

**MEDIA PEMBAWA ALTERNATIF INOKULAN MIKROBA PELARUT FOSFAT
BERBASIS LIMBAH PERTANIAN**

*Alternative Carrier of Phosphate Solubilizing Microorganisms Inoculants
Based on Agriculture Waste*

Oleh:

Tamad dan Joko Maryanto

Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

Alamat korespondensi: Tamad (tamad_1965@yahoo.com)

ABSTRAK

Mikroba Pelarut Fosfat (MPF) sudah lama digunakan untuk meningkatkan efisiensi pemupukan P. Perakitan MPF dalam bentuk inokulan yang murah dan mudah diaplikasikan perlu dikembangkan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji laju tumbuh dan daya pelarutan fosfat dari *Pseudomonas* sp., dan *Aspergillus* sp. pada pembawa padat dan cair serta lama inkubasi dalam pembawa tersebut. Percobaan terdiri dari tiga faktor yang disusun dalam rancangan petak terbagi. Petak utama ialah MPF dengan taraf: *Pseudomonas* sp. (bakteri), dan *Aspergillus* sp. (jamur). Anak petak ialah media pembawa dengan taraf: pembawa padat, dan pembawa cair. Anak-anak petak ialah komposisi media pembawa dengan 4 taraf. Pembawa padat berupa campuran abu sekam (AS), dedak padi (DP), dan onggok tapioka (OT), terdiri atas: 30 % AS dan 30 % DP, 30 % AS dan 30 % OT, 30 % DP dan 30 % OT, dan 20 % AS, 20 % DP, dan 20 % OT dengan 40 % air; dan pembawa cair berupa molase terdiri atas: 25 %, 50 %, 75 % dan 100 % volume molase. Inkubasi inokulan selama 4 minggu dan 8 minggu. Laju tumbuh *Pseudomonas* sp. (0,75 UPK/ml/hari) lebih cepat dibanding *Aspergillus* sp. (0,54 UPK/ml/hari). P terlarut oleh *Aspergillus* sp. (21,41 ppm) lebih banyak dibanding *Pseudomonas* sp. (9,98 ppm) dan P terlarut oleh bakteri dan jamur pelarut fosfat asal pembawa padat (20,27 ppm) lebih banyak dibanding asal pembawa cair (8,76 ppm), sedangkan P terlarut oleh *Pseudomonas* sp., dan *Aspergillus* sp. antara inkubasi 4 minggu dan 8 minggu sama. Perbedaan pembawa padat dan cair tidak mempengaruhi laju tumbuh *Pseudomonas* sp., dan *Aspergillus* sp. Inkubasi 8 minggu menurunkan laju tumbuh *Pseudomonas* sp. dan *Aspergillus* sp. Pembawa padat terbaik untuk *Pseudomonas* sp., dan *Aspergillus* sp. isolat Ajibarang adalah 20 % Abu Sekam, 20 % Dedak Padi, dan 20 % Onggok Tapioka dan 25 % Molase untuk pembawa cair.

