

Aplikasi Pupuk Organik dan Bakteri Pelarut Fosfat untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Tomat dan Aktivitas Mikroba Tanah

Suliasih¹⁾, S. Widawati¹⁾, dan A. Muharam²⁾

¹⁾ Pusat Penelitian Biologi-LIPI, Jl. Raya Cibinong Km 46, Bogor

²⁾ Balai Penelitian Tanaman Hias, Jl. Raya Ciherang-Pacet, Cianjur 43253

Naskah diterima tanggal 9 Agustus dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 27 Oktober 2010

ABSTRAK. Pemanfaatan bahan organik untuk budidaya tomat dewasa ini difokuskan untuk menekan penggunaan bahan kimia yang berlebihan, sehingga kerusakan lingkungan dapat diminimalkan. Percobaan dilaksanakan di Desa Cidawu, Cibodas, Cianjur (1.250 m dpl.), sejak Januari sampai Desember 2007. Pupuk organik yang digunakan yaitu kompos dan kotoran ayam + sekam, sedangkan pupuk hayati yaitu bakteri pelarut fosfat (*phosphate solubilizing bacteria* = PSB). Tujuan percobaan adalah mendapatkan inoculan yang efektif untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tomat, serta menstimulasi aktivitas mikroba dan enzim fosfatase di dalam tanah. Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok dengan lima perlakuan, yaitu tanpa pemupukan maupun inoculan (K), pemberian inoculan PSB (P1), pemberian kompos (P2), pemberian kotoran ayam+sekam (P3), dan pemberian pupuk kimia NPK (P4), masing-masing dengan tiga kali ulangan. Varietas tomat yang digunakan adalah Gondol. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik atau inoculan PSB dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat dan hasil buahnya, serta populasi PSB dan aktivitas enzim fosfatase di dalam tanah. Pemberian inoculan PSB menghasilkan peubah tinggi tanaman tomat tertinggi (108,3 cm) dibandingkan dengan kontrol (72,3 cm), dan meningkatkan hasil buah sebanyak 88,2% dibandingkan dengan kontrol, dan juga lebih tinggi daripada pemberian pupuk kimia NPK. Peningkatan tertinggi populasi PSB dan aktivitas enzim fosfatase asam serta basa dalam tanah setelah panen tomat juga diperoleh dari pemberian inoculan PSB dibandingkan dengan perlakuan lain. Implementasi inoculan PSB dan pupuk organik secara meluas dalam pembudidayaan tomat diharapkan dapat mendorong peningkatan produksi, produktivitas, dan mutu buah tomat untuk memenuhi kebutuhan pasar.

Katakunci: *Lycopersicon esculentum*; Pupuk organik; Bakteri pelarut fosfat; Enzim fosfatase asam dan basa.

ABSTRACT. Suliasih, S. Widawati, and A. Muharam. 2010. **The Application of Organic Fertilizers and Phosphate Solubilizing Bacteria to Increase the Growth of Tomato and Soil Microbial Activities.** The use of organic matters on tomato cultivation is focused to decrease the utilization of chemical substances for minimizing environmental degradation. An experiment was conducted at Cidawu Village, Cibodas, Cianjur (1,250 m asl.) to determine the suitable and effective inoculant to increase the growth of tomato plants, and also to stimulate soil microbial activities. The tomato variety used was Gondol. The organic fertilizers were compost, chicken dung plus rice husk, and phosphate solubilizing bacteria (PSB), as a biofertilizer. A randomized block design with three replications was utilized in this experiment. The treatments consisted of without organic fertilizers or PSB (control) (K), inoculation of PSB (P1), application of compost (P2), (4) application of chicken dung plus rice husk (P3), and application of the chemical fertilizer (NPK) (P4). The results showed that the application of organic fertilizers and PSB increased the growth of tomato plants and also PSB population, acid, and alkaline phosphatase activities in the soil after harvesting. The inoculation of PSB resulted in highest plant height (108.3 cm) compared to control (72.3 cm) and also the highest tomato yield compared to the control treatment (88.2%), and even it was higher than the yield caused by the application of the chemical fertilizer. The highest increase of PSB population and the activities of acid and alkaline phosphatase enzymes in soil after harvesting was also caused by the application of the PSB inoculant compared to the other treatments. The applications of organic fertilizers and PSB for wide scale cultivation of tomato expectantly play an important role for increasing production, productivity, and quality of tomato to fulfill market demand for the product.

