



dapat diakses melalui <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmuo>



Uji Metode Olsen dan Bray dalam Menganalisis Kandungan Fosfat Tersedia pada Tanah Sawah di Desa Konarom Barat Kecamatan Dumoga Utara

Ghazaly R. Umaternate^{a*}, Jemmy Abidjulu^a, Audy D. Wuntu^a

^aJurusan Kimia, FMIPA, Unsrat, Manado

KATA KUNCI

Olsen
Bray
Fosfat tersedia

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk menentukan konsentrasi fosfat tersedia pada tanah sawah dan membandingkan dua metode ekstraksi fosfat, yaitu metode olsen yang menggunakan reagen NaHCO_3 dan metode bray yang menggunakan reagen Bray dan Kurtz. Hasil ekstrak direaksikan dengan pereaksi pewarna fosfat bersama deret standar dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak fosfat tersedia dari metode Olsen menunjukkan hasil konsentrasi yang tinggi berturut-turut 422,861; 771,614; 1389,464; 1607,386; 821,591; dan 1139,925 ppm, sedangkan metode Bray menunjukkan hasil yang lebih rendah berturut-turut 16,102; 13,899; 11,307; 7,181; 7,183; dan 9,073 ppm. Reagen NaHCO_3 pada sampel menyebabkan pH naik sehingga banyak fosfat yang terlepas, sedangkan reagen Bray dan Kurtz menyebabkan pH turun dan lebih sedikit fosfat yang terlepas. pH sampel yang bersifat asam menyebabkan metode Bray lebih cocok untuk digunakan daripada metode Olsen karena metode Bray spesifik untuk tanah asam, sedangkan metode Olsen dapat digunakan untuk tanah asam dan basa.

KEYWORDS

Olsen
Bray
Available phosphate

ABSTRACT

A study aimed to determine the concentration of phosphate available to the rice field soil and to compare the two methods of phosphate extraction, which are Olsen that uses NaHCO_3 reagent and Bray that uses Bray and Kurtz reagents, had been done. The extract was reacted with phosphate coloring reagent and standards and the absorbance was measured using spectrophotometer at a wavelength of 693 nm. The results showed that the extract of phosphate available using Olsen method showed higher value of concentrations which were 422.861; 771.614; 1389.464; 1607.386; 821.591; and 1139.925 ppm. On the other hand, Bray method showed a lower value which were 16.102; 13.899; 11.307; 7.181; 7.183; and 9.073 ppm. NaHCO_3 increased the pH and more phosphate was released, while the Bray and Kurtz reagent decreased the pH and less phosphate was released. Due to the lower pH of the sample, Bray method is more suitable for acidic soils rather than Olsen method because of its specificity for acidic soil, while the Olsen method can be used for acidic and alkaline soil.

AVAILABLE ONLINE

25 Februari 2014

*Corresponding author: Jurusan Kimia FMIPA UNSRAT, Jl. Kampus Unsrat, Manado, Indonesia 95115; Email address: ghazaly_199@yahoo.co.id

1. Pendahuluan

Pupuk fosfat merupakan salah satu pupuk utama yang diperlukan oleh tanaman padi dan sudah dikenal sebagian besar petani. Efisiensi pemakaian pupuk tersebut ditingkatkan petani sangat rendah. Hal ini terjadi karena ketidaktahuan para petani tentang bagaimana sebenarnya cara pemupukan fosfat yang efisien sesuai dengan tanaman dan agroekologi yang diusahakan. Petani cenderung memberi fosfat setiap musim tanam, tanpa mengetahui bahwa pupuk fosfat yang diberikan mampu memberi residu pada penanaman berikutnya, pada kandungan fosfat tanah yang tinggi tidak diperlukan pemupukan, terutama untuk padi sawah. Usaha untuk mengubah kebiasaan para petani supaya mengurangi pemberian fosfat dalam rangka meningkatkan efisiensi masih sulit dilakukan. Oleh karena itu, pihak pemerintah melakukan kebijakan menaikkan harga pupuk fosfat yang jauh lebih besar dari pupuk N (urea) dengan harapan petani akan mengurangi pemberian pupuk fosfat pada setiap musim tanam (Anwar et al., 2009).

