

PENINGKATAN KETERSEDIAAN P ULTISOL DENGAN PEMBERIAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR

Saftia Laila Rajmi*, Margarettha dan Refliaty

Jurusan Agroekoteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Jambi
Jl. Raya Jambi – Ma. Bulian KM. 15 Kampus Pinang Masak, Mendalo Darat, 36361
Saftialailarajmi@gmail.com (*penullis untuk korespondensi)

ABSTRAK

Ultisol merupakan lahan kering masam yang memiliki tingkat kesuburan dan produktivitas yang rendah salah satunya adalah ketersediaan P. Kandungan P Ultisol sebagian besar di fiksasi oleh Al^{3+} sehingga P menjadi tidak tersedia. Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) dapat dijadikan sebagai alternatif dalam meningkatkan kandungan P-tersedia. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan P-tersedia pada Ultisol dengan pemberian FMA. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 6 perlakuan dan 4 kelompok yaitu M_0 = tanpa pemberian FMA + pupuk P rekomendasi, M_1 = 10 g FMA tanaman⁻¹ + 80% pupuk P rekomendasi, M_2 = 20 g FMA tanaman⁻¹ + 60% pupuk P rekomendasi, M_3 = 30 g FMA tanaman⁻¹ + 40% pupuk P rekomendasi, M_4 = 40 g FMA tanaman⁻¹ + 20% pupuk P rekomendasi dan M_5 = 50 g FMA tanaman⁻¹ + tanpa pupuk P. Pupuk dasar yang digunakan adalah Urea 75 kg ha⁻¹ (diberikan ½ dari rekomendasi), SP36 100 kg ha⁻¹ (diberikan sesuai dengan perlakuan) dan KCl 100 kg ha⁻¹. Pengamatan yang dilakukan yaitu pengamatan sifat kimia tanah awal dan akhir penelitian.. Data dianalisis dengan sidik ragam dan kemudian di uji lanjut untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan dengan dilakukan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) taraf 5%. Hasil penelitian diperoleh bahwa pemberian FMA mampu meningkatkan ketersediaan P Ultisol sebesar 38,57% apabila dibandingkan dengan tanpa pemberian FMA.

Kata kunci : Fungi Mikoriza Arbuskular, Ultisol, P-tersedia.

PENDAHULUAN

Ultisol merupakan jenis tanah pada lahan kering masam yang mempunyai tingkat kesuburan dan produktivitas lahan yang rendah. Terdapat ± 2,72 juta ha atau 53,46% dari luas tanah di Provinsi Jambi yang merupakan jenis tanah dengan ordo Ultisol (Dinas Pertanian Tanaman Pangan, 2010), serta memiliki potensi untuk perluasan lahan pertanian apabila dilakukan bersama dengan pengelolaan tanah dan tanaman yang tepat. Ultisol memiliki beberapa kendala yang dapat menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman, salah satunya terdapat pada sifat kimia tanah seperti reaksi tanah masam hingga sangat masam (pH 3,10 – 5), C-organik rendah sampai sangat rendah (0,13% - 1,12%), N-total rendah (0.09 – 0.18%), unsur hara makro seperti P, K, Ca dan Mg rendah, kejenuhan Al tinggi yaitu > 60% yang bersifat beracun untuk tanaman, kapasitas tukar kation (KTK) dan kejenuhan basa (KB) rendah hingga sangat rendah (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006; Syahputra *et al.*, 2015).

Peningkatan ketersediaan P untuk tanaman, dengan pemberian pupuk kimia secara keberlanjutan memerlukan biaya yang tinggi dan dapat merusak tanah serta lingkungan.

Dengan pemupukan P pada Ultisol memberikan pengaruh tidak nyata dalam meningkatkan P tersedia untuk tanaman, karena unsur P dijerap kuat oleh bahan aluminium dan besi non-kristalin (Tambunan *et al.*, 2014) sehingga pemupukan P menjadi tidak efisien. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas lahan serta menjaga keseimbangan lingkungan dilakukan dengan menggunakan pupuk hayati seperti Fungi Mikoriza Arbuskular.

Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) merupakan organisme dari golongan jamur yang berasosiasi atau bersimbiosis mutualisme antara jamur dengan akar tanaman. Penggunaan FMA sebagai alat biologis dalam bidang pertanian dapat memperbaiki pertumbuhan, produktivitas, dan kualitas tanaman tanpa menurunkan kualitas ekosistem tanah (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2007). Hidayat (2012) menjelaskan bahwa asosiasi FMA dengan akar tanaman berperan dalam aliran fotosintat dari tanaman inang ke fungi dan aliran hara serta air dari fungi ke tanaman inang, dan terdapat 80% pertumbuhan memperoleh hara melalui bantuan FMA.

Berdasarkan hasil penelitian Khairuna *et al.* (2015) dalam meningkatkan kesuburan tanah, bahwa FMA yang bersimbiosis dengan akar tanaman akan menghasilkan sekresi berupa asam fosfatase dan asam-asam organik yang berfungsi untuk pengkelatan logam Al membentuk senyawa organik Al yang tidak larut, sehingga dapat menurunkan kelarutan ion-ion Al, menurunkan konsentrasi Al-dd pada tanah masam dan menaikkan pH tanah. Selanjutnya, dari aktivitas enzim fosfatase yang dihasilkan oleh FMA, berfungsi dalam melepaskan ikatan P dari kompleks organik sehingga dapat meningkatkan P tersedia bagi tanaman (Sutariati *et al.*, 2014).

Salah satu upaya untuk mencapai mengatasi kendala pada sifat kimia Ultisol maka diperlukan suatu inovasi yaitu menerapkan teknologi pemupukan hayati dengan FMA. Tujuan penelitian adalah untuk mempelajari pengaruh Pemberian Fungi Mikoriza Arbuskular terhadap Peningkatan Ketersediaan P Ultisol

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di *Teaching and Researce Farm* Fakultas Pertanian Universitas Jambi dan analisis sampel tanah dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jambi. Penelitian dilaksanakan selama 4 bulan.

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) dari gabungan genus *Glomus* dan *Acaulospora* yang diisolasi dari rizosfer kedelai, tanah ordo Ultisol, pupuk Urea, KCl, SP-36, biopestisida, Metilat lem, bahan pengamatan akar dan bahan lainnya yang diperlukan untuk analisis sampel tanah. Alat yang digunakan dalam penelitian adalah cangkul, parang, timbangan digital, meteran, ember, gembor, plastik, tali, karet gelang, label, botol bekas, kuas, cat, alat tulis dan alat lainnya yang diperlukan untuk analisis sampel tanah di laboratorium.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 6 perlakuan dengan 4 kelompok sehingga didapat 24 petak percobaan dengan ukuran petak percobaan 2 x 2 m. Adapun perlakuan yang digunakan adalah: M_0 = Tanpa FMA + Pupuk P

rekomendasi, $M_1 = 10 \text{ g FMA tanaman}^{-1} + 80\%$ dari Pupuk P rekomendasi, $M_2 = 20 \text{ g FMA tanaman}^{-1} + 60\%$ dari Pupuk P rekomendasi, $M_3 = 30 \text{ g FMA tanaman}^{-1} + 40\%$ dari Pupuk P rekomendasi, $M_4 = 40 \text{ g FMA tanaman}^{-1} + 20\%$ dari Pupuk P rekomendasi, dan $M_5 = 50 \text{ g FMA tanaman}^{-1} + \text{Tanpa Pupuk P}$. Pengamatan meliputi analisis sifat kimia tanah awal dan akhir penelitian. Semua data dianalisis secara sidik ragam dan untuk mengetahui perbedaan pengaruh antar perlakuan analisis data dilanjutkan dengan Uji Duncan (DMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Tanah Awal sebelum Pemberian Perlakuan.

Berdasarkan hasil analisis tanah penelitian memiliki tingkat kemasaman tanah (pH tanah) yang masam dengan nilai rata-rata 5,40, C-organik sangat rendah dengan nilai rata-rata 0,74%, N-total sangat rendah dengan nilai rata-rata 0,10%, P-tersedia sangat rendah dengan nilai rata-rata 5,83 ppm, P-total rendah dengan nilai rata-rata 13,63 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$, K-total rendah dengan nilai rata-rata 0,03 me 100g^{-1} dan Al-dd dengan nilai rata-rata 0,75 me 100g^{-1} .