Keywords: *Lycopersicon esculentum*; Organic fertilizers; Phosphate solubilizing bacteria; Acid and alkaline phosphatase enzymes.

Dewasa ini pertanian organik banyak diterapkan kembali sebagai pertanian alami yang biasa disebut sebagai pertanian yang akrab lingkungan. Pertanian organik tersebut adalah suatu cara bertani untuk menghasilkan produk yang sehat dan berkesinambungan yang tidak merusak ekosistem alami, tanpa atau secara minimal menggunakan

pestisida, pupuk kimia, dan zat kimia lainnya. Dengan mempertimbangkan aspek kesehatan dan kelestarian alam menjadikan pertanian organik sebagai salah satu alternatif pertanian yang berkelanjutan. Pemeliharaan pembudidayaan tanaman yang mencakup media tanam merupakan hal yang penting dalam sistem pertanian berkelanjutan.

Salah satu pola pendekatan yang saat ini dikembangkan adalah pengelolaan hara terpadu dengan menerapkan pemupukan organik yang mencakup pemanfaatan pupuk hayati. Penggunaan pupuk organik pada saat ini makin dirasakan penting untuk mengembalikan produktivitas lahan yang kian menurun. Pemberian kompos berperan penting dalam memperbaiki struktur tanah, sehingga aerasi udara dan pergerakan air lancar, dengan demikian dapat menambah daya serap air dalam tanah dan mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman, khususnya sayuran dan tanaman obat (Widawati *et al.* 2002, Widawati dan Suliasih 2005, 2006, Arwan dan Widawati 2005). Pupuk hayati merupakan mikroba hidup yang diberikan ke dalam tanah sebagai inokulan untuk membantu tanaman menyediakan unsur hara tertentu bagi pertumbuhannya. Jenis pupuk tersebut sering juga disebut sebagai pupuk mikroba (Simanungkalit 2001).

Mikroba tanah banyak berperan dalam penyediaan maupun penyerapan unsur hara bagi tanaman yang salah satunya adalah bakteri pelarut fosfat (*phosphate solubilizing bacteria* = PSB). Bakteri pelarut fosfat merupakan kelompok mikroba yang mengubah fosfat tidak larut dalam tanah menjadi bentuk yang dapat larut dengan jalan mensekresikan asam organik seperti asam format, asetat, propionat, laktat, glikolat, fumarat, dan suksinat (Subba Rao 1982). Bakteri tersebut menghasilkan vitamin dan fitohormon yang dapat memperbaiki pertumbuhan akar tanaman dan meningkatkan serapan hara (Glick 1995). Bakteri pelarut fosfat bukan merupakan satu-satunya kelompok bakteri yang dapat melarutkan P yang teradsorpsi permukaan oksida-oksida besi dan aluminium sebagai senyawa Fe-P dan Al-P (Hartono 2000). Beberapa kelompok Actinomycetes (Nitta *et al.* 2002) dan kelompok jamur (Aleksieva *et al.* 2003), dapat juga melarutkan Fe-P dan Al-P.

Percobaan bertujuan mendapatkan inokulan yang efektif untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tomat, serta menstimulasi aktivitas mikroba dan enzim fosfatase di dalam tanah. Aplikasi pupuk organik atau inokulan pupuk hayati yang efisien dan efektif diharapkan akan meningkatkan pertumbuhan dan hasil buah tomat sekaligus menekan penggunaan pupuk kimia atau pestisida

sintetis, sehingga akan menjamin dihasilkan produk yang sehat dan menekan kerusakan lingkungan pembudidayaan tomat di lapangan.

