

Augmentasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) Potensial sebagai Pemacu Pertumbuhan Caysin (*Brasica caventis* Oed.) di Tanah Marginal

Augmentation of potential phosphate solubilizing bacteria (PSB) stimulate growth of green mustard (*Brasica caventis* Oed.) in marginal soil

SRI WIDAWATI*, SULIASIH

Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Bogor 16002.

Diterima: 22 September 2005. Disetujui: 22 Nopember 2005.

ABSTRACT

The potential of phosphate solubilizing bacteria/PSB (*Bacillus megaterium*, *B. pantothenicus*, *Chromobacterium lividum* and *Klebsiella aerogenes*) were used as biofertilizer to increase the fresh leaf production of green mustard (*Brasica caventis* Oed.). An experiment was conducted at green house condition. The experiment were used 18 treatments such as single isolate of potential PSB (A,B,C,D), inoculants contain two isolates of potential PSB (E,F,G,H,I,J), inoculants contain three isolates of potential PSB (K, L, M, N), inoculants contain four isolate of potential PSB (O), chemistry fertilizer (P = control 1), organic fertilizer (Q = control 2), and without fertilizer (R = control 3). The treatments were arranged in Completely Randomized Design (CRD) with 5 replications. The result showed that the inoculants of potential PSB increased the fresh plant production of green mustard. The mix of four isolates of potential PSB (inoculants O) was the best to increase the fresh plant production of green mustard until 32.87% than other PSB inoculants, 207.84% than control 1, 217.23% than control 2, and 930.60% than control 3.

© 2006 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Key words: BPF/PSB, Wamena Biological Garden, *Brasica caventis* Oed.

PENDAHULUAN

Fosfor merupakan unsur esensial kedua setelah N yang berperan penting dalam proses pertumbuhan tanaman, serta metabolisme dan proses mikrobiologi tanah. Fosfor dalam tanah, 70% berada dalam keadaan tidak larut (Foth, 1990), hal tersebut sangat berpengaruh terhadap serapan hara lain, khususnya pada saat unsur P menjadi faktor pembatas (Foth dan Ellis, 1988). Ketersediaan unsur P dalam tanah ternyata sangat bergantung pada aktivitas mikroorganisme dalam tanah (Amarisi dan Olsen, 1973), seperti adanya aktivitas dari kelompok bakteri pelarut fosfat/BPF (Rao, 1982).

Bakteri pelarut fosfat (BPF) merupakan bakteri tanah yang bersifat non patogen dan termasuk dalam katagori bakteri pemacu pertumbuhan tanaman. Bakteri tersebut menghasilkan vitamin dan fitohormon yang dapat memperbaiki pertumbuhan akar tanaman dan meningkatkan serapan hara (Glick, 1995). Bakteri pelarut fosfat merupakan satu-satunya kelompok bakteri yang dapat melarutkan P yang terjerap permukaan oksida-oksida besi dan aluminium sebagai senyawa Fe-P dan Al-P (Hartono, 2000). Bakteri tersebut berperan juga dalam transfer energi, penyusunan protein, koenzim, asam nukleat dan senyawa-senyawa metabolik lainnya yang dapat menambah aktivitas penyerapan P pada tumbuhan yang kekurangan P (Rao, 1994).

