

## Sifat Kimia Tanah dan Serapan Hara Tanaman Kakao Akibat Bahan Organik dan Pupuk Fosfat yang Berbeda

### *Soil Chemical Properties and Nutrient Uptake of Cocoa as Affected by Application of Different Organic Matters and Phosphate Fertilizers*

Sugiyanto<sup>1)</sup>, John Bako Baon<sup>1)</sup>, dan Ketut Anom Wijaya<sup>2)</sup>

#### Ringkasan

Upaya perbaikan kualitas tanah sebaiknya dilakukan secara simultan yakni dengan pemberian bahan organik dan pemupukan anorganik. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh berbagai macam bahan organik dan pupuk fosfat terhadap sifat kimia tanah dan serapan hara oleh tanaman kakao. Penelitian disusun menurut rancangan perlakuan petak terpisah dan rancangan lingkungan acak kelompok lengkap. Sebagai petak utama adalah sumber P terdiri atas tanpa P, SP 36 dan fosfat alam dengan takaran 200 mg  $P_2O_5$  per kg tanah kering angin. Sumber bahan organik sebagai anak petak, terdiri atas tanpa bahan organik, pupuk kandang sapi dengan takaran 2,5 dan 5,0%; kompos kulit buah kakao dengan takaran 2,5 dan 5,0%; belotong dengan takaran 2,5 dan 5,0%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian bahan organik berupa pupuk kandang sapi, kompos kulit kakao, dan belotong dapat meningkatkan kandungan C, N, Ca tertukar, Fe tersedia, dan pH tanah, serta pupuk SP 36 dapat meningkatkan ketersediaan P dalam tanah. Pemberian belotong dapat meningkatkan serapan N, K, Ca, Mg, dan  $SO_4$  namun belum dapat meningkatkan serapan Cl. Pemberian pupuk kandang sapi dengan dosis 5% dapat meningkatkan serapan N, K dan Cl, sedangkan kompos kulit kakao dengan dosis 5% dapat meningkatkan serapan N dan K tanaman kakao. Pemupukan SP 36 dapat meningkatkan serapan Mg tanaman kakao, sedangkan fosfat alam tidak dapat meningkatkannya. Tidak terdapat interaksi antara pemberian bahan organik dengan pupuk fosfat terhadap serapan hara oleh tanaman kakao. Terdapat korelasi positif antara kandungan hara dalam tanah akibat pemberian bahan organik dengan serapan hara oleh tanaman kakao.

#### Summary

*Effort repair of land quality better be done by simultan namely with application of organic matters and inorganic fertilization. The objective of this research is to study the effect of varied organic matters source and phosphate fertilizers on the chemicals soil characteristic and cocoa nutrient uptake.*

---

1) Teknisi (*Technician*), dan Peneliti (*Researcher*), Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jl. PB. Sudirman No. 90 Jember, Indonesia.

2) Dosen (*Lecturer*), Program Master Fakultas Pertanian Universitas Negeri Jember, Indonesia.

*The experiment was laid experimentally in split-plot design and environmentally in randomized complete block design. The main plot was source of P consisted of, control, SP 36 and rock phosphate in dosage of 200 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per kg of air dry soil. Source of organic matter as sub-plot consisted of control (no organic matter), cow dung, cocoa pod husk compost and sugar cane filter cake, each in dosage of 2.5 and 5.0%. Result of this experiment showed application of cow dung, cocoa pod husk compost and sugar cane filter cake increased content of C, N, Ca exchangeable, Fe available, and pH in soil, and SP 36 increased availability of P in soil. Application of sugar cane filter cake increased N, K, Ca, Mg, and SO<sub>4</sub> uptake but did not increase Cl uptake, application of cow dung in dosage 5% increased N, K, and Cl uptake and cocoa pod husk compost dosage 5% increased N and K uptake of cocoa. SP 36 increased Mg uptake of cocoa but rock phosphate did not increase it. They were not interaction between organic matters and phosphate fertilizers to nutrient uptake of cocoa. Nutrient soil content as affected by organic matters correlated with nutrient uptake of cocoa.*

**Key words** : soil chemical properties, nutrient uptake, cocoa, organic matter, phosphate fertilizers.

## PENDAHULUAN

Dewasa ini, kualitas tanah sebagai salah satu sumber daya alam menjadi faktor pembatas dalam usaha perkebunan kakao. Hal ini disebabkan daya dukung tanah dalam mempertahankan produktivitas tanaman sudah mulai menurun. Penurunan kualitas tanah ini dikarenakan berkurangnya kandungan hara mineral dalam tanah. Selain itu, penurunan ini juga didukung rendahnya kandungan bahan organik tanah yang ada di perkebunan kakao (Pujiyanto, 1996). Bahan organik tanah mempunyai peran vital dalam menentukan kemampuan tanah mendukung tanaman. Bahan organik berpengaruh terhadap sifat-sifat fisik, kimia, maupun biologi tanah.

Pemberian bahan organik merupakan upaya untuk memperbaiki sifat-sifat kimia, fisik, dan biologi tanah agar tanah tersebut memiliki kemampuan lebih besar dalam mendukung pertumbuhan dan produksi

tanaman. Banyaknya jenis sumber bahan organik diduga akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap sifat kimiawi tanah. Bahan organik yang berasal dari kotoran ternak telah mengalami reaksi enzimatik di dalam saluran pencernaannya, kompos alam hanya memanfaatkan limbah tanaman secara langsung, dan kompos limbah industri dengan memanfaatkan limbah industri yang biasanya telah mengalami penambahan senyawa kimia, sebelum semuanya di-komposkan. Akibat proses awal yang berbeda ini maka sifat fisik, kimia, maupun biologi ketiga sumber bahan organik di atas akan berbeda.

Upaya perbaikan ketiga sifat tanah tersebut dapat dilakukan secara simultan yakni selain pemberian bahan organik juga perlu diimbangi dengan usaha pemupukan anorganik. Salah satu hara penting untuk pertumbuhan tanaman kakao adalah fosfor (P) yang merupakan unsur yang berperan dalam metabolisme suatu tanaman. Sebagai

pupuk fosfat umumnya digunakan SP 36. Namun, dengan semakin mahalnya harga pupuk SP 36, maka pemberian pupuk fosfat dari sumber yang lain perlu dilakukan. Penggunaan fosfat alam sebagai pupuk alternatif penyedia P dapat dilakukan mengingat bahan ini merupakan bahan baku pembuatan pupuk-pupuk sumber fosfat seperti SP 36, dan TSP.

