

KETERSEDIAAN P, SERAPAN P DAN Si OLEH TANAMAN PADI GOGO (*Oryza sativa*. L) PADA LAHAN ULTISOL YANG DIAPLIKASIKAN SILIKAT DAN PUKUP FOSFAT

(*P Availability, P and Si Absorption by Gogo Paddy (Oryza sativa) in Ultisol Field in Which Silicate and Phosphate Fertilizer Applied*)

ZULPUTRA ZULPUTRA¹ DAN NELVIA NELVIA²

¹ Dosen Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Pasir Pengaraian

² Dosen Program Studi Magister Ilmu Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Riau
Email: zulputra53@yahoo.com

ABSTRACT

The research was conducted from August 2014 to January 2015 in the Ultisol land, Pematang Berangan Village, Rokan Hulu Regency, Riau Province. The study aims to determine the availability of P, P and Si uptake by upland rice plants granting silicate and phosphate fertilizer on Ultisol land. The form of this research is experimental factorial completely randomized design consist of two factors. The first factor is silicate consists of four levels (0, 50, 75, and 100 kg SiO₂/ha), while the second factor is phosphate fertilizer consists of four levels (0, 36, 54, and 72 kg P₂O₅/ha), each combination was repeated three times. The results showed that addition of silicates and phosphates increase the availability of P, P and Si uptake of upland rice crop. Giving of 100 kg SiO₂ and 36 kg P₂O₅ per hectare increase uptake of P and Si, each respectively increased by 208 % and 218 % compared without silicates and phosphates fertilizer.

Keywords: Ultisols, silicates, phosphates, upland rice.

PENDAHULUAN

Ultisol merupakan tanah mineral yang berkembang pada iklim tropik basah dengan curah hujan dan suhu tinggi sehingga mengalami pelapukan lanjut dan pencucian yang intensif. Pencucian terhadap basa-basa dan ion silikat secara intensif menyebabkan tanah bereaksi masam, kejenuhan basa dan kandungan Si rendah dan kelarutan Al tinggi sehingga meracuni bagi tanaman. (Hardjowigeno, 1993; Subandi, 2007; Makarim *et al.*, 2007).

Jumlah kation Al, Fe dan Mn yang tinggi pada Ultisol menyebabkan ketersediaan P menjadi rendah karena P difiksasi oleh ketiga kation tersebut sehingga menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan dan produksi tanaman (Hakim *et al.*, 2008). Kelarutan kation Al, Fe dan Mn yang tinggi bersifat meracuni bagi pertumbuhan tanaman dan merupakan salah satu kendala dalam usaha budidaya padi gogo di lahan Ultisol. Adapun keracunan tanaman oleh kation tersebut menyebabkan pertumbuhan perkembangan akar terhambat sehingga daya serap hara rendah dan berpengaruh terhadap produksi tanaman.

Usaha yang dapat dilakukan dalam meningkatkan ketersediaan P dan Si pada lahan Ultisol yaitu dengan pemberian silikat dan pupuk fosfat. Pemberian silikat dapat meningkatkan ketersediaan Si tanah dan

mengurangi Al, Fe dan Mn yang bersifat racun bagi akar sehingga daya serap akar lebih baik terhadap hara (Makarim *et al.*, 2007). Selain itu, silikat merupakan anion potensial yang dapat bersaing dengan P dalam menduduki kompleks jerapan sehingga P menjadi tersedia (Setijono, 1996). Pemberian pupuk fosfat dapat meningkatkan ketersediaan P tanah dan lebih mudah diserap oleh tanaman.

Silikat dan P merupakan hara yang dibutuhkan tanaman padi dalam jumlah yang banyak. Si diserap tanaman dalam bentuk H₂SiO₄ (Mitani dan Ma, 2005), sedangkan fosfor diserap tanaman dalam bentuk H₂PO₄⁻ pada tanah masam (Hanafiah, 2007). Silikat berperan dalam melindungi jaringan tanaman sehingga tanaman lebih tahan penyakit, hama dan kekeringan. Silikat melindungi gabah/ beras sejak fase bunga, matang susu hingga matang dari hama penghisap dan jamur jelaga (Makarim *et al.*, 2007). Fosfor berperan dalam pembelahan sel, merangsang perkembangan akar, memperkuat batang, dan pembentukan bunga, biji dan buah (Buckman dan Brady, 1980).

