

Formulasi Bahan Pembawa Pupuk Hayati Pelarut Fosfat untuk Kedelai di Tanah Masam

Formulation of Phosphate-Solubilizing Biofertilizer Carrier for Soybean on Acidic Soils

Suryantini

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, Jl. Raya Kendalpayak km 8 PO BOX 66 Malang 65101 email: suryantini.balitikabi@yahoo.com

NASKAH DITERIMA 23 FEBRUARI 2016; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN: 8 APRIL 2016

ABSTRAK

Formula *carrier* (bahan pembawa) pupuk hayati merupakan salah satu faktor penentu keberhasilan penggunaan pupuk hayati karena berperan penting dalam menjaga viabilitas dan efektivitas mikroba yang terkandung di dalamnya. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan satu formula bahan pembawa pupuk hayati bakteri pelarut fosfat yang mampu meningkatkan produktivitas kedelai dan menghemat penggunaan pupuk kimia di lahan masam. Penelitian dilaksanakan di laboratorium, rumah kaca dan lapangan (lahan kering masam Lampung Timur) pada MH 2012. Formula pupuk hayati yang diuji merupakan multi isolat bakteri pelarut fosfat (*Pseudomonas* sp.) yang dikombinasi dengan beberapa bahan pembawa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formula dengan viabilitas bakteri dari yang tertinggi berturut-turut, yaitu gambut + dolomit + arang > bokashi + dolomit > bokashi + dolomit + arang > gambut + dolomit > bokashi > gambut. Di lapangan, formula gambut + dolomit + arang memberikan peningkatan hasil kedelai setara dengan perlakuan amelioran dolomit 800 kg/ha dan bila dikombinasi dengan amelioran dolomit pada dosis yang sama maka diperoleh peningkatan hasil 64% (0,39 t/ha) dibanding hasil pada perlakuan tanpa dolomit. Formula tersebut bila dikombinasi dengan pemupukan 100 kg SP36/ha memberikan hasil setara dengan pemupukan 200 kg SP36/ha, sedangkan kombinasinya dengan pemupukan 200 kg SP36/ha mampu meningkatkan hasil 163% (0,7 t/ha) dibanding hasil perlakuan kontrol (tanpa pupuk P).

Kata kunci: bahan pembawa, bakteri pelarut fosfat, pupuk hayati, kedelai, *Glycine max*, tanah masam

ABSTRACT

Formulation of phosphate-solubilizing biofertilizer carrier. The formula of biofertilizer carrier is one of the key factors in determining the success of biofertilizer usage, as of its important role in maintaining the viability and effectiveness of microbes contained therein. The research aimed to obtain a carrier formula of phosphate-solubilizing biofertilizer, which enabling the increase of soybean productivity as well as the reduction of the use of chemical fertilizers in acidic soils. The experiment was conducted in the laboratory, greenhouse

and field (acidic upland at Lampung Timur District) in the rainy season during 2012. The formulas tested were multi isolates of phosphate solubilizing bacteria (*Pseudomonas* sp.) combined with several carrier materials. The results showed that the formula consisted of peat + dolomite + charcoal mixture had the highest bacterial viability. In the field, this formula gave a 64% of seed yield increase (0.39 t/ha) when combined with dolomite ameliorant compared to that of without dolomite. The combination of that formula and 100 kg/ha of SP36 (inorganic P fertilizer) gave similar seed yield to that obtained by the crops which received 200 kg/ha of SP36. In the other side, the application of 200 kg/ha of SP36 was able to increase seed yield up to 163% (0.7 t/ha) compared to that without P fertilizer.

Keywords: carrier, phosphate solubilizing bacteria, biofertilizer, *Glycine max*, soybean, acidic soils

PENDAHULUAN

Fosfor (P) adalah unsur hara yang berperan dalam pembentukan energi (ATP) dan sebagai aktivator dan kovaktor dalam proses fisiologis tanaman. Kekurangan unsur P dapat menyebabkan penurunan aktivitas fotosintesis 30% per unit luas daun dan 90% per seluruh luas daun tanaman (Qiu dan Israel 1992). Sedangkan dalam proses penambatan N peran unsur P berkaitan dengan suplai fotosintat ke akar untuk produksi bintil akar dan aktivitasnya (Tsvetkova dan Georgiev 2003).

Lahan pertanian intensif umumnya mempunyai kadar P tanah tinggi sebagai konsekuensi dari penggunaan pupuk P yang terus menerus, namun sebagian besar dalam bentuk tidak tersedia untuk serapan tanaman (Khan *et al.* 2007). Ketersediaan P sangat tergantung pada pH tanah dengan kisaran pH optimal 6,5–7,5 (Mitchell *et al.* 2000). Pada tanah masam dengan adanya kadar Al, Fe dan Mn yang tinggi dapat terjadi fiksasi P menjadi Al-P, Fe-P dan Mn-P yang sukar larut dan menyebabkan P menjadi tidak tersedia untuk tanaman. Bila ketersediaan P tanah rendah akibat kemampuan fiksasi tanah yang tinggi maka pemberian pupuk saja tidak efektif (Sanyai

dan de Datta 1991; Achal *et al.* 2007). Untuk itu diperlukan aktivator yang mampu melepaskan P yang terfiksasi, di antaranya dengan mekanisme pelarutan oleh mikroba pelarut P.