Penambahan pupuk fosfat dengan tujuan agar ketersediaan P dalam tanah pada kondisi yang cukup sehingga dapat merangsang terbentuknya bulu akar dan akar rambut dan akibatnya serapan hara tanaman melalui akar meningkat (Hardjono, 1988; Hardjono & Warsito, 1992; Hardjono, 1993; Widiastuti & Baon, 1994). Pemberian pupuk fosfat yang diimbangi dengan pemberian bahan organik akan mempengaruhi serapan hara oleh tanaman. Hal ini disebabkan bahwa bahan organik dapat merubah bentuk-bentuk P dalam tanah (Pujiyanto *et al.*, 2004), yakni turunnya P anorganik labil dan meningkatnya P anorganik agak labil. Dengan perubahan bentuk-bentuk P dalam tanah maka serapan hara tanaman kakao diduga mengalami perubahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat kimia tanah dan serapan hara oleh tanaman kakao akibat pemberian bahan organik dan pupuk fosfat.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca dan Laboratorium Analisis Tanah dan Air Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Penelitian berlangsung pada bulan September 2007 sampai dengan April 2008. Sebagai media, digunakan tanah jenis Gleihumik rendah berasal dari

KP. Kaliwining yang diketahui memiliki kandungan P tersedia (Bray I) rendah yakni kurang dari 32 ppm. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini memiliki tekstur geluh lempungan (*clay loam*) dengan kandungan C 0,96%; N 0,10%;  $P_2O_5$  HCl 25% 89 mg/100 g,  $P_2O_5$  Bray I 16 ppm,  $P_2O_5$  Olsen 37 ppm, kalium tertukar, natrium tertukar, kalsium tertukar, magnesium tertukar, dan kapasitas pertukaran kation masing-masing 0,90; 1,25; 16,75; 7,05; dan 27,61 cmol/100 kg, pH  $H_2O$  dan KCl 1 N masing-masing 6,8 dan 4,9.

Penelitian disusun dengan menggunakan rancangan perlakuan petak terpisah dan rancangan lingkungan acak kelompok lengkap (*Randomized Complete Block Design/RCBD*) dengan 3 ulangan. Sebagai petak utama digunakan sumber pupuk P yang terdiri atas - tanpa dipupuk sebagai kontrol, pupuk pembanding SP 36, dan fosfat alam. Sebagai anak petak adalah sumber dan dosis bahan organik yang terdiri atas tanpa bahan organik sebagai kontrol, pupuk kandang sapi dengan dosis 2,5% dan 5%; kompos kulit kakao dengan dosis 2,5% dan 5%; serta belotong dengan dosis 2,5% dan 5% dari berat tanah kering angin. Dosis pupuk P yang ditambahkan masing-masing sebanyak 200 mg  $P_2O_5$  untuk setiap kilogram tanah. Komposisi kimia pupuk fosfat alam yang digunakan dalam penelitian ini adalah  $P_2O_5$  total,  $P_2O_5$  larut asam sitrat 2%, dan  $P_2O_5$  larut air masing-masing sebesar 28,48%; 8,98%; dan 2,89%; CaO 43,98%; MgO 0,14 %; serta  $Fe_2O_3$  1,23%. Komposisi kimia sumber bahan organik yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1. Tanah lolos ayakan 5 mm x 5 mm, sumber bahan organik, dan sumber pupuk

P dicampur secara homogen sesuai perlakuan yang diuji. Percobaan inkubasi dimulai pada saat 4 minggu sebelum bibit semai kakao ditanam. Selama inkubasi, kadar air dipertahankan pada kondisi kapasitas lapangan.

Benih yang digunakan berasal dari kebun benih dengan induk ICS 60 hasil persarian terbuka. Penanaman bibit ke polibeg dilakukan setelah perkecambahan sempurna yakni ketika persemaian berumur 2 minggu. Pemeliharaan bibit di polibeg meliputi penyiraman, pemupukan, dan pengendalian hama (ulat, kutu dan belalang). Penyiraman dilakukan dengan memberikan air sampai dengan kapasitas lapangan. Pemupukan ZA dengan dosis 2 g dilakukan setelah bibit di polibeg berumur 1 bulan dan diberikan setiap bulan. Pengendalian hama dilakukan secara mekanik dan atau dengan pestisida.

Pengambilan contoh tanah terusik untuk keperluan analisis tanah dilakukan dengan bor tanah berdiameter 1 cm dan kedalaman bor 10 cm. Analisis C organik dengan metode Walkley dan Black yang diukur dengan spektrofotometer, N total dengan metode Kjeldahl, Ca tertukar dengan AAS (*atomic absorption spectrophotometer*) setelah terlebih dulu diperkolasi dengan larutan amonium asetat 1 N pH 7,0; Fe tersedia dengan setelah terlebih dulu diekstraksi dengan larutan amonium asetat 1 N pH 4,8; kemasaman dapat ditukar dengan titrasi setelah terlebih dulu diekstraksi dengan larutan KCl 1 N dan pH tanah dalam H<sub>2</sub>O (1:2,5) dengan metode potensiometri.

Pengamatan serapan hara dalam jaringan tanaman bagian atas/tajuk yang dilakukan pada akhir percobaan, meliputi : N dengan metode Kjeldahl, K, Na, Ca, dan Mg

Tabel 1. Komposisi kimia pupuk kandang, kompos kulit kakao, dan belotong yang digunakan dalam penelitian

Table 1. Chemical composition for cow dung, cocoa pod husk compost and sugar cane filter cake are used in this research

Komposisi kimia <i>Chemical composition</i>	Pupuk kandang <i>Cow dung</i>	Kompos kulit kakao <i>Cocoa pod husk compost</i>	Belotong <i>Sugar cane filter cake</i>
1. Karbon ( <i>Carbon</i> ), %	10.48	25.79	17.40
2. Nitrogen ( <i>Nitrogen</i> ), %	1.00	1.42	1.27
3. Nisbah C/N ( <i>C/N ratio</i> )	10	18	14
4. Fosfor ( <i>Phosphorus</i> ), %	0.59	0.26	1.63
5. Kalium ( <i>Potassium</i> ), %	2.55	2.97	1.11
6. Kalsium ( <i>Calcium</i> ), %	2.03	3.53	5.90
7. Magnesium ( <i>Magnesium</i> ), %	0.85	0.85	0.66
8. Sulfat ( <i>Sulphate</i> ), %	0.86	0.52	3.89
9. Tembaga ( <i>Copper</i> ), %	61	50	79
10. Seng ( <i>Zinc</i> ), %	1.49	187	189
11. Besi total ( <i>Total iron</i> ), %	0.47	0.47	0.59
12. Mangan ( <i>Manganese</i> ), %	0.07	0.04	0.12
13. pH ( <i>pH</i> )	7.8	8.1	7.7

dengan AAS yang sebelumnya telah diekstraksi dengan larutan campuran asam nitrat dan asam perklorat pekat, serta P, S, dan Cl dengan *spektrofotometer* yang sebelumnya telah diekstraksi dengan larutan campuran asam nitrat dan asam perklorat pekat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sifat Kimia Tanah

Hasil pengamatan empat minggu setelah inkubasi menunjukkan bahwa beberapa sifat kimia tanah, kecuali kandungan P tersedia, hanya dipengaruhi oleh pemberian bahan organik dan tidak dipengaruhi oleh pemupukan fosfat. Oleh karena itu, pembahasan

selanjutnya lebih banyak dilakukan pada pengaruh pemberian bahan organik terhadap sifat kimia tanah.