Hasil penggalian keberadaan dan potensi mikroba tanah di daerah Kebun Biologi Wamena (KBW) menghasilkan 4 jenis bakteri potensial sebagai pupuk biologi, yaitu *Bacillus megaterium*, *B. pantothenicus*, *Chromobacterium lividum*, dan *Klebsiella aerogenes* (Widawati dkk., 2005). Isolat-isolat BPF tersebut adalah bakteri indigenus KBW dengan efektivitas teruji secara laboratoris dan skala rumah kaca pada tanaman legum tahunan seperti kaliandra (Latupapua dan Widawati, 2001), legum tumbuh cepat seperti kacang tanah (Widawati dkk., 2001; Rahayu dkk., 2001), tanaman obat tradisional seperti kumis kucing (Widawati dkk., 2002), dan temu lawak (Sugiharto dan Widawati, 2005). Selain tanaman tersebut, ke-4 isolat BPF telah teruji pula pada tanaman sayuran buah seperti terong (Widawati dan Suliasih, 2005). Efektivitas BPF sebagai pupuk biologi ramah lingkungan tersebut juga diharapkan dapat menjadi pupuk biologi tanaman sayur mayur seperti caysin dan sekaligus menaikkan produksi tanaman segar. Sayur-mayur merupakan komoditi pertanian di sekitar Kebun Biologi Wamena. Daerah tersebut merupakan zona kegiatan masyarakat sekitar untuk membangun ketrampilan teknis agrobiodiversitas ataupun komoditas mapan seperti budidaya sayuran dataran tinggi (Darnaedi, 2005). Zona tersebut mempunyai persediaan air yang cukup untuk waktu lama, sehingga cocok untuk ladang sayuran seperti caysin. Salah satu kendala untuk menanam caysin di daerah tersebut adalah kandungan nutrisi dan mineral dalam tanah. Sebagian zona di sekitar Kebun Biologi Wamena mempunyai kandungan nutrisi dan mineral dalam tanah rendah (lahan marginal), sehingga diperlukan perhatian khusus untuk dapat dikembalikan menjadi ekosistem yang subur untuk pertumbuhan tanaman.

* Alamat korespondensi:
Jl.Ir. H.Juanda 18 Bogor 16002
Tel. +62-251-324006. Fax.: +62-251-325854
e-mail: widadomon@yahoo.com

Sistem *organic farming* (OF) dengan menggunakan teknologi mikroba indigenus potensial seperti inokulan BPF merupakan solusi terbaik. Inokulan BPF dapat membantu mengembalikan kesuburan tanah dan sekaligus meningkatkan produksi tanaman, khususnya tanaman sayur mayur dataran tinggi. Penerapan sistem OF sangat penting karena merupakan pengembangan sistem pelestarian lingkungan yang masih alami dan bebas dari bahan cemaran. *Organic farming* juga merupakan salah satu program intensifikasi budidaya yang diselenggarakan oleh LIPI dan pemerintah daerah setempat sebagai antisipasi dalam ketersediaan pangan di Wamena yang ternyata semakin lama semakin maju (Darnaedi, 2005).

Percobaan ini bertujuan untuk mencari komposisi inokulan BPF terbaik sehingga mempunyai peluang besar untuk dimasyarakatkan di Wamena dalam melakukan kegiatan agrobiodiversitas. Tujuan lain dari augmentasi inokulan BPF pada tanaman adalah untuk menjaga lingkungan (ekosistem tanah) dari bahan cemaran yang berasal dari pupuk kimia (TSP) yang selama ini tidak diperkenankan digunakan di Wamena.

BAHAN DAN METODE

Beberapa tanah sampel diambil dari Kebun Biologi Wamena, dikeringanginkan dan diisolasi BPF nya dengan menggunakan media selektif "Pikovskaya padat" dalam sebuah petridis. Kultur diinkubasi selama 5-7 hari pada suhu 27°C, kemudian isolat dalam petridis tersebut diamati dan jika di sekeliling koloni bakteri terdapat daerah bening (holozone), maka isolat tersebut adalah BPF. Daerah bening diukur diameternya (cm), diamati gejala melarutkan fosfat dan warnanya, serta populasinya. Selanjutnya BPF yang mempunyai daerah bening paling besar dimurnikan dan diidentifikasi jenisnya. Isolat-isolat tersebut selanjutnya diuji kemampuannya dalam melarutkan P alam (P_2O_5) dan P kimiawi ($Ca_3(PO_4)_2$) dalam media Pikovskaya cair menurut metode Gaur (1981). Selanjutnya BPF tersebut dibuat inokulan cair dan disuntikkan ke dalam bahan pembawa (carier) seperti gambut menjadi inokulan padat dan dapat digunakan sebagai pupuk biologi.