Tabel 1. Hasil analisis tanah awal sebelum pemberian perlakuan

Parameter	Hasil	Kriteria*
pH Tanah	5,4	Masam
P-tersedia (ppm)	5,83	Sangat Rendah
P-total ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$)	13,63	Rendah
Al-dd (me 100g^{-1})	0,75	-
C-organik (%)	0,74	Sangat Rendah
N-total (%)	0,1	Sangat Rendah
K-total (me 100g^{-1})	0,03	Sangat Rendah

Keterangan: *Pusat Penelitian Tanah, 1983

Hasil analisis tanah pada Tabel 1 terdiri dari pH, C-organik, N-total, P-tersedia, P-total, K-total dan Al-dd. Berdasarkan hasil analisis tanah penelitian memiliki tingkat kemasaman tanah (pH tanah) yang masam dengan nilai rata-rata 5,40, C-organik sangat rendah dengan nilai rata-rata 0,74%, N-total sangat rendah dengan nilai rata-rata 0,10%, P-tersedia sangat rendah dengan nilai rata-rata 5,83 ppm, P-total rendah dengan nilai rata-rata 13,63 $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$, K-total rendah dengan nilai rata-rata 0,03 me 100g^{-1} dan Al-dd dengan nilai rata-rata 0,75 me 100g^{-1} .

Ketersediaan P berhubungan dengan tingkat kemasaman (pH) dan kandungan Al-dd di dalam tanah. Unsur P dalam tanah bersifat immobile dikarenakan pada tanah masam sebagian besar unsur P tidak tersedia untuk tanaman. Kadar P-tersedia yang rendah di dalam tanah disebabkan karena tingginya kadar Al-dd yang memfiksasi P anorganik di dalam tanah sehingga menjadi bentuk yang tidak tersedia dan tidak dapat diserap oleh tanaman. Munawar (2011) dalam Rahmi dan Biantary (2014) menyatakan bahwa pada tanah masam (pH rendah), P diikat oleh Al dan membentuk senyawa Al-P dan Fe-P yang relatif kurang larut, sehingga P tidak dapat diserap oleh tanaman. Selain itu, pH tanah yang masam pada

penelitian disebabkan karena adanya kompleks pertukaran pada permukaan koloid dan larutan tanah didominasi oleh kation asam seperti Al^{3+} (Rahmi dan Biantary, 2014). Apabila Al^{3+} terhidrolisis di dalam tanah secara terus menerus akibat curah hujan yang tinggi maka ion tersebut akan banyak menyumbang ion H^+ di dalam tanah dan kemasaman tanah pun meningkat. Pada umumnya, pH yang tergolong masam disebabkan oleh kadar ion H^+ tinggi, Al-dd tinggi, pencucian basa-basa tinggi, kadar bahan organik rendah dan disebabkan tingkat pelapukan tanah lanjut. Berdasarkan dari kriteria sifat pH tanah pada penelitian yang tergolong masam disebabkan oleh tingkat pelapukan tanah yang lanjut dengan curah hujan tinggi sehingga pelepasan H^+ dalam tanah tinggi.

Hasil penelitian menunjukkan P-total tergolong rendah dan P-tersedia tergolong sangat rendah. Hal ini dikarenakan umumnya Ultisol memiliki sumber P yang berasal dari pelapukan mineral sumber P yang sudah rendah. Hal ini dinyatakan oleh Syahputra *et al.* (2015) bahwa kekurangan P pada Ultisol dapat disebabkan oleh pelapukan dari bahan induk tanah/ mineral sumber P yang pada umumnya sudah rendah.

Berdasarkan pada kriteria Ultisol, kemampuan dalam menyediakan unsur hara tanah sangat kecil karena Ultisol merupakan tanah yang memiliki kandungan bahan organik yang sedikit sebagai sumber C-organik. Selain itu, C-organik juga merupakan salah satu penyumbang unsur N yang akan mempengaruhi kadar N-total dalam tanah. Dijelaskan oleh Darlita *et al.* (2017) bahwa rendahnya N di dalam tanah diduga karena N mudah hilang melalui proses pencucian dan penguapan. Selanjutnya, juga dijelaskan bahwa kation – kation basa yang rendah di dalam tanah disebabkan oleh pencucian akibat curah hujan yang tinggi. Rendahnya kation – kation basa menyebabkan kejenuhan basa dan unsur hara juga menjadi rendah dan tanah akan didominasi oleh kation asam seperti Al-dd dan H^+ sehingga tanah menjadi masam. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian bahwa kandungan C-organik, N-total dan K-total pada lahan tergolong sangat rendah karena hal ini didukung oleh jenis tanah pada lahan penelitian merupakan tanah dengan ordo Ultisol yang memiliki curah hujan tinggi sehingga unsur hara mudah hilang karena terlindi dan tercuci.