Pelarutan fosfat oleh mikroba merupakan proses penting dalam ekosistem alam terutama tanah pertanian. Beberapa jenis mikroba seperti bakteri, jamur dan aktinomisetes aktif dalam konversi fosfat tidak larut menjadi fosfat larut (Nauyital *et al.* 2000; Whitelaw, 2000; Vessey 2003). Beberapa peneliti melaporkan bahwa bakteri lebih aktif dibanding jenis mikroba lain dalam konversi P (Jose *et al.* 2002; Sadia *et al.* 2002; Thakuria *et al.* 2004). Bakteri dari genus *Bacillus* dan *Pseudomonas* dapat memobilisasi P dari bentuk tidak tersedia melalui mekanisme pelarutan dan meningkatkan ketersediaan P untuk tanaman (Igual *et al.* 2001; Richardson 2001). Inokulasi pelarut P *Bacillus pantothenikus* dan *Pseudomonas pieketti* mampu meningkatkan hasil biji padi sebesar 55% dan 76% dari plot kontrol yang tidak di inokulasi. Khalil (2000) melaporkan bahwa inokulasi mikroba pelarut P mampu meningkatkan ketersediaan P dari batuan fosfat yang diaplikasikan ke tanah dalam dua puluh hari, yaitu dari 0,67 ppm menjadi 17,78 ppm. Pada tanaman tebu pemupukan batuan fosfat disertai pupuk mikroba pelarut P dapat menghemat penggunaan pupuk P sebanyak 25%, dan sebanyak 50% penggunaan superphosphat yang mahal dapat diganti dengan batuan fosfat yang lebih murah (Sundara *et al.* 2002). Pada tanaman kedelai penggunaan pupuk mikroba *Rhizopus* yang mengandung pelarut P mampu meningkatkan P tersedia tanah, serapan P tanaman, dan hasil biji (Saraswati *et al.* 1996; Suryantini dan Kuntastyuti 1998). Namun, inokulasi langsung bakteri pelarut fosfat ke dalam tanah tidak mudah, terutama untuk mempertahankan viabilitasnya di sekitar perakaran tanaman karena rentan terhadap berbagai variasi lingkungan tanah seperti suhu dan kekeringan (Wu *et al.* 2012). Oleh karena itu, keberhasilan inokulasi bakteri pelarut P sangat ditentukan oleh kualitas inokulan yang digunakan. Pupuk hayati merupakan inokulan berbasis bahan pembawa (*carrier*) yang mengandung mikroba efektif. Sifat bahan pembawa yang baik di antaranya adalah: (1) tidak beracun untuk mikroba yang dibawa/dikandungnya, (2) mudah untuk memproses dan bebas dari bahan yang menggumpal, (3) mudah untuk mensterilkan dengan autoklaf atau gamma-iradiasi, (4) tersedia dalam jumlah yang memadai/murah, dan (5) daya rekat yang baik untuk bibit (Somasegaran dan Hoben 1994).

Penelitian bertujuan untuk menentukan bahan pembawa bakteri pelarut fosfat sebagai pupuk hayati dan efektivitasnya untuk peningkatan produktivitas kedelai di lahan masam.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan secara bertahap, yaitu dari penelitian laboratorium, rumah kaca kemudian di lapangan. Penelitian di rumah kaca menggunakan tanah dari lokasi yang sama dengan penelitian lapangan, yaitu tanah Ultisol dari Lampung Timur.

Penelitian di Laboratorium

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Tanah Balitkabi Malang, menggunakan rancangan acak lengkap dengan tiga ulangan. Multi isolat bakteri pelarut fosfat *Pseudomonas* sp. koleksi Balitkabi, terdiri atas tiga isolat yang sudah teruji (isolat L-7, L-9 dan L-11), dikombinasi dengan beberapa formula bahan *carrier*, sebagai berikut.

1. Multi isolat pelarut fosfat, bahan *carrier* gambut.
2. Multi isolat pelarut fosfat, bahan *carrier* gambut + dolomit (2:1).
3. Multi isolat pelarut fosfat, bahan *carrier* gambut + dolomit + arang (2:1:1).
4. Multi isolat pelarut fosfat, bahan *carrier* bokasi
5. Multi isolat pelarut fosfat, bahan *carrier* bokasi + dolomit (2:1).
6. Multi isolat pelarut fosfat, bahan *carrier* bokasi + dolomit + arang (2:1:1).