Kata kunci: mikroba pelarut fosfat, media pembawa, inokulan, limbah pertanian

ABSTRACT

Phosphate Solubilizing Microorganisms (PSM) has been used for increasing P fertilization efficiency for a long time. The research of carrier for PSM inoculants effective need to be developed. The research aimed to evaluate the viability and the ability of phosphate solubilization of Pseudomonas sp., and Aspergillus sp. in solid and liquid carrier and incubation time. The research arrange on Split-split Plot Design, with three factors. The main factor is PSM with two levels are bacteria (Pseudomonas sp.) and fungus (Aspergillus sp.) of phosphate solubilizing. The sub plot is carrier with level solid and liquid carrier. The sub-sub plot is 4 levels of carrier. Solid carrier are hush ash (HA), rice waste (RW) and tapioca waste (TW), with composition: 30 % HA and 30 % RW, 30 % HA and 30 % TW, 30 % RW and 30 % TW and 20 % HA, 20 % RW and 20 % TW with 40 % is water; and liquid carrier is molase with concentration: 25 %, 50 %, 75 % and 100 % volume molase. Incubation time of inoculant is 4 weeks and 8 weeks. The growth rate Pseudomonas sp. (0.75 CFU/ml/day) faster than Aspergillus sp. (0.54 CFU/ml/day). The soluble P by Aspergillus sp. (21.41 ppm) is greater than Pseudomonas sp. (9.98 ppm) and the soluble P by Pseudomonas sp., and Aspergillus sp. from solid carrier (20.27 ppm) greater than liquid carrier (8.76 ppm), while the incubation time could not affect the soluble P by Pseudomonas sp., and Aspergillus sp. The different between solid and liquid carrier could not affect the growth rate of Pseudomonas sp., and Aspergillus sp., however, 8 weeks incubation could decrease the growth rate. The best solid carrier for isolate Pseudomonas sp., and Aspergillus sp. of Ajibarang is 20 % of hush ash, 20 % of rice waste and 20 % of tapioca waste and 25 % of molase for liquid carrier.

Key words: phosphate solubilizing microorganisms, inoculants, carrier, agriculture waste

PENDAHULUAN

Pemanfaatan pupuk SP-36 yang tinggi tidak menjamin tingginya ketersediaan fosfor bagi tanaman, hal ini disebabkan efisiensi pupuk P umumnya relatif rendah, 10-20% yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman (Puslitanak, 2004). Menurut Hardjowigeno (1995), masalah fosfor adalah jumlah fosfor dalam tanah sedikit dan ketersediannya yang rendah akibat terfiksasi oleh Al dan Fe pada tanah masam dan oleh Ca dan Mg pada tanah alkalis. Pupuk P yang diberikan pada tanah mineral masam akan segera membentuk senyawa sukar larut disebabkan terikat oleh hidrus-oksida Al dan Fe, sehingga tidak tersedia bagi tanaman.

Mikroba Pelarut Fosfat (MPF) sudah lama digunakan untuk meningkatkan efisiensi pemupukan P. MPF mempunyai kemampuan melepas P dari ikatan Fe, Al, Ca, dan Mg sehingga P yang tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman. Mikroba tersebut dapat digunakan sebagai pupuk hayati (*Biofertilizer*) Pelarutan fosfat oleh MPF didahului dengan sekresi asam organik (sitrat, oksalat, glukonat, laktat, fumarat, dan lainnya). Asam organik tersebut akan berfungsi sebagai katalisator, pengkelat dan memungkinkan asam organik tersebut membentuk senyawa kompleks dengan kation Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , dan Al^{3+} sehingga terjadi pelarutan fosfat

menjadi tersedia bagi tanaman (Rao, 1999). Penelitian sebelumnya telah mendapatkan 10 isolat fungi dan 10 isolat bakteri pelarut fosfat dari Ajibarang (Tamad *dkk.*, 2005). Berdasarkan hasil uji *in vitro*, isolat MPF tersebut mampu melepaskan 2 sampai 4 ppm P dari batuan fosfat per hari.

Biofertilizer biasanya dikemas dalam bentuk cairan dan padatan yang mengandung propagul mikroba dalam jumlah yang tinggi. Media pembawa difungsikan sebagai media tumbuh yang mempengaruhi kegigasan dan kemampuan spesifik dari mikroba tersebut (Rao, 1994). Pemanfaatan media yang mudah dan murah, namun efektif dan efisien dalam merakit inokulan untuk produksi *biofertilizer* perlu dikembangkan. Media padat yang sering digunakan sebagai pembawa inokulan adalah produk pertanian, antara lain: pepadian, kekacangan, dan sayuran. Media tersebut mengandung 40 sampai 70% air dengan ditambah media penyangga CaCO_3 dan KH_2PO_4 . Media fermentasi, asam, dan gambut sering digunakan untuk menurunkan pH media agar pertumbuhan mikroba terhambat. Vermikulit dan gambut sering digunakan untuk mempertahankan kelembaban media. Media padat mengandung 10^8 sampai 10^9 UPK/g. Media cair pembawa inokulan harus mengandung unsur hara. Faktor lain

