominan pada Andisol adalah alofan yang mana mineral ini dapat mengikat P menyebabkan P tidak tersedia bagi tanaman (Sufardi et al. 2013, Karnilawati et al. 2014, Kautsar et al. 2016). Tingginya pengikatan P pada Andisol juga telah dilaporkan oleh beberapa peneliti yang mengkaji kualitas tanah di bawah perkebunan kopi arabika (Hifnalisa et al. 2017, Fakhruddin et al., 2021). Nursyamsi et al. (2015) menyatakan tanah yang kaya akan amorf seperti alofan dapat mempengaruhi ketersediaan P dalam tanah.

(d) Ketersediaan Kalium, KTK, dan Kejenuhan Basa

Hasil analisis tanah memperlihatkan bahwa kandungan kalium tersedia atau K dapat ditukar (K-dd) pada lahan kopi arabika organik dan anorganik tergolong sangat tinggi. Pada lahan kopi arabika organik berkisar antara 1.37 - 1.38 cmol kg⁻¹ sedangkan pada lahan kopi arabika anorganik sedikit lebih rendah yaitu 1.10 - 1.20 cmol kg⁻¹ dan tidak terjadi perbedaan jauh antara nilai K-dd di lapisan atas (0 – 20 cm) dan lapisan bawah (20 – 40 cm). Berdasarkan data tersebut maka dapat dikatakan bahwa tidak ada masalah dengan ketersediaan hara kalium pada kedua lahan kopi arabika tersebut. Tingginya K-dd pada tanah tersebut karena Andisols termasuk tanah-tanah yang banyak mengandung mineral primer seperti olivin dan feldspar yang berasal dari erupsi gunung berapi atau abu vulkanik (Mizota dan van Reeuwijk 1989).

Tingginya K-dd tanah yang terdapat pada lahan kopi arabika organik adanya pemberian pupuk organik yang berasal dari kotoran hewan bisa mempengaruhi peningkatan kandungan K-dd dalam tanah. Hanafiah (2007), menyatakan bahwa untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara kalium tanah, perlu dilakukan upaya untuk meningkatkannya, salah satunya dengan menambahkan pupuk organik yang berasal dari kotoran hewan. Penambahan kalium melalui pemupukan dapat mencapai keseimbangan kalium dalam tanah karena kejenuhan kompleks kation yang teradsorpsi. Dalam penelitian yang dibuat oleh Sudjatri et al. (2018) menyatakan bahwa penggunaan bahan organik bisa menunjukkan perubahan kadar K-dd tanah dari waktu ke waktu untuk berbagai jenis tanaman. Penggunaan pupuk organik menunjukkan adanya peningkatan sifat kimia tanah salah satunya K-dd (Anggita et al., 2018). Tan (2001) juga memaparkan bahwa total kalium yang bisa diserap oleh tanah sesuai pada tingkat kejenuhannya. Sebagian kalium yang tertahan seimbang dengan kalium di larutan tanah merupakan sumber utama untuk tanaman. Oleh karena itu, pemupukan K dapat menambah kadar K-dd di tanah.



Gambar 5. Rata-rata kandungan K-dapat ditukar, KTK, dan kejenuhan basa tanah pada lahan kopi arabika organik dan Anorganik di Kecamatan Bebesen Kabupaten Aceh Tengah