Isolat bakteri pelarut P ditumbuhkan dalam media Pikovskaya cair dan digojog dengan shaker pada kecepatan 100 rpm selama 48 jam pada suhu kamar (kepadatan populasi 10^9 /ml). Gambut yang digunakan berasal dari Rawa Pening Jawa Tengah, kapur berupa dolomit, sedangkan bahan arang adalah arang kayu. Bahan-bahan tersebut ditumbuk dan disaring (200 mesh), diformulasi dengan perbandingan sesuai perlakuan, kemudian formula tersebut masing-masing sebanyak 50 g dimasukkan ke dalam kantong plastik polypropylene dan disterilkan di autoclave 120 °C selama satu jam. Setelah dingin, diinjeksi dengan inokulan pelarut fosfat yang sudah disiapkan sebanyak 10 ml per kantong. Viabilitas (populasi mikroba yang hidup) pada masing-masing formula diamati setiap minggu hingga minggu ke empat, menggunakan metode *plate count*.

Penelitian di Rumah Kaca

Penelitian menggunakan tanah Ultisol Lampung Timur (lokasi penelitian lapangan) dan perlakuan disusun dalam rancangan acak kelompok faktorial, tiga ulangan. Faktor kesatu adalah pemberian dolomit (untuk menurunkan kejenuhan Al hingga 20%), yaitu tidak diberi dolomit dan diberi dolomit setara 800 kg/ha. Faktor kedua adalah takaran pupuk P (setara takaran di lapang): 0, 100, dan 200 kg SP36/ha. Faktor ketiga adalah inokulasi pelarut fosfat dari formula

yang diuji. Kedelai varietas Tanggamus ditanam dua tanaman per pot dan dipanen pada fase vegetatif. Parameter yang diamati adalah bobot kering tanaman dan tinggi tanaman.

Penelitian di Lahan Masam Ultisol Lampung Timur

Penelitian dilaksanakan pada MH 2012, menggunakan rancangan split-split pot, tiga ulangan. Pada tiap petak perlakuan berukuran 4 m x 5 m, kedelai varietas Tanggamus ditanam dengan jarak 40 cm x 15 cm, dua tanaman per rumpun. Petak utama adalah pemberian dolomit: tanpa dolomit dan 800 kg dolomit/ha. Anak petak adalah kombinasi pupuk P: 0, 100, dan 200 kg SP36/ha dan pupuk hayati pelarut P (4 formula terbaik dari penelitian rumah kaca), yang disusun secara faktorial. Parameter yang diamati adalah tinggi dan bobot kering tanaman pada umur 50 HST, dan pada saat panen adalah jumlah polong isi per tanaman, bobot 100 biji, dan hasil biji kedelai per petak panen (2 m x 3 m). Sifat kimia tanah sebelum tanam (pH, C-organik, N, P, K, Al-dd, Ca, Mg, Fe dan Mn). Nitrogen ditentukan dengan metode Kjeldahl, pH tanah diukur dalam larutan (1 : 2,5 rasio tanah ke air) menggunakan pH meter, P tersedia dengan metode Bray I, K dan Na tersedia dengan flame photometer, C-organik dengan metode oksidasi basah, basa-basa dapat ditukar dengan metode ekstraksi amonium acetat kemudian diestimasi dengan

Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS), Al-dd dengan ekstraksi 1N KCl dan kejenuhan Al ditentukan berdasarkan rasio antara Al dengan jumlah basa-basa ditambah Al.

Analisis varians (Anova) semua data menggunakan software MSTATC. Perbedaan yang nyata antarperlakuan dianalisis lebih lanjut dengan Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Viabilitas Bakteri Pelarut P dalam Formula Pupuk Hayati

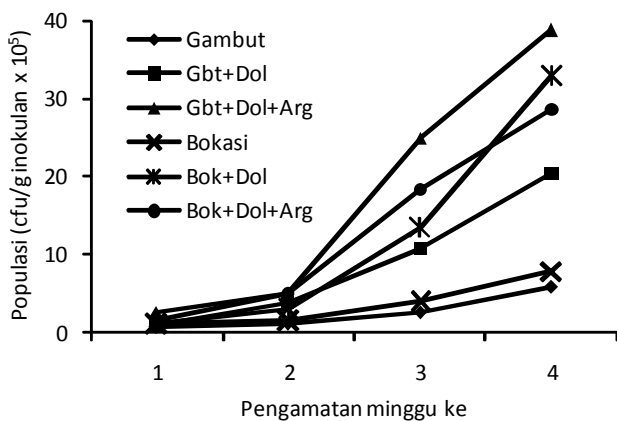
Berdasarkan pengamatan viabilitas yang dilakukan dengan cara menghitung jumlah populasi bakteri pelarut P pada tiap formula bahan *carrier* terlihat bahwa formula berbahan dasar bokasi maupun gambut yang dikombinasi dengan kapur (dolomit) dan arang lebih baik dibanding tanpa kapur dan arang. Hal ini dapat dilihat dari viabilitas yang tinggi hingga pengamatan minggu keempat (Gambar 1).

Pada akhir pengamatan (minggu keempat), formula *carrier* dengan viabilitas tertinggi berturut-turut, yaitu gambut + kapur + arang > bokasi + kapur > bokasi + kapur + arang > gambut + kapur > bokasi > gambut. Hal ini menunjukkan bahwa formula gambut + kapur + arang (2:1:1) paling sesuai sebagai bahan pembawa/*carrier* untuk bakteri pelarut P. Menurut van Veen *et al.* (1997) bahan *carrier* yang baik adalah yang mampu meningkatkan viabilitas inokulan dengan melindungi bakteri dari cekaman biotik dan abiotik.