Hipotesis yang diuji dalam penelitian adalah aplikasi PSB memberikan pengaruh yang berbeda dibandingkan dengan bahan organik lain ataupun pupuk anorganik terhadap pertumbuhan dan produksi tomat.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan di Desa Cidawu, Cibodas, Kabupaten Cianjur (1.250 m dpl.), Provinsi Jawa Barat, sejak Januari sampai dengan Desember 2007.

Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah dikoleksi dari rizosfer tanaman yang berada di Kebun Raya Cibodas. Tanah diambil secara komposit dari kedalaman 0-15 cm. Tanah dikeringanginkan dan selanjutnya digerus dan diayak menggunakan ayakan dengan kisi-kisi berdiameter 2 mm. Selanjutnya sampel tanah hasil ayakan disimpan pada suhu 4° C untuk dianalisis lebih lanjut.

Penyiapan Inokulan

Sampel tanah hasil ayakan diisolasi menggunakan media Pikovskaya (Subba Rao 1994) untuk mendapatkan isolat PSB. Keberadaan PSB ditunjukkan dengan terbentuknya koloni yang dikelilingi daerah bening (*holozone*). Selanjutnya koloni tersebut dimurnikan dan dipindahkan pada agar miring media Pikovskaya dalam tabung reaksi.

Sebanyak sembilan isolat bakteri yang mampu melarutkan fosfat pada media Pikovskaya yang mengandung $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ berhasil diperoleh yang selanjutnya digunakan sebagai inokulan pada percobaan ini. Inokulan PSB disiapkan dengan terlebih dahulu menumbuhkannya pada media padat Pikovskaya agar miring dan diinkubasi selama 7 hari. Selanjutnya hasil inkubasi dipindahkan pada tabung erlenmeyer yang berisi media Pikovskaya cair dan diinkubasikan selama 5 hari dengan cara digoyang (*shaking*) pada kecepatan 120 rpm. Populasi PSB setelah perlakuan tersebut mencapai sekitar 10^9 sel/ml. Untuk digunakan dalam perlakuan pada media tanam tomat, inokulan PSB dicampur dengan bahan pembawa, yaitu kompos steril.

Percobaan Lapangan

Luas plot percobaan 3 m² (1 x 3 m). Lahan dibajak sebanyak dua kali, kemudian ditanami dengan semaian benih tomat umur 14 hari dengan jarak tanam 30 x 50 cm, sebanyak 20 tanaman per petak. Tomat yang digunakan adalah varietas Gondol. Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok dengan lima perlakuan dan masing-masing dengan tiga kali ulangan. Perlakuan terdiri atas (K) tanpa pemupukan ataupun inokulan PSB, (P1) pemberian inokulan PSB, (P2) pemberian kompos, (P3) pemberian kotoran ayam+sekam, dan (P4) pemberian pupuk kimia NPK. Kompos yang digunakan disiapkan dengan mencampurkan potongan-potongan rumput dan kotoran ayam dengan perbandingan volume 1 : 1 yang diinkubasikan selama 1,5 bulan. Pemberian inokulan PSB dilakukan dengan mencampurkan 60 ml inokulan PSB konsentrasi sekitar 10⁹sel/ml ke dalam 100 g kompos steril. Perlakuan inokulan PSB (P1) ialah 25 g campuran tersebut pada setiap tanaman tomat, atau 0,50 kg per petak. Pemberian kompos (P2), kotoran ayam + sekam (P3), dan pupuk kimia NPK (P4) masing-masing sebesar 3,0, 3,0, dan 0,25 kg per petak. Pemeliharaan tanaman dengan disiang dan disiram sesuai kebutuhan. Setelah tanaman tomat tumbuh setinggi kurang lebih 0,5 m, diberi turus sebagai penyangga.

