

Korelasi Beberapa Sifat Kimia Tanah dengan Serapan Fosfor Padi Sawah pada Tanah Kaolinitik dan Smektitik

The Correlation of Some Soil Chemical Properties with Phosphorus Uptake of Lowland Rice on Kaolinitic and Smectitic Soils

M. MASJKUR¹ DAN A. KASNO²

ABSTRAK

Korelasi antara sifat-sifat tanah dengan serapan P penting diketahui untuk menunjang rekomendasi pemupukan P. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui korelasi beberapa sifat kimia tanah dengan serapan P padi sawah pada tanah kaolinitik dan smektitik. Penelitian lapangan dilaksanakan pada lahan sawah kaolinitik Lampung dan smektitik Jawa Timur masing-masing dengan keragaman hara P rendah, sedang dan tinggi. Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan empat ulangan. Perlakuan terdiri atas lima tingkat pupuk P yaitu : 0, 23, 46, 69, dan 115 kg P₂O₅ ha⁻¹ menggunakan SP-36. Pada tanah kaolinitik, respon serapan P padi sawah tidak nyata dengan pemupukan P, sedangkan pada tanah smektitik respon serapan P nyata. Pada tanah kaolinitik C organik berkorelasi positif nyata dengan serapan P padi sawah, sedangkan pH tanah, kadar liat, C_{add}, Fe_{dd}, dan Al_{dd} berkorelasi tidak nyata. Pada tanah smektitik C organik berkorelasi negatif nyata dengan serapan P padi sawah, sedangkan pH tanah, kadar liat, C_{add}, Fe_{dd}, dan Al_{dd} berkorelasi tidak nyata. Dengan demikian peningkatan bahan organik pada tanah kaolinitik cenderung meningkatkan serapan P padi sawah, sedangkan pada tanah smektitik cenderung menurunkan serapan P.

Kata kunci : Sifat-sifat kimia tanah, Kaolinitik, Smektitik, Serapan fosfor, Padi sawah

ABSTRACT

Determining relationship between soil properties and phosphorus uptake is important to support P fertilizer recommendation. The objective of this research was to determine the relationship between some soil chemical properties and phosphorus uptake of lowland rice on kaolinitic and smectitic soils. Field experiments were conducted in Lampung kaolinitic paddy soils and East Java smectitic paddy soils with low, medium, and high P content variabilities. The experiments used completely randomized block design with four replications. The treatments consist of five P fertilizer levels that were 0, 23, 46, 69, dan 115 kg P₂O₅ ha⁻¹, applied as superphosphate (SP-36). In kaolinitic soils, P uptake response with P fertilizer was not significant, whereas in smectitic soils P uptake response was significant. In kaolinitic soils, organic C correlated positively with P uptake of lowland rice, while the correlation of pH, clay content, exchangeable Ca, Fe, and Al were not significant. In smectitic soils, organic C correlated negatively with P uptake of lowland rice, while the correlation of pH, clay content, exchangeable Ca, Fe, and Al were not significant. Thus, increasing organic matter in kaolinitic soils will increase P uptake of lowland rice, while in smectitic soils increasing organic matter will decrease P uptake.

Keywords : Soil properties, Kaolinitic, Smectitic, Phosphorus uptake, Lowland rice

PENDAHULUAN

Kahat fosfor merupakan salah satu kendala peningkatan produktivitas padi sawah. Di beberapa wilayah kandungan P umumnya masih rendah, sedangkan di wilayah lainnya kandungan P cukup tinggi. Hal ini disebabkan antara lain oleh pemupukan P terus-menerus dengan dosis tinggi.

Rekomendasi pemupukan P padi sawah telah didasarkan pada pengkelasan hara P tersedia dan peluang respon tanaman (Rochayati dan Adiningsih, 2002). Namun demikian, rekomendasi pemupukan P tersebut belum didasarkan pada jenis tanah dan tipe mineral liat tanah.

Cornforth *et al.* (1990) mengemukakan bahwa ketepatan rekomendasi pemupukan dapat ditingkatkan dengan mempertimbangkan jenis tanah (*soil group*) dan tipe mineral liat dominan telah digunakan sebagai penciri dalam pengelompokan jenis tanah. Sifat-sifat berbeda mineral liat tanah berpengaruh langsung terhadap sifat fisik dan kimia tanah (Brown, 1990; Newman and Hayes, 1990).

Tanah-tanah Ultisols dan Oxisols umumnya mempunyai kaolinit sebagai mineral dominan (kaolinitik), sedangkan sebagian besar tanah Vertisols dicirikan oleh smektit sebagai mineral dominan (smektitik) (Brown, 1990; Tan, 1998). Tanah sawah Ultisols tersebar hampir di seluruh

1. Bagian Analisis dan Pemodelan Statistika, Departemen Statistika, IPB, Bogor.

2. Peneliti pada Balai Penelitian Tanah, Bogor.

pulau utama, sedangkan Vertisols umum terdapat di dataran rendah di Pulau Jawa, sebagian Sumatera dan Sulawesi (Abdurachman *et al.*, 1999).

Korelasi antara sifat-sifat tanah dengan ketersediaan P penting diketahui untuk menunjang rekomendasi pemupukan P. Rochayati (1995) dalam percobaan rumah kaca mendapatkan bahwa fraksi Fe-P, besi oksida bebas, dan besi amorf berkorelasi positif nyata dengan serapan P padi sawah pada delapan minggu setelah tanam dan saat panen. pH tanah berkorelasi positif nyata dengan serapan P pada delapan minggu setelah tanam, tetapi berkorelasi tidak nyata pada saat panen. Adapun fraksi Al-P, fraksi Ca-P, Fe dan Mn dapat ditukar, dan C organik berkorelasi tidak nyata dengan serapan P padi sawah.

Penelitian ini bertujuan untuk : (1) mengetahui respon pemupukan P padi sawah pada tanah kaolinitik dan smektitik, (2) mengetahui korelasi beberapa sifat kimia tanah dengan serapan P padi sawah tanah kaolinitik dan smektitik.