Gambar 5 juga bisa dilihat bahwa kapasitas tukar kation (KTK) tanah pada lahan kopi arabika organik ternyata termasuk dalam kriteria tinggi baik pada lapisan tanah atas (0 – 20 cm) maupun tanah lapisan bawah (20 – 40 cm) dengan kisaran KTK 28.0 - 28.6 cmol kg⁻¹. Selanjutnya KTK tanah pada lahan kopi arabika anorganik nilainya lebih rendah daripada tanah pada lahan kopi arabika organik yaitu 23.6 cmol kg⁻¹ di lapisan tanah atas (0 – 20 cm) atau tergolong kriteria sedang, namun pada tanah lapisan bawah (20 – 40 cm) nilai KTK tinggi yaitu 27.2 cmol kg⁻¹. Hal ini memperlihatkan bahwa ada perbedaan nilai KTK antara kedua lahan tersebut. Pada lahan kopi arabika organik nilai KTK tanah lebih tinggi dibandingkan kandungan nilai KTK pada kopi arabika anorganik. Kapasitas tukar kation yang tinggi merupakan indikasi tingginya bahwa tanah tersebut memiliki kemampuan menahan kation-kation basa dan kation lainnya pada permukaan koloid, sehingga jika nilai KTK tanah tinggi maka tanah tersebut dianggap lebih baik. Hara kation yang dapat diserap ini akan dilepaskan kembali ke dalam larutan tanah sehingga tersedia bagi tanaman (Mengel and Kirkby, 2013).

Tinggi rendahnya KTK di dalam tanah juga sangat berkaitan dengan tinggi rendahnya bahan organik tanah. Selain itu, nilai KTK tanah yang tinggi pada lahan kopi arabika organik dikarenakan netralnya tingkat kemasaman tanah pada kebun kopi arabika organik (Gambar 1). Menurut McCauley et al. (2017), KTK tanah dipengaruhi oleh pH tanah, muatan partikel tanah dan bahan natural yang terdapat dalam tanah. Nilai pH tanah mempengaruhi ketersediaan hara dan muatan partikel tanah karena particle H⁺ mengambil tempat pada ruang yang bermuatan negatif (Sposito 21008, Bohn et al., 2013). Nilai KTK tanah pada lahan kopi arabika anorganik yang memiliki kriteria sedang sampai tinggi dikarenakan pemakaian pupuk anorganik. Pupuk anorganik yang diberikan dapat menyumbangkan sejumlah partikel hara ke dalam larutan tanah seperti K, NH₄, Ca, Mg, dan Na sehingga meningkatkan jumlah kation pada permukaan koloid, sebagaimana yang dikemukakan oleh Mizar et al. (2012) bahwa untuk meningkatkan nilai KTK dapat dilakukan dengan pemberian pupuk makro berupa N, P, K, Ca, dan Mg. Kapasitas tukar kation (KTK) tanah adalah total jumlah kation yang biasa dipertukarkan dari suatu tanah baik kation pada koloid organik (humus) maupun kation pada permukaan koloid anorganik (Madjid, 2007).

Tinggi rendahnya nilai KTK dalam tanah biasanya juga tercermin dari persentase kejenuhan basa (KB). Gambar 5 bisa dilihat bahwa kejenuhan basa yang terdapat di lahan kopi arabika organik pada tanah lapisan atas (0 – 20 cm) adalah 43.28% yang termasuk dalam kriteria sedang dan di tanah lapisan bawah (20 – 40 cm) kejenuhan basanya adalah 52.88% yang termasuk dalam kriteria tinggi. Selanjutnya di lahan kopi arabika anorganik nilai KB

adalah 33.13% yang termasuk dalam kriteria rendah dan pada kedalaman 20 – 40 cm nilai rata-rata kejenuhan basa yaitu 37.51% yang termasuk kepada kriteria sedang. Hal ini terlihat bahwa persentase kejenuhan basa pada lahan kopi arabika organik lebih tinggi dibandingkan dengan kejenuhan basa pada kebun kopi arabika anorganik.