Analisis ragam menunjukkan bahwa kandungan C, N, dan nisbah C/N dalam tanah dipengaruhi oleh pemberian bahan organik dan tidak dipengaruhi oleh pupuk fosfat. Pemberian pupuk kandang, kompos kulit kakao, maupun belotong masing-masing dengan dosis 5% dari berat tanah dapat meningkatkan kandungan C organik dan N total dalam tanah (Tabel 2). Pemberian ketiga macam bahan organik tersebut dengan dosis 2,5% belum dapat meningkatkan kandungan C dalam tanah. Namun, pemberian belotong 2,5% sudah nyata meningkatkan N dalam tanah bahkan pemberian belotong dengan dosis 5% nyata

Tabel 2. Kandungan C, N, dan nisbah C/N tanah akibat bahan organik yang berbeda

*Table 2. Content of C, N, and C/N ratio in soil affected by application of different organic matters*

Perlakuan bahan organik <i>Organic matter treatment</i>	C (%)	N (%)	Nisbah C/N <i>C/N ratio</i>
Tanpa bahan organik <i>No organic matter</i>	1.10 c	0.10 c	11 b
Pupuk kandang 2.5% <i>Cow dung in dosage 2.5%</i>	1.30 bc	0.10 c	13 ab
Pupuk kandang 5% <i>Cow dung in dosage 5%</i>	1.54 ab	0.12 b	13 ab
Kompos kulit kakao 2.5% <i>Cocoa pod husk compost in dosage 2.5%</i>	1.34 bc	0.11 bc	13 ab
Kompos kulit kakao 5% <i>Cocoa pod husk compost in dosage 5%</i>	1.82 a	0.12 b	16 a
Belotong 2.5% <i>Sugar cane filter cake in dosage 2.5%</i>	1.35 bc	0.12 b	12 b
Belotong 5% <i>Sugar cane filter cake in dosage 5%</i>	1.70 a	0.15 a	11 b

Keterangan (*Notes*): Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji Tukey 5% (*Figures in the same column followed by the same letter(s) are not significantly different to Tukey at 5% level*).

meningkatkan kadar N tanah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pemberian bahan organik, khususnya kompos kulit kakao dosis 5%, dapat meningkatkan nisbah C/N tanah. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Baon & Wibawa (2005) dan Pujiyanto & Prawoto (2005) mendapatkan peningkatan kandungan C dan N akibat pemberian bahan organik, khususnya belotong (Santoso *et al.*, 2003). Menurut Stevenson (1994), bahan organik secara langsung merupakan sumber hara N dan secara tidak langsung, bahan organik membantu penyediaan unsur hara N melalui fiksasi  $N_2$  dengan cara menyediakan energi bagi bakteri penambat  $N_2$ . Bakteri tersebut selanjutnya mampu memanfaatkan energi dari hasil dekomposisi bahan organik untuk menambat  $N_2$  dari udara (Kahindi *et al.*, 1997). Perbedaan kandungan C dan N dalam tanah akibat bahan organik yang berbeda merupakan akibat perbedaan dalam kecepatan proses dekomposisi dan mineralisasi dari masing-masing jenis bahan organik tersebut.

Selain dapat meningkatkan kandungan C organik dan N total dalam tanah, pemberian bahan organik juga dapat meningkatkan kandungan Ca tertukar, Fe tersedia, dan pH tanah (Tabel 3). Peningkatan kandungan Ca tertukar, Fe tersedia, dan pH tanah akibat pemberian tiga macam bahan organik masing-masing berkisar antara 5–40%, 5–25%, dan 1–6%. Peningkatan Ca tertukar dan Fe tersedia paling tinggi diperoleh dari pemberian belotong dengan dosis 5%, sedangkan pH tanah tertinggi akibat pemberian kompos kulit kakao 5%. Hasil yang diperoleh oleh Santoso *et al.*

(2003) menunjukkan bahwa belotong dapat meningkatkan nilai Ca dalam tanah. Melalui proses dekomposisinya, maka unsur-unsur seperti Ca dan Fe atau unsur-unsur yang lain akan terlepas dari jerapan bahan organik dan akhirnya tersedia bagi tanaman. Di samping itu, hasil perombakan bahan organik tersebut akan menghasilkan kation-kation basa seperti Ca, Mg, K dan Na yang mampu meningkatkan pH. Pelepasan kation-kation basa ke dalam larutan tanah akan menyebabkan tanah jenuh dengan kation-kation tersebut dan pada akhirnya akan meningkatkan pH tanah. Peningkatan pH akibat penambahan bahan organik terjadi karena proses mineralisasi dari anion organik menjadi  $CO_2$  dan  $H_2O$  atau karena sifat alkalin dari bahan organik tersebut. Jadi dapat dikatakan bahwa pemberian bahan organik dapat meningkatkan pH tanah namun besarnya peningkatan tersebut sangat tergantung dari kualitas bahan organik yang dipergunakan. Selain itu, pemberian bahan organik juga dapat meningkatkan KPK tanah (Santoso *et al.*, 2003; Baon & Wibawa, 2005) sehingga meningkatkan retensi unsur hara melalui peningkatan muatan di dalam tanah sebagai akibat bertambahnya muatan negatif (Stevenson, 1994). Lebih lanjut Stevenson (1994) menyatakan bahwa bahan organik akan membentuk senyawa kompleks yang stabil dengan  $Cu^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$  maupun kation polivalen lainnya akibatnya ketersediaan unsur-unsur tersebut meningkat. Peningkatan kandungan Fe juga dapat disebabkan adanya perbaikan sifat-sifat tanah selain adanya tambahan Fe dari bahan organik yang digunakan (Gao & Chang, 1996).

Peningkatan kandungan hara dalam tanah dapat disebabkan adanya muatan negatif dan positif dalam bahan organik yang akan berpengaruh terhadap kapasitas retensi hara oleh tanah. Unsur hara yang berupa kation, seperti  $K^+$ ,  $NH_4^+$ ,  $Ca^{2+}$ , dan  $Mg^{2+}$  diikat secara elektrostatis oleh muatan negatif, sedangkan unsur hara yang bermuatan negatif, seperti  $NO_3^-$ ,  $Cl^-$ , dan  $SO_4^{2-}$  diikat secara elektrostatis oleh muatan positif. Anion  $SO_4^{2-}$  diikat pada kulit luar sehingga dapat dipertukarkan (He *et al.*, 1997).