Unsur fosfat (P) adalah unsur esensial kedua setelah N yang berperan penting dalam fotosintesis dan perkembangan akar. Ketersediaan P dalam tanah jarang yang melebihi 0,01 % dari total P. Sebagian besar bentuk P terikat oleh koloid tanah sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Tanah dengan kandungan organik rendah seperti Oksisols dan Ultisols yang banyak terdapat di Indonesia kandungan P dalam organik bervariasi dari 20–80%, bahkan bisa kurang dari 20% tergantung tempatnya. P tersebut tidak dapat dimanfaatkan secara efektif oleh tanaman, karena P dalam tanah dalam bentuk P terikat di dalam tanah, sehingga petani harus terus melakukan pemupukan P di lahan sawah walaupun sudah terdapat kandungan P yang cukup memadai. Pada tanah masam, P bersenyawa dalam bentuk-bentuk Al–P dan Fe–P, sedangkan pada tanah alkali (basa) P akan membentuk senyawa Ca–P dengan kalsium membentuk senyawa kompleks yang sukar larut (Simanungkalit et al., 2006).

Penetapan jumlah P tersedia dalam tanah harus ditentukan dengan metode yang tepat. Permasalahan P di dalam tanah cukup kompleks, salah satunya adalah sumbernya terbatas dan amat dipengaruhi oleh pH tanah sehingga ketersediannya bagi tanaman sangat kecil. Ada beberapa metode penentuan P tersedia dalam tanah, yaitu Truog, Bray I, Bray II, North Carolina, dan Olsen. Setiap metode mempunyai sifat tersendiri dalam mengekstrak P. Metode yang paling baik adalah metode yang ekstraktannya benar mampu mengekstrak P – tersedia di dalam tanah ataupun paling mendekati P yang terserap oleh tanaman (Ilahi, 2000).

Kondisi pH tanah merupakan faktor penting yang menentukan kelarutan unsur yang cenderung berkesetimbangan dengan fase padatan. Kelarutan

oksida-oksida hidrous dari Fe dan Al secara langsung tergantung pada konsentrasi ion hidroksil (OH^-) dan menurun ketika pH meningkat. Kation hidrogen (H^+) bersaing secara langsung dengan kation-kation asam Lewis lainnya dan oleh karenanya kelarutan kation kompleks seperti Cu dan Zn akan meningkat dengan menurunnya pH (Soemarno, 2011).

Pengaruh parameter pH terhadap ketersediaan fosfat dapat digunakan sebagai salah satu tolak ukur untuk membandingkan hasil uji P dari metode uji tanah yang ada. Perbandingan hasil uji P tersedia dari dua metode yang berbeda dalam penerapan uji terhadap suasana pH tanah dapat memberikan rekomendasi pemupukan. Metode Olsen biasanya digunakan untuk tanah ber-pH >5,5, sedangkan metode Bray biasanya digunakan untuk tanah ber-pH <5,5. Kedua metode ini bisa dijadikan salah satu tolak ukur membandingkan penggunaan metode berdasarkan perbedaan penerapan dalam suasana tanah, yaitu asam dan basa.

Berdasarkan permasalahan ini, maka diperlukan penelitian lebih spesifik jumlah P tersedia yang ada dalam tanah sawah yang potensial diserap oleh padi agar dapat memberikan rekomendasi pemupukan P yang efisien.

2. Metode

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di lahan sawah Desa Konarom Barat, Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi Manado dan Laboratorium Advance Fakultas MIPA Universitas Sam Ratulangi Manado sejak September hingga Oktober 2013.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan atau sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah sawah dari desa Konarom Barat, Kecamatan Dumoga Utara. Bahan kimia untuk keperluan analisis di laboratorium, yaitu, NH_4F , HCl 5N, NaHCO_3 , NaOH, asam askorbat, dan aquades. Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu sekop, kantong plastik, pisau, baskom plastik, botol selai bertutup, selotip, neraca analitik, dispenser, labu ukur tabung reaksi, pipet, kertas saring, botol kocok 50 mL, spektrofotometer UV-VIS.

2.3. Prosedur Penelitian

(1) Pengambilan Tanah Sampel

Sampel diambil dengan metode *purposive sampling* dari tanah sawah desa Konarom Barat, Kecamatan Dumoga Utara dan diletakkan di polybag. Diambil 6 titik sampel. Dicatat juga keadaan umum fisik lingkungan pengambilan sampel.