Pengamatan terhadap peubah tinggi tanaman dilakukan setiap minggu sejak minggu ketiga sampai minggu kedelapan setelah tanam. Panen buah tomat dilakukan pada waktu tanaman berumur 60 hari. Peubah-peubah yang diamati setelah panen mencakup jumlah buah, berat buah, populasi PSB dalam tanah dengan metode *plate count*, dan aktivitas enzim fosfatase asam dan basa pada tanah dengan metode Tabatabai (1994). Data pengamatan diolah dengan ANOVA dan signifikansi nilai rerata dilakukan dengan uji Duncan pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman Tomat

Hasil pengamatan terhadap peubah tinggi tanaman pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel 1. Pada 3 minggu setelah perlakuan, perlakuan pemupukan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pertambahan tinggi tanaman tomat, kecuali terhadap kontrol. Pada minggu keempat

sampai minggu ketujuh setelah perlakuan, pemberian PSB menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan tinggi tanaman. Pengaruh pemberian PSB berbeda nyata terhadap perlakuan lainnya dan kontrol.

Sampai minggu keenam, pengaruh perlakuan pemberian kompos, kotoran ayam+sekam, dan NPK terhadap pertambahan tinggi tanaman tomat tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Pada minggu ketujuh dan kedelapan, aplikasi PSB atau kompos dapat mendorong pertambahan tinggi tanaman tomat secara signifikan dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

Perlakuan inokulasi PSB terbukti menghasilkan peubah tinggi tanaman tertinggi pada setiap tahapan pengukuran dibandingkan perlakuan lainnya, yang berbeda nyata terhadap perlakuan lainnya pada pengamatan minggu kedelapan. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa inokulan PSB menstimulasi tersedianya hara yang lebih cepat bagi pertumbuhan tanaman tomat dibanding dengan perlakuan lainnya. Pemberian kompos tidak memperlihatkan pengaruh yang berbeda terhadap tinggi tanaman pada minggu ketiga sampai minggu keenam, tetapi pada minggu kedelapan berbeda nyata terhadap tanaman yang dipupuk kotoran ayam+sekam dan juga pupuk kimia. Bahan kompos menyediakan hara tersedia yang lebih cepat dibandingkan dengan perlakuan kotoran ayam+sekam, walaupun ketersediaan hara tersebut relatif lambat dibandingkan dengan pemberian inokulan PSB.

Jumlah dan Berat Buah Tomat

Hasil pengamatan terhadap peubah jumlah dan berat buah tomat pada masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 2. Jumlah buah tomat pada tanaman yang diberi inokulan PSB tidak berbeda nyata dengan tanaman yang diberi kompos, tapi berbeda dengan pemberian kotoran ayam+sekam, pupuk kimia NPK, maupun kontrol. Tanaman yang diinokulasi dengan PSB menghasilkan berat buah tomat tertinggi (3.043,3 g/tanaman) dibandingkan perlakuan lainnya (1.616,7 – 2.660,0 g/tanaman). Persentase kenaikan berat buah tomat karena pemberian inokulan PSB terhadap kontrol mencapai 88,2% atau kenaikan sebesar 47,9% bila dibandingkan dengan tanaman yang diberi pupuk kimia NPK. Tanaman yang diberi inokulan PSB menghasilkan buah tomat yang lebih besar daripada tanaman yang diberi pupuk kompos,

Tabel 1. Rerata tinggi tanaman tomat varietas Gondol (Averages of plant height of Gondol tomato variety)