Tinggi rendahnya tingkat kejenuhan basa terikat erat dengan pH tanah dan biasanya berkorelasi positif dengan nilai KTK tanah. Hal ini sesuai dengan hasil analisis penelitian ini yang memperlihatkan pH tanah yang netral dan KTK tanah yang sedang hingga tinggi pada lahan kopi arabika organik berhubungan dengan tingkat kejenuhan basa. Hardjowigeno (2003) menyatakan kejenuhan basa memiliki keterikatan dengan nilai pH tanah, yaitu tanah yang memiliki pH rendah umumnya memiliki kejenuhan basa yang rendah, sedangkan tanah yang memiliki pH tinggi memiliki kejenuhan basa yang tinggi juga. Pada lahan kopi arabika anorganik memiliki KB berkisar 30.77% - 38.19% yang tergolong dalam kriteria rendah sampai sedang. Nilai KB ini lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai KB pada lahan kopi arabika organik. Hal ini membuktikan bahwa pada sistem pertanian organik cenderung menghasilkan perbaikan tanah yang lebih baik yang ditunjukkan dengan tingginya nilai KTK dan kejenuhan basa serta kandungan bahan organik tanah.

Kejenuhan Basa (KB) tanah adalah persentase dari total jumlah KTK yang ditempati kation basa, yaitu Ca, Mg, Na, dan K. Nilai KB sangat berperan dipenggunaannya dalam mempertimbangkan pemupukan dan memprediksi kemudahan unsur hara tersedia untuk tanaman. Mudah tidaknya kation dalam tanah dipertukarkan oleh partikel H^+ dari akar tanaman tergantung pada kejenuhan kation tersebut pada kompleks jerapan tanah. Jika tanah berada dalam keadaan masam, maka kation H^+ memiliki persentase yang lebih tinggi pada koloid tanah, sehingga kation basa seperti Ca, Mg, K, dan Na sedikit yang diretensi oleh koloid dan nilai KB tanah cenderung rendah, sedangkan jika tanah kejenuhan tinggi maka kation H^+ akan mudah digantikan oleh kation basa (Bohn et al., 2013, Susila, 2013). Sembiring (2015) juga menyatakan bahwa tingkat pencucian yang intensif pada tanah juga dapat menurunkan kejenuhan basa sehingga tanah tersebut akan menjadi tidak subur.

Rekomendasi Pengelolaan Tanah

Berdasarkan hasil analisis data laboratorium dan penilaian indeks kualitas kimia tanah menggunakan kriteria LPT (2005), maka dapat dikemukakan bahwa pada lahan kopi arabika yang dikelola secara organik memberikan pengaruh di tanah yang lebih baik jika dibandingkan dengan pengelolaan secara anorganik. Tabel 2 dapat dilihat bahwa pada kopi yang dikelola secara organik hanya ditemukan satu kendala kimia tanah yaitu kandungan P tersedia yang sangat rendah. Ini terjadi dikarenakan tanah yang dibudidayakan kopi arabika di Kecamatan Bebesan merupakan tanah ordo Andisols yang memiliki ciri retensi P tinggi (Soil Survey Staff, 2014). Rendahnya P tersedia karena P tanah diikat sangat kuat oleh mineral alofan sehingga tidak tersedia bagi tanaman (Sufardi et al., 2014, Karnilawati et al., 2016, Hifnalisa et al. 2021) dan tidak ada penambahan P melalui pupuk anorganik. P diharapkan hanya dari bahan organik yang diberikan yang kandungan hara P umumnya sangat kecil.

Selanjutnya jika dilihat pada lahan kopi arabika yang dikelola secara anorganik ternyata ada dua kendala kimia yang ada pada tanah ini yaitu kondisi tanah yang masam (pH H_2O), dan kejenuhan basa yang rendah. Dua kendala ini jika tidak hati-hati lama-kelamaan akan menurunkan produktivitas tanah. Pada sistem pengelolaan lahan kopi secara anorganik, pemberian pupuk-pupuk buatan di satu sisi mampu mengatasi masalah defisiensi P tanah, tetapi di sisi lain memunculkan pengaruh negatif pula pada tanah karena menurunkan pH tanah.

