

**PENGARUH KONSENTRASI PUPUK HAYATI MAJEMUK DAN BATUAN
FOSFAT ALAM TERHADAP SERAPAN P OLEH TANAMAN SELADA (*Lactuca sativa L.*) DI
TANAH ANDISOLS**

Joko Maryanto dan Abubakar
Dosen Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian
Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto

ABSTRACT

The aims of the experiment were to study the effect of Compound Biofertilizer (CB) and Rock Phosphate (RP) on the several soil chemistry properties of Andisols as well as the P-uptake by lettuce. The research had been conducted in the greenhouse of Agriculture Faculty, Unsoed at Karangreja, Purbalingga, since May up to August, 2009. The experiment was arranged in factorial 4 x 4 based on Completely Block Randomized Design with three replications. The first factor was the concentration of CB consists of 4 levels, i.e. 0, 1, 2 and 3 %; and the second factor was the dosage of RP consists of 4 levels, i.e. 0; 25, 50 and 75 kg P₂O₅ per hectare. The variables observed were the soil pH, exchangeable aluminium, the availability of P, P-uptake by plant, plant height, number of leaf, fresh weight of plant and dry weight of plant. The data collected was analyzed using Fisher and DMR-test. The results indicated that the application of 75 kg P₂O₅ of RP could increase soil pH, reduce exchangeable-Al, increase the availability of P in the soil, P-uptake by plant, the fresh weight and dry weight of plant. The application of 2% concentration of CB could reduce exchangeable-Al, increase the availability of P in the soil, P-uptake by plant, the fresh weight and dry weight of plant.

Key words: Compound Biofertilizer, Rock Phosphate, Andisols

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi pupuk hayati majemuk dan dosis batuan fosfat alam deposit Ajibarang terhadap sifat-sifat kimia tanah Andisols dan serapan P oleh tanaman selada. Penelitian ini merupakan percobaan pot dilaksanakan di rumah

kaca milik Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman di Desa Serang, Kecamatan Karangreja, Kabupaten Purbalingga. Percobaan dilaksanakan mulai bulan Mei sampai dengan Agustus 2009. Percobaan disusun secara faktorial 4 x 4 berdasarkan rancangan acak kelompok lengkap dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah konsentrasi pupuk hayati majemuk, terdiri atas: 0, 1, 2 dan 3% dan faktor kedua adalah dosis batuan fosfat alam (BFA) terdiri atas: 0, 25 50 dan 75 kg P₂O₅ per ha. Variabel yang diamati terdiri dari: pH-H₂O tanah, Aluminium dapat ditukar; P-tersedia tanah; serapan P oleh tanaman, tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar tanaman dan bobot kering tanaman. Keragaman data dianalisis dengan uji F, apabila terdapat perbedaan yang signifikan dilanjutkan dengan uji jarak ganda Duncan 5%. Hasil penelitian menunjukkan pemberian pupuk hayati majemuk sampai konsentrasi 2% mampu menurunkan kelarutan aluminium, meningkatkan P-tersedia tanah, serapan P, tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar dan bobot kering tanaman, pemberian batuan fosfat alam sampai dosis 75 kg P₂O₅ per hektar mampu menurunkan kelarutan aluminium, meningkatkan pH-tanah, P-tersedia tanah, serapan P, bobot segar dan bobot kering tanaman, Konsentrasi pupuk hayati majemuk 2% dan 75 kg P₂O₅/ha batuan fosfat alam menghasilkan serapan P tertinggi yaitu 1,65 P₂O₅ g per tanaman.