Perlakuan (Treatments)	Tinggi tanaman (Plant height), MST (WAP) cm					
	3	4	5	6	7	8
Tanpa pupuk (kontrol) (Control)	32,0 a	44,3 a	49,3 a	57,3 a	70,3 a	72,3 a
Pemberian inokulan PSB (PSB inoculant application)	53,7 b	71,3 c	83,3 c	89,6 c	99,3 d	108,3 d
Pupuk kompos (Compost)	43,7 ab	56,7 b	65,3 b	69,3 b	85,3 c	96,3 c
Pupuk kotoran ayam + sekam (Chicken dung + rice husk)	50,7 b	59,0 b	73,3 b	72,7 b	78,0 b	81,3 b
Pupuk (Fertilizer) NPK	47,7 ab	56,0 b	69,7 b	74,0 b	81,0 b	85,0 b

walaupun jumlah buah per tanaman tidak berbeda nyata. Pemberian kompos tidak menghasilkan berat buah yang berbeda dengan pemberian kotoran ayam + sekam, walaupun kedua perlakuan tersebut menghasilkan berat buah tomat yang berbeda nyata terhadap kontrol dengan kenaikan masing-masing sebesar 64,5 dan 58,8%.

Pemberian inokulan PSB, kompos, ataupun kotoran ayam+sekam pada media tanam menunjukkan kenaikan berat buah tomat yang berbeda nyata terhadap pemberian pupuk kimia NPK ataupun kontrol. Pemberian PSB dan bahan organik lain tampak mendorong ketersediaan unsur-unsur hara yang lebih cepat dibandingkan dengan pemberian pupuk sintetik yang pada gilirannya akan meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman.

Populasi PSB dan Aktivitas Enzim Fosfatase dalam Tanah

Hasil pengamatan populasi PSB dan aktivitas enzim fosfatase asam dan basa dalam tanah setelah

panen disajikan pada Tabel 3. Peningkatan populasi PSB yang nyata terjadi pada tanah yang diberi inokulan PSB, kompos, kotoran ayam+sekam, maupun pupuk kimia NPK, dibandingkan dengan kontrol. Populasi PSB tertinggi dijumpai pada perlakuan inokulan PSB ($6,5 \times 10^7$ sel/g tanah) berbeda nyata terhadap perlakuan pemberian kompos ($4,5 \times 10^7$ sel/g tanah), kotoran ayam+sekam ($3,5 \times 10^7$ sel/g tanah), maupun pemberian pupuk kimia NPK ($2,3 \times 10^7$ sel/g tanah). Pada tanah sekitar tanaman tomat tanpa inokulasi dan tanpa pemupukan (kontrol) tidak terlihat adanya peningkatan jumlah PSB.

Peningkatan jumlah PSB pada tanah yang diberi perlakuan inokulan PSB, kompos, kotoran ayam+sekam, maupun pupuk kimia NPK seiring dengan peningkatan aktivitas enzim fosfatase asam dan basa. Peningkatan aktivitas enzim fosfatase asam tidak berbeda nyata antarperlakuan (5,1-6,4 µg paranitrofenol (PNP)/g tanah/jam), tetapi berbeda nyata terhadap kontrol (2,7 µg PNP/g

Tabel 2. Rerata jumlah dan berat buah tanaman tomat varietas Gondol (Averages of fruit number and weight of Gondol tomato variety)

Perlakuan (Treatments)	Jumlah buah tomat/plot (No. of tomato fruits/plot)	Berat buah tomat/tanaman (Tomato fruit weight/plot), g	Persentase kenaikan berat buah tomat ¹⁾ (Percentage of the increase of tomato fruit weight)	Persentase kenaikan berat buah tomat ²⁾ (Percentage of the increase of tomato fruit weight)
Kontrol (Control)	13,3 a	1616,7 a	-	-21,5
Pemberian inokulant PSB (PSB inoculant application)	31,0 c	3043,3 d	88,2	47,9
Pupuk kompos (Compost)	30,0 c	2660,0 c	64,5	29,2
Pupuk kotoran ayam + sekam (Chicken dung + rice husk)	21,0 b	2566,7 c	58,8	24,7
Pupuk (Fertilizer) NPK	20,3 b	2058,3 b	27,15	-

¹⁾Dibandingkan terhadap kontrol (Compared to control)

²⁾Dibandingkan terhadap pemberian pupuk kimia NPK (Compared to NPK treatment).