(2) Persiapan Tanah Sampel

Dibersihkan permukaan tanah di lokasi/titik pengambilan contoh dari tanaman dan serasah (litter). Setelah itu, ditetapkan volume penggalan tanah 10 x 10 x 20 cm (panjang, lebar dan

kedalaman) dan digali dengan sendok dan bor tanah. Dimasukkan sejumlah tanah dengan volume atau berat tertentu (sesuai kebutuhan) ke dalam kantong plastik dan diberi label (Saraswati et al., 2007).

(3) Pengukuran pH Tanah

Ditimbang 10 g tanah kering udara yang sudah lolos ayakan 2 mm kemudian dimasukkan dalam erlenmeyer. Ditambahkan 10 mL aquadest (untuk penetapan pH H₂O). Dikocok dengan mesin pengocok selama 60 menit kemudian diukur menggunakan pH meter yang sudah dikalibrasi dengan larutan penyangga pH = 4 dan pH = 7. Dicatat pH yang ditampilkan pada pH meter (Priyono dan Kusuma, 2012).

(4) Pengukuran Kadar Air

Ditimbang kaleng kadar air dan dicatat beratnya, kemudian ditimbang 2 g sampel tanah dan dimasukkan ke dalam kaleng kadar air. Sampel dioven pada suhu 110^o C selama 24 jam. Setelah itu, dimasukkan ke dalam desikator dan setelah dingin ditimbang kaleng beserta tanahnya (Priyono dan Kusuma, 2012).

(5) Penetapan Fosfat Tersedia dengan Metode Olsen

Ditimbang 1 g contoh tanah < 2 mm, dimasukkan ke dalam botol kocok, ditambah 20 mL pengekstrak Olsen, kemudian dikocok selama 30 menit dan disaring. Bila larutan keruh dikembalikan lagi ke atas saringan semula. Ekstrak dipipet 2 mL ke dalam tabung reaksi dan selanjutnya bersama deret standar ditambahkan 10 mL pereaksi pewarna fosfat, kocok hingga homogen dan biarkan 30 menit. Absorbansi larutan diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm.

Kadar P₂O₅ tersedia (ppm)

$$= \text{ppm kurva} \times \text{mL ekstrak} / 1.000 \text{ mL} \\ \times 1.000 \text{ g/g contoh} \times \text{fp} \times 142/190 \times \text{fk} \\ = \text{ppm kurva} \times 20/1.000 \times 1.000/1,0 \\ \times \text{fp} \times 142/190 \times \text{fk} \\ = \text{ppm kurva} \times 20 \times \text{fp} \times 142/190 \times \text{fk}$$

Keterangan:

ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko.

fp = faktor pengenceran (bila ada)

142/190 = faktor konversi bentuk PO₄ menjadi P₂O₅

fk = faktor koreksi kadar air = 100/(100 - % kadar air)

(Sulaeman et al., 2005)

(6) Penetapan Fosfat Tersedia dengan Metode Bray

Ditimbang 2,5 g contoh tanah <2 mm, ditambah pengekstrak Bray dan Kurt I sebanyak 25 mL, kemudian dikocok selama 5 menit. Disaring dan bila larutan keruh dikembalikan ke atas saringan semula (proses penyaringan maksimum 5 menit). Dipipet 2 mL ekstrak jernih ke dalam tabung reaksi. Contoh dan deret standar masing-masing ditambah pereaksi pewarna fosfat sebanyak 10 mL, dikocok dan dibiarkan 30 menit. Diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 693 nm.

Kadar P₂O₅ tersedia (ppm)

$$= \text{ppm kurva} \times \text{mL ekstrak} / 1.000 \text{ mL} \\ \times 1.000 \text{ g/g contoh} \times \text{fp} \times 142/190 \times \text{fk} \\ = \text{ppm kurva} \times 25/1.000 \times 1.000/2,5 \\ \times \text{fp} \times 142/190 \times \text{fk} \\ = \text{ppm kurva} \times 10 \times \text{fp} \times 142/190 \times \text{fk}$$

3. Hasil dan Pembahasan

pH tanah dari 6 titik sampel berkisar dari 5,77–6,27 dan kadar air dari 6 sampel adalah 1,00028–1,00048%. Berdasarkan hasil fosfat tersedia yang didapatkan dari metode Olsen yang dapat dilihat pada Tabel 1, terlihat bahwa hasilnya menunjukkan angka yang cukup besar. Hal ini disebabkan oleh naiknya pH yang berasal dari penggenangan dan penggunaan pengekstrak NaHCO₃.