yang perlu dikontrol ialah oksigen bagi mikroba aerobik, pH, temperatur, tekanan dan tinggi udara. Substrat jagung, pati, molase dan glukosa digunakan sebagai sumber karbon. Ekstrak ragi, kedelai, kasein, biji kapas dan amonia digunakan sebagai sumber nitrogen (Stanbury *and* Whitaker, 1984).

Penelitian bertujuan untuk mengetahui laju tumbuh dan daya pelarutan fosfat dari *Pseudomonas sp.* (bakteri), dan *Aspergillus sp.* (jamur) yang ditumbuhkan pada media pembawa padat dan cair selama masa inkubasi 8 minggu.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Tanah, Faperta, Unsoed dengan sumber biaya anggaran rutin Unsoed 2007. Penelitian dilaksanakan mulai Mei sampai dengan September 2007. MPF yang diuji adalah bakteri (*Pseudomonas sp.*) dan jamur (*Aspergillus sp.*) pelarut fosfat yang ditumbuhkan pada media pembawa padat dan cair. Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Petak Terbagi. Jenis MPF sebagai petak utama (*Main Plot*) dengan 2 (dua) taraf yaitu: 1) *Pseudomonas sp.*, dan 2) *Aspergillus sp.* Sebagai anak petak (*Sub Plot*) adalah jenis media pembawa dengan 2 (dua) taraf yaitu: 1) media padat dan 2) cair. Anak-anak petak (*Sub-sub Plot*)

adalah komposisi masing-masing media pembawa dengan taraf masing-masing 4 (empat). Sebagai media padat adalah media campuran dari abu sekam (AS), dedak padi (DP), dan onggok tapioka (OT), dengan 4 (empat) taraf, yaitu : 1) 30% AS dan 30% DP; 2) 30% AS dan 30% OT; 3) 30% DP dan 30% OT; 4) 20% AS, 20% DP, dan 20% OT dengan 40% air. Media pembawa cair terdiri dari 4 (empat) taraf persen volume molase pada air destilasi, yaitu: 1) 25%, 2) 50%, 3) 75%, dan 4) 100%. Keseluruhan perlakuan berjumlah $2 \times 2 \times 4 \times 3$ (ulangan) = 48 unit percobaan. Inokulan diinkubasikan selama 4 minggu dan 8 minggu. Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah: (1) laju tumbuh bakteri dan jamur pelarut fosfat (UPK/ml/hari), dengan metode agar tuang, data populasi sel dianalisis dengan pendekatan kinetika pertumbuhan mikroba yang meliputi peningkatan jumlah sel dan laju pembelahan sel (Coyne, 1999), (2) daya melarutkan P (ppm), dengan metode pewarnaan dan spektrofotometri, dan (3) kemampuan mengasamkan oleh *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.*, dari masing-masing bahan pembawa setelah diinkubasikan selama 4 dan 8 minggu.

Data hasil pengamatan dianalisis ragam dan untuk membandingkan antar perlakuan yang berbeda nyata dilanjutkan

dengan uji Duncan pada taraf 5% dan/atau 1%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Dan Laju Tumbuh *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.*

Karakteristik *Pseudomonas sp.* mempunyai bentuk koloni dan zone pelarutan yang lebih kecil dibanding *Aspergillus sp.*, namun *Pseudomonas sp.* mempunyai kemampuan melarutkan P relatif sama dibanding *Aspergillus sp.* (Tabel 1). Pradhan and Sukla (2006) menyatakan bahwa karakterisasi Mikroba Pelarut Fosfat (MPF) melalui karakteristik koloni, morfologi spora dan pengamatan mikroskopik. Penumbuhan MPF pada medium Pikovskaya menghasilkan *clear halo zone* sekitar koloni setelah 5 hari penumbuhan. Mikroba tanah yang memiliki kemampuan melarutkan fosfat golongan bakteri ialah *Pseudomonas*, *Bacillus*, dan *Escherichia*, jamur ialah *Aspergillus*, *Penicillium*, dan *Culvularia*, dan Actinomicetes ialah *Streptomyces* (Rao, 1994).