Tabel 3. Rerata populasi PSB dan aktivitas enzim fosfatase asam dan basa pada tanah saat panen (Averages of PSB population and the activities of acid and alkaline phosphatases in the soil at harvest)

Perlakuan (Treatments)	Populasi PSB (PSB population) Sel/g tanah (Cel/g soil)		Enzim fosfatase asam (Acid phosphatase) µg paranitrofenol/ g/jam (µg paranitrophenol/ g/hour)		Enzim fosfatase basa (Alkaline phosphatase) µg paranitrofenol/g/jam (µg paranitrophenol/g/ hour)	
	Sebelum tanam (Before planting) ¹⁾	Saat panen (At harvest) ²⁾	Sebelum tanam (Before planting)	Saat panen (At har- vest)	Sebelum tanam (Before planting)	Saat panen (At harvest)
	Kontrol (Control)	1,2	0,2 a	2,28	2,7 a	27,5
Pemberian inokulan PSB (PSB inoculant application)	1,2	6,5 d	2,28	6,4 b	27,5	74,2 d
Pupuk kompos (Compost)	1,2	4,5 c	2,28	5,1 b	27,5	68,4 c
Pupuk kotoran ayam+sekam (Chicken dung+rice husk)	1,2	3,5 c	2,28	5,3 b	27,5	53,3 b
Pupuk (Fertilizer) NPK	1,2	2,3 b	2,28	5,1 b	27,5	53,6 b

¹⁾Dikalikan 10⁶ (Multiplied by 10⁶); ²⁾Dikalikan 10⁷ (Multiplied by 10⁷)

tanah/jam). Peningkatan aktivitas enzim fosfatase asam tertinggi terjadi pada pemberian inokulan PSB (6,4 ug PNP/g tanah/jam).

Aktivitas enzim fosfatase basa tampak lebih beragam pada tanah yang diberi perlakuan dibandingkan dengan kontrol. Aktivitas tertinggi enzim terjadi pada pemberian inokulan PSB (74,2 µg PNP/g tanah/jam) yang berbeda nyata terhadap kontrol (30,8 µg PNP/g tanah/jam), pemberian kompos (68,4 µg PNP/g tanah/jam), pemberian kotoran ayam+sekam, maupun pupuk kimia NPK (53,3-53,6 µg PNP/g tanah/jam). Dengan demikian, tanah yang diberi perlakuan inokulasi PSB menghasilkan aktivitas fosfatase asam dan basa tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal yang sama terjadi pada penelitian Klose *et al.* (1999) yang menunjukkan bahwa pemberian inokulan PSB dan jamur mikoriza mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman, aktivitas fosfatase asam dan basa, serta konsentrasi P dalam tanah.

Aktivitas enzim dalam tanah berhubungan erat dengan aktivitas mikroba, karena biomas mikroba menjadi syarat sebagai sumber utama enzim dalam tanah. Beberapa penelitian memperlihatkan bahwa aktivitas enzim dipengaruhi secara nyata oleh jenis pupuk yang diberikan dan sistem penanaman (Deng dan Tabatabai 1997, Ekenler dan Tabatabai 2003).

KESIMPULAN

1. Pemberian inokulan PSB dan pupuk organik dapat meningkatkan hasil tanaman tomat dan aktivitas mikroba dalam tanah.
2. Pemberian pupuk organik dapat memberikan beberapa keuntungan, seperti struktur tanah yang lebih baik untuk pertumbuhan tanaman, meningkatkan hara tersedia bagi tanaman, dan meningkatkan populasi dan aktivitas mikroba tanah.
3. Pemberian inokulan PSB mampu lebih meningkatkan pertumbuhan tanaman dan hasil buah tomat dibandingkan dengan pemberian pupuk kompos dan kotoran ayam + sekam, maupun pupuk kimia NPK. Pemberian bahan-bahan organik tersebut berperan dalam menstimulir peningkatan populasi PSB dalam tanah dan aktivitas enzim fosfatase asam dan basa dalam tanah.