Pembuatan inokulan BPF cair

Hasil peremajaan dari 4 isolat BPF potensial (*Bacillus megaterium*, *B. pantothenicus*, *Chromobacterium lividum*, dan *Klebsiella aerogenes*) diinkubasi 7 hari dan dipindahkan ke tabung besar berisi 25 mL Pikovskaya (BPF) miring dan masing-masing diperbanyak dalam erlenmeyer berisi medium cair (Pikovskaya) 500 mL. Inokulan cair dalam erlenmeyer tersebut digojok/shaker dengan kecepatan 120 rpm selama 5 hari (populasi bakteri telah mencapai $\pm 10^7$ - 10^9 sel/ml).

Pembuatan inokulan padat

Sebanyak 60 mL inokulan cair dari masing-masing isolat BPF, yaitu *Bacillus pantothenicus* (a), *Klebsiella aerogenes* (b), *Chromobacterium lividum* (c), dan *B. megaterium* (d) disuntikkan ke dalam plastik yang berisi bahan pembawa (carier) berupa gambut halus. Kemasan tersebut masing-masing menjadi inokulan dengan kode A, B, C, dan D. Hal yang sama dilakukan terhadap kemasan carier yang diinfeksi dengan 2, 3, dan 4 isolat BPF, inokulan tersebut diberi kode E (a+b), F (a+c), G (a+d), H (b+c), I (b+d), J (c+d), K (a+b+c), L (a+b+d), M (a+c+d), N (b+c+d), dan O (a+b+c+d). Setelah inokulan tersebut diinkubasi selama 5-7 hari pada temperatur ruang, maka inokulan tersebut siap diinokulasikan ke tanaman sayur mayur seperti caysin.

Penanaman di rumah kaca

Penanaman di rumah kaca menggunakan media tanam tanah sebanyak 54 pot berukuran 3 galon yang berisi tanah marginal 5 kg (pH tanah = 5,11; kandungan P = 1,47%/sangat rendah; N total = 0,09%/sangat rendah; C organik = 0,87%/sangat rendah). Masing-masing pot ditanami 4 benih caysin yang kemudian diberi inokulan BPF dengan kode A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P (kontrol 1 = pupuk kimia/TSP+KCl+urea), Q (kontrol 2 = pupuk organik/kompos), R (kontrol 3 = tanpa pupuk). Percobaan tersebut disusun secara acak lengkap dengan 3 ulangan. Setelah berumur 2 bulan, tanaman dipanen dan dianalisis berat segar dari daun caysin per satu tanaman/pot, berat segar daun caysin 4 tanaman/pot, berat basah seluruh tanaman/pot (daun + akar).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah bening di sekitar koloni isolat BPF, merupakan tanda dari adanya aktivitas BPF dalam melarutkan P terikat. Hal tersebut terjadi karena adanya pelarutan $Ca_3(PO_4)_2$. Tabel 1 menunjukkan bahwa holozone di sekitar BPF ke-4 isolat setelah diuji kembali di laboratorium Mikrobiologi masih menunjukkan reaksi positif dengan warna holozone putih bening, kecuali BPF "*Klebsiella aerogenes*" berwarna putih keruh. Diameter (cm) holozone ke-4 isolat tersebut hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa ke-4 jenis BPF mempunyai efektivitas sama dalam melarutkan P terikat yang ada di dalam media Pikovskaya padat, seperti dikemukakan oleh Rachmiati (1995), bahwa luas daerah bening tersebut secara kualitatif menunjukkan besar kecilnya kemampuan BPF melarutkan P dari fosfat tak larut.

Jumlah P terlarut dan perubahan pH dalam 100 mL medium Pikovskaya cair selama 1 bulan rata-rata memperlihatkan adanya aktivitas BPF yang signifikan dalam melarutkan unsur P dari $Ca_3(PO_4)_2$. Pelarutan P tertinggi dilakukan oleh *Klebsiella aerogenes* dengan persentase peningkatan fosfat rata-rata 90,78% dibandingkan kontrol tanpa inokulasi. Semakin meningkatnya pelarutan fosfat ternyata pH semakin menurun. Menurut pendapat Rao (1982), hal ini disebabkan adanya proses pembebasan BPF oleh sejumlah asam-asam organik seperti asam sitrat, glutamat, suksinat, laktat, oksalat, glikooksalat, malat, fumarat, tartarat, dan asam alpha ketobutirat yang berakibat pada terjadinya pelarutan Ca-fosfat.