BAHAN DAN METODE

Penelitian lapangan dilaksanakan di daerah Lampung dan Jawa Timur, merupakan bagian dari Proyek Penelitian Teknologi Pengelolaan Lahan Sawah untuk Padi VUTB/Hibrida (Kasno, 2005). Penelitian dilaksanakan pada tiga lokasi lahan sawah Ultisols kaolinitik Lampung yaitu Purworejo 1 (P rendah), Purworejo 2 (P sedang), dan Simbarwaringin (P sangat tinggi) dan tiga lokasi lahan sawah Vertisols smektitik Jawa Timur yaitu Demangan (P sedang), Kedungrejo (P tinggi), dan Tirtobinangun (P sangat tinggi) pada musim tanam 2005/2006. Penelitian laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Penelitian Balai Penelitian Tanah Bogor.

Contoh tanah lapisan atas (0-20 cm) diambil dari lokasi percobaan lapangan. Contoh tanah dikering-udarkan, dihaluskan, dan diayak dengan saringan 2 mm. Jenis penetapan sifat-sifat tanah terdiri atas : tekstur 3 fraksi, pH (H_2O dan KCl),

kandungan bahan organik (C organik, N total, C/N rasio), P dan K HCl 25%, P Bray 1, K, Ca, Mg, dan Na dapat ditukar, KTK dan KB (NH_4OAc 1 M pH 7), Fe, Mn, Cu, dan Zn dapat ditukar (DTPA), Al dan H dapat ditukar (KCl 1 N) (Tabel 1, 2, dan 3). Komposisi mineral liat tercantum pada Tabel 4 dan 5, sedangkan difraktogram x-ray tanah kaolinitik dan smektitik dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.

Percobaan lapangan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan empat ulangan. Perlakuan terdiri atas lima tingkat pupuk P yaitu : 0, 23, 46, 69, dan 115 kg P_2O_5 ha⁻¹ menggunakan SP-36. Sebagai pupuk dasar ditambah pupuk urea 300 kg ha⁻¹ dan 150 kg KCl ha⁻¹. Pupuk P diberikan sekaligus pada saat tanam. Pemupukan dilakukan dengan cara disebar secara merata ke seluruh permukaan petakan. Pupuk urea dan KCl diberikan dua kali, yaitu pada saat tanam dan fase primordia masing-masing dengan $\frac{1}{2}$ dosis. Petak percobaan berukuran 5 m x 5 m. Tanaman indikator yang digunakan adalah padi VUTB var. Fatmawati. Peubah yang diamati ialah serapan P tanaman pada saat panen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respon serapan P padi sawah terhadap pemupukan P

Grafik serapan P padi sawah dengan pemupukan P pada tanah kaolinitik Purworejo 1 (P rendah), Purworejo 2 (P sedang), dan Simbarwaringin (P sangat tinggi) dapat dilihat pada Gambar 3. Terlihat bahwa kurva serapan P hampir datar, hanya di lokasi Purworejo 1 (P rendah) terdapat kecenderungan meningkat dengan pemupukan P.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pada tiga lokasi tanah kaolinitik tidak terdapat respon nyata serapan P dengan pemupukan P (Tabel 6, 7, dan 8). Serapan P padi sawah dengan pemupukan P (50, 100, 150, 200, dan 250 kg SP-36 ha⁻¹) tidak berbeda nyata dengan tanpa pemupukan P (Tabel 9).

Tabel 1. Sifat-sifat tanah kaolinitik Purworejo dan Simbarwaringin Lampung*Table 1. Kaolinitic soil properties from Purworejo dan Simbarwaringin Lampung*

Lokasi	pH		Dihitung berdasarkan contoh kering 105°C																
	(1:2.5)		Tekstur			Bahan organik			HCl 25%		Bray 1	Ekstrak amonium asetat 1 M pH 7							
	H ₂ O	KCl	Pasir	Debu	Liat	C	N	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Na	Jumlah	CTC	KB	
			 g	100g ⁻¹		 g	100g ⁻¹		... mg	100g ⁻¹	...	mg kg ⁻¹	 me 100g ⁻¹						
Purworejo 1																			
P rendah I	5,0	4,0	27	57	16	1,69	0,15	11	11,6	3,6	18	0,08	2,80	0,68	0,02	3,58	12,29	29	
P rendah II	5,1	4,0	25	57	18	1,65	0,15	11	12,5	3,7	24	0,09	2,82	0,65	0,02	3,57	12,13	29	
P rendah III	5,1	4,0	28	59	13	1,69	0,12	14	15,9	4,0	24	0,07	3,05	0,81	0,02	3,95	11,53	34	
P rendah IV	5,1	4,0	25	63	12	1,53	0,13	12	11,9	3,4	21	0,05	2,25	0,70	0,01	3,01	11,45	26	
Purworejo 2																			
P sedang I	5,3	4,0	32	36	32	1,39	0,12	11	21,5	4,0	24	0,07	2,38	0,73	0,01	3,19	9,50	34	
P sedang II	5,2	4,1	32	32	36	1,34	0,14	9	25,7	11,0	29	0,24	2,46	0,73	0,01	3,44	10,24	34	
P sedang III	5,2	4,0	32	46	22	1,31	0,14	9	24,7	3,2	25	0,04	2,66	0,73	0,01	3,45	9,52	36	
P sedang IV	5,2	4,0	31	55	14	1,38	0,14	10	26,5	3,8	32	0,09	2,88	0,82	0,01	3,81	11,37	33	
Simbarwaringin																			
P sangat tinggi I	5,1	4,0	27	45	28	1,51	0,09	16	65,2	5,3	7	0,11	2,10	0,62	0,01	2,84	11,26	25	
P sangat tinggi II	5,1	4,1	25	46	29	1,59	0,11	14	81,0	11,4	10	0,31	2,46	0,67	0,01	3,46	12,79	27	
P sangat tinggi III	5,2	4,1	24	41	35	1,38	0,09	15	83,4	16,0	5	0,45	1,73	0,48	0,01	2,67	13,38	20	
P sangat tinggi IV	5,2	4,0	24	39	37	1,09	0,10	11	74,2	9,5	7	0,31	2,01	0,63	0,01	2,96	12,93	23	