Kata kunci: Pupuk hayati majemuk, batuan fosfat alam, Andisols

PENDAHULUAN

Wilayah Desa Serang, Kecamatan Karangreja, Kabupaten Purbalingga, Provinsi Jawa Tengah terletak pada ketinggian 1.200 m di atas permukaan laut, umumnya didominasi oleh tanah Andisols. Salah satu kendala yang menonjol dalam mengelola Andisols untuk usaha

pertanian adalah tingginya retensi hara P, sementara kualitas sayuran sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur P. Kekurangan unsur P mengakibatkan penurunan sebagian besar proses metabolisme antara lain pembelahan dan perkembangan sel, respirasi dan fotosintesis. Selain itu kekurangan unsur P akan menurunkan kualitas tanaman, terutama sayuran karena peningkatan pembentukan *anthocyanin* yang menyebabkan warna kemerahan pada tanaman atau pembentukan warna hijau yang lebih gelap (Marschner, 1989).

Tingginya retensi P disebabkan oleh adanya mineral alofan, imogolit dan mineral mirip alofan. Pada permukaan mineral tersebut terdapat gugus Al, Fe-OH terbuka (Al-aktif) yang mampu berdisosiasi atau mengalami protonasi sehingga dapat bersifat sebagai asam maupun basa. Dalam suasana asam ion H^+ berperan sebagai ion donor yang mengisi gugus Al-OH membentuk $Al-OH_2^+$ yang bermuatan positif. Muatan ini menyebabkan permukaan mineral mempunyai aktivitas yang tinggi dalam meretensi anion fosfat (Bohn *et al.*, 1979; Van Wambeke, 1992; Van Ranst, 1994).

Untuk menurunkan aktivitas Al dan Fe-amorf dibutuhkan anion organik yang berasal dari dekomposisi bahan organik. Disosiasi asam organik dalam bentuk anion organik dapat berkompetisi dengan anion fosfat dalam memblokir Al dan Fe-amorf dari alofan (Stevenson, 1994). Asam organik di dalam tanah akan membentuk kompleks fosfo-humat yang relatif lebih mudah tersedia bagi tanaman (Van Ranst, 1993). Penurunan aktivitas Al dan Fe-amorf akan berpengaruh pada penurunan retensi P dan meningkatkan ketersediaan P.

Penambahan sumber P anorganik yang lambat tersedia seperti batuan fosfat alam diperlukan untuk menghambat retensi P dan menambah pasokan P dalam tanah. Batuan fosfat alam merupakan salah satu sumberdaya lokal yang dinilai potensial dapat meningkatkan produktivitas tanah Andisol, mengingat Indonesia mempunyai deposit fosfat alam yang cukup besar dan tersebar di berbagai daerah (Moersidi, 1999). Di Kabupaten Banyumas, deposit batuan fosfat alam dijumpai di Kecamatan Ajibarang, tersebar di Dusun Cidora, Desa Sawangan dengan potensi 270.000 ton, Dusun Blabursari, Desa Pancasan dengan potensi 20.000 ton dan Dusun Sidoarjo,

Desa Darmakradenan dengan potensi 136.000 ton (Distamben Banyumas, 1999). Dibandingkan dengan pupuk P pabrik (SP-36), harga fosfat alam relatif lebih murah, karena tersedia secara lokal dan dapat diaplikasikan langsung pada tanah. Keunggulan lain adalah pupuk fosfat alam mampu meningkatkan pH tanah karena mempunyai kandungan CaO yang cukup tinggi (Kusumo *et al.*, 2001; Abubakar, 2002). Kelemahannya adalah pupuk fosfat alam sangat lambat larut dalam tanah, sehingga sulit memenuhi kebutuhan tanaman (van Straaten, 2002). Salah satu cara untuk meningkatkan kelarutan pupuk fosfat alam adalah dengan menambahkan ion H^+ yang berasal dari asam organik untuk menyerang ikatan Ca-P mineral apatit dalam fosfat alam (Lewis *et al.*, 1997; Biswas dan Narayanasany, 1998).