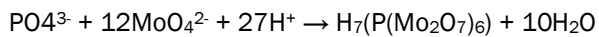
Tabel 1. Fosfat tersedia menggunakan metode Olsen

S	y			x	a
	y ₁	y ₂	∑ y		
S I	0,263	0,229	0,246	2,155	16,102
S II	0,274	0,153	0,2135	1,860	13,899
S III	0,227	0,230	0,175	1,513	11,307
S IV	0,106	0,122	0,114	0,961	7,181
S V	0,127	0,101	0,114	0,961	7,183
S VI	0,142	0,142	0,142	1,214	9,073

Keterangan : S = sampel, y = absorbansi, y₁ dan y₂ = absorbansi (duplo), ∑ y = absorbansi (total), x = konsentrasi (ppm), a = P₂O₅ tersedia (ppm)

Menurut Agus *et al* (2005) reaksi reduksi mengkonsumsi proton, sehingga pada umumnya pH tanah yang digenangi akan meningkat mendekati netral. Penggenangan pada tanah menyebabkan terjadinya reduksi besi ferri menjadi besi ferro. Kondisi reduktif ini dapat berpengaruh positif dalam peningkatan pH tanah dan ketersediaan hara P. Reduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} menurunkan ketersediaan P, karena P tanah dalam bentuk $FePO_4$ yang sukar larut ($k_{sp}=10^{-26}$) berubah menjadi $Fe_3(PO_4)_2$ yang sangat sukar larut ($k_{sp}=10^{-36}$). Namun demikian reaksi ini berlangsung jauh lebih lambat daripada pengendapan $Al(OH)_3$ yang membebaskan P dari senyawa Al-P yang sukar larut, sehingga pada penggenangan tanah banyak dilaporkan adanya kenaikan P tersedia.

Fosfat dalam suasana netral/alkali dalam tanah akan terikat sebagai HPO_4^{2-} . Dengan menggunakan pengeskrak $NaHCO_3$ dengan pH 8.5 maka akan terjadi pertukaran kation sehingga membentuk PO_4^{3-} . Anion fosfat dalam ekstrak bereaksi dengan amonium molybdat dalam suasana asam membentuk asam fosmomolybdat, selanjutnya direduksi oleh asam askorbat membentuk warna biru molybdat (Priyono dan Kusuma, 2012)



Penggunaan pengeskrak $NaHCO_3$ pada pH 8,5 akan lebih menaikkan pH tanah yang telah naik akibat pengaruh penggenangan. pH naik menyebabkan konsentrasi OH^- (hidroksil) akan naik dan bersaing dalam pertukaran ion. Menurut Sulaeman *et al.* (2005) dengan penambahan pengeskrak $NaHCO_3$ menyebabkan terbentuknya Fe- atau Al-hidroksida, sehingga fosfat dibebaskan. Unsur fosfor di dalam tanah terdapat dalam tiga bentuk, tetapi yang paling penting mudah diserap

oleh tanaman adalah bentuk ion ortofosfat primer ($H_2PO_4^-$) dan ortofosfat sekunder (HPO_4^{2-}), sedangkan bentuk PO_4^{3-} lebih sulit diserap oleh tanaman. Metode Olsen dapat digunakan pada tanah masam dan basa, sehingga ketiga bentuk ion fosfat tersebut dapat terbaca (Surya dan Suyono, 2013). Menurut Nursyamsi dan Setyorini (2009) ketersediaan P di dalam tanah tergantung reaksi keseimbangan antara berbagai bentuk P tanah, yakni P dapat larut, P terjerap (P labile), P mineral sekunder dan primer (P non labile), dan P organik. P tersedia merupakan P yang siap diambil tanaman yaitu bentuk $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} dalam larutan tanah. P-labil merupakan bentuk $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} yang berada dalam kompleks jerapan tanah (Anwar *et al.*, 2009).