Lokasi	Dihitung berdasarkan contoh kering 105°C					
	Ekstrak DTPA				KCl 1 N	
	Fe	Mn	Cu	Zn	Al	H
	 mg kg ⁻¹				 me 100g ⁻¹	
Purworejo 1						
P rendah I	303	29	1,6	1,5	0,49	1,13
P rendah II	308	35	1,4	1,6	1,14	0,55
P rendah III	287	36	1,2	1,2	0,89	0,67
P rendah IV	267	35	1,4	1,1	0,97	0,65
Purworejo 2						
P sedang I	284	27	1,3	1,0	0,81	0,56
P sedang II	273	31	1,4	2,8	0,32	0,67
P sedang III	276	22	1,2	1,0	0,97	1,77
P sedang IV	282	21	1,2	1,0	0,97	0,77
Simbarwaringin						
P sangat tinggi I	210	87	2,7	3,6	1,30	0,57
P sangat tinggi II	245	83	2,6	1,6	0,97	1,02
P sangat tinggi III	244	103	2,4	1,6	1,22	0,65
P sangat tinggi IV	205	94	2,2	1,3	1,14	0,86

Tabel 2. Sifat-sifat tanah smektitik Jawa Timur*Table 2. Smectitic soil properties from East Java*

Lokasi	pH (1:5)		Dihitung berdasarkan contoh kering 105°C															
			Tekstur			Bahan organik			HCl 25%		Bray 1	Ekstrak amonium asetat 1 M pH 7						
	H ₂ O	KCl	Pasir	Debu	Liat	C	N	C/N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	Na	Jumlah	KTK	KB
	 g 100g ⁻¹			... g 100g ⁻¹ ...			mg 100g ⁻¹		mg kg ⁻¹	 me 100g ⁻¹								%
Demangan																		
P sedang I	7,2	6,3	3	27	70	1,86	0,13	14	31	24	2,0	34,26	14,17	0,33	0,76	49,52	42,68	116,03
P sedang II	7,3	6,2	3	23	74	1,87	0,13	14	25	18	2,0	35,73	14,48	0,26	1,03	51,50	44,63	115,39
P sedang III	7,3	6,1	5	23	72	1,45	0,11	13	26	15	2,3	35,77	14,68	0,18	0,69	51,32	41,64	123,25
P sedang IV	7,1	6,0	4	24	72	1,67	0,13	13	28	16	3,2	35,08	14,73	0,20	0,70	50,71	43,29	117,14
Kedungrejo																		
P tinggi I	5,5	4,5	36	35	29	1,39	0,11	13	50	19	5,4	15,36	6,11	0,31	0,47	22,25	21,95	101,37
P tinggi II	5,5	4,6	32	40	28	1,46	0,11	13	55	19	4,7	16,96	6,36	0,30	0,45	24,07	22,80	105,57
P tinggi III	5,3	4,4	33	41	26	1,46	0,11	13	50	19	5,0	14,92	5,50	0,30	0,38	21,10	21,46	98,32
P tinggi IV	5,6	4,6	31	39	30	1,52	0,11	14	58	36	9,0	16,95	5,94	0,62	0,51	24,02	23,55	101,99
Tirtobinangun																		
P sangat tinggi I	7,4	6,2	1	51	48	1,23	0,08	15	80	29	42,2	38,54	14,36	0,42	1,15	54,47	41,65	130,78
P sangat tinggi II	7,5	6,4	1	42	57	1,37	0,09	15	71	28	37,4	40,50	14,09	0,40	1,39	56,38	41,75	135,04
P sangat tinggi III	7,4	6,3	1	27	72	1,37	0,11	12	75	30	35,2	42,32	15,57	0,44	1,53	59,86	44,16	135,55
P sangat tinggi IV	7,5	6,3	1	31	68	1,42	0,10	14	73	29	33,2	40,10	13,80	0,40	1,35	55,65	43,67	127,43

Lokasi	Dihitung berdasarkan contoh kering 105°C					
	Ekstrak DTPA				KCl 1 N	
	Fe	Mn	Cu	Zn	Al	H
		mg	kg ⁻¹		...	me
Demangan						
P sedang I	96	134	14,3	2,7	0,00	0,02
P sedang II	78	114	14,6	3,4	0,00	0,02
P sedang III	60	110	14,6	2,1	0,00	0,02
P sedang IV	69	77	14,4	2,4	0,00	0,02
Kedungrejo						
P tinggi I	270	126	9,3	2,3	0,00	0,08
P tinggi II	272	132	10,1	2,4	0,00	0,08
P tinggi III	268	163	9,0	1,9	0,00	0,12
P tinggi IV	282	93	10,2	2,0	0,00	0,04
Tirtobinangun						
P sangat tinggi I	36	124	12,5	2,6	0,00	0,02
P sangat tinggi II	31	118	12,4	2,8	0,00	0,02
P sangat tinggi III	37	125	12,8	2,5	0,00	0,00
P sangat tinggi IV	30	136	12,6	2,4	0,00	0,02

Tabel 3. Kriteria penilaian sifat-sifat tanah umum kaolinitik dan smektitik*Table 3. Criteria for evaluation of kaolinitic and smectitic general soil properties*

Lokasi	pH H ₂ O	Tekstur	C-org	N total	P HCl 25%	P Bray 1	K HCl 25%	K _{dd}	Ca _{dd}	Mg _{dd}	Na _{dd}	KTK	KB
Purworejo 1 (P rendah)	masam	lempung berdebu	rendah	rendah	rendah	sedang	sangat rendah	sangat rendah	rendah	rendah	sangat rendah	rendah	rendah
Purworejo 2 (P sedang)	masam	lempung	rendah	rendah	sedang	tinggi	sangat rendah	rendah	rendah	rendah	sangat rendah	rendah	rendah
Simbarwaringin (P sangat tinggi)	masam	lempung berliat	rendah	rendah	sangat tinggi	sangat rendah	rendah	rendah	rendah	rendah	sangat rendah	rendah	rendah
Demangan (P sedang)	netral	liat	rendah	rendah	sedang	sangat rendah	rendah	sangat tinggi	tinggi	sangat rendah	tinggi	sangat tinggi	sangat tinggi
Kedungrejo (P tinggi)	masam	lempung berliat	rendah	rendah	tinggi	sangat rendah	sedang	sangat tinggi	sedang	rendah	sedang	sedang	sangat tinggi
Tirtobinangun (P sangat tinggi)	netral	liat	rendah	rendah	sangat tinggi	sangat tinggi	sedang	sangat tinggi	tinggi	rendah	sangat tinggi	sangat tinggi	sangat tinggi

Lokasi	Fe _{dd}	Mn _{dd}	Cu _{dd}	Zn _{dd}	Kej. Al _{dd}
Purworejo 1 (P rendah)	tinggi	tinggi	tinggi	tinggi	sangat rendah
Purworejo 2 (P sedang)	tinggi	tinggi	tinggi	tinggi	sangat rendah
Simbarwaringin (P sangat tinggi)	tinggi	tinggi	tinggi	tinggi	sangat rendah
Demangan (P sedang)	tinggi	tinggi	tinggi	tinggi	sangat rendah
Kedungrejo (P tinggi)	tinggi	tinggi	tinggi	tinggi	sangat rendah
Tirtobinangun (P sangat tinggi)	tinggi	tinggi	tinggi	tinggi	sangat rendah

Sumber : Pusat Penelitian Tanah (1983); Dobermann and Fairhurst (2000).