Pelarutan P oleh BPF dari batuan fosfat rata-rata nilainya lebih kecil dibandingkan dengan pelarutan P dari $Ca_3(PO_4)_2$. Hal ini membuktikan bahwa pelarutan P alam/rock fosfat membutuhkan waktu lebih lama dari P kimia, akan tetapi lebih ramah terhadap lingkungan. Hasil tersebut memperkuat hasil percobaan Latupapua dan Widawati (2001), yaitu P alam dengan BPF sebagai pupuk biologi akan berperan dalam penstabilan kesuburan tanah dalam jangka panjang.

Hasil percobaan (Tabel 3) menunjukkan bahwa inokulan dengan kombinasi 4 jenis isolat BPF (O = *Bacillus megaterium*, *B. pantothenicus*, *Chromobacterium lividum*, dan *Klebsiella aerogenes*) adalah yang terbaik dalam memacu pertumbuhan caysin. Hal ini terlihat pada persentase kenaikan berat daun segar 1 tanaman per pot (g) sebesar 877,67% dibandingkan dengan tanaman kontrol 3 (R = tanaman tanpa diberi inokulan/pupuk), 354,08% dibandingkan dengan tanaman kontrol 2 (Q = pupuk kompos), dan 61,81% dibandingkan dengan tanaman kontrol 1 (P=TSP+KCl+Urea), perbedaan nyata ini dapat dilihat juga pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengaruh inokulan BPF terhadap pertumbuhan caysin. Keterangan: 1. Tanaman caysin (1 pohon bagian atas) yang diberi inokula dengan 4 jenis BPF; 2. Tanaman caysin (1 pohon bagian atas) yang diberi pupuk TSP+KCl+Urea (kontrol 1); 3. Tanaman caysin (1 pohon bagian atas) yang diberi pupuk kompos (kontrol 2); 4. Tanaman caysin (1 pohon bagian atas) yang tidak diberi pupuk/inokulan (kontrol 3).

Tabel 1. Jumlah populasi, diameter daerah bening, gejala dan warna daerah bening dari 4 isolat BPF potensial.

No. sampel tanah	Warna tanah	pH tanah	Jenis BPF potensial	Σ Populasi BPF (cell/ml)	Φ Holozone (cm)	Gejala & warna holozone
2	Coklat kemerahan	5.00	<i>Bacillus pantothenicus</i>	10^6 - 10^7	1,34	Positif-Putih bening
3	Abu-abu	4.60	<i>Klebsiella aerogenes</i>	10^6 - 10^7	1,35	Positif putih keruh
7	Coklat	5.30	<i>Chromobacterium lividum</i>	10^6 - 10^7	1,33	Positif putih bening
8	Coklat	4.90	<i>Bacillus megaterium</i>	10^6 - 10^7	1,34	Positif putih bening

Tabel 2. Nilai rata-rata kemampuan melarutkan P dalam media cair dari 4 isolat BPF potensial selama 1 bulan yang diamati/minggu.

Isolat	Perlakuan							
	Pupuk P kimiawi Ca_3PO_4				Pupuk fosfat alam (P_2O_5)			
	P tersedia	Kenaikan P		pH	P tersedia	Kenaikan P		pH
	ppm	ppm	%		ppm	ppm	%	
<i>Bacillus pantothenicus</i>	29,87	6,59	25,41	5,46	9,98	0,23	8,72	6,72
<i>Klebsiella aerogenes</i>	47,63	24,35	90,78	5,00	16,37	6,62	89,72	6,91
<i>Chromobacterium lividum</i>	43,05	19,76	73,17	5,43	11,91	8,9	23,19	6,41
<i>Bacillus megaterium</i>	41,68	18,39	72,44	5,08	8,51	-4,99	8,87	6,87
Kontrol	23,29	0	0	7,00	9,73	0	0	7,00