Laju tumbuh *Pseudomonas sp.* lebih cepat dibanding *Aspergillus sp.*, laju

tumbuh *Pseudomonas sp.* dan *Aspergillus sp.* tidak berbeda antara yang diinkubasikan pada pembawa padat dan pada pembawa cair, demikian juga pengaruh lama inkubasi tidak mempengaruhi laju tumbuh *Pseudomonas sp.* dan *Aspergillus sp.* (Tabel 2). Laju tumbuh pada media pembawa cair, terlihat bahwa *Pseudomonas sp.* lebih cepat dibanding *Aspergillus sp.*, dan inkubasi 8 minggu menurunkan laju tumbuh *Pseudomonas sp.* dan *Aspergillus sp.* (Tabel 3). Pembentukan zone biru/pelarutan sekitar koloni MPF sebagai indikator aktifitas pelarutan fosfat (Girgis *et al.*, 2008; Widawati *et al.*, 2008).

Pertumbuhan *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* ditentukan oleh komposisi sumber makanan dan energi media. *Pseudomonas sp.* dan *Aspergillus sp.* mampu tumbuh pada media pembawa yang dicobakan karena media pembawa tersebut mengandung sumber makanan dan sumber energi. Molase mengandung sukrosa 30-40%, K, Ca, Mg, Fe, Na, dan P (Casida, 1964; Toharisman and Santoso, 1999). Molase juga mengandung senyawa

Tabel 1. Karakteristik *Pseudomonas sp.* dan *Aspergillus sp.* (inkubasi 4 hari)

Variabel Pengamatan	Jenis Isolat	
	<i>Pseudomonas sp.</i>	<i>Aspergillus sp.</i>
Diameter koloni (mm)	4,33	15,10
Diameter zona biru (mm)	9,53	14,00
Populasi (UPK/ml)	5,2 x 10 ⁶	5,1 x 10 ⁶
P terlarut (ppm P/hari)	5,74	5,31

Tabel 2. Laju tumbuh *Pseudomonas sp.* dan *Aspergillus sp.* pengaruh jenis pembawa dan lama inkubasi

Jenis Isolat	Pembawa Padat		Pembawa Cair	
	4 Minggu	8 Minggu	4 Minggu	8 Minggu
UPK/ml/hari.....	UPK/ml/hari.....	
<i>Pseudomonas sp.</i>	0,80 Aa	0,67 Ab	0,83 Aa	0,69 Ab
<i>Aspergillus sp.</i>	0,60 Ba	0,48 Bb	0,60 Ba	0,45 Bb

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti huruf kapital sama atau angka dalam baris yang diikuti huruf kecil sama pada setiap pembawa tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5%.

Tabel 3. Laju tumbuh *Pseudomonas sp.* dan *Aspergillus sp.* pada pembawa cair.

Jenis Isolat	Konsentrasi Molase (%)	Lama Inkubasi	
		4 Minggu	8 Minggu
	UPK/ml/hari.....	
<i>Pseudomonas sp.</i>	25	0,89 aa	0,76 ab
	50	0,84 aa	0,75 bb
	75	0,87 aa	0,63 a-b
	100	0,73 ba	0,66 abb
<i>Aspergillus sp.</i>	25	0,56 ca	0,50 cdb
	50	0,62 ca	0,32 eb
	75	0,61 ca	0,46 db
	100	0,64 ca	0,53 b-b

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti huruf kapital sama atau angka dalam baris yang diikuti huruf kecil sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5%.