Pemberian silikat dan fosfat diharapkan mampu meningkatkan ketersediaan P dan Si di dalam tanah sehingga serapan P dan Si tanaman meningkat dan berpengaruh terhadap peningkatan produksi padi gogo di lahan Ultisol.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di laboratorium dan di lapangan dari bulan Agustus 2014 sampai Januari 2015. Percobaan lapangan dilakukan di Lahan Ultisol di Desa Pematang Berangan, Kecamatan Rambah, Kabupaten Rokan Hulu, Riau. Analisis sifat kimia tanah sebelum dan setelah penelitian dilakukan di laboratorium Balai Penelitian Tanah Bogor. Sifat kimia tanah awal yang dianalisis meliputi pH H₂O (pH meter), C-organik (Walkley dan Black), N-total (Kjeldahl), nisbah C/N, P-tersedia (Bray I), Kation Basa dapat dipertukarkan (K-dd, Na-dd, Ca-dd, Mg-dd) dan KTK (NH₄OAc pH 7), KB dan kejenuhan Al (KCl 1 N). Sifat kimia tanah setelah penelitian meliputi pH (pH meter), P-tersedia (Bray I) dan Al-dd (KCl 1 N).

Penelitian berupa eksperimen dalam bentuk faktorial menggunakan rancangan acak lengkap. Faktor pertama yaitu silikat terdiri 4 taraf perlakuan (0, 50, 75 dan 100 kg SiO₂/ha) dan pupuk fosfat sebagai faktor kedua terdiri atas 4 taraf (0, 36, 54 dan 72 kg P₂O₅/ha), masing-masing kombinasi diulang tiga kali. Hasil pengamatan setiap parameter dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam dan perbedaan setiap kombinasi perlakuan diketahui dengan uji lanjut Duncan pada taraf 5%.

Padi gogo varietas Situbagendit sebagai tanaman indikator, Na₂SiO₃ dan SP-36 masing-masing mengandung 29% SiO₂ dan 36% P₂O₅ sebagai sumber silikat dan pupuk Fosfat, Urea dan KCl sebagai pupuk dasar masing-masing 200 kg/ha dan 150 kg/ha. Silikat diberikan 1 minggu sebelum tanam, sedangkan pupuk fosfat, urea dan KCl diberikan saat tanam. Padi ditanam dengan jarak 25x25 cm, tiap rumpun dipelihara 3 batang anakan. Parameter yang diamati antara lain tinggi tanaman, jumlah anakan maksimum, jumlah gabah per malai, persentase gabah bernas per malai dan bobot gabah kering per m².

Data hasil penelitian dianalisis dengan menggunakan program SAS portable 9.1.3 dengan uji lanjut Duncan (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Kimia Tanah sebelum diberi Perlakuan

Berdasarkan hasil analisis beberapa sifat kimia tanah sebelum perlakuan, tanah di lokasi penelitian bereaksi sangat masam (pH H₂O = 4,40), kadar C-organik (2,70%) dan N-total (0,27%) sedang, dengan nisbah C dan N sebesar 10,00 yang tergolong rendah. Ketersediaan unsur hara fosfor (18,70 ppm) sedang, K-dd (0,34 me/100g) sedang, dan Na-

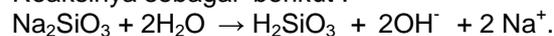
dd (0,00 me/100g) sangat rendah, Ca-dd (1,32 me/100g) dan Mg-dd (0,50 me/100g) dan kapasitas tukar kation (12,70 me/100g) tergolong rendah, kejenuhan basa (17%) sangat rendah dan kejenuhan Al (65%) tergolong sangat tinggi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kesuburan tanah Ultisol di lokasi penelitian tergolong rendah. Hal ini disebabkan tanah Ultisol merupakan tanah mineral yang berkembang dan mengalami pelapukan lanjut disertai pencucian basa-basa (Na, K, Ca dan Mg) dan Si yang intensif. Adanya pencucian yang intensif menyebabkan tanah bereaksi masam, ketersediaan hara dan kejenuhan basa rendah. Disamping itu suhu yang cukup tinggi menunjang terjadinya pembentukan mineral liat yang didominasi oleh mineral silikat tipe 1:1 dan oksida serta hidroksida Fe dan Al.