Berat daun segar 4 tanaman/pot (g) jika dibandingkan dengan kontrol 1, 2, dan 3 ada kenaikan sebesar 203,75%; 208,30%; dan 903,63%. Nilai statistik berat daun segar 1 tanaman terbesar dari 4 tanaman per pot (g), berat daun segar 4 tanaman per pot, dan berat tanaman segar seluruh tanaman per pot (daun + batang + akar) pada Tabel 3

menunjukkan nilai sebesar 139,22 g, 575,48 g, dan 606,42 g. Persentase kenaikannya jika dibandingkan dengan tanaman kontrol 3 (tanaman tanpa pupuk/inokulan) adalah 877,67%; 903,63%; 930,63; dan 32,87% jika dibandingkan dengan rata-rata hasil dari tanaman yang diberi inokulan dengan isolat BPF tunggal maupun campuran 2-3 isolat BPF.

Tabel 3. Hasil augmentasi inokulan BPF potensial sebagai pemacu pertumbuhan caysin.

Perlakuan	Berat daun segar 1 tanaman/pot (g)	Berat daun segar 4 tanaman/pot (g)	Berat tanaman segar seluruh tanaman/pot (daun + batang + akar) (g)
A	107,12 abc	392,96 a	412,83 ab
B	104,80 abc	399,58 a	419,78 ab
C	103,48 abc	405,08 a	426,37 ab
D	101,36 abc	407,92 a	429,26 ab
E	111,26 abc	423,52 a	444,57 ab
F	123,14 ab	425,00 a	449,49 ab
G	113,44 ab	425,00 a	449,55 ab
H	117,86 a	431,50 a	456,14 ab
I	117,38 a	437,68 a	463,37 ab
J	119,68 a	441,42 a	467,61 ab
K	121,78 a	455,30 a	481,50 ab
L	125,98 a	464,46 a	494,02 ab
M	122,90 a	459,40 a	488,80 ab
N	119,00 a	476,20 a	506,19 ab
O	139,22 a	575,48 a	606,42 a
P	86,04 abcd	189,46 b	196,99 ab
Q	30,66 bcd	186,66 b	191,16 ab
R	14,24 d	57,34 b	58,84 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji Duncan.

Terjadi hal yang sama pada percobaan Latupapua dan Widawati (2001), bahwa ke-4 BPF (*Bacillus megaterium*, *B. pantothenicus*, *Chromobacterium lividum*, dan *Klebsiella aerogenes*) yang diinokulasikan pada tanaman *Calliandra* sp., hasilnya jika dibandingkan dengan kontrol dapat menaikkan 417% bobot kering tanaman. Percobaan Sugiharto dan Widawati (2005) pada tanaman temu lawak yang diinokulasi dengan ke-4 BPF tersebut menghasilkan bobot kering rimpang temu lawak tertinggi (18,09 g/tanaman/pot) dibandingkan kontrol. Tanaman terong yang diinokulasi dengan ke-4 BPF tersebut juga menaikkan 400% jumlah buah terong dan 500% bobot segar buah terong jika dibandingkan dengan tanaman yang dipupuk kimia, kompos, dan 2 pupuk komersial yang dibeli di pasar (Widawati dan Suliasih, 2005).

Hasil dari beberapa percobaan tersebut di atas menunjukkan bahwa isolat dari ke-4 jenis BPF jika dikombinasikan dalam satu inokulan padat, efektivitasnya dalam memacu pertumbuhan akan semakin solid dan cocok dengan beberapa tanaman termasuk tanaman caysin sehingga membuat tanaman semakin baik dalam menyerap P tersedia. Akibatnya produksi tanaman segar meningkat, meskipun tanaman tersebut ditanam dalam media tanah yang tidak subur (marginal). Seperti dikemukakan oleh Alexander (1977), bahwa efektivitas BPF dalam proses mineralisasi senyawa P organik melalui aktivitas enzimatis yang melibatkan enzim fosfatase, fitase, dan nuklease akan menghasilkan P terlarut yang tersedia bagi tanaman. Efektivitas BPF dalam melarutkan unsur P yang terikat juga sangat berkaitan erat dengan cara beradaptasi dari BPF dengan lingkungannya. Dikemukakan oleh Rao (1982), bahwa lingkungan yang baik dan cocok untuk jenis BPF tertentu akan meningkatkan aktivitasnya dalam mengeluarkan asam-asam organik, enzim dan hormon-hormon tumbuh untuk melarutkan unsur P tanah.