Saat ini penggunaan pupuk hayati majemuk telah banyak dilakukan oleh petani sayuran di daerah Karangreja. Pupuk hayati majemuk pada umumnya mengandung bakteri penyemat nitrogen, mikroba pendegradasi selulosa dan mikroba pelarut fosfat. Penggunaan pupuk hayati majemuk diharapkan dapat membantu dalam mengatasi permasalahan retensi P pada tanah Andisol. Hal ini disebabkan dalam dekomposisi bahan organik yang dilakukan oleh mikroba akan dihasilkan asam organik. Asam organik yang dihasilkan oleh mikroba akan mengkhelat ion Ca^{2+} sehingga anion fosfat akan terlepas ke dalam larutan tanah (Van Straaten, 2002; Maarten dan Peter, 2002). Namun demikian, data pemanfaatan pupuk hayati majemuk untuk tanaman selada pada tanah Andisol belum banyak dipublikasikan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi pupuk hayati majemuk dan dosis batuan fosfat alam dan terhadap sifat-sifat kimia tanah dan serapan P tanaman selada pada tanah Andisol. Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini yaitu pemberian pupuk hayati majemuk dan batuan fosfat alam akan meningkatkan ketersediaan dan serapan P oleh tanaman selada, sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan percobaan pot dilaksanakan di rumah kaca milik Fakultas

Pertanian Universitas Jenderal Soedirman di Desa Serang, Kecamatan Karangreja, Kabupaten Purbalingga. Lokasi penelitian terletak pada ketinggian 1.200 m di atas permukaan laut. Percobaan berlangsung selama empat bulan, dimulai pada bulan Mei sampai Agustus 2009.

Bahan yang digunakan yaitu Batuan fosfat alam berasal dari Desa Darmakeradenan, Kecamatan Ajibarang, Kabupaten Banyumas. BFA tersebut dihaluskan dan disaring dengan saringan 80 mesh. Pupuk hayati majemuk dengan merek dagang *Tiens golden harvest* berisi beberapa mikroba menguntungkan antara lain: *Azospirillum sp*, *Azotobacter sp*, mikroba pelarut fosfat, *Lactobacillus sp*, *Pseudomonas sp* dan mikroba pendegradasi selulosa dengan kisaran populasi antara 10^8 sampai 10^9 sel/ml medium. Selain mikroba, dalam pupuk hayati majemuk tersebut terkandung unsur N = 0,04 %; P = 34,70 ppm; K = 1700 ppm; C-organik = 0,92 %; Fe = 44,3 ppm; Mn = 0,23 ppm; Cu = 0,85 ppm; dan Zn = 3,7 ppm, benih selada varietas "*Grand Rapid*", bahan kimia untuk analisis tanah dan jaringan tanaman antara lain: larutan buffer pH 7,0 dan pH 4,0, larutan baku NaOH 1 N, larutan H₂SO₄ pekat, larutan HCl 25% pekat, NaF 4%, H₂O₂ 30%, pereaksi pewarna P, pengeksrak Bray II.

Peralatan yang digunakan yaitu: cangkul, ember, kertas label, pisau, timbangan, peralatan untuk analisis tanah terdiri dari: almari asam, timbangan analitik, pH meter, spektrofotometer, labu takar, pipet ukur, pipet seukuran, labu Kjeldhal, labu Erlenmeyer, gelas piala, cuvet, mortar dan penumbuknya, labu ukur, spatula, oven, eksikator, saringan 0,5 mm dan 2 mm, kertas saring, botol film dan mesin pengocok.

Percobaan disusun secara faktorial berdasarkan Rancangan Acak Kelompok Lengkap. Faktor pertama adalah konsentrasi pupuk hayati majemuk, terdiri atas: 0, 1, 2 dan 3%. Faktor kedua adalah dosis batuan fosfat alam (BFA) terdiri atas: 0, 25 50 dan 75 kg P₂O₅ per ha. Perlakuan BFA diberikan satu bulan sebelum tanam dan diinkubasikan dalam keadaan air kapasitas lapangan.