Dari kedua permasalahan di atas, maka rekomendasi untuk pengelolaan tanah pada sistem kopi organik dapat dipertahankan dan terus ditingkatkan dengan memberikan

ameliorant atau pupuk organik yang lebih tinggi tarakarannya misalnya dengan pemberian kompos, biochar, atau pupuk hayati. Pupuk hayati yang diperkaya dengan mikroba tertentu dapat meningkatkan ketersediaan P dari mineral. Pada sistem anorganik, untuk mempertahankan agar tidak terjadi penurunan kualitas tanah, maka tanah tetapi diperlukan bahan organik dan bahan amelioran lainnya agar pH tanah dapat dinaikkan mendekati netral misalnya dengan pemberian kapur, biochar, dan kompos.

KESIMPULAN DAN SARAN

- (1) Pengelolaan kopi arabika secara organik di Kecamatan Bebesan Kabupaten Aceh Tengah, memberikan pengaruh yang lebih baik terhadap kualitas tanah dibandingkan pengelolaan secara anorganik.
- (2) Beberapa sifat kimia tanah seperti pH, K-dd, KTK dan KB mempunyai kualitas yang lebih tinggi pada lahan kopi arabika organik dibandingkan lahan kopi arabika anorganik.
- (3) Kendala utama pada lahan kopi arabika organik adalah rendahnya P tersedia, sedangkan pada lahan kopi anorganik ada dua kendala yaitu pH tanah dan kejenuhan basa yang rendah.
- (4) Pemberian bahan amandemen organik seperti kompos, biochar, dan pupuk hayati dapat dianjurkan untuk mengatasi beberapa permasalahan pada lahan kopi arabika di Kecamatan Bebesan Kabupaten Aceh Tengah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggita, T., Mukhtar, Z dan Fahrurrozi. (2018). Improvement of selected soil chemical properties and potassium uptake by mung bean after application of liquid organic fertilizer in ultisol. *Terra*. 1(1): 1-7.
- Arif, M. C. W., Tarigan, M, Saragih, R. dan Rahmadani. 2011. Panduan sekolah lapangan budidaya kopi konservasi: berbagi pengalaman dari Kabupaten Dairi Provinsi Sumatera Utara. Jakarta: Conservation International Indonesia.
- Barker, A. V. dan D. J. Pilbeam. 2007. *Hand Book of Plant Nutrition*. CRC Press. New York.
- Beaufils, E. R. 1973. *Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)*. Soil Science Bulletin No. 1. Natal, South Africa. University of Natal.
- Brady, N. C. and R. R. Weil. 2002, *The Nature and Properties of Soils*. 13th Edition. Upper Saddle River, New Jersey. USA.
- Deby, M. 2011. Pemberian Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan Bibit Kopi (*Coffea* sp.). Karya Ilmiah Program Diploma III. Politeknik Pertanian Negeri Samarinda. Samarinda.
- Departemen Kehutanan, 2009. Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.60/Menhut-II/2009 tentang Pedoman Penilaian Keberhasilan Reklamasi Hutan. Jakarta: Kemenhut.
- Dewantara, F. Rian., J. Ginting dan Irsal. 2015. Respon pertumbuhan bibit kopi robusta (*Coffea robusta* L.) terhadap berbagai media tanam dan pupuk organik cair. Medan. *Jurnal Agroteknologi FP USU* 5 (3) : 676-684.
- Dishutbun, 2012. *Statistik Perkebunan dan Kehutanan Tahun 2011*. Dinas Perkebunan dan Kehutanan Kabupaten Aceh Tengah, Takengon, Indonesia.
- Dobermann, A., and Thomas Fairhurst. 2000. *Rice: Nutrient Disorders & Nutrient Management*. Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Rice Research Institute (IRRI).