Dari ketiga parameter tersebut tampak bahwa kandungan hara dalam bahan organik yang digunakan sangat mempengaruhi sifat-

sifat kimia tanah. Belotong memiliki kandungan Ca dan Fe tertinggi sehingga menyebabkan kandungan Ca tertukar dan Fe tersedia dalam tanah paling tinggi pula. Begitu pula dengan kompos kulit kakao yang memiliki pH paling tinggi, juga berdampak pada kenaikan pH yang paling tinggi pula.

Berbeda halnya dengan ketiga sifat kimia di atas, ketersediaan P di dalam tanah selain dipengaruhi oleh pemberian bahan organik yang berbeda juga dipengaruhi oleh pemupukan fosfat (Tabel 4). Namun, antara pupuk fosfat dan bahan organik tidak terjadi interaksi yang nyata. Pemberian SP 36 nyata meningkatkan kandungan P tersedia dalam tanah sedangkan fosfat alam tidak dapat

Tabel 3. Kandungan Ca tertukar, Fe tersedia, dan pH tanah akibat bahan organik yang berbeda

Table 3. Content of exchangeable Ca, available Fe, and pH in soil affected by application of different organic matters

Perlakuan bahan organik <i>Organic matters treatment</i>	Ca tertukar <i>Exchangeable Ca,</i> cmol/kg	Fe tersedia <i>Available Fe,</i> ppm	pH
Tanpa bahan organik <i>No organic matter</i>	17.93 (100)	3.56 (100)	6.80 (100)
Pupuk kandang 2.5% <i>Cow dung in dosage 2.5%</i>	18.90 (105)	3.56 (100)	6.83 (101)
Pupuk kandang 5% <i>Cow dung in dosage 5%</i>	20.65 (115)	3.82 (107)	7.00 (103)
Kompos kulit kakao 2.5% <i>Cocoa pod husk compost in dosage 2.5%</i>	19.62 (109)	3.56 (100)	7.17 (105)
Kompos kulit kakao 5% <i>Cocoa pod husk compost in dosage 5%</i>	20.05 (112)	3.74 (105)	7.20 (106)
Belotong 2.5% <i>Sugar cane filter cake in dosage 2.5%</i>	19.74 (110)	3.74 (105)	6.97 (103)
Belotong 5% <i>Sugar cane filter cake in dosage 5%</i>	25.05 (140)	4.44 (125)	6.93 (102)

Keterangan (*Notes*): angka-angka dalam kurung merupakan persentase terhadap perlakuan tanpa bahan organik (*Figures in the parenthesis are persentase from no organic matter treatment*).

Tabel 4. Pengaruh pupuk fosfat terhadap ketersediaan P dalam tanah 4 minggu setelah inkubasi

*Table 4. The effect of phosphate fertilizers to availability of P in soil on 4 weeks after incubation*

Perlakuan ( <i>Treatments</i> )	P tersedia ( <i>Available P, ppm</i> )
Pupuk fosfat ( <i>Phosphate fertilizers</i> )	
- Kontrol ( <i>Control</i> )	133 b
- SP 36	219 a
- Fosfat alam ( <i>Rock phosphate</i> )	143 b

Keterangan (*Notes*): Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji Tukey 5 %. (*Figures in the same column followed by the same letter(s) are not significantly different to Tukey at 5 % level*).

meningkatkan. Hal tersebut berkaitan erat dengan kandungan P tersedia dalam pupuk yang digunakan, yakni SP 36 memiliki P larut asam sitrat maupun larut air yang sangat tinggi sedangkan fosfat alam sangat rendah. Perbandingan antara kadar  $P_2O_5$  larut dalam asam lemah dengan kadar  $P_2O_5$  total (nilai indeks kelarutan/*Absolute Solubility Index* = ASI) dalam SP 36 lebih tinggi daripada fosfat alam. Makin tinggi nilai ASI makin tinggi pula ketersediaannya di dalam tanah yang dapat diserap oleh tanaman (Adiningsih *et al.*, 1997).

## Serapan Hara

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemupukan fosfat dapat mempengaruhi serapan Mg tanaman kakao sedangkan bahan organik mempengaruhi semua parameter serapan hara yang diamati. Kedua perlakuan tidak menunjukkan adanya interaksi (Tabel 5).

Pada Gambar 1 tampak bahwa pemupukan dengan SP 36 nyata meningkatkan serapan Mg tanaman kakao, sedangkan fosfat alam tidak dapat meningkat walaupun hasil yang dicapainya tidak berbeda dengan

Tabel 5. Nilai F-hitung dari analisis ragam parameter serapan hara

*Table 5. F-values of analysis of variance of nutrients uptake parameters*

Sumber keragaman <i>Source of variance</i>	N	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	Cl
Pupuk fosfat (P) <i>Phosphate fertilizers</i>	0.40 <sup>ns</sup>	0.84 <sup>ns</sup>	3.80 <sup>ns</sup>	9.17 <sup>**</sup>	0.88 <sup>ns</sup>	2.80 <sup>ns</sup>
Bahan organik (B) <i>Organic matters</i>	5.19 <sup>**</sup>	4.59 <sup>**</sup>	16.84 <sup>**</sup>	11.95 <sup>**</sup>	4.23 <sup>**</sup>	2.68 <sup>*</sup>
Interaksi (P x B) <i>Interaction</i>	0.86 <sup>ns</sup>	0.92 <sup>ns</sup>	0.73 <sup>ns</sup>	1.04 <sup>ns</sup>	0.54 <sup>ns</sup>	0.89 <sup>ns</sup>

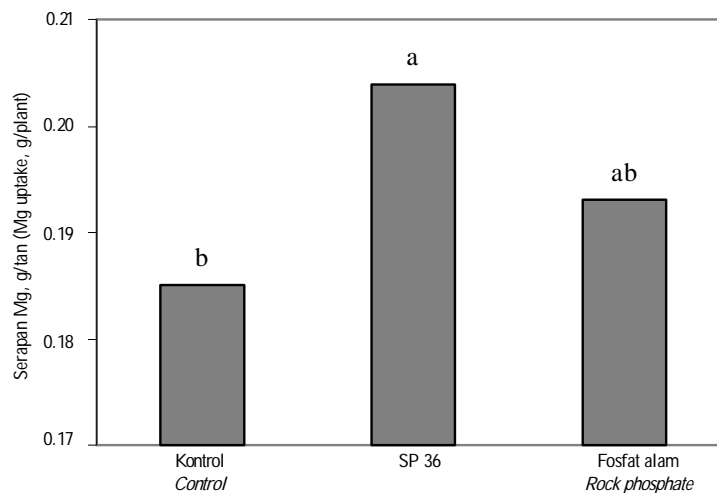
Keterangan (*Notes*):

ns : tidak berbeda nyata (*not significant*)

\* : berbeda nyata pada taraf 5% (*significant at 5% level*)

\*\* : berbeda nyata pada taraf 1% (*significant at 1% level*)





Gambar 1. Serapan Mg tanaman kakao akibat pupuk fosfat.  
 Figure 1. Cocoa Mg uptake as affected phosphate fertilizers.