SARAN

Pada pembudidayaan tomat ke depan, penggunaan PSB dan pupuk organik dapat dilakukan secara meluas dalam rangka peningkatan produksi, produktivitas, dan kualitas tomat, sekaligus menekan pemanfaatan pupuk kimia yang dapat menurunkan kualitas lahan.

PUSTAKA

1. Aleksieva, P., D. Spasova, and S. Radoevska. 2003. Acid Phosphatase Distribution and Localization in the Fungus *Humicola lutea*. *Z. Naturforsch.* 58c:239-243.
2. Arwan S. dan S. Widawati. 2005. Pengaruh Kompos dan Berbagai Pupuk Hayati Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Temu Lawak (*Curcuma xanthorrhiza*). *J. Bio. Indonesia*. III(9):371-378.
3. Deng, S.P. and M. A. Tabatabai. 1997. Effect of Tillage and Residue Management on Enzyme Activities in Soils: III. Phosphatases and Arylsulphatase. *Biol. Fertil. Soils*. 24:141-146.
4. Ekenler, M. and M. A. Tabatabai. 2003. Responses of Phosphatases and Arylsulphatase in Soils to Liming and Tillage Systems. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 166:281-290.
5. Glick, B. R. 1995. The Enhancement of Plant Growth by Free Living Bacteria. *Canadian J. Microbiol.* 41:109-117.
6. Hartono, A. 2000. Pengaruh Pupuk Fosfor, Bahan Organik, dan Kapur terhadap Pertumbuhan Jerapan P pada Tanah Masam Latosol Darmaga. *J. Ilmiah Pert. Gakuryoku*. VI(1): 73-78.
7. Klose, S., J. M. Moore, and M. A. Tabatabai. 1999. Arylsulphatase Activity of Microbial Biomass in Soils as Affected by Cropping Systems. *Biol. Fertil. Soils*. 29:46-54.
8. Nitta, M., M. Goro, N. Shibuya, and Y. Okawa. 2002. A Novel Protein with Alkaline Phosphatase and Protease Inhibitor Activities in *Streptomyces Hiroshimensis*. *Bull. Biol. Pharmacy*. 25(7):833-836.
9. Simanungkalit, R. D. M. 2001. Aplikasi Pupuk Hayati dan Pupuk Kimia: Suatu Pendekatan Terpadu. *Bul. Agrobio*. 4(2):56-61.
10. Subba Rao, N.S. 1982. *Biofertilizers in Agriculture*. Oxford dan IBH Publishing Co, New Delhi. 158 pp
11. Widawati, S., Suliasih, dan Syaifudin. 2002. Pengaruh Introduksi Kompos Plus terhadap Produksi Bobot Kering Daun Kumis Kucing (*Orthosiphon aristatus* Bl. Miq) pada Tiga Macam Media Tanah. *J. Biol. Indonesia*. III(3):245-253.
12. _____. 2005. The Application of Soil Microbe from Wamena Botanical Garden as Biofertilizer (Compost Plus) on Purple Eggplant (*Solanum melongena* L.). *J. Ilmiah Pert. Gakuryoku*. XI(3):20-24.
13. _____. 2006. Augmentasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) Potensial Sebagai Pemicu Pertumbuhan Caisin (*Brassica caventis* Ocd.) di Tanah Marginal. *J. Biodiversity*. 7(1):10-14.
14. Tabatabai, M.A. 1994. Soil Enzymes. In Weaver, R.W., S. Angle, P. Bottomley, D. Bezdicsek, S. Smith, M. A. Tabatabai, and A. Wollum (Eds.): Method of Soil Analysis, Part 2, Microbial and Biochemical Properties. *Soil Sci. Soc. Am. Book Series No. 5*. Madison, p.775-833.