Tingginya hasil dari penggunaan metode Olsen pada penelitian ini disebabkan oleh tingginya pH dan kemampuan pengeskrak Olsen yang dapat mengukur ketiga bentuk fosfat baik dalam bentuk P larut ataupun P terjerap. Meskipun hasil dari metode ini tinggi, tapi belum bisa dijadikan tolak ukur ketersediaan P karena adanya gangguan dari pengaruh tingginya pH tanah dan adanya bentuk fosfat yang terbaca yang masih sulit untuk diserap oleh tanaman yaitu PO_4^{3-} .

Hasil yang didapatkan dari metode Bray dapat dilihat pada Tabel 2 dan nilainya terlihat lebih kecil dibandingkan hasil dari metode Olsen. Hasil ini tidak bisa dijadikan tolak ukur mengingat bahwa metode Olsen lebih efektif dalam menentukan P tersedia daripada metode Bray untuk sampel tanah sawah ini. Pengaruh gangguan dari parameter lain menyebabkan hasil dari kedua metode belum bisa dijadikan perbandingan efektifitas penentuan P tersedia. Penggunaan pengeskrak NH_4F dan HCl akan menyebabkan turunnya pH sampel. Menurut Buckman dan Brady (1982, dalam keadaan asam sebagian besar P dalam bentuk $H_2PO_4^-$.

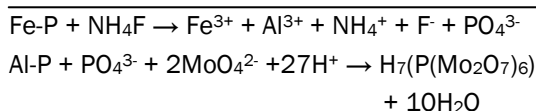
Tabel 2. Fosfat tersedia menggunakan metode Bray

S	Y			x	a
	y ₁	y ₂	Σ y		
S I	0,263	0,229	0,246	2,155	16,102
S II	0,274	0,153	0,2135	1,860	13,899
S III	0,227	0,230	0,175	1,513	11,307
S IV	0,106	0,122	0,114	0,961	7,181
S V	0,127	0,101	0,114	0,961	7,183
S VI	0,142	0,142	0,142	1,214	9,073

Keterangan: S = sampel, y = absorbansi, y₁ dan y₂ = absorbansi (duplo), Σ y = absorbansi (total), x = konsentrasi (ppm), a = P₂O₅ tersedia (ppm)

Fosfat dalam suasana asam akan diikat sebagai garam $H_2PO_4^-$, yang dengan NH_4F dan HCl , akan dibebaskan sebagai PO_4^{3-} . Ion fosfat dalam bentuk ekstrak akan bereaksi dengan ammonium

molybdat selanjutnya akan direduksi oleh asam askorbat menghasilkan warna biru molybdat (Priyono dan Kusuma, 2012).



Penggunaan metode Bray menyebabkan bentuk P yang terbaca adalah H_2PO_4^- dan PO_4^{3-} . Menurut Suntoro (2006) ion yang mudah diserap adalah ion H_2PO_4^- . Hal ini menyebabkan metode Bray lebih efektif dalam hal pembacaan P dibandingkan dengan Olsen karena dalam metode ini lebih cenderung membaca P dalam bentuk H_2PO_4^- yang mudah diserap oleh tanaman.

4. Kesimpulan

Kuantitas fosfat tersedia dari tanah sawah Desa Konarom Barat Kecamatan Dumoga Utara berdasarkan metode Olsen adalah berturut – turut 422,861; 771,614; 1389,464; 1607,386; 821,591; dan 1139,925 ppm, sedangkan metode Bray adalah 16,102; 13,899; 11,307; 7,181; 7,183; dan 9,073 ppm.

Perbedaan sangat nampak dapat terlihat dari kedua metode ini karena dipengaruhi oleh pengaruh dari masing-masing pengekstrak yang digunakan oleh setiap metode dan bentuk fosfat yang terbaca. Pengekstrak NaHCO_3 (metode Olsen) menyebabkan pH naik sehingga menyebabkan banyak P yang terlepas, sedangkan pengekstrak NH_4^+ yang ditambahkan juga dengan HCl (metode Bray) menyebabkan pH turun dan P yang terbaca tidak sebesar metode Olsen. Metode Olsen dapat membaca ketiga bentuk P dalam tanah, yaitu H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , dan PO_4^{3-} , sedangkan metode Bray hanya dapat membaca bentuk H_2PO_4^- dan PO_4^{3-} .