Tabel 4. Susunan mineral liat tanah sawah kaolinitik Lampung*Table 4. Composition of clay minerals in kaolinitic soils Lampung*

Lokasi	Mineral liat					
	Kaolinit	Smektit	Illit	Kuarsa	Kristobalit	Goetit
Purworejo 1	+	(+)	(+)	+	(+)	-
Purworejo 2	+	(+)	(+)	+	(+)	-
Simbarwaringin	+	(+)	(+)	+	(+)	-

Sumber : Prasetyo dan Kasno (2001)

Tabel 5. Susunan mineral liat tanah sawah montmorilonitik Jawa Timur*Table 5. Composition of clay minerals in smectitic soils East Java*

Lokasi	Mineral liat											
	Montmorilonit	Montmorilonit (Fe) M-Nontronit	(Fe) M-Nontronit	Kaolinit	Kaolinit-Haloisit	Haloisit	Haloisit-Kaolinit	(Illit-Vermikulit) IRML	(Klorit-Illit) IRML	Kuarsa	Ortoklas	Andesit
Demangan	+	-	-	+	-	-	-	+	-	(+)	-	-
Kedungrejo	-	+	-	-	+	-	-	+	(+)	(+)	(+)	(+)
Tirtobinangun	+	-	-	+	-	-	-	+	-	(+)	-	-

Sumber : Soil Research Institute (1978)

+ = sedikit

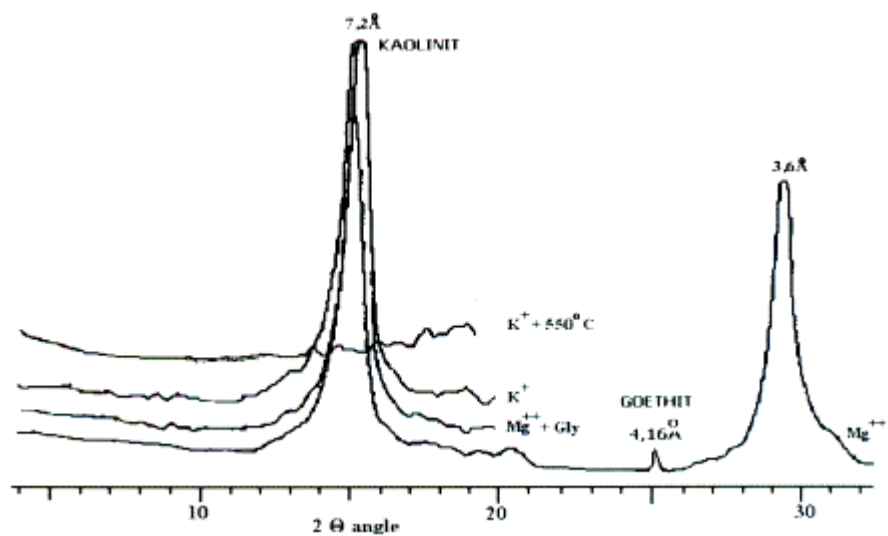
++ = sedang

+++ = banyak

++++ = dominan

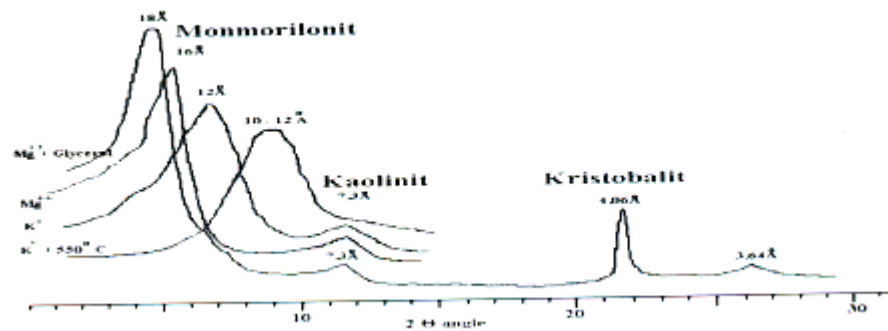
(+) = sangat sedikit

IRML = *irregular mixed layer*



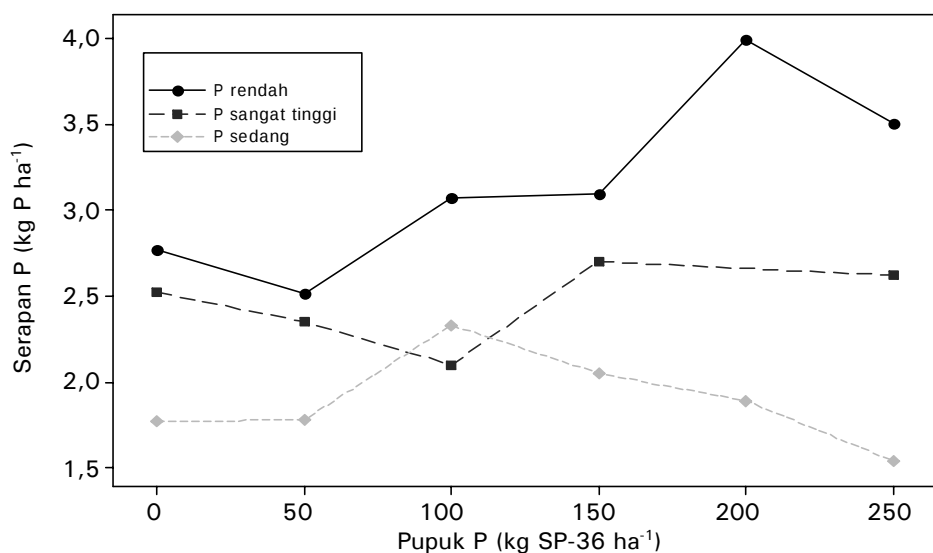
Gambar 1. Difraktogram x-ray tanah kaolinitik (Prasetyo *et al.*, 2004)