Prasetyo dkk, (2000) menyatakan bahwa reaksi tanah Ultisol pada umumnya masam hingga sangat masam (pH 5 – 3,10). Nursyamsi dan Suryadi (2000) melaporkan bahwa pH tanah Ultisol Tapin di Kalimantan Selatan mempunyai pH 4,70 dan bereaksi sangat masam. Hasil penelitian Herviyanti dkk, (2012) menunjukkan bahwa kejenuhan Al tanah Ultisol Tanjung Pati di Payakumbuh yaitu 64,33% dan tergolong sangat tinggi.

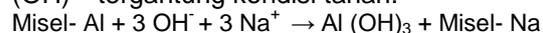
pH dan Al-dd Tanah setelah diberi Perlakuan

Tabel 2 menunjukkan bahwa pemberian silikat dan pupuk fosfat meningkatkan pH dan menurunkan Al-dd tanah. Nilai pH tertinggi dan nilai Al-dd terendah diperoleh pada pemberian 100 kg SiO₂ dan 36 kg P₂O₅ per hektar, sedangkan P tersedia tertinggi diperoleh pada pemberian 100 kg SiO₂ dan 72 kg P₂O₅ per hektar. Menurut Nugroho (2009) bahwa pH tanah meningkat disebabkan terjadi hidrolisis air oleh natrium silikat yang diberikan menghasilkan asam silikat dan ion OH⁻.

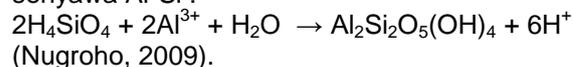
Reaksinya sebagai berikut :



Penurunan Al-dd akibat perlakuan Si terjadi akibat 2 hal yaitu peningkatan pH tanah dan reaksi Al dengan Si. Penurunan Al-dd akibat kenaikan pH terjadi karena peningkatan relatif OH⁻ sehingga Al menurun aktivitasnya dan membentuk Al (OH)₃, Al (OH)⁺ atau Al (OH)²⁺ tergantung kondisi tanah.



Pengaruh Si secara langsung, terjadi akibat reaksi Si dengan Al membentuk senyawa Al-Si :



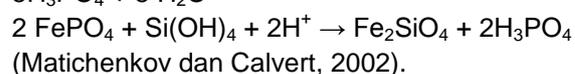
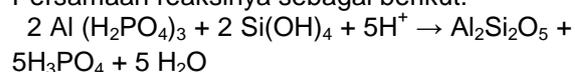
Tabel 1. Nilai Ph dan Al-Dd Tanah Ultisol Setelah Diaplikasi Silikat dan Pupuk Fosfat.

Silikat (kg SiO ₂ /ha)	Pupuk Fosfat (kg P ₂ O ₅ /ha)			
	0	36	54	72
	----- pH -----			
0	4,43	4,48	4,61	4,58
50	4,59	4,87	4,98	4,89
75	4,86	5,06	5,06	5,04
100	5,37	5,55	5,37	5,49
	----- Al-dd (me/100g) -----			
0	4,97	4,89	4,67	4,74
50	4,62	4,28	4,23	4,07
75	4,54	4,12	4,16	4,11
100	4,52	3,63	3,70	3,89

P Tersedia Tanah setelah diberi Perlakuan

P tersedia tanah meningkat untuk semua perlakuan pada pemberian silikat dan pupuk fosfat dikarenakan silikat dapat menggantikan P dari pupuk yang diberikan pada kompleks jerapan dan menurunkan konsentrasi ion Al pada larutan tanah sehingga mengurangi fiksasi P oleh Al. Matichenkov dan Calvert (2002) menyatakan bahwa penambahan Si pada tanah akan melalui dua proses. Proses pertama yaitu peningkatan konsentrasi asam monosilikat pada tanah akan menghasilkan pengubahan P tidak larut menjadi P tersedia bagi tanaman. Fosfor yang tidak tersedia bagi tanaman berhenti pada sisi sematan menyebabkan P tersemat menjadi tersedia bagi tanaman. Hal ini karena SiO₄⁴⁻ memiliki elektronegatifitas lebih besar dibandingkan PO₄³⁻ sehingga SiO₄⁴⁻ dapat

menggantikan PO₄³⁻ yang tersemat. Proses kedua yaitu Si dapat mengikat P sehingga pelindian P berkurang sekitar 40-90%. Persamaan reaksinya sebagai berikut:



Hasil penelitian Nugroho (2009) pemberian Si sebelum pemberian P akan menyebabkan kompleks pertukaran ditempati silikat terlebih dahulu. Pemberian Si sebagai ameliorant dan mendahului perlakuan P terbukti meningkatkan P tersedia bagi tumbuhan. Penambahan Si sebagai ameliorant setelah perlakuan P meningkatkan P tersedia.

Tabel 2. P Tersedia Tanah Ultisol Setelah Diaplikasi Silikat dan Pupuk Fosfat

Silikat (kg SiO ₂ /ha)	Pupuk Fosfat (kg P ₂ O ₅ /ha)			
	0	36	54	72
	----- P tersedia (ppm) -----			
0	16,27	26,99	29,88	30,28
50	20,69	28,44	30,15	34,31
75	21,27	31,49	33,90	34,90
100	23,32	35,35	34,53	36,08

Pertumbuhan dan Produksi Padi Gogo yang Diaplikasi Silikat dan Pupuk Fosfat

Bobot kering tajuk

Tabel 3 menunjukkan bahwa pemberian silikat dan pupuk fosfat meningkatkan bobot kering tajuk sekitar 2 – 101% dibanding tanpa perlakuan. Pemberian 100 kg SiO₂ dan 36 kg P₂O₅ per hektar meningkatkan bobot kering tajuk tanaman tertinggi dibanding perlakuan lain. Hal ini disebabkan pemberian 36 kg P₂O₅/ha diikuti pemberian silikat 100 kg SiO₂/ha memberikan kecukupan hara P bagi tanaman. Jumlah

hara P yang cukup di dalam jaringan akan meningkatkan bobot kering tajuk tanaman dikarenakan fosfor merupakan unsur penyusun ADP dan ATP bersama dengan nitrogen. Dalam kondisi demikian maka tanaman akan melakukan aktivitas fotosintesis yang semakin meningkat. Meningkatnya aktivitas fotosintesis akan meningkatkan pembentukan organ tanaman seperti batang dan daun, sehingga bobot kering tajuk tanaman meningkat. Menurut Surowinoto (1983) semakin banyak P yang dapat diserap maka pertumbuhan akan semakin baik yang ditunjukkan dengan berat kering tanaman yang tinggi.

Tabel 3. Bobot Kering Tajuk Tanaman Padi Gogo Umur 48 Hari Setelah Tanam Pada Lahan Ultisol yang Diaplikasi Silikat dan Pupuk Fosfat

Silikat (kg SiO ₂ /ha)	Pupuk Fosfat (kg P ₂ O ₅ /ha)			Rata-rata	
	0	36	54	72	
	----- g/ rumpun -----				
0	9,93 ^a	18,24 ^{fg}	14,78 ^{cde}	16,89 ^{def}	14,96 ^A
50	10,18 ^a	18,73 ^{fg}	17,56 ^{def}	12,26 ^{abc}	14,68 ^A
75	11,55 ^{ab}	17,93 ^{fg}	14,12 ^{efg}	13,24 ^{bc}	14,21 ^A
100	11,64 ^{ab}	19,97 ^g	18,69 ^{fg}	17,06 ^{efg}	16,84 ^B
Rata-rata	10,82 ^A	18,72 ^D	16,29 ^C	14,86 ^B	
KK = 5,45%					

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf kecil yang sama pada baris dan kolom serta angka-angka yang diikuti huruf besar yang sama pada baris atau kolom berbeda tidak nyata menurut Uji Duncan pada taraf 5%.