Variabel yang akan diamati terdiri dari: (1) pH-H₂O tanah, menggunakan metode gelas elektroda; (2) Aluminium dapat ditukar, menggunakan ekstraksi KCl 1N; (3) P-tersedia tanah, menggunakan metode Bray-1; 4). Serapan P oleh tanaman, menggunakan metode destruksi basah, tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar tanaman dan bobot kering tanaman. Data dianalisis dengan uji F, apabila berbeda nyata dilanjutkan dengan uji jarak ganda Duncan 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh Pupuk Hayati Majemuk dan Batuan Fosfat Alam terhadap pH-tanah, P-tersedia, Aluminium dapat ditukar (Al-dd) dan serapan P

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa batuan fosfat alam secara mandiri berpengaruh meningkatkan pH-H₂O, P-tersedia tanah, dan serapan P oleh tanaman selada dan menurunkan kelarutan aluminium. Konsentrasi pupuk hayati majemuk secara mandiri berpengaruh meningkatkan P-tersedia tanah dan serapan P serta menurunkan kelarutan aluminium. Tidak terjadi interaksi antara batuan fosfat alam dan pupuk hayati majemuk terhadap variabel yang diamati.

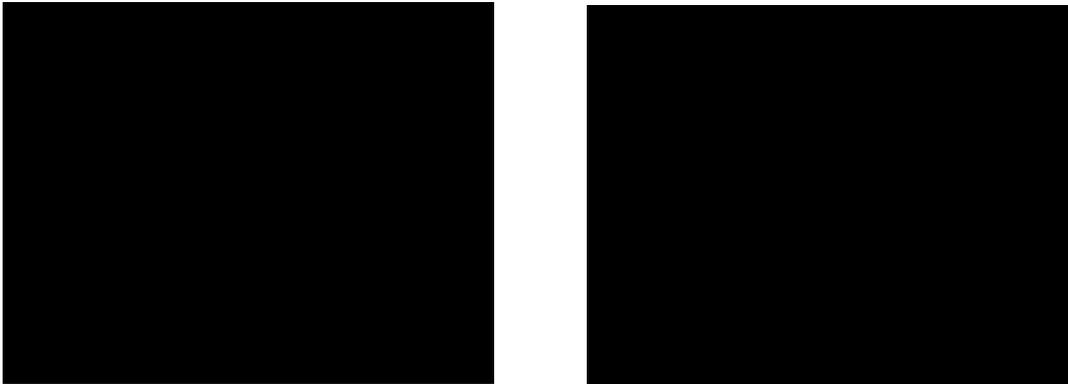
Tabel 1. Pengaruh dosis batuan fosfat alam terhadap pH-tanah; P-tersedia, Al-dd dan serapan P oleh tanaman selada setelah panen

No	Dosis BFA (kg P ₂ O ₅ .ha ⁻¹)	pH-tanah	P-tersedia (ppm P ₂ O ₅)	Al-dd (c mol (+) kg ⁻¹)	Serapan P (mg P ₂ O ₅ .pot ⁻¹)
1.	0	5,98 a	0,56 a	1,51 b	1,49 a
2.	25	6,08 ab	0,88 b	1,15 ab	1,86 ab
3.	50	6,15 ab	0,90 b	0,94 a	2,23 b
4.	75	6,24 b	1,20 c	0,93 a	3,04 c

Keterangan : Angka-angka sekolom, yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Ganda Duncan (DMRT) 5%.

Tabel 1 menunjukkan pengaruh mandiri batuan fosfat alam terhadap pH-tanah, kelarutan aluminium, P-tersedia dan serapan P oleh tanaman. Pengaruh batuan fosfat alam terhadap peningkatan pH disebabkan oleh penurunan konsentrasi ion H⁺ di dalam tanah. Penurunan