*Figure 1. Diffractogram of x-ray kaolinitic soils (Prasetyo *et al.*, 2004)*



Gambar 2. Difraktogram x-ray tanah smektitik (Prasetyo *et al.*, 2004)

*Figure 2. Diffractogram of x-ray smectitic soils (Prasetyo *et al.*, 2004)*



Gambar 3. Serapan P padi sawah dengan pemupukan P pada tanah kaolinitik

Figure 3. P uptake of lowland rice with P fertilization in kaolinitic soils

Tabel 6. Analisis ragam serapan P tanah kaolinitik Purworejo 1

Table 6. Variance analysis of P uptake kaolintic soil from Purworejo 1

Sumber	Jumlah kuadrat	db	Kuadrat tengah	F	Sig.
Pupuk P	5,558	5	1,112	1,741	0,186
Blok	1,798	3	0,599	0,939	0,447
Galat	9,579	15	0,639		
Total	16,934	23			

Tabel 8. Analisis ragam serapan P tanah kaolinitik Simbarwaringin

Table 8. Variance analysis of P uptake kaolintic soil from Simbarwaringin

Sumber	Jumlah kuadrat	db	Kuadrat tengah	F	Sig.
Pupuk P	0,908	4	0,227	0,463	0,761
Blok	4,033	3	1,344	2,746	0,089
Galat	5,875	12	0,490		
Total	10,816	19			

Tabel 7. Analisis ragam serapan P tanah kaolinitik Purworejo 2

Table 7. Variance analysis of P uptake kaolintic soil from Purworejo 2

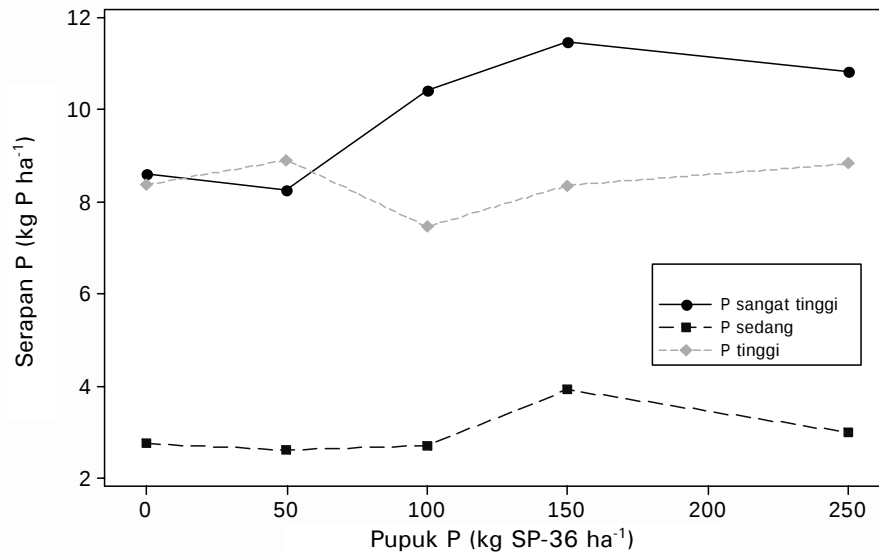
Sumber	Jumlah kuadrat	db	Kuadrat Tengah	F	Sig.
Pupuk P	1,449	5	0,290	1,363	0,292
Blok	1,030	3	0,343	1,615	0,228
Galat	3,189	15	0,213		
Total	5,668	23			

Tabel 9. Serapan P jerami dengan pemupukan P pada tanah kaolinitik

Table 9. P uptake of straw with P fertilization in kaolinitic soils

Pupuk P kg SP-36 ha ⁻¹	Serapan P		
	Purworejo 1	Purworejo 2	Simbarwaringin
0	2,77a	1,77a	2,52a
50	2,51a	1,78a	2,35a
100	3,07a	2,33a	2,10a
150	3,09a	2,05a	2,70a
200	3,99a	1,89a	-
250	3,50a	1,54a	2,62a
Rataan	2,99a*)	1,89b	2,46c

*) Rataan dengan huruf sama tidak berbeda nyata pada $\alpha = 0,05$



Gambar 4. Serapan P padi sawah dengan pemupukan P pada tanah smektitik

Figure 4. P uptake of lowland rice with P fertilization in smectitic soils

Grafik serapan P padi sawah dengan pemupukan P pada tanah smektitik Demangan (P sedang), Kedungrejo (P tinggi), dan Tirtobinangun (P sangat tinggi) dapat dilihat pada Gambar 4. Terlihat bahwa kurva serapan P cenderung meningkat dengan pemupukan P, terutama pada tanah smektitik Demangan dan Tirtobinangun.

Pada tanah smektitik terdapat respon nyata serapan P dengan pemupukan P pada lokasi Demangan dan Tirtobinangun, sedangkan pada lokasi Kedungrejo respon tidak nyata (Tabel 10, 11, 12, dan 13). Pada lokasi Demangan serapan P meningkat nyata dari 2,75 hingga 3,92 kg P ha⁻¹ dengan meningkatnya pemupukan P dari 0 hingga 150 kg SP-36 ha⁻¹, sedangkan antar perlakuan lainnya tidak berbeda nyata. Pada lokasi Tirtobinangun serapan P meningkat nyata dari 8,60 hingga 10,42; 11,47; dan 10,83 kg P ha⁻¹ masing-masing dengan meningkatnya pemupukan P dari 0 hingga 100, 150, dan 250 kg SP-36 ha⁻¹, sedangkan antar perlakuan lainnya tidak berbeda

nyata. Pada lokasi Kedungrejo serapan P tidak berbeda nyata antara tanpa pemupukan P dengan pemupukan P (Tabel 13).