Tabel 6. Pengaruh bahan organik yang berbeda terhadap serapan hara tanaman kakao

Tabel 6. Effect of different organic matters to cocoa nutrient uptake

Perlakuan bahan organik <i>Organic matters treatment</i>	Serapan hara ( <i>Nutrient uptake</i> ) (g per tanaman/ <i>plant</i> )					
	N	K	Ca	Mg	SO <sub>4</sub>	Cl
Tanpa bahan organik <i>No organic matter</i>	0.43 c	0.42 b	0.31 c	0.18 bc	0.12 b	0.038 b
Pupuk kandang 2.5% <i>Cow dung in dosage 2.5%</i>	0.46 abc	0.55 ab	0.35 bc	0.19 bc	0.13 ab	0.046 ab
Pupuk kandang 5% <i>Cow dung in dosage 5%</i>	0.48 ab	0.56 a	0.39 bc	0.20 b	0.14 ab	0.049 ab
Kompos kulit kakao 2.5% <i>Cocoa pod husk compost in dosage 2.5%</i>	0.44 bc	0.56 a	0.29 c	0.16 c	0.11 b	0.042 ab
Kompos kulit kakao 5% <i>Cocoa pod husk compost in dosage 5%</i>	0.49 ab	0.64 a	0.31 c	0.18 bc	0.13 ab	0.042 ab
Belotong 2.5% <i>Sugar cane filter cake in dosage 2.5%</i>	0.52 a	0.58 a	0.40 b	0.21 abc	0.14 ab	0.047 ab
Belotong 5% <i>Sugar cane filter cake in dosage 5%</i>	0.56 a	0.53 a	0.50 a	0.24 a	0.15 a	0.047 ab

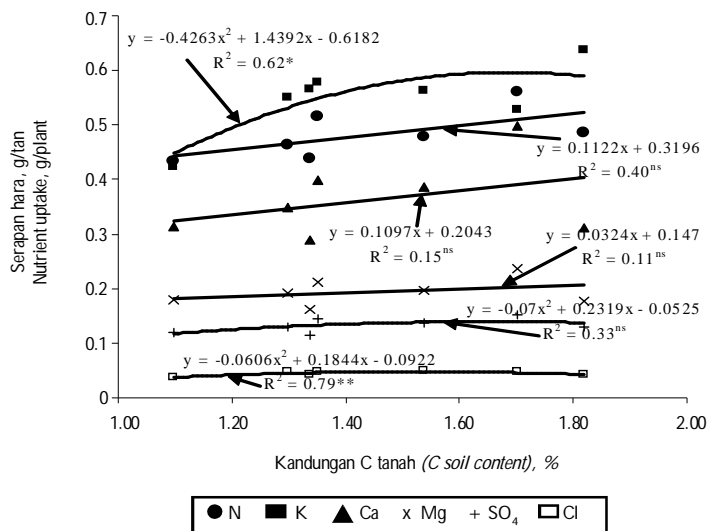
Keterangan (*Notes*): Angka-angka dalam kurung merupakan persentase terhadap pertakuan tanpa bahan organik (*Figures in the parenthesis are percentase from no organic matter treatment*).

perlakuan pupuk SP 36. Peningkatan serapan Mg oleh tanaman kakao meningkat sebesar 11% akibat pupuk SP 36 dan 5% akibat fosfat alam. Peningkatan ini diduga adanya tambahan Mg dalam tanah dari pupuk fosfat yang digunakan setelah terlepas dari ikatannya dengan P dalam pupuk. Adanya penambahan Mg tersebut maka serapan Mg oleh tanaman juga meningkat.

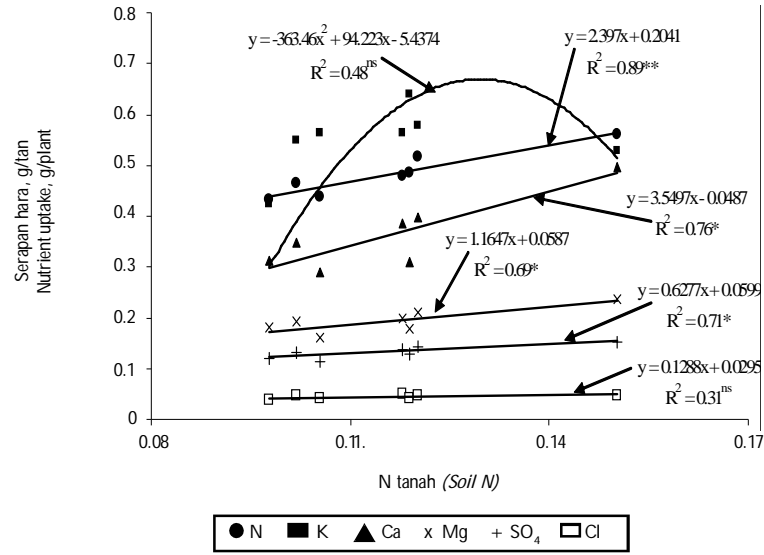
Pemberian bahan organik nyata meningkatkan serapan hara tanaman kakao walaupun besarnya berbeda untuk setiap bahan organik yang digunakan dan hara yang diserap (Tabel 6). Namun secara umum serapan hara meningkat akibat pemberian bahan organik terutama belotong. Membbaiknya sifat-sifat tanah, baik fisik, kimia, maupun biologi tanah, menyebabkan perkembangan akar tanaman menjadi optimal sehingga tanaman akan lebih mudah menyerap unsur-unsur dari dalam tanah.

Hasil penelitian Cobo *et al.* (2002) menunjukkan bahwa pembenaman bahan organik sebelum penanaman padi dapat meningkatkan serapan N oleh tanaman padi.