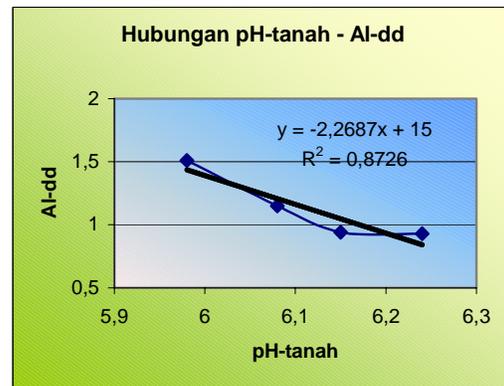
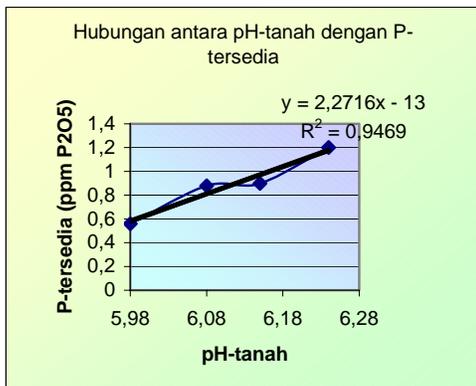
konsentrasi ion H⁺ ini disebabkan oleh adanya reaksi antara batuan fosfat alam (*Carbonate-hydroxy-apatit*) dengan ion H⁺ dalam tanah, makin tinggi dosis batuan fosfat alam, makin banyak ion H⁺ yang diperlukan, sehingga pH tanah akan meningkat (Van Straaten, 2002).



Gambar 1. Pengaruh dosis BFA terhadap pH-tanah (kiri) dan Al-dd (kanan)

Gambar 1 menunjukkan peningkatan dosis BFA sampai 75 kg P₂O₅ per hektar masih bersifat linier. Peningkatan pH tanah berpengaruh terhadap penurunan kandungan Aluminium dapat ditukar

dalam tanah. Hubungan antara pH-tanah dengan Aluminium dapat ditukar dan P-tersedia tanah disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara pH tanah dengan P-tersedia tanah dan Aluminium dapat ditukar

Peningkatan pH tanah secara tidak langsung akan meningkatkan P-tersedia tanah. Berdasarkan hukum aksi massa, pelarutan batuan fosfat alam akan meningkat dengan makin menurunnya aktivitas ion Ca²⁺ dan menurunnya konsentrasi P dalam tanah. Penurunan konsentrasi ion Ca²⁺ dalam tanah, akan menggeser reaksi ke arah kanan, sehingga meningkatkan konsentrasi ion H₂PO₄⁻ dalam tanah.

Serapan P dipengaruhi oleh ketersediaan P dalam tanah dan kemampuan akar tanaman dalam menyerap unsur hara yang tersedia. Perlakuan pemberian batuan fosfat alam dapat meningkatkan ketersediaan P dalam tanah, hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya P-tersedia dalam tanah setelah panen. Semakin tinggi P-tersedia dalam tanah, semakin besar serapan P oleh tanaman.

Tabel 2. Pengaruh konsentrasi pupuk hayati majemuk terhadap pH-H₂O; P-tersedia, Al-dd dan serapan P

No	Konsentrasi PHC (%)	pH tanah	P-tersedia (ppm P ₂ O ₅)	Al-dd (c mol (+) kg ⁻¹)	Serapan P (mg P ₂ O ₅ .pot ⁻¹)
1.	0	6,01 a	0,68 a	1,32 b	1,82 a
2.	1	6,15 a	0,83 ab	1,16 ab	1,89 a
3.	2	6,22 a	1,09 c	0,78 a	2,34 ab
4.	3	6,08 a	0,94 bc	1,28 b	2,57 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Ganda Duncan (DMRT) 5%