Efektivitas Formula Carrier Pupuk Hayati Pelarut P pada Kedelai di Rumah Kaca

Hasil analisis kimia tanah menunjukkan bahwa tanah Ultisol Lampung memiliki pH masam, kadar P tinggi ($P_2O_5 > 15$ ppm) namun kadar bahan organik, N, K, Ca, dan Mg sangat rendah. Sebagaimana sifat tanah masam pada umumnya kadar Al-dd, Fe, dan Mn sangat tinggi (Tabel 1).

Inokulasi pelarut P dari semua formula yang diuji nyata meningkatkan bobot kering tanaman kedelai dibanding bobot tanaman tanpa inokulasi. Ada interaksi antara inokulan pelarut P dengan pemberian



Gambar 1. Viabilitas (populasi) bakteri pelarut P (*Pseudomonas sp.*) dalam bahan pembawa gambut (Gbt), bokasi (Bok) dan kombinasinya dengan dolomit (Dol) dan arang (Arg) pada minggu kesatu hingga keempat.

Tabel 1. Hasil analisis kimia tanah Ultisol Lampung Timur sebelum percobaan MK 2011.

pH H ₂ O	C-org (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K	Ca	Mg	Al-dd	Fe (ppm)	Mn (ppm)
4,94	0,87	0,097	31,92	0,05	0,61	0,34	1,79	184,1	8,85

dolomit. Batas toleransi kedelai terhadap Al adalah pada kejenuhan $\leq 20\%$ (Arya 1990), Pada penelitian ini untuk menurunkan kejenuhan Al hingga batas toleransi tersebut diperlukan penambahan kapur berupa dolomit setara 800 kg/ha. Pemberian dolomit berpengaruh nyata terhadap peningkatan bobot tanaman, pada perlakuan kontrol (tanpa pupuk hayati). Namun bobot tanaman tertinggi diperoleh pada perlakuan dolomit 800 kg/ha yang dikombinasi dengan pupuk hayati pelarut P dengan formula gambut + dolomit + arang (Tabel 2).

Tabel 2. Pengaruh formula carrier pupuk hayati pelarut P dan pemberian dolomit terhadap bobot kering tanaman kedelai. Rumahkaca Balitkabi Malang, 2012.

Formula carrier pupuk hayati pelarut P	Bobot tanaman (g)	
	Tanpa Dolomit	Dolomit (800 kg/ha)
Tanpa pupuk hayati	10,21 g	11,75 c
Gambut	10,69 f	12,87 b
Gambut+dolomit	10,69 f	12,82 b
Gambut+dolomit+arang	11,47 cd	13,44 a
Bokasi	10,92 ef	12,70 b
Bokasi+dolomit	11,23 de	12,95 b
Bokasi+dolomit+arang	10,70 f	12,95 b

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata pada taraf BNT 5%.

Inokulan pelarut P menunjukkan interaksi nyata dengan takaran pupuk P pada peubah bobot kering tanaman. Pemberian pupuk P sebanyak 100 kg SP36/ha tidak meningkatkan bobot tanaman. Pada perlakuan tanpa pupuk P, inokulasi pelarut P dari semua formula yang diuji, kecuali gambut, nyata meningkatkan bobot tanaman dibanding bobot tanaman pada perlakuan tanpa pupuk P/tanpa inokulasi (Tabel 3). Bobot tanaman yang diperoleh pada perlakuan pelarut P tersebut setara dengan bobot tanaman yang dihasilkan pada pemupukan 200 kg SP36/ha. Hasil ini sejalan dengan Jodie *et al.* (2006) yang melaporkan bahwa penggunaan pupuk hayati pelarut P meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk P. Bobot tanaman tertinggi diperoleh pada perlakuan pupuk hayati dengan formula gambut + dolomit + arang yang dikombinasi dengan 200 kg SP36/ha.

Pada peubah tinggi tanaman ada interaksi antara inokulan pelarut P dengan takaran pupuk P. Pemberian pupuk P hingga 200 kg SP36/ha tidak meningkatkan tinggi tanaman. Sebaliknya tanpa pupuk P semua formula yang diuji, kecuali gambut dan bokasi, nyata

meningkatkan tinggi tanaman dibanding tinggi tanaman pada perlakuan tanpa pupuk P/inokulasi (Tabel 4). Hal yang sama dilaporkan oleh Noor (2003) dan Lestari *et al.* (2011) bahwa inokulasi bakteri pelarut P berpengaruh nyata terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman kedelai. Kombinasi inokulan pelarut P dengan pupuk P tidak berpengaruh pada peningkatan tinggi tanaman kecuali pada formula Bokasi + dolomit + arang yang menunjukkan tinggi tanaman tertinggi pada pemupukan 200 kg SP36/ha.

Tabel 3. Pengaruh formula carrier pupuk hayati pelarut P dan takaran SP36 terhadap bobot kering tanaman kedelai. Rumahkaca Balitkabi Malang, 2012.