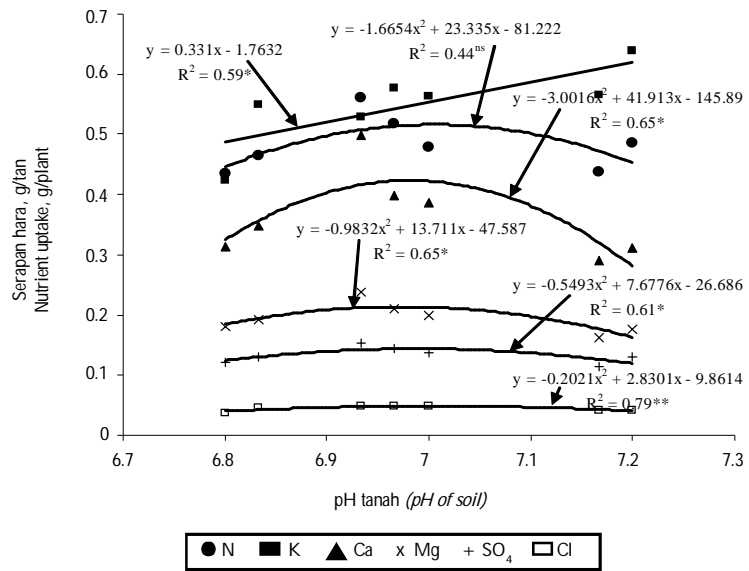
Terdapat korelasi antara sifat kimia tanah dan serapan hara oleh tanaman kakao. Kandungan C organik dalam tanah dapat mempengaruhi serapan K dan Cl tanaman kakao. Korelasi antara C dalam tanah dengan serapan ke dua unsur tersebut adalah kuadrat dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,62 dan 0,79 masing-masing untuk serapan K dan Cl (Gambar 2). Kandungan N total dalam tanah juga mempengaruhi serapan N, Ca, Mg, dan  $SO_4$  tanaman kakao. Semakin tinggi kandungan N total dalam tanah akibat pemberian bahan organik maka semakin tinggi pula serapan N, Ca, Mg, dan  $SO_4$  tanaman kakao. Penambahan hara N dalam tanah juga dilaporkan dapat meningkatkan serapan S (Morshed *et al.*, 2008).



Gambar 2. Korelasi antara kandungan C tanah dengan serapan hara tanaman kakao.  
 Figure 2. Correlation between C soil content and nutrient uptake of cocoa.



Gambar 3. Korelasi antara kandungan N tanah dengan serapan hara tanaman kakao.  
 Figure 3. Correlation between N soil content and nutrient uptake of cocoa.



Gambar 4. Korelasi antara pH tanah dengan serapan hara tanaman kakao.  
 Figure 4. Correlation between pH of soil and nutrient uptake of cocoa.

Pada Gambar 3 ditunjukkan nilai  $R^2$  hubungan antara N tanah dengan serapan keempat unsur tersebut, yakni 0,89; 0,76; 0,69; dan 0,71 masing-masing untuk serapan N, Ca, Mg, dan  $SO_4$ . Meningkatnya kandungan nitrogen maka tanaman akan berwarna hijau yang ditengarai adanya kenaikan kandungan klorofil pada daun. Untuk membentuk klorofil tersebut maka tanaman akan menyerap Mg yang merupakan unsur inti dalam klorofil.

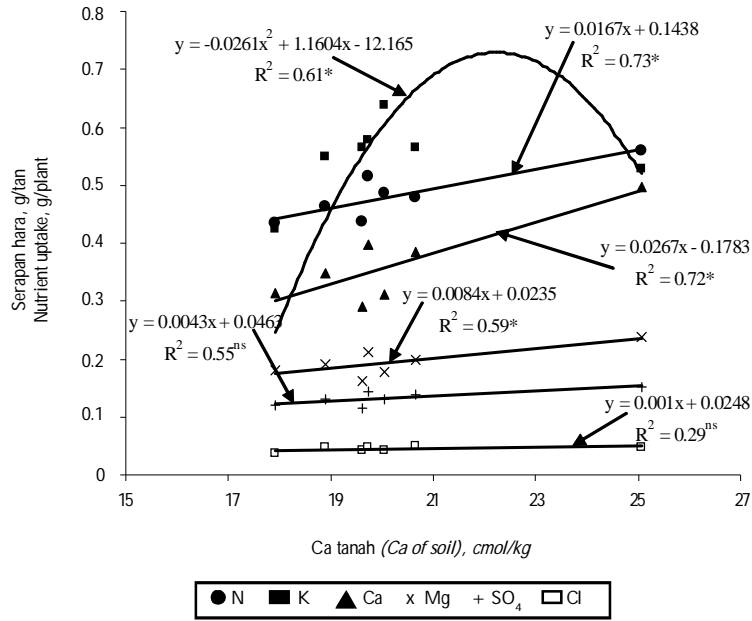
Serapan hara juga dipengaruhi oleh pH tanah. Korelasi antara pH tanah dengan serapan hara, kecuali K, umumnya bersifat kuadrat. pH tanah ini dapat digunakan untuk menentukan mudah tidaknya unsur-unsur hara diserap oleh tanaman. Pada umumnya unsur hara mudah diserap akar tanaman pada pH netral, karena pada pH tersebut kebanyakan unsur hara mudah larut dalam air. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa serapan hara tertinggi terjadi pada pH sekitar 7 (Gambar 4).

Pengaruh kandungan Ca tertukar dalam tanah terhadap serapan hara tanaman ditunjukkan pada Gambar 5. Tampak bahwa semakin tinggi nilai Ca tertukar dalam tanah maka semakin tinggi pula serapan N, Ca, dan Mg. Namun, hubungan antara Ca tertukar dalam tanah dengan serapan K bersifat kuadrat. Kandungan Ca tertukar dengan jumlah optimal akan meningkatkan serapan K dan sebaliknya jika Ca tertukar terlalu tinggi maka serapan K menurun. Hasil ini mengindikasikan bahwa keseimbangan antara Ca tertukar dengan K tertukar di

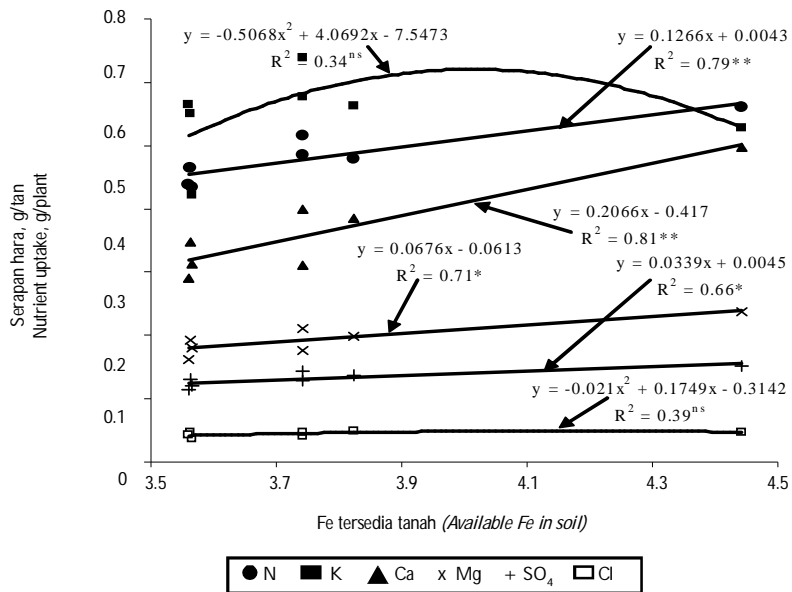
dalam tanah adalah sangat penting. Nisbah K/Ca yang optimal untuk tanaman kakao sebesar 8 berbanding 68 (Snoeck & Jardin, 1991). Penelitian Ranjit *et al.* (2007) menyimpulkan bahwa pemberian kapur pada tanah masam juga dapat meningkatkan serapan N, P, K, dan Ca tanaman.