Peningkatan konsentrasi pupuk hayati majemuk sampai 2% mampu meningkatkan ketersediaan P dan serapan P serta menurunkan kelarutan aluminium (Tabel 2). Peningkatan serapan P oleh tanaman disebabkan oleh adanya peningkatan kelarutan fosfat dalam tanah oleh mikroba pelarut fosfat. Peningkatan kelarutan fosfat disebabkan oleh adanya asam organik (asam laktat, malat maupun sitrat) yang dihasilkan oleh mikroba (Ponmurugan and Gopi, 2006). Mudjiharjati *et al.* (2007) melaporkan asam sitrat berperan lebih baik dibandingkan asam oksalat dalam pelepasan P pada Andisol. Selain itu adanya unsur N dalam pupuk hayati majemuk secara sinergis mampu meningkatkan serapan P, karena unsur N mampu meningkatkan kelarutan dan ketersediaan P dalam tanah (Havlin, *et al.*, 2005). Namun demikian, pada konsentrasi 3%, P-tersedia dan serapan P cenderung mengalami penurunan. Penurunan ini disebabkan pada konsentrasi 3% terjadi peningkatan kelarutan aluminium dalam tanah akibat penurunan pH tanah. Hal ini menyebabkan unsur P yang sudah tersedia akhirnya terikat kembali oleh Aluminium.

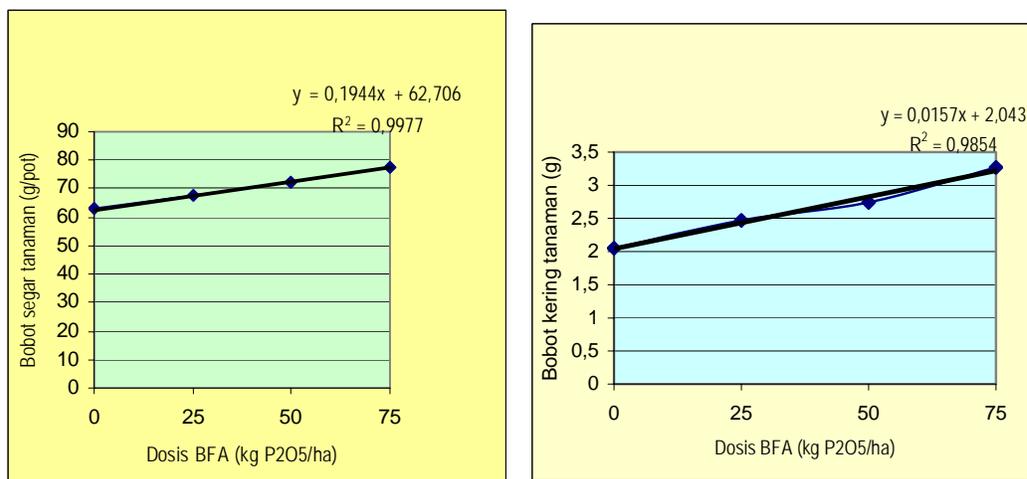
B. Pengaruh Batuan Fosfat Alam dan Pupuk hayati majemuk terhadap Bobot Segar dan Bobot Kering Tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan secara terpisah baik batuan fosfat alam maupun pupuk hayati majemuk berpengaruh sangat nyata terhadap peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar tanaman dan bobot kering tanaman. Tabel 3 menunjukkan batuan fosfat alam secara mandiri berpengaruh nyata terhadap peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar dan bobot kering tanaman setelah panen. Pemberian batuan fosfat alam sampai takaran 75 kg P₂O₅ per hektar masih mampu meningkatkan bobot segar dan bobot kering tanaman secara linier. Peningkatan bobot segar dan bobot kering tanaman ini disebabkan oleh peningkatan ketersediaan dan serapan hara P oleh tanaman selada.

Tabel 3. Pengaruh dosis batuan fosfat alam (BFA) terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar dan bobot kering tanaman

No.	Dosis BFA (kg P ₂ O ₅ /ha)	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (helai)	Bobot segar tanaman (g/tanaman)	Bobot kering tanaman (g/tanaman)
1.	0	14.12 a	8.67 a	62,87 a	2,05 a
2.	25	15.59 b	10.25 b	67,52 b	2,47 b
3.	50	16.02 b	10.33 b	72,03 b	2,74 b
4.	75	16.57 b	10.83 b	77,57 c	3,27 c