Bobot kering akar

Tabel 4 menunjukkan bahwa pemberian 100 kg SiO₂ dan 36 kg P₂O₅ per hektar meningkatkan bobot kering akar tanaman tertinggi dibanding perlakuan lain. Bobot kering akar meningkat sekitar 0,02-1,88 g/rumpun dibanding tanpa pemberian silikat dan pupuk fosfat. Hal ini disebabkan adanya peningkatan P tersedia dan penurunan Al-dd tanah setelah diaplikasi silikat dan pupuk fosfat. P tersedia tanah meningkat maka serapan P tanaman juga meningkat. Peningkatan serapan P akan meningkatkan bobot dan volume akar dikarenakan fosfor dibutuhkan tanaman dalam proses metabolisme dan fisiologis.

Fosfor (P) dapat menstimulir pertumbuhan dan perkembangan perakaran tanaman karena P berperan dalam metabolisme sel dan sebagai aktivator beberapa enzim (Nyakpa *et al.*, 1985; Prasad dan Power, 1997). Soepardi (1983) menyatakan bahwa peranan fosfor bagi tanaman adalah membantu perkembangan akar dan akar rambut, mengimbangi pengaruh kelebihan nitrogen, serta memperkuat batang sehingga tidak mudah rebah. Sutoro *et al.*, (1988) menyatakan bahwa kekurangan unsur P menyebabkan perakaran tanaman menjadi dangkal dan penyebarannya terbatas serta batangnya menjadi lemah.

Tabel 4. Bobot kering akar tanaman padi gogo umur 48 hari setelah tanam pada lahan Ultisol yang diaplikasi silikat dan pupuk fosfat

Silikat (kg SiO ₂ /ha)	Pupuk Fosfat (kg P ₂ O ₅ /ha)			Rata-rata	
	0	36	54	72	
	----- g/rumpun -----				
0	1,71 ^a	2,78 ^{cde}	2,41 ^{abcd}	2,12 ^b	2,25 ^A
50	1,73 ^{ab}	2,58 ^{bcd}	2,47 ^{abcd}	2,54 ^{abcd}	2,33 ^A
75	1,92 ^{ab}	2,87 ^{cde}	2,33 ^{abcd}	2,30 ^{abcd}	2,35 ^A
100	2,11 ^{abc}	3,59 ^e	3,14 ^{de}	3,11 ^{de}	2,94 ^B
Rata-rata	1,87 ^A	2,95 ^C	2,59 ^{BC}	2,52 ^B	
KK = 4,73%					

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf kecil yang sama pada baris dan kolom serta angka-angka yang diikuti huruf besar yang sama pada baris atau kolom berbeda tidak nyata menurut Uji Duncan pada taraf 5%.

Serapan P

Tabel 5 menunjukkan bahwa pemberian 100 kg SiO₂ dan 36 kg P₂O₅ per hektar meningkatkan serapan P tanaman tertinggi dibanding perlakuan lain. Pemberian silikat dan pupuk fosfat meningkatkan serapan P sekitar 3,92 – 42,81 mg/rumpun. Hal ini dikarenakan terjadi perbaikan sifat kimia tanah setelah diberi silikat dan pupuk fosfat yang ditunjukkan dengan meningkatnya pH dan P tersedia serta penurunan Al-dd tanah. Penurunan Al-dd akan meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan akar

dikarenakan akar tidak mengalami keracunan Al, dengan demikian bulu-bulu akar lebih banyak menyerap hara P dan hara lainnya. Makarim *et al.* (2007) menyatakan bahwa dengan adanya silikat kelebihan besi, aluminium dan mangan yang sering menghambat perkembangan akar dapat dikurangi sehingga daya serap akar terhadap hara lebih baik.

Selain itu, penambahan silikat meningkatkan ketersediaan P tanah. Hal ini dikarenakan ion silikat mampu berkompetisi dengan ion fosfat dalam menduduki kompleks

jerapan. Dengan demikian serapan P tanaman akan meningkat karena P tersedia tanah meningkat dan dapat diserap oleh tanaman. Sanchez dan Uehara (1980) menyatakan bahwa pemberian silika dapat meningkatkan

kadar P di dalam tanah menjadi bentuk yang lebih tersedia bagi tanaman. Menurut Bolt dan Bruggenwert (1978) hal ini disebabkan karena ion silikat (SiO_4^{4-}) lebih kuat terjerap dibandingkan dengan ion fosfat (PO_4^{3-}).