Pada Gambar 6 tampak bahwa kandungan Fe berpengaruh terhadap serapan N, Ca, Mg, dan  $SO_4$ . Semakin tinggi nilai Fe maka semakin tinggi pula serapan hara tanaman kakao. Hal ini terjadi mengingat fungsi Fe pada tanaman yakni dalam hal pembentukan klorofil serta penyusun enzim dan protein. Untuk pembentukan klorofil maka bersamaan dengan Fe juga terjadi serapan Mg sebagai inti klorofil. Dalam penyusunan enzim dan protein, diperlukan unsur lain seperti N, Ca, dan  $SO_4$ , akibatnya setiap serapan Fe akan diikuti oleh serapan unsur-unsur tersebut.

Serapan hara yang meningkat akan mempengaruhi ekskresi asam atau basa oleh tanaman. Setiap serapan hara berupa kation maka tanaman akan mengekskresikan  $H^+$  melalui akarnya, begitu pula setiap serapan hara berupa anion maka akan diekresikan  $OH^-$ . Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pemberian bahan organik nyata meningkatkan ekskresi asam oleh tanaman kakao. Hal ini berarti bahwa serapan hara berupa kation lebih besar daripada serapan hara berupa anion. Adanya gugus karboksil yang bermuatan negatif pada bahan organik dapat menyediakan hara berupa kation untuk tanaman kakao.



Gambar 5. Korelasi antara kandungan Ca tertukar tanah dengan serapan hara tanaman kakao.  
 Figure 5. Correlation between exchangeable Ca soil content and nutrient uptake of cocoa.



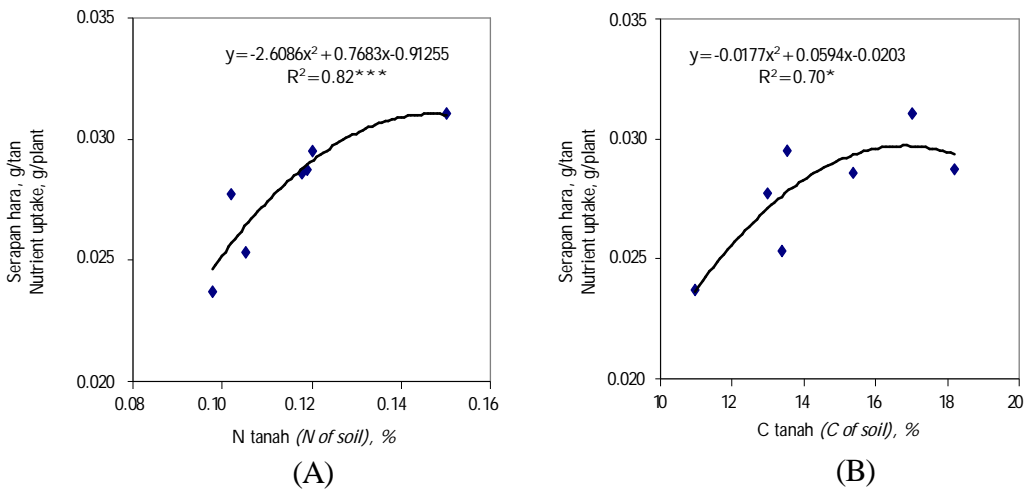
Gambar 6. Korelasi antara kandungan Fe tersedia tanah dengan serapan hara tanaman kakao.  
 Figure 6. Correlation between available Fe soil content and nutrient uptake of cocoa.

Tabel 7. Pengaruh bahan organik yang berbeda terhadap ekskresi asam oleh tanaman kakao

Table 7. The effect of different organic matters to cocoa acid excretion

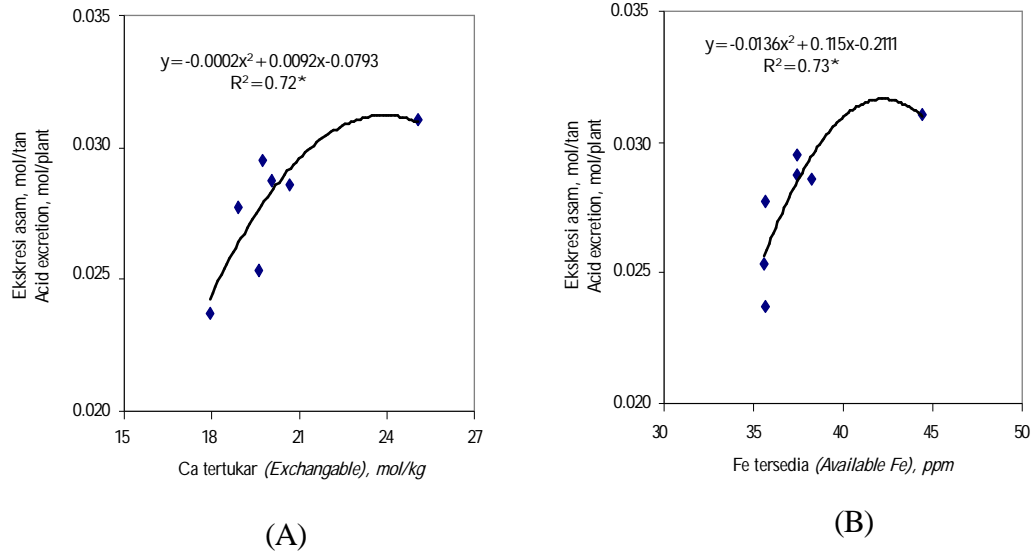
Perlakuan bahan organik <i>Organic matters treatment</i>	Ekskresi asam (mol per tanaman) <i>Excretion acid (mol per plant)</i>
Tanpa bahan organik <i>No organic matter</i>	0.0237 c
Pupuk kandang 2.5% <i>Cow dung in dosage 2.5%</i>	0.0277 abc
Pupuk kandang 5% <i>Cow dung in dosage 5%</i>	0.0285 ab
Kompos kulit kakao 2.5% <i>Cocoa pod husk compost in dosage 2.5%</i>	0.0254 ab
Kompos kulit kakao 5% <i>Cocoa pod husk compost in dosage 5%</i>	0.0287 ab
Belotong 2.5% <i>Sugar cane filter cake in dosage 2.5%</i>	0.0295 ab
Belotong 5% <i>Sugar cane filter cake in dosage 5%</i>	0.0310 a

Keterangan (Notes): Angka-angka dalam kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji Tukey 5% (Figures in the same column followed by the same letter(s) are not significantly different to Tukey at 5% level).



Gambar 7. Korelasi antara (A) kandungan N dan (B) kandungan C dalam tanah akibat pemberian bahan organik dengan ekskresi asam.

Figure 7. Correlation between (A) N and (B) C soil content as affected application of organic matters and acid excretion.