Masing-masing jenis dari BPF yang diinokulasikan pada tanah marginal yang ditumbuhi oleh caysin ternyata mampu beradaptasi, mungkin karena masing-masing isolat tersebut dapat meningkatkan aktivitasnya dalam mengeluarkan asam-asam organik, enzim-enzim dan hormon tumbuh untuk melarutkan P terikat (Rao, 1982). Pelarutan P oleh BPF juga karena adanya pembentukan khelat oleh asam

organik terhadap anasir penyerap fosfat, kompetisi anion organik dan orthofosfat pada permukaan koloid yang menyebabkan mobilitas orthofosfat dalam larutan tanah menjadi meningkat dan absolut dalam melarutkan fosfat BPF (Illmer dan Schinner, 1995). Selain itu juga aktivitas pelarut fosfat oleh BPF tetap tergantung pada lingkungannya, seperti jenis vegetasi, kelembaban, suhu, aerasi, dan reaksi tanah (Supriyo *et al.*, 1992). Selanjutnya Taha (1969) mengemukakan bahwa faktor kimia dan fisik tanah, serta vegetasi, rotasi tanaman dan kondisi lingkungan sangat mempengaruhi keberadaan BPF.

Wahyuningsih dkk. (1995) mengemukakan, bahwa isolat tunggal dapat meningkatkan secara langsung pelarutan P terikat tanah. Seperti terlihat pada Tabel 3, ternyata inokulan dengan isolat tunggal BPF efektif (A,B,C,D) mampu memacu pertumbuhan caysin. Hal yang sama juga terlihat dari percobaan terdahulu, bahwa inokulan kompos plus dengan isolat BPF tunggal jenis *Bacillus megaterium* dan *B. pantothenicus* mampu menghasilkan bobot kering daun kumis kucing tertinggi (113,90 gram/pot) dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Widawati dkk., 2002). Sedangkan jenis *Klebsiella aerogenes* bersama-sama dengan 20 ppm pupuk P alam dapat menaikkan berat kering tanaman bagian bawah (akar + bintil + polong) sebesar 59,50% jika dibandingkan dengan tanaman kontrol (Widawati dkk., 2002).

Berat daun segar dari satu tanaman per pot (g) yang diambil dari 4 tanaman caysin per pot rata-rata lebih baik pertumbuhannya dibandingkan dengan kontrol 1 (P), 2 (Q), dan 3 (R) (Tabel 3). Hasil percobaan juga menunjukkan bahwa, berat daun segar seluruh tanaman (4 pohon) per pot untuk semua perlakuan inokulan dengan BPF tunggal dan campuran pengaruhnya dalam memacu pertumbuhan caysin tidak berbeda nyata, tetapi berbeda nyata jika dibandingkan dengan dengan kontrol 1 (P), kontrol 2 (Q), dan kontrol 3 (R). Hal tersebut menunjukkan bahwa pada tanah marginal memang perlu bantuan BPF yang bersifat biofertilizer dan berkemampuan melepaskan unsur P terikat sehingga tersedia bagi tanaman serta dapat memacu pertumbuhan tanaman. Hal tersebut telah dibuktikan pada percobaan yang dilakukan Rahayu dkk. (2001), bahwa ke-4 jenis BPF tersebut dapat menaikkan bobot kering polong dan biji kacang tanah sebesar 8,15-27,83% jika dibandingkan dengan tanaman kontrol yang ditanam pada lahan bekas galian emas.