Tabel 10. Analisis ragam serapan P tanah smektitik Demangan

Table 10. Variance analysis of P uptake smectitic soil from Demangan

Sumber	Jumlah kuadrat	db	Kuadrat tengah	F	Sig.
Pupuk P	4,646	4	1,161	12,451	0,000
Blok	0,143	3	4,774E-02	0,512	0,682
Galat	1,119	12	9,328E-02		
Total	5,908	19			

Tabel 11. Analisis ragam serapan P tanah smektitik Kedungrejo

Table 11. Variance analysis of P uptake smectitic soil from Kedungrejo

Sumber	Jumlah kuadrat	db	Kuadrat tengah	F	Sig.
Pupuk P	5,355	4	1,339	1,756	0,202
Blok	0,550	3	0,183	0,241	0,866
Galat	9,147	12	0,762		
Total	15,053	19			

Tabel 12. Analisis ragam serapan P tanah smektitik Tirtobinangun*Table 12. Variance analysis of P uptake smectitic soil from Tirtobinangun*

Sumber	Jumlah kuadrat	db	Kuadrat tengah	F	Sig.
Pupuk P	31,711	4	7,928	11,313	0,000
Blok	0,835	3	0,278	0,397	0,757
Galat	8,409	12	0,701		
Total	40,956	19			

Tabel 13. Serapan P jerami dengan pemupukan P pada tanah smektitik*Table 13. P uptake of straw with P fertilization in smectitic soils*

Pupuk P kg SP-36ha ⁻¹	Serapan P kg P ha ⁻¹		
	Demangan	Kedungrejo	Tirtobinangun
0	2,75a	8,37a	8,60a
50	2,61a	8,91a	8,27a
100	2,70a	7,46a	10,42b
150	3,92b	8,36a	11,47b
250	2,99a	8,83a	10,83b
Rataan	2,99a	8,39b	9,92c

*) Rataan dengan huruf sama tidak berbeda nyata pada $\alpha = 0,05$

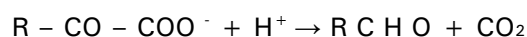
Korelasi beberapa sifat-sifat tanah dan serapan P tanah kaolinitik dan smektitik

Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa pada tanah kaolinitik pH tanah berkorelasi tidak nyata dengan serapan P padi sawah ($r = -0,51^{tn}$) (Tabel 14). Hal ini disebabkan karena pH tanah

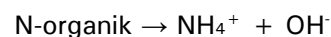
berkorelasi negatif nyata dengan bahan organik ($-0,75^{**}$). Sutami dan Djakamihardja *dalam* Prasetyo *et al.* (2004) mengemukakan bahwa kenaikan pH tanah bersamaan dengan reduksi tanah ditentukan oleh : (a) pH awal dari tanah, (b) macam dan kandungan komponen tanah teroksidasi terutama besi dan mangan, serta (c) macam dan kandungan bahan organik. Makin tinggi kandungan bahan organik tanahnya, terutama bahan organik mudah lapuk, makin besar kekuatan reduksinya dan peningkatan pH-nya.

Haynes dan Mokolobate (2001) mengemukakan beberapa mekanisme berbeda mengenai peningkatan pH tanah dengan meningkatnya bahan organik tanah. Hal tersebut meliputi :

(1) oksidasi anion-anion asam organik selama dekomposisi bahan organik. Dua mekanisme dalam hal ini adalah : (a) anion-anion asam organik dapat mengkompleks proton (H^+), sehingga pH meningkat, (b) dekomposisi oleh mikroba dan dekarboksilasi anion-anion asam organik (konsumsi proton dan pelepasan CO_2) :



(2) amonifikasi N-organik. Selama dekomposisi bahan organik, N-organik diamonifikasi. Hal ini menyebabkan peningkatan pH :



(3) jerapan spesifik dari molekul-molekul organik bahan humik dan/atau asam-asam organik (hasil dari

Tabel 14. Korelasi sifat-sifat tanah dan serapan P pada tanah kaolinitik*Table 14. Correlation of soil properties with P uptake in kaolinitic soils*

Fraksi P	pH	Liat	C	Ca _{dd}	Fe _{dd}	Al _{dd}	Ser-P
pH	-	-	-	-	-	-	-0,51
Liat	0,55	-	-	-	-	-	-0,29
C	-0,75**	-0,64*	-	-	-	-	0,61*
P HCl-25	0,15	0,68*	-0,38	-0,72**	-0,84**	0,52	-0,13
P Bray 1	0,18	-0,49	0,13	0,75**	0,77**	-0,55	-0,16
Ca _{dd}	-0,32	-0,71*	0,53	-	-	-	0,07
Fe _{dd}	-0,16	-0,60*	0,54	0,77**	-	-	0,33
Al _{dd}	0,06	0,03	-0,13	-0,41	-0,52	-	0,10

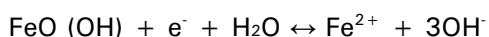
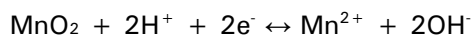
** Nyata pada $\alpha = 0,01$

* Nyata pada $\alpha = 0,05$

dekomposisi bahan organik) pada Al dan Fe (hidroksida), sehingga melepaskan ion OH^- :



(4) reaksi reduksi. Kondisi anaerobik selama penggenangan dapat meningkatkan dekomposisi bahan organik (karena aktivitas mikroba intensif), sehingga merangsang reaksi reduksi dan peningkatan pH, antara lain reduksi valensi lebih tinggi Mn oksida dan/atau Fe (hidroksida) dalam tanah :



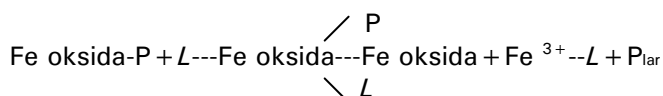
Peningkatan pH tersebut memberikan muatan negatif lebih besar pada permukaan jerapan, sehingga cenderung mengurangi jerapan P (Haynes and Mokolobate, 2001) dan meningkatkan kelarutan besi dan aluminium fosfat karena reduksi (Kyuma, 2004). Rendahnya bahan organik ($< 2,0\%$) pada tanah kaolinitik nampaknya tidak nyata mendukung peningkatan pH tanah tersebut mendekati netral (6,5-7,5) dan ketersediaan fosfat optimum, sehingga serapan P tanaman meningkat.