Formula carrier pupuk hayati pelarut P	Bobot tanaman (g)		
	SP36 (kg/ha)		
	0	100	200
Tanpa pupuk hayati	11,21 h	11,51 fgh	11,91 cdef
Gambut	10,68 i	11,70 defg	11,28 gh
Gambut+dolomit	12,01 bcde	11,67 defg	11,59 efgh
Gambut+dolomit+arang	11,95 cde	12,10 abcd	12,49 a
Bokasi	11,96 cde	11,91 cdef	11,63 efg
Bokasi+dolomit	12,26 abc	12,39 ab	12,39 ab
Bokasi+dolomit+arang	11,77 def	11,32 gh	12,39 ab

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata pada taraf BNT 5%.

Tabel 4. Pengaruh formula carrier pupuk hayati pelarut P dan takaran SP36 terhadap tinggi tanaman kedelai. Rumahkaca Balitkabi Malang, 2012.

Formula carrier pupuk hayati pelarut P	Tinggi tanaman (cm)		
	SP36 (kg/ha)		
	0	100	200
Tanpa pelarut P (Kontrol)	47,3 f	50,9 ef	51,4 def
Gambut	50,6 ef	50,6 ef	51,8 cde
Gambut+dolomit	54,1 bcde	55,6 abcd	51,8 cde
Gambut+dolomit+arang	53,2 bcde	53,5 bcde	56,0 abc
Bokasi	50,4 ef	51,5 def	53,8 bcde
Bokasi+dolomit	52,7 bcde	51,6 cde	54,7 abcd
Bokasi+dolomit+arang	53,3 bcde	56,6 ab	58,3 a

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata pada taraf BNT 5%.

Efektivitas Formula Carrier Pupuk Hayati Pelarut P pada Kedelai di Ultisol Lampung Timur

Pada percobaan di rumah kaca dari enam formula pupuk hayati pelarut P yang diuji empat formula menunjukkan keunggulan dibanding formula lainnya, yaitu gambut + dolomit + arang, bokasi + dolomit + arang, bokasi + dolomit dan gambut + dolomit. Oleh karena itu keempat formula tersebut diuji lebih lanjut pada percobaan lapangan di lahan masam Ultisol Lampung Timur.

Pada peubah bobot kering tanaman ada interaksi antara formula pelarut P dengan pemberian dolomit. Pada perlakuan tanpa dolomit semua formula yang diuji tidak meningkatkan bobot tanaman. Namun pada perlakuan dolomit, formula gambut + dolomit + arang dan bokasi + dolomit + arang mampu menghasilkan bobot tanaman lebih tinggi dibanding bobot tanaman pada perlakuan kontrol atau tanpa inokulan dan tanpa dolomit (Tabel 5). Sedangkan pemberian dolomit saja tidak meningkatkan bobot tanaman.

Sama seperti pada peubah bobot tanaman, pada tinggi tanaman ada interaksi antara formula pelarut P dengan pemberian dolomit. Tanpa dolomit, semua formula pelarut P yang diuji tidak meningkatkan tinggi tanaman. Sedangkan pada perlakuan dolomit, semua formula inokulan pelarut P juga tidak meningkatkan tinggi tanaman kecuali formula gambut + dolomit + arang.

Peningkatan bobot kering tanaman dan tinggi tanaman kedelai juga dipengaruhi oleh interaksi antara formula pelarut P dengan takaran pupuk SP36 (Tabel 6). Tanpa pupuk P, inokulan pelarut P tidak meningkatkan bobot tanaman kecuali inokulan dengan formula bokasi + dolomit. Namun dengan pemupukan 100 kg SP36/ha, semua formula inokulan pelarut P mampu meningkatkan bobot tanaman dibanding bobot tanaman pada perlakuan kontrol. Bobot tanaman yang dihasilkan umumnya setara dengan yang dihasilkan pada pemupukan 200 kg SP36/ha.

Pada perlakuan tanpa pupuk P, semua formula pelarut P mampu meningkatkan tinggi tanaman kecuali formula bokasi + dolomit + arang. Pupuk hayati pelarut P disertai pemupukan 100 kg SP36/ha menambah peningkatan tinggi tanaman terutama pada formula gambut + dolomit dan gambut + dolomit + arang yang menunjukkan tinggi tanaman tertinggi dibanding perlakuan lain. Penambahan takaran pupuk menjadi 200 kg SP36/ha tidak bermanfaat pada peningkatan tinggi tanaman (Tabel 6).

Hasil kedelai rendah, kebanyakan kurang dari satu ton per hektar yang disebabkan tanaman mengalami kekeringan sejak pertengahan fase vegetatif hingga

Tabel 5. Pengaruh formula carrier pupuk hayati pelarut P dan pemberian dolomit terhadap bobot kering dan tinggi tanaman kedelai. Lampung Timur, MH 2012.