Pengaruh Pemberian Fungi Mikoriza Arbuskular terhadap P-tersedia, Al-dd dan pH Tanah.

Berdasarkan hasil analisis P-tersedia belum memberikan indikasi yang nyata, akan tetapi memiliki kecenderungan untuk menaikkan P-tersedia di dalam tanah. Pada Tabel 2 terlihat bahwa perlakuan M_0 dengan tanpa FMA + pupuk P rekomendasi memberikan nilai P-tersedia yang lebih rendah yaitu 8,01 ppm dibandingkan pada perlakuan M_3 dengan pemberian 30 g FMA tanaman⁻¹ 40% pupuk P rekomendasi yang menunjukkan nilai P tertinggi yaitu 11,10 ppm. Kenaikan P tersedia yang diperoleh dari taraf M_3 ke P tersedia tertinggi pada taraf M_3 didapatkan kenaikan sebesar 38,57%. Apabila merujuk pada kriteria penilaian sifat-sifat tanah (Pusat Penelitian Tanah, 1983) maka kenaikan tersebut meningkat dari rendah – sedang. Hal ini menunjukkan bahwa pupuk hayati mampu meningkatkan ketersediaan P Ultisol.

Sesuai dengan hasil penelitian Hasanudin dan Gonggo (2004) bahwa mikoriza mampu meningkatkan ketersediaan P dari 14,83 ppm pada perlakuan tanpa mikoriza menjadi 18,41

ppm, 19,97 ppm dan 21,76 ppm pada pemberian mikoriza berturut sebanyak 10 g tanaman⁻¹, 20 g tanaman⁻¹ dan 30 g tanaman⁻¹, yang mengalami kenaikan dengan semakin meningkatnya pemberian mikoriza. Namun sebaliknya, pemberian FMA yang berlebihan dapat membuat kerja FMA menjadi terhambat. Hal ini dijelaskan oleh Suherman *et al.* (2015) bahwa pemberian FMA yang terlalu sedikit (rendahnya kerja FMA) ataupun dengan pemberian FMA yang berlebihan yang dapat menyebabkan terjadinya kompetisi antar FMA sehingga hasil yang didapatkan menjadi tidak optimal.

Tabel 2. Hasil analisis Tanah Akhir sesudah pemberian perlakuan

Perlakuan	P-tersedia (ppm)	Al-dd (me 100g ⁻¹)	pH
M ₀	8,01 a	0,35 a	5,64 a
M ₁	8,98 a	0,49 a	5,79 a
M ₂	8,69 a	0,40 a	5,84 a
M ₃	11,10 a	0,67 a	5,49 a
M ₄	10,48 a	0,60 a	5,67 a
M ₅	10,31 a	0,41 a	5,83 a

Keterangan: Angka - angka yang diikuti oleh huruf yang sama berbeda tidak nyata menurut DMRT pada taraf α 5%

Pengaruh pemberian FMA terhadap kadar P-tersedia pada hasil penelitian juga mengalami peningkatan dari kadar p-tersedia 5,83 ppm sebelum pemberian perlakuan naik dua kali lipat setelah diberikan FMA dengan nilai 11,10 ppm pada perlakuan M₃. Hal ini dikarenakan, kolonisasi FMA akan menghasilkan asam-asam organik yang dapat melepaskan ikatan Al-P dan ikatan dengan mineral liat tanah sehingga P menjadi tersedia untuk tanaman. Hal ini diperkuat oleh hasil penelitian Nurmasiyah (2013) bahwa dengan adanya kolonisasi FMA mampu melepaskan unsur P yang difiksasi oleh logam-logam berat menjadi tersedia bagi tanaman dengan kadar p-tersedia sebelum perlakuan yaitu 1,01 ppm setelah diberi FMA, p-tersedia meningkat menjadi 2,12 ppm.