N, asam aspartat, asam glutamat dan vitamin (niasin, asam pantotenat, riboflavin, dan biotin) (Paturau, 1982). Abu sekam mengandung 85-90% SiO₂ dan karbon 10-15%. (Abbas *et al.*, 1985a). Komposisi dedak penggilingan padi komersial yang merupakan campuran dedak, bekatul, bagian lembaga, dan sekam meliputi protein 9-15%, karbon 10-20% dan beberapa mineral (Abbas *et al.*, 1985a). Onggok yang dihasilkan dari proses pembuatan antara 5-10% dengan komposisi 5% protein dan 5-10% karbon (Abbas *et al.*, 1985b; Suprapti, 2005).

Pelarutan P oleh *Pseudomonas sp.*, Dan *Aspergillus sp.* (inkubasi 4 hari)

Jumlah fosfor yang terlarut dipengaruhi oleh jenis isolat dan jenis pembawa, sedangkan lama inkubasi tidak berpengaruh terhadap daya larut P dari pelarut fosfat (Tabel 4). *Aspergillus sp.* mampu melarutkan P lebih banyak dibandingkan dengan *Pseudomonas sp.* P terlarut lebih tinggi dihasilkan oleh pelarut fosfat yang ditumbuhkan pada pembawa padat dibandingkan pembawa cair. Komposisi pembawa padat yang mendukung pelarut fosfat dengan daya

larut P tertinggi ialah 20% abu sekam, 20% dedak padi, dan 20% onggok tapioka. Sedangkan pembawa cair yang mendukung pelarut fosfat dengan daya larut P tertinggi pada konsentrasi 25% molase (Tabel 5).

Populasi *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* yang meningkat menyebabkan kemampuannya dalam melarutkan fosfat juga meningkat. Pertambahan jumlah sel meningkatkan fosfat terlarut karena dengan jumlah sel yang tinggi maka jumlah fosfat yang dilarutkan juga tinggi. Mekanisme peningkatan fosfat terlarut berhubungan erat dengan proses metabolisme *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* itu sendiri. Proses metabolisme *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* tersebut menghasilkan senyawa metabolit primer

berupa enzim dan beberapa asam organik (Rao, 1999; Chen *et al.*, 2006). Jenis asam organik efektif melarutkan P sitrat (trikarboksilat), oksalat, malat, tartarat, fumarat, malonat dan glukonat (dikarboksilat) (Fankem *et al.*, 2006; Prijambada *et al.*, 2009).

Enzim yang dihasilkan oleh *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* adalah *fosfatase* dan asam organik yang dihasilkan antara lain: asam sitrat, asam oksalat, dan asam suksinat (Alexander, 1997; Kang *et al.*, 2008). Populasi *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* dan kemampuannya dalam melarutkan fosfat meningkat dengan tajam pada kondisi lingkungan maupun kondisi fisiologis yang sangat mendukung (Premono dan Widyastuti, 1994; Perez *et al.*, 2006; Ward *et al.*, 2006).

Tabel 4. Jumlah P terlarut pengaruh jenis isolat, pembawa, dan lama inkubasi.

Jenis Isolat		Jenis Pembawa		Lama Inkubasi	
<i>Pseudomonas sp.</i>	<i>Aspergillus sp.</i>	Padat	Cair	4 Minggu	8 Minggu
..... ppm P ppm P ppm P	
9,98 b	21,41 a	20,27 a	8,76 b	8,67 a	11,67 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama pada perlakuan yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5 %.

Tabel 5. Jumlah P terlarut pengaruh jenis pembawa.