Kadar liat pada tanah kaolinitik berkorelasi tidak nyata dengan serapan P padi sawah ($r = -0,29^{\text{tn}}$). Hal ini disebabkan karena kadar liat berkorelasi negatif nyata dengan Fe_{dd} ($-0,60^*$), Ca_{dd} ($-0,71^*$), dan bahan organik ($-0,64^*$), menunjukkan bahwa fraksi liat ($< 2 \mu$) tanah kaolinitik didominasi oleh mineral liat Al-silikat (kaolinit) daripada besi oksida, kalsium karbonat atau bahan organik. Sesuai dengan Trakoonyingcharoen *et al.* (2005) bahwa pada tanah Ultisols dan Oxisols jumlah mineral kaolinit berkorelasi tidak nyata dengan koefisien-koefisien jerapan P (jerapan maksimum). Dengan demikian jumlah mineral kaolinit juga tidak berperan nyata dalam serapan P tanaman. Walaupun kadar liat berkorelasi positif nyata dengan P total (HCl 25 %) ($0,68^*$), nampaknya fosfat tersebut tidak dalam bentuk tersedia, sehingga dapat diserap oleh tanaman.

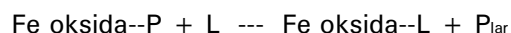
Bahan organik tanah berkorelasi positif nyata dengan serapan P padi sawah ($r = 0,61$) (Tabel 14),

menunjukkan bahwa semakin meningkat bahan organik tanah, semakin meningkat pula serapan P padi sawah. Hal ini dapat disebabkan oleh : (1) pembentukan kompleks organofosfat lebih mudah diassimilasi oleh tanaman, (2) penggantian anion H_2PO_4^- pada tapak-tapak jerapan, (3) pelapisan Fe/Al oksida oleh humus membentuk lapisan protektif dan mengurangi jerapan P, dan (4) meningkatnya jumlah P organik dimineralisasi menjadi P anorganik (Havlin *et al.*, 1999; Haynes and Mokolobate, 2001).

Johnson dan Loeppert (2006) mendapatkan bahwa pada ferihidrit (besi oksida agak kristalin (*poorly crystalline*) dengan rumus $\text{Fe}_5\text{HO}_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) dan banyak terdapat pada tanah sawah masam, urutan keefektifan ligan organik dalam pelepasan P adalah sitrat (19% dari P total terjerap awal) $>$ malat (14%) $>$ tartrat (5%) $>>$ oksalat = malonat = suksinat (0,3-1,2%). Pada konsentrasi P terjerap lebih kecil ($\frac{1}{4}$ dari jerapan maksimum), mekanisme dominan dari pelepasan P oleh asam organik (*organic-acid induced P release*) adalah pelarutan kompleks ligan-Fe oksida (*ligand-enhanced dissolution*) :



daripada pertukaran ligan (*ligand exchange*) :



dimana :

L = agen kompleks Fe-organik (ligan) dan P_{lar} = fosfat anorganik. Pada $\frac{3}{4}$ dari jerapan maksimum, pertukaran ligan berperan lebih besar dalam pelepasan P.

Kation Ca_{dd} , Fe_{dd} , dan Al_{dd} tanah kaolinitik berkorelasi tidak nyata dengan serapan P padi sawah (masing-masing $r = 0,07^{\text{tn}}$, $0,33^{\text{tn}}$, dan $0,10^{\text{tn}}$) (Tabel 14). Hal ini disebabkan karena kation pada permukaan mineral liat silikat (kation dapat ditukar) menarik dan memegang jumlah sedikit anion H_2PO_4^- , sehingga berperan tidak nyata dalam serapan P tanaman (Havlin *et al.*, 1999).

Tabel 15. Korelasi sifat-sifat tanah dan serapan P pada tanah smektitik*Table 15. Correlation of soil properties with P uptake in smectitic soils*

Fraksi P	pH	Liat	C	Ca _{dd}	Fe _{dd}	Al _{dd}	Ser-P
pH	-	-	-	-	-	-	-0,20
Liat	0,90**	-	-	-	-	-	-0,49
C	0,10	0,39	-	-	-	-	-0,81**
P HCl-25	0,05	-0,28	-0,78**	-0,05	-0,10	-	0,95**
P Bray 1	0,50	0,15	-0,66*	0,40	-0,55	-	0,72**
Ca _{dd}	0,98**	0,94**	0,17	-	-	-	-0,30
Fe _{dd}	-0,99**	-0,88**	-0,01	-0,98**	-	-	0,14
Al _{dd}	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 15 menunjukkan bahwa pada tanah smektitik pH tanah berkorelasi tidak nyata dengan serapan P padi sawah ($r = -0,20^{tn}$). Hal ini disebabkan karena pH tanah berkorelasi positif nyata dengan kadar liat ($0,90^{**}$) dan Ca_{dd} ($0,98^{**}$), tetapi berkorelasi negatif nyata dengan Fe_{dd} ($-0,99^{**}$). Sesuai dengan penelitian Hartikainen dan Simojoki (1997) bahwa pada tanah dengan pH tinggi P yang dilepaskan dari liat dan Ca pada tanah karena menurunnya pH dapat diikat oleh Fe, sehingga P tersedia relatif tidak berubah. Rochayati (1995) mendapatkan bahwa pH tanah Vertisols Ngawi hanya menurun sedikit dengan penggenangan dan P terekstrak Olsen relatif tidak berubah.

Kadar liat pada tanah smektitik berkorelasi tidak nyata dengan serapan P padi sawah ($r = -0,49^{tn}$). Hal ini disebabkan karena kadar liat berkorelasi positif nyata dengan Ca_{dd} ($0,94^{**}$), tetapi berkorelasi negatif nyata dengan Fe_{dd} ($-0,88^{**}$). Sesuai dengan penelitian Hartikainen dan Simojoki (1997) bahwa dinamika fosfat pada fraksi liat tanah merupakan pengaruh bersih (*net effect*) dari dua pengaruh bersamaan, tetapi reaksi berlawanan pada fraksi liat yaitu pelepasan fosfat dari Ca dan pengikatan fosfat oleh Fe.

Kandungan bahan organik tanah berkorelasi negatif nyata terhadap serapan P padi sawah ($r = -0,81^{**}$), menunjukkan bahwa meningkatnya bahan organik tanah cenderung menurunkan serapan P tanaman. Hal ini disebabkan karena (1) pada mineral liat tipe 2:1 bahan organik dapat diikat pada ruang

antar lapisan (*interlayer*) dari mineral liat, sehingga P dijerap sulit diserap oleh tanaman (Tan, 1998; He *et al.*, 1999), (2) pada pH netral aktivitas mikroba cukup tinggi dan dapat menggunakan (*imobilisasi*) P larutan sebagai P-mikroba menghasilkan molekul P organik lebih resisten (Havlin *et al.*, 1999; Killham, 1999).