Dolomit	Formula pupuk hayati pelarut P	Bobot carrier tanaman (g)	Tinggi tanaman (cm)
Tanpa dolomit (kontrol)	Tanpa pelarut P	12,83 bc	40,0 bc
	Gambut+dolomit	13,48 b	40,3 bc
	Gambut+dolomit+ arang	12,71 bc	39,8 c
	Bokasi+dolomit	12,21 c	40,3 bc
	Bokasi+dolomit+ arang	13,58 b	39,8 c
Dolomit 1,8 t/ha	Tanpa pelarut P	12,74 bc	40,92 bc
	Gambut+dolomit	12,92 bc	41,9 b
	Gambut+dolomit+ arang	15,24 a	44,0 a
	Bokasi+dolomit	13,60 b	41,3 bc
	Bokasi+dolomit+ arang	14,93 a	40,5 bc

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata pada taraf BNT 5%.

Tabel 6. Pengaruh formula carrier pupuk hayati pelarut P dan takaran SP36 terhadap bobot kering dan tinggi tanaman kedelai. Lampung Timur, MH 2012.

SP36 (kg/ha)	Formula carrier pupuk hayati pelarut P	Bobot tana-man (g)	Tinggi tanaman (cm)
0 (kontrol)	Tanpa pelarut P	10,74 e	37,2 g
	Gambut+dolomit	12,07 de	39,2 ef
	Gambut+dolomit+arang	11,26 e	39,3 ef
	Bokasi+dolomit	13,43 c	39,0 f
	Bokasi+dolomit+arang	11,31 e	37,0 g
100	Tanpa pelarut P	12,06 de	41,3 cd
	Gambut+dolomit	13,28 cd	43,3 ab
	Gambut+dolomit+arang	14,14 bc	43,9 ab
	Bokasi+dolomit	13,88 bc	42,9 abc
	Bokasi+dolomit+arang	16,26 a	40,9 cd
200	Tanpa pelarut P	13,74 c	41,3 cd
	Gambut+dolomit	14,26 bc	39,4 ef
	Gambut+dolomit+arang	14,06 bc	43,9 a
	Bokasi+dolomit	15,67 a	42,1 bcd
	Bokasi+dolomit+arang	15,19 ab	42,5 abc

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata pada taraf BNT 5%.

reproduktif. Pada awal pertumbuhan, yaitu pertengahan Maret (tanam) hingga minggu ketiga April curah hujan cukup tinggi sekitar 194 mm/bulan dengan jumlah hari hujan mencapai 18 kali, namun kemudian menurun terutama selama bulan Mei-Juni (fase pengisian polong) dengan jumlah curah hujan 48–60 ml/bulan. Sedangkan tanaman kedelai untuk tumbuh

Tabel 7. Pengaruh formula carrier pupuk hayati pelarut P dan pemberian dolomit terhadap jumlah polong isi, bobot 100 biji dan hasil kedelai. Lampung Timur, MH 2012.

Dolomit	Formula carrier pupuk hayati	Polong isi/ tanaman pelarut P	Bobot 100 biji	Hasil (t/ha) (g)
Tanpa dolomit (kontrol)	Tanpa pelarut P	24,92 d	9,90 cd	0,61 e
	Gambut+dolomit	28,66 bc	9,30 e	0,69 de
	Gambut+dolomit+ arang	31,36 bc	9,95 c	0,72 d
	Bokasi+dolomit	34,64 b	9,67 cde	0,90 bc
	Bokasi+dolomit+ arang	33,59 b	10,51 ab	0,59 e
Dolomit 1,8 t/ha	Tanpa pelarut P	34,14 b	9,86 cd	0,73 d
	Gambut+dolomit	32,04 bc	9,46 de	0,80 cd
	Gambut+dolomit + arang	39,70 a	10,40 ab	1,00 ab
	Bokasi+dolomit	33,90 b	10,11 bc	0,80 cd
	Bokasi+dolomit+ arang	36,46 ab	10,59 a	1,01 a

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata pada taraf BNT 5%.

Tabel 8. Pengaruh formula carrier pupuk hayati pelarut P dan takaran SP36 terhadap jumlah polong isi, bobot 100 biji dan hasil kedelai. Lampung Timur, MK 2011.

SP36 (kg/ha)	Formula carrier pupuk hayati pelarut P	Polong isi/ tanaman	Bobot 100 biji (g)	Hasil (t/ha)
0 (kontrol)	Tanpa pelarut P	26,33 ef	10,18 bc	0,43 i
	Gambut+dolomit	26,57 ef	10,08 bc	0,61 h
	Gambut+dolomit+ arang	22,57 f	9,40 c	0,59 h
	Bokasi+dolomit	32,13 d	9,86 bc	0,75 ef
	Bokasi+dolomit+ arang	25,88 ef	10,08 bc	0,71 fg
100	Tanpa pelarut P	29,75 de	10,01 bc	0,72 f
	Gambut+dolomit	37,75 b	9,59 c	0,80 def
	Gambut+dolomit+ arang	39,48 b	10,55 b	0,86 cd
	Bokasi+dolomit	33,30 cd	9,95 bc	0,90 c
	Bokasi+dolomit+ arang	29,38 de	10,18 bc	0,70 fg
200	Tanpa pelarut P	32,52 d	9,46 c	0,85 cde
	Gambut+dolomit	33,05 d	9,46 c	0,84 cde
	Gambut+dolomit+ arang	38,22 b	9,66 c	1,13 a
	Bokasi+dolomit	37,38 bc	9,87 bc	0,89 cd
	Bokasi+dolomit+ arang	48,30 a	11,39 a	1,00 b