Tabel 5. Serapan P oleh Padi Gogo pada Lahan Ultisol Setelah Diaplikasi Silikat dan Pupuk Fosfat

Silikat (kg SiO_2 /ha)	Pupuk Fosfat (kg P_2O_5 /ha)				Rata-rata
	0	36	54	72	
	mg/rumpun				
0	20,56 ^a	43,13 ^b	44,67 ^b	47,40 ^b	38,94 ^A
50	26,32 ^a	52,53 ^{bc}	47,42 ^b	46,48 ^b	43,19 ^A
75	27,03 ^a	47,33 ^b	48,33 ^b	47,12 ^b	42,45 ^A
100	24,48 ^a	63,37 ^c	58,72 ^{bc}	56,45 ^{bc}	50,75 ^B
Rata-rata	24,59 ^A	51,59 ^B	49,78 ^B	49,28 ^B	
KK = 6,34%					

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf kecil yang sama pada baris dan kolom serta angka-angka yang diikuti huruf besar yang sama pada baris atau kolom berbeda tidak nyata menurut Uji Duncan pada taraf 5%.

Serapan Si

Tabel 6 menunjukkan bahwa serapan Si tertinggi diperoleh pada pemberian silikat 100 kg SiO_2 dan pupuk fosfat 36 kg P_2O_5 per hektar yaitu 413,85 mg/rumpun. Serapan Si tanaman meningkat sekitar 28 - 284 mg/rumpun dibanding tanpa perlakuan. Hal ini disebabkan tanaman padi merupakan tanaman akumulator Si yang membutuhkan silikat dalam jumlah yang banyak selama pertumbuhannya. Makarim *et al.* (2007) menyatakan bahwa serapan silikat pada

tanaman padi sebanyak 6 kali serapan K, 10 kali serapan N, 20 kali serapan P_2O_5 dan 30 kali serapan Ca. Takahashi (1995) menyatakan bahwa silikat banyak terdapat pada lapisan epidermis di daun, pelepah daun dan batang. Ma dan Takahashi (2002) menyatakan bahwa silikat pada padi berperan dalam meningkatkan kekuatan jaringan pada batang, daun dan akar. Si juga meningkatkan kekuatan mekanik dinding sel dan melindungi buah padi dari serangan hama seperti penggerek batang, wereng coklat, wereng hijau dan hama punggung putih.

Tabel 6. Serapan Si oleh Padi Gogo pada Lahan Ultisol Setelah Diaplikasi Silikat dan Pupuk Fosfat

Silikat (kg SiO_2 /ha)	Pupuk Fosfat (kg P_2O_5 /ha)				Rata-rata
	0	36	54	72	
	mg/rumpun				
0	129,85 ^a	209,02 ^{bc}	169,68 ^{ab}	189,80 ^{abc}	174,59 ^A
50	157,45 ^{ab}	270,19 ^{cd}	227,77 ^{bcd}	217,56 ^{bcd}	218,24 ^B
75	186,90 ^{abc}	362,17 ^{ef}	296,09 ^{de}	244,18 ^{bcd}	272,33 ^C
100	240,01 ^{bcd}	413,85 ^f	391,62 ^f	373,94 ^{ef}	354,85 ^D
Rata-rata	178,55 ^A	313,81 ^C	271,29 ^B	256,47 ^B	
KK = 9,72%					