Berdasarkan hasil analisis Al-dd dan pH tanah menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan memberikan perbedaan yang tidak nyata. Nilai rata-rata Al-dd pada perlakuan M₀ dengan nilai 0,35 me 100g⁻¹ memiliki nilai Al-dd yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan M₁ dengan nilai 0,49 me 100g⁻¹, M₂ dengan nilai 0,40 me 100g⁻¹, M₃ dengan nilai 0,67 me 100g⁻¹, M₄ dengan nilai 0,60 me 100g⁻¹ dan M₅ dengan nilai 0,41 me 100g⁻¹. Hal ini dikarenakan rendahnya Al-dd pada perlakuan M₀, M₁ dan M₂, disebabkan oleh Al atau Fe terlarut mengikat P yang bersumber dari pupuk kimia sehingga terbentuk ikatan Al-P atau Fe-P yang tidak larut dan membuat kadar Al menjadi sangat rendah di dalam tanah. Namun, tinggi nya kadar P yang diikat oleh Al dan Fe mengakibatkan P menjadi lebih banyak tidak tersedia untuk tanaman. Hal ini, diperkuat dengan hasil penelitian Sari *et al.* (2017) yang menunjukkan bahwa dengan pemberian perlakuan yang hanya ditambah pupuk P terjadi penurunan Al-dd dibanding sebelum pemberian perlakuan, hal ini disebabkan karena Al menjerap P dan membentuk ikatan Al-P sehingga Al-dd tanah menjadi menurun. Sebaliknya, penurunan nilai rata-rata kadar Al-dd dari penambahan FMA berbagai dosis seperti pada perlakuan M₃, M₄ dan M₅ disebabkan karena asam-asam organik dari hasil metabolisme FMA memfiksasi Al yang terlarut di dalam tanah menjadi tidak larut dan mengendap di dalam tanah dan ketersediaan P dalam tanah lebih tinggi untuk tanaman.

Reaksi tanah (pH) dari masing-masing perlakuan memiliki perbedaan yang tidak nyata. Namun, pada nilai rata-rata pH apabila dibandingkan dengan pH tanah sebelum pemberian perlakuan (Tabel 1) dengan nilai 5,4 terjadi peningkatan pH (Table 2) pada perlakuan M₀ menjadi 5,64, M₁ menjadi 5,79, M₂ menjadi 5,84, M₃ menjadi 5,49, M₄ menjadi 5,67 dan M₅ menjadi 5,83. Peningkatan nilai pH dikarenakan adanya aktivitas dan metabolisme FMA menghasilkan dan melepaskan senyawa-senyawa organik yang memiliki fungsi untuk mengikat kation-kation logam penyebab kemasaman tanah seperti pada kation logam Al yang banyak di dalam tanah masam yang sebelumnya bersifat larut menjadi sukar larut dan mengendap sehingga pH tanah menjadi meningkat. Hal ini sesuai dengan pendapat Tan (1991) bahwa senyawa-senyawa organik mampu mengikat kation-kation kompleks jerapan dan membuat konsentrasi dari kejenuhan basa menjadi tinggi, sehingga pH tanah menjadi naik.