Pemberian inokulan BPF akan memperbaiki struktur tanah dan stabilitas agregat naik sehingga memudahkan penetrasi akar ke dalam tanah guna menyerap nutrisi yang tersedia. Selanjutnya proses fotosintesis senyawa penting lainnya untuk pertumbuhan akan meningkat sehingga menghasilkan asimilat yang tinggi dan dampaknya akan tampak pada kenaikan bobot daun segar sayuran caysin bila dibandingkan dengan kontrol. Selanjutnya Sastraatmadja dkk. (2001) mengemukakan bahwa BPF dalam bahan pembawa kompos dapat menstimulir aktivitas amonifikasi, nitrifikasi, fiksasi nitrogen dan fosforilasi. Hal tersebut mungkin disebabkan adanya kerja dari berbagai mikroba yang sudah ada dalam tanah, oleh karena itu pemberian inokulan BPF akan meningkatkan produktivitas lahan tanam secara permanen. Terjadinya hal tersebut memang tidak terlepas dari fungsi timbal balik antara tanaman dan mikroba tanah/BPF indigenus dan yang terkandung dalam inokulan yang diinokulasikan pada tanaman caysin. Atlas dan Bartha (1993) mengemukakan bahwa aktivitas dan efektivitas mikroba indigenus dalam medium tanam (tanah) akan bersama-sama terpacu dan membentuk komunitas mikroba yang dapat mempercepat

mineralisasi unsur hara makro dan mikro. Unsur tersebut dibutuhkan oleh tanaman dalam pertumbuhannya, karena hanya dapat menyerap 15-26% saja unsur P dalam tanah. Kesuburan tanah untuk menghasilkan produksi tanaman lebih baik, tidak hanya bergantung pada komposisi kimia dan sifat fisik tanah saja, melainkan juga pada mikroba tanah indigenus (Rao, 1994). Sehingga apabila jumlah mikroba dalam media tanam mempunyai jumlah populasi rendah ($< 10^7$), maka diperlukan introduksi mikroba potensial sebagai biofertilizer.