Perlakuan	Jenis Pembawa	
	Padat (ppm P)	Cair (ppm P)
1	7,84 c	11,30 a
2	19,98 b	9,13 b
3	23,91 ab	8,72 b
4	29,46 a	5,50 c

Keterangan: Pembawa padat 1 = 30% AS dan 30% DP, 2 = 30% AS dan 30% OT, 3 = 30% DP dan 30% OT, 4 = 20% AS, 20% DP, dan 20% OT. Pembawa cair 1 = 25%, 2 = 50%, 3 = 75 %, dan 4 = 100 %. Angka dalam kolom yang diikuti huruf sama tidak berbeda nyata antar perlakuan menurut uji Duncan pada taraf 5%.

Pengaruh *Pseudomonas sp.*, Dan *Aspergillus sp.* terhadap pH Media Pembawa

pH media pembawa padat dan cair sebelum ditumbuhkan *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* diatur pada nilai 7,0. pH pembawa dipengaruhi oleh jenis isolat, dan *Aspergillus sp.* dan pembawa serta lama inkubasi (Tabel 6). *Aspergillus sp.* lebih mengasamkan pembawa dibanding *Pseudomonas sp.* *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* yang ditumbuhkan pada pembawa cair lebih mengasamkan pembawa dibanding *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* yang ditumbuhkan pada pembawa padat. Inkubasi 8 minggu menurunkan kemampuan mengasamkan *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* yang ditumbuhkan pada pembawa padat. Penurunan konsentrasi molase sebagai media pembawa meningkatkan

kemampuan pengasaman oleh *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* (Tabel 7). *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* yang ditumbuhkan pada molase 25% paling mengasamkan pembawa. Semakin lama inkubasi (8 minggu) meningkatkan kemampuan *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* dalam mengasamkan pembawa.

Kemampuan melarutkan fosfat *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* yang tinggi didukung oleh penurunan pH media. Penurunan pH tersebut terjadi karena meningkatnya sejumlah asam organik yang dihasilkan oleh *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* Kemampuan setiap *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus, sp.* dalam melarutkan fosfat berbeda tergantung dari jenis asam organik yang dihasilkan oleh *Pseudomonas sp.*,

Tabel 6. pH media pengaruh jenis isolat dan jenis pembawa.

Lama Inkubasi	Jenis Isolat		Jenis Pembawa	
	<i>Pseudomonas sp.</i>	<i>Aspergillus sp.</i>	Padat	Cair
4 Minggu	6,35 Aa	5,35 Bb	5,98 Ba	5,73 Aa
8 Minggu	6,38 Aa	6,20 Aa	7,14 Aa	5,43 Ab

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti huruf kapital sama atau angka dalam baris yang diikuti huruf kecil sama pada jenis atau asal MPF sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5%.

Tabel 7. pH media pengaruh lama inkubasi pada pembawa cair.

Konsentrasi Molase (%)	Lama Inkubasi	
	4 Minggu	8 Minggu
25	4,20 Da	3,93 Cb
50	5,27 Ca	5,04 Ba
75	6,18 Ba	5,81 Bb
100	7,25 Aa	6,95 Ab

Keterangan: angka dalam kolom yang diikuti huruf kapital sama atau angka dalam baris yang diikuti huruf kecil sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5%.

Tabel 8. Korelasi antara P terlarut pengaruh perlakuan dengan pH pembawa dan laju tumbuh pelarut fosfat.

Tolok Ukur	Lama Inkubasi		P terlarut (ppm P)			
			Jenis Isolat		Jenis Pembawa	
	4 Minggu	8 Minggu	<i>Pseudomonas sp.</i>	<i>Aspergillus sp.</i>	Padat	Cair
pH	-0,28	-0,32	-0,24	-0,37	-0,10	-0,18
Laju Tumbuh	0,35	0,40	0,33	0,35	0,56	0,15

dan *Aspergillus sp.* itu sendiri (Hadijati, 1993; Turan *et al.*, 2006). Selain itu, penurunan pH media pembawa terjadi karena dekomposisi bahan organik dalam media tersebut.