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata pada taraf BNT 5%.

optimal, memerlukan curah hujan sekitar 200 ml/bulan (Heryani *et al.* 1998). Meskipun mengalami kekeringan namun pengaruh perlakuan nyata pada peningkatan hasil dan komponen hasil kedelai. Pada peubah hasil dan komponen hasil kedelai ada interaksi nyata antara formula pelarut P dengan pemberian dolomit (Tabel 7) dan formula pelarut P dengan takaran pupuk P (Tabel 8). Formula terbaik adalah gambut + dolomit + arang yang secara konsisten menunjukkan pengaruh positif terhadap peningkatan hasil. Pada perlakuan tanpa dolomit formula tersebut memberikan peningkatan hasil setara dengan yang diberi dolomit dan bila dikombinasi dengan dolomit formula tersebut mampu meningkatkan hasil hingga 64% (0,39 t/ha) dibanding hasil pada perlakuan kontrol tanpa dolomit. Meningkatnya hasil kedelai pada perlakuan pupuk hayati pelarut P dengan formula gambut + dolomit + arang, terutama pada perlakuan tanpa pupuk P menunjukkan bahwa formula tersebut selain mampu meningkatkan viabilitas juga meningkatkan efektivitas bakteri dalam pelarutan P. Sebagaimana diketahui bahwa bakteri pelarut P mampu meningkatkan ketersediaan P melalui mekanisme pelarutan P yang terikat tanah sehingga tersedia untuk serapan tanaman dan pada gilirannya mampu meningkatkan produktivitas tanaman. Hal senada dilaporkan oleh Chaihan dan Lumyong (2009) pada tanaman padi, Ahmad *et al.* (2008) pada gandum dan Son *et al.* (2006) pada kedelai.

Formula gambut + dolomit + arang pada pemupukan 100 kg SP36/ha mampu meningkatkan hasil kedelai 100% (0,43 t/ha) atau setara dengan pemupukan 200 kg SP36/ha dan pada takaran pupuk 200 kg SP36/ha mampu meningkatkan hasil 163% (0,7 t/ha) dibanding hasil pada perlakuan kontrol tanpa pupuk P. Hal yang sama dilaporkan oleh Sundara *et al.* (2002) pada tanaman tebu, bahwa aplikasi bakteri pelarut P mampu mengurangi dosis P yang dibutuhkan tanaman hingga oleh 25%, bila digunakan dengan pupuk P.

KESIMPULAN

Bahan pembawa pupuk hayati pelarut P berbahan baku gambut + dolomit + arang (2:1:1) konsisten mampu menyediakan media tumbuh yang baik bagi bakteri pelarut P. Di Ultisol Lampung, formula tersebut pada pemupukan 100 kg SP36/ha meningkatkan hasil kedelai 100% setara dengan dipupuk 200 kg SP36/ha, dan pada pemupukan 200 kg SP36/ha meningkatkan hasil 163% dibanding hasil pada perlakuan kontrol tanpa pupuk P.