KESIMPULAN

Empat isolat BPF jenis *Bacillus pantothenicus*, *Klebsiella aerogenes*, *Chromobacterium lividum* dan *B. megaterium* sebagai inokulan padat, mampu memacu pertumbuhan tanaman caysin. Inokulan O yang berisi 4 isolat BPF jenis *Bacillus pantothenicus*, *Klebsiella aerogenes*, *Chromobacterium lividum*, dan *B. megaterium* merupakan inokulan terbaik sebagai biofertilizer dan menghasilkan berat daun segar 1 tanaman terbesar dari 4 tanaman per pot (g), berat daun segar 4 tanaman per pot, dan berat tanaman segar seluruh tanaman per pot (daun + batang + akar) sebesar 139,22 g, 575,48 g, dan 606,42 g atau ada kenaikan 877,67%; 903,63%; 930,63 dari tanaman kontrol 3/R = tanaman tanpa pupuk/inokulan; 354,67%; 208,30%; 217,23% dari tanaman kontrol 2/Q = tanaman dengan pupuk kompos; dan 61,81%; 203,75%; 207,84% dari tanaman kontrol 1/P = tanaman dipupuk kimia. Ada kenaikan pada tanaman segar seluruh tanaman per pot (daun + batang + akar) sebesar 32,87% dari tanaman yang diinokulasi dengan isolat BPF tunggal maupun campuran 2-3 isolat BPF.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M. 1977. *Introduction to Soil Microbiology*. New York: John Wiley & Sons.
- Amarisi, S.L. and S.R. Olsen. 1973. Liming as related to solubility of P, and plant growth in acid tropical soil. *Soil Scientist Society of America Proceeding* 37: 716-721.
- Atlas, R.M. and R. Bartha. 1993. *Microbial Ecology, Fundamentals and Applications*. New York: Addition Wesley.
- Darnaedi, D. 2005. Kebun Biologi Wamena dalam perspektif pengelolaan sumber daya hayati papua. *Seminar Sepuluh Tahun Proses Pembangunan Kebun Biologi Wamena (KBW)*. Puslit Biologi-LIPI. Jakarta, 12 Juli 2005.
- Foth, H.D. 1990. *Fundamental of Soil Science*. 8th edition. New York: John Wiley & Sons.
- Foth, H.D. and B.G. Ellis. 1988. *Soil Fertility*. New York: John Wiley & Sons.
- Gaur, A.C. 1981. Phosphomicroorganism and varians transformation in compost technology. *FAO Project Field Document No.13*. Rome: FAO.
- Glick, BR. 1995. The enhancement of plant growth by free living bacteria. *Canadian Journal Microbiology* 41: 109-117.
- Hartono, A. 2000. Pengaruh pupuk fosfor, bahan organik dan kapur terhadap pertumbuhan jerapan P pada tanah masam latosol Darmaga. *Gakuryoku* 6 (1): 73-78.
- Illmer, P. and F. Schinner. 1995. Solubilization of organic calcium phosphates solubilization mechanisms. *Soil Biology Biochemistry* 27 (3): 257-263.
- Latupapua, H.J.D. dan S. Widawati, 2001. Pupuk organik dan hayati sebagai agen pertumbuhan anakan kaliandra (*Calliandra* sp) pada tanah masam. *Jurnal Biologi Indonesia* 3 (1): 50-61.
- Rachmiati, Y. 1995. Bakteri pelarut fosfat dari rizosfer tanaman dan kemampuannya dalam melarutkan fosfat. *Prosiding Kongres Nasional VI HITI*, Jakarta, 12-15 Desember 1995.
- Rahayu, S.H., F. Syarif, E. Sambas, dan S. Widawati. 2001. Pemanfaatan inokulan *Rhizobium* dan BPF terhadap pertumbuhan dan hasil kacang tanah di lahan bekas galian emas Jampang. *Prosiding Seminar Nasional Biologi XVI* volume 2. PBI Cabang Bandung dan ITB, 26-27 Juli 2001.
- Rao, N.S.S. 1982. Phosphate solubilization by soil microorganisms. In N.S. Rao (ed.) *Advanced in Agricultural Microbiology*. New Delhi: Oxford and IBH Publishing Co.
- Rao, N.S.S.1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Edisi ke-2. Jakarta: Penerbit UI.
- Sastraatmadja, D.J., S. Widawati, dan Rachmat. 2001. Kompos sebagai salah satu pilihan dalam penggunaan pupuk organik. *Seminar pada Pelatihan Produk Teknologi Unggulan dan Ramah Lingkungan*, UNILA Bandar Lampung, 5-6 Juli 2001.
- Sugiharto, A. dan S. Widawati. 2005. Pengaruh kompos dan berbagai pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan hasil temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*). *Jurnal Biologi Indonesia* 7 (9): 371-378.
- Supriyo, H., N. Matsue, and N. Yoshinaga. 1992. Chemistry and mineralogy of some soils from Indonesia. *Soil Science Plant Nutrition* 38 (2): 217-225.
- Taha, S.M., S.A.Z. Machmoud, A. Halim El Damaty, and A.M. Abd. El Hafez. 1969. Activity of phosphate dissolving bacteria in Egyptian soils. *Plant and Soil* 31 (1): 151-160.
- Wahyuningsih, S., R.S. Mieke, dan N.F. Betty, 1995. Pengaruh aplikasi inokulan bakteri pelarut fosfat (*Pseudomonas cerevisiae* dan *Pseudomonas* sp) dan pupuk organik terhadap ketersediaan P dan populasi BPF pada humic hapdludults seri Jatinangor. *Prosiding Kongres Nasional VI HITI*. Jakarta: 12-15 Desember 2005.
- Widawati, S. dan Suliasih. 2005. The application of soil microbe from Wamena Botanical Garden as biofertilizer (compost plus) on purple eggplant (*Solanum melongena* L.). *Gakuryoku* 11 (4): *in-press*.
- Widawati, S., Suliasih, dan H.J.D. Latupapua.2005. Studi awal jenis bakteri pelarut fosfat dan penambat nitrogen yang diisolasi dari tanah Kebun Biologi Wamena, Jaya wijaya-Papua. *Gakuryoku* 11 (2): 147-150.
- 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. *Jurnal Biologi Indonesia* 3 (3): 245-253.
- Widawati, S., Suliasih; dan A. Kanti. 2001. Pengaruh isolat BPF efektif dan dosis pupuk fosfat terhadap pertumbuhan kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Prosiding Seminar Nasional Biologi XVI*. Volume 2. PBI cabang Bandung dan ITB. Bandung, 26-27 Juli 2001.