Korelasi antara P terlarut (ppm P) dengan pH media menunjukkan nilai negatif pada setiap pengamatan dengan nilai tertinggi -0,37 (Tabel 8). Sebaliknya, korelasi antara jumlah P terlarut dengan laju tumbuh *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* menunjukkan nilai positif. Menurut Jang dan Suh (2002), terdapat korelasi negatif antara pH dengan pelarutan P, dimana penurunan pH sejalan dengan kenaikan pelarutan P. Penurunan pH mengakibatkan sejumlah ion, seperti : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , dan Al^{2+} yang mengikat fosfat akan membentuk khelat atau garam dengan sejumlah asam organik sehingga unsur P akan bebas menjadi ion fosfat.

KESIMPULAN

Laju tumbuh *Pseudomonas sp.* (0,75 UPK/ml/hari) lebih cepat dibanding *Aspergillus sp.* (0,54 UPK/ml/hari). Laju tumbuh *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus*

sp. pada pembawa padat dan cair sama (0,64 UPK/ml/hari), laju tumbuh *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* Inkubasi 4 minggu (0,70 UPK/ml/hari) lebih cepat dibanding inkubasi 8 minggu (0,58 UPK/ml/hari).

P terlarut inkubasi 4 hari oleh *Aspergillus sp.* (21,41 ppm) lebih banyak dibanding *Pseudomonas sp.* (9,98 ppm), P terlarut oleh *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* yang ditumbuhkan pada pembawa padat (20,27 ppm) lebih banyak dibanding pembawa cair (8,76 ppm) dan P terlarut oleh *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* inkubasi 4 dan 8 minggu sama.

Media pembawa terbaik untuk *Pseudomonas sp.*, dan *Aspergillus sp.* isolat Ajibarang ialah campuran 20% Abu Sekam, 20% Dedak Padi, dan 20% Onggok Tapioka untuk pembawa padat dan 25% Molase untuk pembawa cair.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, S, A. Halim, dan S. T. Amidarmo. 1985a. Limbah pertanian tanaman padi. *Dalam: Winarno, F.G., A. F. S. Boediman, T. Silitonga, dan B.*

- Soewardi (Eds). Limbah hasil pertanian. Monografi pertama. Kantor Menteri Muda Urusan Peningkatan Produksi Pangan, Jakarta.
- , A. Halim, A. Ahmad, dan S. T. Amidarmo. 1985b. Limbah tanaman ubi kayu. *Dalam*: Winarno, F.G., A. F. S. Boediman, T. Silitonga, dan B. Soewardi (Eds). Limbah hasil pertanian. Monografi pertama. Kantor Menteri Muda Urusan Peningkatan Produksi Pangan, Jakarta.
- Alexander, M. 1977. *Introduction to soil microbiology*. John Wiley and Sons, New York.
- Casida, L. E. 1964. *Industrial microbiology*. John Wiley and Sons, New York.
- Chen, Y.P., P.D. Rekha, A.B. Arun, F.T. Shen, W.A. Lai and C.C. Young. 2006. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Applied Soil Ecology*, 34: 33-41.
- Coyne, M. 1999. *Soil microbiology: an exploratory approach*. Delmar Publ. New York.
- Castagno, L.N., M.J. Estrella, A. Grassano and O.A. Ruiz. 2008. Biochemical and molecular characterization of phosphate solubilizing bacteria and evaluation of its efficiency promoting the growth of *Lotus tenuis*. *Lotus Newsletter*, 38(2): 53-56.
- Fankem, H., D. Nwaga, A. Deubel, L. Dieng, W. Merbach and F.X. Etoa. 2006. Occurrence and functioning of phosphate solubilizing microorganisms from oil palm tree (*Elaeis guineensis*) Rhizosphere in cameroon. *African Journal of Biotechnology*, 5(24): 2450-2460.
- Girgis, M.G.Z., H.M.A. Khalil and M.S. Sharaf. 2008. *In vitro* evaluation of rock phosphate and potassium solubilizing potential of *Bacillus* strains. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2(1): 68-81.
- Hadijati, T. 1993. efektivitas bakteri pelarut fosfat dalam melarutkan fosfat secara *in vitro*. *Majalah Ilmiah UNSOED*, 3(19): 10-16.
- Hardjowigeno, S. 1995. *Ilmu tanah*. Akademika Pressindo, Jakarta
- Jang, J, dan S. Suh. 2002. Application of va mychorrhizae and phosphate solubilizer as biofertilizers in Korea. *National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA*: 1-7.
- Kang, S.C., P. Pandey, R. Khillon and D.K. Maheshwari. 2008. Process of rock phosphate solubilization by *Aspergillus* sp PS 104 in Soil amended medium. *Journal of Environmental Biology*, 29(5): 743-746.
- Panhwar, Q.A., O. Radizah, M. Sariah and I.M. Razi. 2009. Solubilization of different phosphate forms by phosphate solubilizing bacteria isolated from aerobic rice. *Int. J. Agric. Biol.*, 11: 667-673.
- Paturau. 1982. *By Products of the cane sugar technology: microbial processes*. Academic Press Inc, New York
- Perez, E., M. Sulbaranand, M.M. Ball and L.A. Yarzabal. 2007. Isolation and characterization of mineral phosphate-solubilization bacteria naturally colonizing a limonitic crust in the South-Eastern Venezuelan Region. *Soil Biology & Biochemistry*, 39: 2905-2914.
- Pradhan, N., and L.B. Sukla. 2006. Solubilization of inorganic phosphate by jamur isolated from agriculture soil. *African Journal of Biotechnology*, 5 (10): 850-854.