Daftar Pustaka

- Abdulrachman, S. dan Sembiring, H. 2006. Penentuan Takaran Pupuk Fosfat untuk Padi Sawah. *Iptek Tanaman Pangan*. 1:79-87.
- Al Jabri, M. 2006. Perkembangan Uji Tanah dan Strategi Program Uji Tanah Masa Depan di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. 26:54-66.
- Anwar, K., dan Susilawati, A. 2009. Penggunaan Fosfat Alam sebagai Pupuk Alternatif untuk Meningkatkan Produksi Padi pada Tanah Masam di Kalimantan Selatan. *Seminar Nasional Padi*. 1: 917-928.
- Aprisal. 2010. Pengaruh Parit Terhadap Kelembababn Tanah Sawah Sistem SRI (The System Of Rice Intensification) dan Produksi Padi. *Jerami*. 3:26-32.
- Buckman, H. O., dan Brady, N. C. 1982. Ilmu Tanah. *Terjemahan Soegiman*. Bhrata Karya Persada, Jakarta.

- Busyra, B. S. 2008. Kebutuhan Pupuk Fosfor Berdasarkan Status Hara Fosfat Lahan Sawah di Provinsi Jambi. *Jurnal Agronomi*. 8:69-74.
- Dewanto, F., J. Londok., Tuturoong R., dan Kaunang, W. 2013. Pengaruh Pemupukan Anorganik dan Organik terhadap Produksi Tanaman Jagung sebagai Sumber Pakan. *Jurnal Zootek*. 32:1-8.
- Dobermann, A., Witt, C., dan Dawe, D. 2004. Increasing Productivity of Intensive Rice Systems Through Site-Specific Nutrient Management. IRRI, Los Banos.
- Hardjowigeno, S. 1992. Ilmu Tanah. Edisi III. PT. Mediatama Sarana Perkasa, Jakarta.
- Hidayat, A. 2011. Mengatur Pemberian Air. Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Jakarta.
- Ilahi, W. 2000. Penetapan Metode Analisis dan Batas Kritis P-Tersedia Tanah Sawah Kelurahan Amplas Air Bersih Kecamatan Medan Denai [skripsi]. Fakultas Pertanian USU, Medan.
- Kasno, A., Sudirman, dan Sutriadi, M. 2010. Efektivitas Beberapa Deposit Fosfat Alam Indonesia sebagai Pupuk Sumber Fosfor terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit pada Tanah Ultisols. *Jurnal Littri*. 16:165-171.
- Kurniatusolihat, N. 2009. Pengaruh Bahan Stek dan Pemupukan terhadap Produksi Terubuk (Saccharum edule Hasskarl) [skripsi]. Fakultas Pertanian IPB, Bogor.
- Nursyamsi dan Setyorini. 2009. Ketersediaan P Tanah – Tanah Netral dan Alkalin. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 30:25-36.
- Prijono, S., dan Kusuma, Z. 2012. Instruksi Kerja Laboratorium Kimia Tanah. F. Pertanian, Brawijaya.
- Raharjo, B., A. Suprihadi, dan Agustina. 2007. Pelarutan Fosfat Anorganik oleh Kultur Campur Jamur Pelarut Fosfat Secara In Vitro. *Jurnal Sains dan Matematika*. 15:45-54
- Ridwan, I. 2011. Pembuatan Pupuk Super Fosfat dengan Variasi Diameter Partikel Batuan Fosfat dan Variasi Konsentrasi Asam Sulfat. *Jurnal Fluida*. 7:36-40.
- Saraswati, R., E. Husen., R. Simanungkalit. 2007. Metode Biologi Tanah. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.
- Sulaeman, Suparto, dan Eviati. 2005. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Jilid II. Balai Penelitian Tanah, Bogor.
- Simanungkalit, R.D.M., D.A. Suriadikarta., R. Saraswati., D. Setyorini., dan W. Hartatik. 2006. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian, Bogor.
- Surya dan Suyono. 2013. Pengaruh Pengomposan terhadap Rasio C/N Kotoran Ayam dan Kadar Hara NPK Tersedia serta Kapasitas Tukar Kation Tanah. *UNESA Journal of Chemistry*. 2:137-144.
- Soemarno. 2011. Faktor-Faktor Ketersediaan Hara dalam Tanah. F.Pertanian, Brawijaya.