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf kecil yang sama pada baris dan kolom serta angka-angka yang diikuti huruf besar yang sama pada baris atau kolom berbeda tidak nyata menurut Uji Duncan pada taraf 5%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pemberian silikat dan pupuk fosfat meningkatkan pH dan P tersedia tanah, bobot kering tajuk dan akar tanaman, serapan P dan Si. Pemberian silikat dan pupuk fosfat pada taraf 100 kg SiO_2 dan 36 kg P_2O_5 per hektar memberikan nilai tertinggi terhadap pH tanah (5,55), bobot kering tajuk (19,97 g/rumpun), bobot kering akar (3,59 g/rumpun), serapan P (63,37 mg/rumpun) dan serapan Si (413,85 mg/rumpun) dibanding perlakuan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bolt, G.H and Bruggenwert, M.G.M. 1978. Soil Chemistry. A. Basic Elements Elsevier Scientific. Publishing. Company.
- Buckman, O.H and N.C. Brady. 1980. The Nature And Properties of Soil. Macmillan Co. Inc. New York.
- Hardjowigeno, S. 2003. Ilmu Tanah. Akademi Presindo. Jakarta. 286 hal.
- Hanafiah, KA. 2007. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Jakarta: Raja Grafindo Persada.
- Herviyanti, Ahmad, F., Sofyani, R., Darmawan, Gusnidar, dan Saidi, A. 2012.

- Pengaruh Pemberian Bahan Humat dari Ekstrak Batubara Muda (*Subbituminus*) dan Pupuk P terhadap Sifat Kimia Ultisol serta Produksi Tanaman Jagung. *Jurnal Solum* 9 (1): 15 – 24.
- Makarim, A. K., E. Suhartatik, A., Kartohardjono. 2007. Silikon: Hara Penting pada Sistem Produksi Padi. *Iptek Tanaman Pangan* 2 (2) : 195-204.
- Ma, J. F. And Takahashi, E. 2002. Soil, Fertilizer and Plant Silicon Research In Japan. Elsevier Science B. V. Amsterdam.
- Matichenkov, V. V. & D. V. Calvert. 2002. Silicon as a beneficial element for sugarcane. *Journal American Society of Sugarcane Technologists* 22 : 21-30.
- Mitani, N and Ma, J. F. 2005. Uptake system of silicon in different plant species. Faculty of Agriculture. Kagawa University. *Journal of Experimental Botany* 56(414) : 1255-1261.
- Nugroho, B. 2009. Peningkatan Produksi Padi Gogo Dengan Aplikasi Silikat Dan Fosfat Serta Inokulasi Fungsi Mikoriza Arbuskular Pada Ultisol. Tesis. Sekolah Pascasarjana. IPB. Bogor.
- Nursyamsi, D dan Suryadi, M.E. 2000. Pengaruh Drainase Terputus dan Pemupukan terhadap pH, Eh, dan Mn, pada Sawah Baru di Ultisol Bandar Abung (Lampung) dan Tapin (KalSel). *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 3 (2): 8 – 17.
- Nyakpa, M.Y. Lubis, A.M. Pulung, M.A. Amroh, A.G. Munawar, A. Hong, G.B dan N. Hakim. 1988. Kesuburan Tanah. Universitas Lampung, S Bandar Lampung. 294 hal.
- Prasad, R dan Power, J.F. 1997. Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture. New York: Lewis Publishes.
- Prasetyo, B. H., H. Sosiawan, and S. Ritung. 2000. Soil of Pametikarata, East Sumba: Its Suitability and Constraints for Food Crop Development. *Indon. Journal. Agric. Sci.* 1(1): 1 – 9.
- Sanchez, P.A and Uehara, G. 1980. Management Considerations for Acid Soils with Phosphorus Fixation Capacity. In . The Rule of Phosphorus In Agriculture. ASA – CSSA- SSSA. Madison. hal 471-509.
- Setijono, S.1996. Intisari Kesuburan Tanah. IKIP. Malang.
- Soepardi, G. 1983. Sifat Dan Ciri Tanah. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. IPB. Bogor. 591 hal.
- Subandi, 2007. Teknologi Produksi dan Strategi Pengembangan Kedelai pada Lahan Kering Masam. *Iptek Tanaman Pangan*. Vol 2, No.1.
- Surowinoto. 1983. Tanaman Padi Sawah. Bogor: Institut Pertanian Bogor. 78 hal.
- Sutoro, V., Soeleman dan Iskandar. 1988. Budidaya Tanaman Jagung. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Takahashi, E.1995. Uptake and Physiological Functions of Silica. p. 420 – 433. In Matsuo, T, K. Kumazawa, R. Ishii , K. Ishihara, and H. Hirata (Eds.). Science of Rice Plant, Volume Two, Physiology. Food and Agriculture Research Center, Tokkyo.