- Premono, M. E, dan R. Widyastuti. 1994. Viabilitas *Pseudomonas putida* dalam medium pembawa dan potensinya sebagai pupuk hayati. *Hayati*, 2(3): 55-58.
- Prijambada, I.D. Widada, J., Kabirun, S., and D. Widiyanto. 2009. Secretion of organic acids by phosphate solubilizing bacteria isolated from oxisols. *J. Tanah Trop.*, 14 (3): 245-251
- Puslitanak. 2004. *Mikroorganisme meningkatkan efisiensi pemupukan fosfat. (on-line)*. <http://www.pustaka-deptan.go.id/publ/warta/2546.html>. diakses 18 Oktober 2006.
- Rao, R. N.S. 1994. *Advance in agriculture microbiology*. Oxford & IBH Publ. Co. New Delhi, Bombay, Calcuta.
- Rao, R.N.S. 1999. *Soil microbiology (fourth edition of soil microorganisms and plant growth)*. Science Publisher, Inc. New Hampshire, USA.
- Stanbury, P. F, and Whitaker. 1984. *Principle of fermentation technology*. Pergamon Press, Ltd. Oxford, New York.
- Suprapti, M. L. 2005. *Tepung Tapioka*. Kanisius, Yogyakarta.
- Tamad, L. Raharjo, dan Noorazizah. 2005. Isolasi dan uji daya larut P dari BFA oleh MPF Lokal Ajibarang. *Laporan Penelitian*, Faperta Unsoed, Purwokerto.
- Toharisman, A, dan H. Santoso. 1999. Mutu bahan baku dan preparasi medium. *Dalam Pelatihan Teknologi Alkohol*. Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia, Pasuruan.
- Turan, M, N. Ataoglu, and F. Sahin.. 2006. Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungi on different form of phosphorus in liquid culture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 28 (3): 99-108.
- Ward, O.P., W.M. Qin, J. Dhanjoon, J. Ye and A. Singh. 2006. Physiology and biotechnology of *Aspergillus*. *Advanced in Applied Microbiology*, 58: 1-55.
- Widawati, S., A. Nurkanto dan I.M. Sudiana. 2008. Aktivitas pelarutan fosfat oleh aktinomicetes yang diisolasi dari Waigeo, Kepulauan Raja Ampat, Papua Barat. *Biodiversitas*, 9(2): 87-90.