Reaksi tanah atau pH tanah yang meningkat juga akan meningkatkan ketersediaan P dalam tanah. Ini dikarenakan aktivitas enzim fosfatase serta asam-asam organik dari metabolisme FMA yang memfiksasi Al menjadi bersifat tidak larut atau mengendap sehingga tanah akan lebih banyak mengandung kation-kation basa yang selanjutnya akan menaikkan pH tanah dan kadar Al-dd dalam tanah menjadi menurun. Selanjutnya, dari aktivitas FMA juga dapat melepaskan fiksasi Al-P yang menyebabkan P-tersedia juga akan meningkat. Selanjutnya, hasil eksresi FMA berupa enzim fosfatase juga dapat mengubah bentuk P organik menjadi bentuk ortofosfat primer pada tanah masam yang dapat langsung diserap tanaman. Dijelaskan oleh Masria (2015) bahwa asam – asam organik dan enzim fosfatase yang dihasilkan eksresi Mikoriza Arbuskular dapat memacu proses mineralisasi P organik dengan cara mengkatalisis pelepasan P dari kompleks organik menjadi kompleks anorganik agar tersedia untuk tanaman. Selain itu juga, adanya peran dari kolonisasi FMA dalam meningkatkan P-tersedia dengan membentuk hifa eksternal yang berfungsi untuk menjangkau unsur hara di luar daerah perakaran tanaman inang serta dapat meningkatkan penyerapan unsur hara.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa pemberian FMA mampu meningkatkan ketersediaan P Ultisol sebesar 38,57% apabila dibandingkan dengan tanpa pemberian FMA.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada Ibu Ir. Hj. Margarettha, M.P. atas dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini, dimana sumber dana berasal dari DIPA PNPB Fakultas Pertanian Universitas Jambi. Selain itu ucapan terimakasih juga kepada pihak-pihak terkait yang telah membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2007. Cendawan Mikoriza Arbuskula Mampu Memacu Pertumbuhan Bibit Manggis. Diunduh dari <http://www.litbang.pertanian.go.id/berita/one/538/>. (diakses 25 Januari 2018).
- Darlita RR, B Joy dan R Sudirja. 2017. Analisis Beberapa Sifat Kimia Tanah Terhadap Peningkatan Produksi Kelapa Sawit pada Tanah Pasir di Perkebunan Kelapa Sawit Selangkun. *Jurnal Agrikultura* 28(1): 15-20.
- Dinas Pertanian Tanaman Pangan. 2010. Laporan Tahunan Dinas Pertanian Tanaman Pangan Provinsi Jambi. Jambi.
- Hasanudin dan BM Gonggo. 2004. Pemanfaatan Mikrobio Pelarut Fosfat dan Mikoriza untuk Perbaikan Fosfor Tersedia, Serapan Fosfor Tanah (Ultiso) dan Hasil Jagung (Pada Ultisol). *Jurnal Ilmu – Ilmu Pertanian Indonesia* 6(1) 2004. 8-13.
- Hidayat C. 2012. Metabolisme Karbon dalam Simbiosis Fungi Mikoriza Arbuskula. *Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah* 4(1): 24-35.
- Khairuna, Syafrudin dan Marlina. 2015. Pengaruh Fungi Mikoriza Arbuskular dan Kompos pada Tanaman Kedelai Terhadap Sifat Kimia Tanah. *Jurnal Floratek* 10:1-9.
- Masria. 2015. Peranan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) untuk Meningkatkan Resistensi Tanaman Terhadap Cekaman Kekeringan dan Ketersediaan P Pada Lahan Kering. *Jurnal Partner* 1: 48-56.
- Nurmasyitah, Syafruddin dan M Sayuthi. 2013. Pengaruh Jenis Tanah dan Dosis Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kedelai terhadap Sifat Kimia Tanah. *Jurnal Agrista* 17(3): 103-110.
- Prasetyo BH dan DA Suriadikarta. 2006. Karakteristik, Potensi, dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian* 25(2): 39-47.
- Pusat Penelitian Tanah. 1983. Kriteria Penilaian Sifat – Sifat Kimia Tanah.
- Rahmi A dan MP Biantary. 2014. Karakteristik Sifat Kimia Tanah dan Status Kesuburan Tanah Lahan Pekarangan dan Lahan Usaha Tani Beberapa Kampung di Kabupaten Kutai Barat. *Jurnal Ziraa'ah* 39(1): 30-36.
- Sari MN, Sudarsono dan Darmawan. 2017. Pengaruh Bahan Organik terhadap Ketersediaan Fosfor pada Tanah-Tanah Kaya Al dan Fe. *Buletin Tanah dan Lahan* 1(1): 65-71.
- Sutariati GAK, AR Khaeruni dan Muhidin. 2014. Biofertilizer: Solusi Teknologi Pengembangan Lahan Sub Optimal. Unhalu Press, Kendari.
- Syahputra E, Fauzi dan Razali. 2015. Karakteristik Sifat Kimia Sub Grup Tanah Ultisol di Beberapa Wilayah Sumatera Utara. *Jurnal Agroekoteknologi* 4(1): 1796-1803.
- Tambunan AS, Fauzi dan H Guchi. 2014. Efisiensi Pemupukan P terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jagung (*Zea mays* L.) pada Tanah Andisol dan Ultisol. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 2(2): 414-426.
- Tan KH.1991. Dasar – Dasar Kimia Tanah. Edisi Bahasa Indonesia.