- Elsheikh, M.A., Matsue, N., and Henmi, T. 2009. Effect of Si/Al ratio allophane on competitive adsorption of phosphate and oxalate. *Int. J. Soil Sci.* 4:1-13.
- Esilaba A. O., P.Nyende, G. Nalukenge, J. B. Byalebeka, R. J. Delve, and H. Ssali. 2005. Resource flows and nutrient balances for crop and animal production in smallholder farming systems in eastern Uganda. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 109: 192–201.
- Eswaran, H. 1985. Recent efforts to refine soil taxonomy for classification of soils of the tropic. *Proc. International Workshop on Soils. Queensland* 27- 30.
- Fiantis, D., Hakim, N., and Van Ranst, E. 2005. Properties and utilization of Andisols in Indonesia. *J. Integrated Field Sci.* 2: 29-37.
- Gardner, F. P., R. B. Pearce dan R. L. Mitchell. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya*. UI-Press. Jakarta.
- Hanafiah, A. L. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Hanafiah, K. A. 2007. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Hardjowigeno, S. 2003. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Jakarta : Akademika Pressindo. 250 hal.
- Hardjowigeno, S. 2007. *Ilmu Tanah*. Akademia Pressindo, Jakarta. 288 hal.
- Hardjowigeno. S. dan Widiatmaka, 2001. *Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tata Guna Lahan*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale dan W. L. Nelson. 2013. *Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management*. Seventh Edition. Pearson Education Inc. Upper Saddle River, New Jersey.
- Kadir, S. dan M. Z. Kanro, 2006. Pengaruh pupuk organik terhadap pertumbuhan dan produksi kopi arabika. *J. Agrivigor* 6 (1): 85-92.
- Karim, A. et.al. 1997. *Pertanian Organik Tinjauan Pengelolaan Hara Tanah, Perkebunan, Kopi Organik di Aceh Tengah*. Fakultas Pertanian. Unsyiah. Banda Aceh.
- Madjid, A. 2007. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan.
- Malavolta, E. 1990. *Nutricao mineral e adubacao do cafeeiro*. Associacao Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato (Piracicaba) and Editora Agronomica Ceres Ltda (Sao Paulo).
- Mangel, K. and E. A. Kirby. 2013. *Principles of Plant Nutrition*. 8th Edition. International Potash Institute. Worblaufen-Bern, Switzerland.
- Manik, T. 2017. Pengaruh pemberian beberapa dosis pupuk kandang ayam dan pupuk npk terhadap pertumbuhan bibit kopi arabika (*Coffea arabica l.*). Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang. 49 hal.
- Maro, G., B. Msanya dan J. Mrema. 2014. Soil fertility evaluation for coffee (*Coffea Arabica*) in Hai and Lushoto Districts, Northern Tanzania. *Intern. J. Plant and Soil Sci.* 3(8):934-947.
- Marschner, P. 2012. *Mineral Nutrition of Higher Plants Third Edition*. Elsevier Ltd. Oxford.
- McCauley, A., Jones, C. and Olson-Rutz, K. 2017. *Soil pH and Organic Matter. Nutrient Management Module 8*.
- Nainggolan, G.D., Suwardi, and Darmawan. 2009. Pola pelepasan nitrogen dari pupuk tersedia lambat (slow release fertilizer) urea-zeolitasam humat ganda. p. 199–211. In *Seminar Nasional Zeolit VI. Ikatan Zeolit Indonesia, Bogor 6-8 Desember 1989*.
- Núñez, P.A., Pimentel, A., Almonte, I., Sotomayor-Ramírez, D., Martínez, N., Pérez1, A., & Céspedes1, C.M. (2011). Soil fertility evaluation of coffee (*Coffea spp.*) production