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Ganda Duncan (DMRT) 5%



Gambar 3. Hubungan antara dosis BFA dengan bobot segar dan bobot kering tanaman

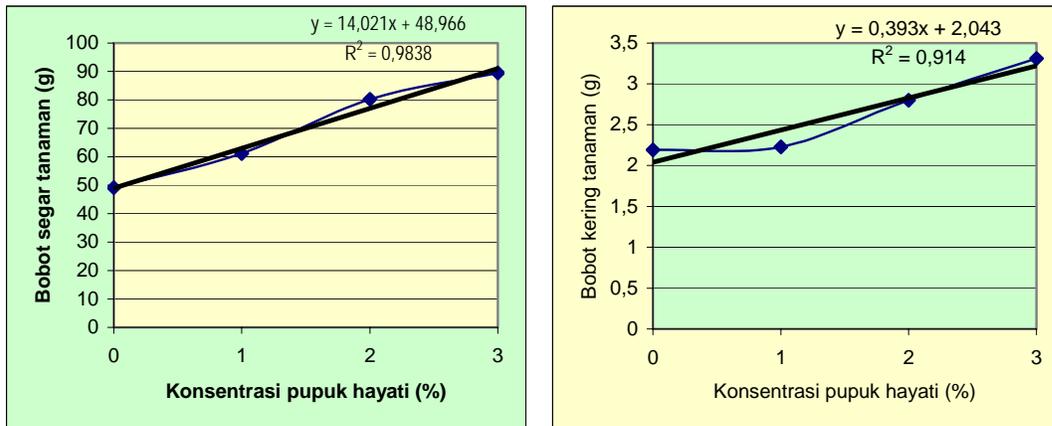
Tabel 4. Pengaruh konsentrasi pupuk hayati majemuk (PHM) terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, bobot segar dan bobot kering tanaman

No.	Konsentrasi PHM (%)	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (helai)	Bobot segar tanaman (g/tanaman)	Bobot kering tanaman (g/tanaman)
1.	0	12,33 a	8,75 a	49,14 a	2,19 a
2.	1	15,94 b	10,92 b	61,12 b	2,23 a
3.	2	17,49 c	10,17 b	80,22 c	2,80 b
4.	3	16,53 bc	10,25 b	89,51 d	3,31 c

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Ganda Duncan (DMRT) 5%

Tabel 4 menunjukkan peningkatan konsentrasi pupuk hayati majemuk mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Peningkatan bobot segar dan bobot kering tanaman masih bersifat linier sampai konsentrasi pupuk hayati 3%. Hal ini disebabkan makin tinggi konsentrasi pupuk hayati majemuk, makin tinggi pula populasi bakteri pelarut fosfat yang ditambahkan ke dalam tanah. Makin tinggi bakteri pelarut fosfat yang ada dalam tanah, maka makin tinggi pula ketersediaan unsur P dalam tanah. Peningkatan kelarutan fosfat disebabkan oleh adanya asam organik (asam laktat, malat maupun sitrat) yang dihasilkan oleh mikroba. Selain itu, bakteri pelarut fosfat diketahui juga menghasilkan

senyawa fitohormon seperti IAA dan GA3 (Ponmurugan and Gopi, 2006). Unsur hara P membantu pembentukan akar tanaman, sehingga apabila permukaan perakaran semakin luas maka unsur hara yang dapat diambil semakin banyak untuk peningkatan bobot tanaman. Ketidacukupan pasok P dalam tanah menjadikan tanaman tidak tumbuh secara maksimal atau kerdil karena pembelahan sel terganggu, daun-daun menjadi ungu atau coklat muda dari ujung daun, terlihat jelas pada tanaman yang masih muda (Havlin *et al.*, 2005).