Gambar 8. Korelasi antara (A) Ca tertukar dan (B) Fe tersedia dalam tanah akibat pemberian bahan organik dengan ekskresi asam.

Figure 8. Correlation between (A) Exchangable Ca and (B) Available Fe soil content as affected application of organic matters and acid excretion.

Pada Tabel 7 tampak bahwa hampir semua bahan organik, kecuali pupuk kandang 2,5%, nyata meningkatkan ekskresi asam oleh tanaman kakao. Pemupukan fosfat secara tunggal maupun interaksinya dengan bahan organik tidak dapat mempengaruhi ekskresi asam maupun basa oleh tanaman.

Dari Gambar 7 dan 8 tampak bahwa kandungan N, C, Ca tertukar dan Fe tersedia dalam tanah akibat bahan organik berkorelasi secara kuadrat dengan ekskresi asam oleh tanaman kakao, masing-masing dengan nilai  $R^2 = 0,82$ ;  $0,70$ ;  $0,72$ ; dan  $0,73$ . pH tanah tidak mempengaruhi ekskresi asam. Namun demikian, hasil penelitian Sentenac & Grignon (1987) menunjukkan bahwa ekskresi asam asetat dan asam butirat oleh tanaman

jagung menurun dengan semakin naiknya pH tanah.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Pemberian bahan organik berupa pupuk kandang sapi, kompos kulit kakao, dan belotong dapat meningkatkan kandungan C, N, Ca tertukar, Fe tersedia, dan pH tanah, sedangkan pupuk SP 36 dapat meningkatkan ketersediaan P dalam tanah.
2. Pemberian belotong dapat meningkatkan serapan N, K, Ca, Mg, dan  $SO_4$  namun

belum dapat meningkatkan serapan Cl, pemberian pupuk kandang sapi dengan dosis 5% dapat meningkatkan serapan N, K dan Cl, sedangkan kompos kulit kakao dengan dosis 5% dapat meningkatkan serapan N dan K tanaman kakao.

3. Pemupukan SP 36 dapat meningkatkan serapan Mg tanaman kakao, sedangkan fosfat alam tidak dapat meningkatkannya.
4. Tidak terdapat interaksi antara pemberian bahan organik dengan pupuk fosfat terhadap serapan hara oleh tanaman kakao.
5. Terdapat korelasi positif antara kandungan hara dalam tanah akibat pemberian bahan organik dengan serapan hara oleh tanaman kakao.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, J.S.; S. Rochayati; S. Moersidi; & A. Kasno (1997). Prospek penggunaan fosfat alam untuk meningkatkan budidaya pertanian tanaman pangan di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Penggunaan Pupuk P-alam Mendorong Pembangunan Pertanian Indonesia Kompetitif*, Jakarta, 16 Juli 1997, 25–64.
- Baon, J. B. & A. Wibawa (2005). Kandungan bahan organik dan lengas tanah serta produksi kopi pada budi daya ganda dengan tanaman sumber bahan organik. *Pelita Perkebunan*, 21, 43–54
- Cobo, J.G.; E. Barrios; D.C.L. Kass & R. Thomas (2002). Nitrogen mineralization and crop uptake from surface-applied leaves of green manure species on a tropical volcanic-ash soil. *Biol Fertil. Soils*, 36, 87–92.
- Gao, G. & C. Chang (1996). Changes in CEC and particle size distribution of soils associated with long term annual application of cattle feedlot manure. *Soil Science*, 161, 115–120.
- Hardjono, A. (1988). Efektivitas pupuk fosfat alam untuk tanaman kakao pada tanah masam. *Menara Perkebunan*, 56, 38–43.
- Hardjono, A. (1993). Respon bibit kakao lindak dan mulia pada tanah alfisol terhadap fosfat alam yang diasamkan. *Menara Perkebunan*, 61, 20–24.
- Hardjono, A. & T. Warsito (1992). Pengaruh kehalusan butir fosfat alam terhadap keefektifannya untuk bibit kakao pada tanah masam. *Menara Perkebunan*, 60, 129–133.
- He, L.M.; L.W. Zelasny; D.C. Martens; V.C. Baligar & K.D. Ritchey (1997). Ionic strength effect on sulphate and phosphate adsorption on *g-alumina* and kaolinite: triple layer models. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61, 784–793.
- Kahindi, J.H.P.; P. Woome; T. George, F.M.M. de Souza; N. Karanja & K.E. Giller (1997). Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of nitrogen-fixing bacteria. *Applied Soil Ecology*, 6, 55–76.
- Morshed, R.M.; M.M. Rahman & M.A. Rahman (2008) Effect of nitrogen on seed yield, protein content and nutrient uptake of soybean (*Glycine max* L.). *J. Agric. Rural Dev.*, 6, 13-17.
- Pujiyanto (1996). Status bahan organik tanah pada perkebunan kopi dan kakao di



- Jawa Timur. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*, 12, 115–119.
- Pujiyanto & A.A. Prawoto (2005). Konservasi bahan organik dan hara di perkebunan kakao melalui penggunaan tanaman penutup tanah dan limbah organik. *Prosiding Simposium Kakao 2004, Yogyakarta, 4–5 Oktober 2004*, 131–147.
- Pujiyanto; Sudarsono; A. Rachim; S. Sabiham, A. Sastiono & J.B. Baon (2004). Pengaruh bahan organik dan jenis tanaman penutup tanah terhadap bentuk-bentuk P dalam agregat tanah. *Jurnal Tanah Tropika*, 18, 117–126.
- Ranjit, R.; G.S. Dasog & P.L. Patil (2007). Effect of lime and phosphorus levels on nutrient uptake by groundnut genotypes in acid soils of coastal agro ecosystem of Karnataka. *Karnataka J. Agric. Sci.*, 20, 631–633.
- Santoso, B.; A. Sastrosupadi & Djumali (2003) Pemanfaatan blotong dan fosfat alam pada tanaman rosela di lahan podsolik merah kuning Kalimantan Selatan. *Jurnal Littri.*, 9, 109–116.
- Sentenac, H. & C. Grignon (1987). Effect of excretion on the surface pH of corn root cells evaluated by using weak acid influx as a pH probe. *Plant Physiol.*, 84, 1367–1372
- Snoeck, J. & P. Jardin (1991). Calculation of fertilizer requirement for cocoa. *Int. Cocoa Conf., Oct. 24–27, Kuala Lumpur Malaysia*, 10 p.
- Stevenson, F.J. (1994). *Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reaction*. 2<sup>nd</sup> ed. John Wiley and Sons. New York.
- Widiastuti, H. & J.B. Baon (1994). Nutrient uptake and growth of cocoa fertilized with rock phosphate and inoculated with *Acaulospora delicata* and *Glomus fasciculatum*. *Pelita Perkebunan*, 10, 109–116.

\*\*\*\*\*