- systems and management recommendations for the Barahona Province, Dominican Republic. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 11(1), 127–140.
- Nursyamsi, D., Gusmaini, A. Wijaya. 20015. Erapan P tanah Inceptisol, Ultisol, Oxisol, dan Andisol serta kebutuhan pupuk P untuk beberapa tanaman pangan. *Agric, Jurnal Ilmu Pertanian* 16 (2):103- 114.
- Ouyang, Y., S.E. Evans, M.L. Friesen, and L.K. Tiemann. 2018. Effect of nitrogen fertilization on the abundance of nitrogen cycling genes in agricultural soils: A meta-analysis of field studies. *Soil Biology and Biochemistry* 127: 71–78.
- Partelli, F. L., H. D. Vieira, V. B. Carvalho, and F. A. A. Mourão Filho, 2007. Diagnosis and recommendation integrated system norms, sufficiency range, and nutritional evaluation of Arabian coffee in two sampling periods. *Journal of Plant Nutrition* 30: 1651–1667.
- Pizarro, C., Fabris, J.D., Stucki, J.W., Garg, V.K., Galindo, G. 2008. Ammonium oxalate and citrate-ascorbate as selective chemical agent for the mineralogical analysis of clay fractions of an Ultisol and Andisols from southern Chile. *J. Chil. Chem. Soc.* 53:1581-1584.
- Rahardjo. P. 2012. *Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Penerbar Swadaya. Jakarta.
- Ritung, S. Wahyunto., Fahmuddin, A. dan Hapid, H. 2007. *Evaluasi Kesesuaian Lahan dengan Contoh Peta Arahan Penggunaan Lahan Kabupaten Aceh Barat*. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre.
- Sarief, S. E. 1986. *Ilmu Tanah Pertanian*. Pustaka Buana. Bandung. 196 hal.
- Schnug, E., J. Heym, and F. Achwan. 1996. Establishing critical values for soil and plant analysis by means of the boundary line development system. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 27:2739–2748.
- Sembiring, I. K., Wawan, dan Khoiri, M. A. 2015. Sifat kimia tanah Dystrudepts dan pertumbuhan akar tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) yang diaplikasikan mulsa organik. *Jurnal JOM Faperta Vol 2. No. 2*.
- Siswanto. 2006. *Evaluasi Sumberdaya Lahan*. UPN Press. Surabaya.
- Soepardi, G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*. 11th edition. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. Washington D. C. US.
- Sudjamiko, S., Muktamar, Z., Chozin, M., Setyowati, N. dan Fahrurrozi, F. 2017. Changes in Chemical properties of soil in an organic agriculture syistem. Universitas of Bengkulu. Bengkulu
- Sukarman, dan Ai Dariah. 2014. *Tanah andosol di Indonesia: Karakteristik, potensi, kendala, dan pengolahannya untuk lahan pertanian*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Supryono, et al. 2009. *Kandungan C-Organik Dan N-Total Pada Seresah Dan Tanah Pada 3 Tipe Fisiognomi (Studi Kasus Di Wanagama I, Gunung Kidul, Diy)*. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* Vol. 9 No. 1 p: 49-57.
- Susila, Dharma K. 2013. Studi keharaan tanaman dan evaluasi kesuburan tanah di lahan pertanian jeruk Desa Cenggiring, Kecamatan Kuta Selatan. *Agrotrop* Vol. 3 No. 2 hal 13-20.
- Tan, K. H. 2001. *Kimia Tanah*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Veeddi, A. 2008. *Coffee cultivation guide for south - west monsoon area growers in India*. Central Coffee Research Institute Coffee Research, Karnataka India. p. 1–65.
- Wairegi, L. W. I. and P. J. A. Van Asten. 2012. Norms for multivariate diagnosis of nutrient imbalance in Arabica and Robusta coffee in the East African highlands. *Expl. Agric.* 48 (3): 448–460.

- Wortmann, C. S., and C. K. Kaizzi, 1998. Nutrient balances and expected effects of alternative practices in farming systems of Uganda. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 71:115–129.
- Yusnaini, S., I. Anas, Sudarsonodan S.G. Nugroho. 1995. Peranan Azolla dalam Mensubstitusikan Kebutuhan Nitrogen Asal Urea Terhadap Produksi Padi Sawah Varietas IR 64. *J. Tanah Trop.* 1(1): 32-37.