Gambar 4. Hubungan antara konsentrasi pupuk hayati majemuk dengan bobot segar dan bobot kering tanaman

KESIMPULAN

1. Pemberian pupuk hayati majemuk sampai konsentrasi 2% mampu menurunkan kelarutan aluminium, meningkatkan P-tersedia tanah, serapan P, bobot segar dan bobot kering tanaman.
2. Pemberian batuan fosfat alam sampai dosis 75 kg P₂O₅ per hektar mampu menurunkan kelarutan aluminium, meningkatkan pH-tanah, P-tersedia tanah, serapan P, bobot segar dan bobot kering tanaman.
3. Konsentrasi pupuk hayati majemuk 2% dan 75 kg P₂O₅/ha batuan fosfat alam menghasilkan serapan P tertinggi yaitu 1,65 P₂O₅ g per tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, M.N. Budiono dan Utomo. 2002. Pengaruh Residu Tanaman Legum dan Kapur Terhadap Sifat Kimia Tanah, Mineralisasi Nitrogen Dan Produksi Tanaman Kedelai Pada Tanah Ultisol. *Agrin* 6(12):58-67
- Biswas, D.R. and G. Narayanasay. 1998. Direct and Residual Effectiveness of Partially Acidulated Phosphate Rock as P Fertilizer in a Cowpea-Wheat Cropping Sequence. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 46(3):406-412.
- Bohn, H.L., B.L. McNeal and G.A. O'Connor. 1979. *Soil Chemistry*. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley and Sons. Canada. p.459.
- Distamben Banyumas. 1999. *Informasi Peluang, Investasi Pertambangan Bahan Galian Golongan C di Kabupaten Banyumas*. Dinas Pertambangan Kabupaten Daerah Tingkat II Banyumas. Purwokerto.
- Ghani S.S., S. Rajan dan A. Lee. 1994. Enhancement of Phosphate Rock Solubility Through Biological Processes. *Soil Biol. Biochem.* 26 (1):127-136.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 2005. *Soil Fertility and Fertilizers, An Introduction to Nutrient Management*. 7th ed. Pearson Education, Inc., New Jersey. P. 515.
- Kusumo, S. L., J. Maryanto dan M.N. Budiono. 2000. Pengaruh Fosfat Alam dan Pengapuran terhadap Tanaman Kedelai (*Glycine max* L. Merr) pada Tanah Ultisol. *Jurnal Agriculture Information (Agrin)*. Vol. 5 No. 10.
- Lewis, D.C., R. P. Hindell and J. Hunter. 1997. Effects for Phosphate Rock Products on Soil pH. *Aust. J. Exp. Agric.* 37:1003-1006.
- Maarten, H. dan H. Peter. 2002. Phosphorus Mobilization by Organic-Acid Exudation: Processes Governing

- Benefits in Rotational Cropping. 17th World Congress of Soil Science, Bangkok, Thailand.
- Marschner, H. 1989. Mineral Nutrition of Higher Plants. Institute of Plant Nutrition University Hohenheim. Federal Republic of Germany. Academic Press. London. 674 p.
- Moersidi, S. 1999. Fosfat Alam Sebagai Bahan Baku dan Pupuk Fosfat. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Mudjiharjati, A., T.C. Setiawati, dan M.H. Pandutama, 2007. Pola Pelepasan Fosfat pada Andisol, Inceptisol dan Oxisol yang Diaplikasi dengan Asam-asam Organik Artificial. Kongres Nasional HITI IX, 5-7 Des. 2007.
- Ponmurugan, P. And C. Gopi. 2006. In Vitro Production of Growth Regulators and Phosphatase Activity by Phosphate Solubilizing Bacteria. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 5 (4). Pp. 348-350.
- Stevenson, J. 1994. Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reaction. Second Edition. John Wiley and Sons. Inc. New York. p.496.
- Van Ranst, E. 1993. *Managing Soils of the Humid Tropics as Related to Their Mineralogical Properties*. International Training Centre for Post-Graduate Soil Scientists State University Gent. Belgium. Pp. 1-48.
- Van Straaten. 2002. *Rocks for Crops: Agrominerals of Sub-Saharan Africa*. ICRAF, Nairobi, Kenya.
- Van Wambeke. 1992. *Soil of the Tropics. Properties and Appraisal*. Mc.Graw-Hill. Inc. New York.