PUSTAKA

- Achal, V., V.V. Savant, and M.S. Reddy. 2007. Phosphate solubilization by a wild type strain and UV-induced mutants of *Aspergillus tubugensis*. *Soil Biol Biochem* 39: 695–699.
- Ahmad, F., I. Ahmad, and M.S. Khan. 2008. Screening of free-living rhizobacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiol. Res.* 163: 173–181.
- Arya, L.M. 1990. Properties and process in upland acid soils in Sumatera and their management for crop production. Sukarami Research Institute for Food Crops.
- Chaiharn, M and S. Lumyong. 2009. Phosphate solubilization potential and stress tolerance of rhizobacteria from rice soil in Northern Thailand. *W J Microbiol Biotechnol* 25: 305–314.
- Heryani, N., S. Darmiyati, H. Syahbudin, Y. Apriyana, dan I. Las. 1998. Pengaruh curah hujan terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di tanah vertisol dan entisol. *J. Agromet*, 13(1): 55–70.
- Igual, J.M., A. Valverde, E. Cervantes and E. Velazquez. 2001. Phosphate-solubilizing bacteria as inoculants for agriculture: use of updated molecular techniques in their study.
- Jodie, N.H., B.N. Peter and M.M. Peter, 2006. Laboratory tests can predict beneficial effects of phosphate solubilizing bacteria on plants. *Soil Biol. Biochem.* 38: 1521–1526.
- José, L.B., H.A. Esmeralda, S.C. Lenin, FN.J. María, S. June and H.E. Luis. 2002. Phosphate availability alters architecture and causes changes in hormone sensitivity in the arabidopsis root system. *Plant Physiol.* 129: 244–256.
- Khalil, S and T. Sultan. 2000. Phosphorus solubilizing microorganisms potential improve P availability from unavailable source. *Internat. Soil Sci.* 79–87.
- Khan, M.S., A. Zaidi, and P.A. Wani. 2007 Role of phosphatesolubilizing microorganisms in agriculture. *Agron Sustain Dev* 27: 29–43.
- Lestari, W., T.M. Linda, dan A. Martina. 2010. Potensi Bakteri Pelarut Fosfat Isolat Lokal terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* L. Merrill) pada Tanah Podsolik Merah Kuning (PMK). Hlm. 347–353 dalam Delita Zul, Roza Elvira and Fitmawati (Eds) Prosiding Semirata PTN Barat Bidang Ilmu MIPA ke-23 Tahun 2010. Universitas Riau. Pekanbaru.
- Mitchell, C., O. Plank, G. Harris, C. Crozier, R. Tucker, J. Cambeato, and B. Lipert. 2000. *Soil Acidity Review*. Clemson University. USA. 48 pp.
- Nautiyal, C.S., S. Bhadauria, P. Kumar, H. Lal, R. Mondal, and D. Verma. 2000. Stress induced phosphate solubilization in bacteria isolated from alkaline soils. *FEMS Microbiol Lett* 182: 291–296.
- Noor, A. 2003. Pengaruh Fosfat Alam dan Kombinasi Bakteri Pelarut Fosfat dengan Pupuk Kandang terhadap P tersedia dan Pertumbuhan Kedelai pada Ultisol. *Bul. Agronomi.* 3(3): 100–106.
- Qiu, J and D.W. Israel. 1992. Diurnal Starch Accumulation and Utilization in Phosphorus-Deficient Soybean Plants. *Plant Physiol.* 98: 316–323.
- Richardson, A.E. 2001. Prospects for using soil microorganism to improve the acquisition of phosphorus by plants. *Australian J. of Plant Physiology* 28: 897–906.
- Sadia, A., S. Khalil., N. Ayub and M. Rashid. 2002. *In vitro* solubilization of inorganic phosphate by phosphate solubilizing microorganisms (PSM) from maize rhizosphere. *Int. J. of Agric. and Biol.* 4: 454–458.
- Sanyal, S.K and S.K. De Data. 1991. Chemistry of Phosphorus transformation in soil. *Advances in Soil Science.* 16: 1–119. BA Stewart Ed. Springer-Verlag New York Inc.
- Saraswati, R., R.D. Hastuti, N. Sunarlim, dan S. Hutami. 1996. Penggunaan Rhizoplus generasi I untuk meningkatkan produktivitas tanaman kacang-kacangan. Disampaikan pada Lokakarya Pemantapan Teknologi Usahatani palawija Mendukung Usaha tani Berbasis Padi (SUTPA) di Balitkabi Malang 8–9 Mei 1996.
- Somasegaran, P dan H.J. Hoben, 1994. *Handbook for Rhizobia: Methods in Legume Rhizobium Technology*. Springer, Berlin Heidelberg New York, USA, pp. 217–218.
- Son, H.J., G.T. Park, M.S. Cha, and M.S. Heo. 2006. Solubilization of insoluble inorganic phosphates by a novel salt-and pH tolerant *Pantoea agglomerans* R-42 isolated from soybean rhizosphere. *Bioresour Technol* 97: 204–210.
- Sundara, B., V. Natarajan, dan K. Hari. 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugar cane and sugar yields. *Field Crops Research* 77: 43–49.
- Suryantini dan H. Kuntiyastuti. 1998. Penggunaan Rhizoplus dan Urea pada kedelai dalam pola tanam padi padi kedelai dan padi kedelai-kedelai. Prosiding Seminar Nasional dan Pertemuan Tahunan Komisariat Daerah HITI. Tahun 1998.
- Thakuria, D., N.C. Talukdar., C. Goswami., S. Hazarika., R.C. Boro and M.R. Khan. 2004. Characterization and screening of bacteria from rhizosphere of rice grown in acidic soils of Assam. *Current Sci.* 86 (7): 978–985.
- Tsvetkova, G.E and G.L. Georgiev. 2003. Effect of phosphorus nutrition on the nodulation, nitrogen fixation and nutrient use-efficiency of *Bradyrhizobium*

- zobium japonicum*-soybean (*Glycine max* L. Merr.) symbiosis. *Bulg. J. Plant Physiol., Special Issue*, pp: 331–335.
- van Veen, J.A., L.S. van Overbeek, and J.D. van Elsas. 1997. Fate and activity of microorganisms introduced into soil. *Microbio. and Molecular Bio. Rev.* 61, 121–135.
- Vessey, J.K. 2003. Plant growth-promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil* 255, 571–586.
- Whitelaw, M.A. 2000. Growth promotion of plants inoculated with phosphate solubilizing fungi. *Adv Agron.* pp: 69: 99–151.
- Wu, Z., Guo, L., Qin, S., Li, C. 2012. Encapsulation of *R. planticola* Rs-2 from alginate-starch-bentonite and its controlled release and swelling behavior under simulated soil conditions. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 39, 317–27.
-