Kation Ca_{dd} dan Fe_{dd} berkorelasi tidak nyata pada serapan P padi sawah (masing-masing $r = -0,30^{tn}$ dan $0,14^{tn}$). Hal ini disebabkan karena kation pada permukaan mineral liat silikat menarik dan memegang jumlah sedikit anion H₂PO₄⁻.

Berdasarkan hasil di atas dapat dikatakan bahwa pada tanah kaolinitik bahan organik tanah merupakan sifat tanah utama mempengaruhi ketersediaan P padi sawah, sedangkan pH tanah, kadar liat, Ca_{dd}, Fe_{dd}, dan Al_{dd} kurang terandalkan sebagai indikator ketersediaan P. Peningkatan bahan organik pada tanah kaolinitik cenderung meningkatkan serapan atau ketersediaan P padi sawah.

Pada tanah smektitik bahan organik tanah juga merupakan sifat tanah utama mempengaruhi ketersediaan P padi sawah, sedangkan pH tanah, kadar liat, Ca_{dd}, dan Fe_{dd} kurang terandalkan sebagai indikator ketersediaan P. Namun demikian, peningkatan bahan organik pada tanah smektitik cenderung menurunkan serapan atau ketersediaan P padi sawah.

KESIMPULAN

1. Responsivitas serapan P padi sawah terhadap pemupukan P pada tanah kaolinitik dan smektitik berhubungan dengan kandungan bahan organik tanah bersangkutan. Pada tanah kaolinitik peningkatan bahan organik cenderung meningkatkan serapan P padi sawah, sedangkan pada tanah smektitik peningkatan bahan organik cenderung menurunkan serapan P padi sawah.
2. Pada tanah kaolinitik dan smektitik pH tanah, kadar liat, C_{add} , Fe_{dd} , dan Al_{dd} berkorelasi tidak nyata dengan serapan P padi sawah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A., I. Las, A. Hidayat, dan E. Pasandaran. 1999.** Optimalisasi Sumberdaya Lahan dan Air untuk Pembangunan Pertanian Tanaman Pangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Brown, G. 1990.** Structure, crystal chemistry, and origin of the phyllosilicate minerals common in soil clays. Pp. 7-38. *In* M.F. De Boodt, M.H.B. Hayes, and A. Herbillon (Eds.) Soil Colloids and their Association in Aggregates. Plenum Press, New York.
- Cornforth, I.S., A.K. Metherell, and P. Sorn-Srivichai. 1990.** Assessing Fertilizer Requirements. Pp. 157-166. *In* Proceedings of Symposium Phosphorus Requirements for Sustainable Agriculture in Asia and Oceania. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.
- Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000.** Nutrient Disorders and Nutrient Management. International Rice Research Institute, Los Banos, Laguna, Philippines.
- Hartikainen, H. and A. Simojoki. 1997.** Changes in solid-and solution-phase phosphorus in soil on acidification. *Eur. J. Soil Sci.* 48:493-498.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 1999.** Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. Prentice-Hall, New Jersey.
- Haynes, R.J. and M.S. Mokolobate. 2001.** Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of phenomenon and the mechanisms involved. *Nutr. Cycl. Agr.* 59:47-63.
- He, J.Z., A. De Cristofaro, and A. Violante. 1999.** Comparison of adsorption of phosphate, tartrate, and oxalate on hydroxy aluminium montmorillonite complexes. *Clays Clay Miner.* 47:226-233.
- Johnson, S.E. and R.H. Loeppert. 2006.** Role of organic acids in phosphate mobilization from iron oxide. *Soil Sci. Soc.Am. J.* 70:222-234.
- Kasno, A. 2005.** Teknologi Pengelolaan Lahan Sawah untuk Padi VUTB/Hibrida. Proposal Rencana Penelitian Tim Peneliti (RPTP). Balai Penelitian Tanah, Bogor.
- Killham, K. 1999.** Soil Ecology. Cambridge University Press, UK.
- Kyuma, K. 2004.** Paddy Soil Science. Kyoto University Press, Kyoto, Japan.
- Newman, A.C.D. and M.H.B. Hayes. 1990.** Some Properties of clays and of other soil colloids and their influence on soils. Pp. 39-56. *In* M.F. De Boodt, M.H.B. Hayes, and A. Herbillon (Eds.) Soil Colloids and their Association in Aggregates. Plenum Press, New York.
- Prasetyo, B.H. dan A. Kasno. 2001.** Sifat Morfologi, Komposisi Mineral dan Fisika-Kimia Tanah Sawah Irigasi di Propinsi Lampung. *J. Tanah Trop.* 12:155-167.
- Prasetyo, B.H., J.S. Adiningsih, K. Subagyono, dan R.D.M. Simanungkalit. 2004.** Mineralogi, kimia, fisika, dan biologi lahan sawah. *Dalam* F. Agus, A. Adimihardja, S. Hardjowigeno, A.M. Fagi, dan W. Hartatik (Eds.) Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Pusat Penelitian Tanah. 1983.** Klasifikasi Kesesuaian Lahan. Bogor.

- Rochayati, S. 1995.** The Behavior of Phosphorus in Some Indonesian Paddy Soils in Relation to the Growth of Rice (*Oryza Sativa* L.). Faculty of the Graduate School, University of the Philippines, Los Banos, Philippines.
- Rochayati, S. dan J.S. Adiningsih. 2002.** Pembinaan dan pengembangan program uji tanah untuk hara P dan K pada lahan sawah. Hlm. 9-37. *Dalam* Z. Zaini, A. Sofyan, dan S. Kartaatmadja (Eds.) Pengelolaan Hara P dan K pada Padi Sawah. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Soil Research Institute. 1978.** Report on Semi Detailed Soil Survey of the Widas Irrigation Project (Nganjuk, East Java). Bogor.
- Tan, K.H. 1998.** Dasar-dasar Kimia Tanah. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Trakoonyingcharoen, P., I. Kheoruenromne, A. Suddhiprakarn, and R.J. Gilkes. 2005.** Phosphate sorption by Thai red Oxisols and red Ultisols. Soil Sci. 170:716-725.