BAKTERI PELARUT FOSFAT (BPF)

MAKALAH

Oleh :
Intan Ratna Dewi A.
NIP.132 306 081
Jurusan Budidaya Pertanian
Program Studi Agronomi

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS PADJADJARAN
JATINANGOR
2007

I. PENDAHULUAN

INDONESIA sebagai negara agraris masih mengandalkan pasokan pupuk untuk meningkatkan produksi tanaman. Kebutuhan pupuk setiap tahun semakin meningkat, padahal hanya sebagian saja pupuk yang diberikan dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Seperti halnya pupuk P yang dipasok dalam bentuk TSP, SP36 sebagian besar tidak dapat dimanfaatkan oleh tanaman.

Mengapa tanaman tidak dapat memanfaatkan semua pupuk P yang diberikan? Hal ini akibat kondisi tanah di Indonesia (daerah tropis) yang kerap tercuci dari curah hujan tinggi. Hal itu menyebabkan banyak unsur hara dalam bentuk kation-kation basa tercuci, sehingga tanah banyak mengandung ion H+ dan tanah menjadi masam.

Pada tanah yang masam, banyak anion Al^{3+} dan Fe^{3+} di dalam tanah yang dapat mengikat ion H2P04- yang berasal dari pemberian pupuk P. Akibatnya sebagian kecil saja (kurang lebih 30%) pupuk P yang dapat diserap oleh tanaman. Sementara pada daerah dengan curah hujan rendah, seperti di Nusa Tenggara dan biasanya tanahnya banyak mengandung kapur (tanah alkalin), kation Ca2+ yang banyak pada tanah tersebut akan mengikat unsur P. Maka, ketersediaan P dalam tanah tersebut rendah. Padahal, unsur P sangat penting bagi tanaman antara lain untuk pembelahan sel, perkembangan akar, pembentukan bunga, buah, biji, dll.

Beberapa peneliti di bidang bioteknologi tanah telah memanfaatkan mikroba pelarut fosfat sebagai pupuk biologis atau biofertiliser (mikroba yang dapat menyediakan hara untuk pertumbuhan tanaman). Kelompok mikroba mikroba pelarut fosfat tersebut berasal dari golongan bakteri (*Pseudomonas, Bacillus, Escherichia, Brevibacterium,* dan *Serratia*) dan dari golongan cendawan (*Aspergillus, Penicillium, Culvularia, Humicola,* dan *Phoma*). Populasi mikroba tersebut dalam tanah berkisar dari ratusan sampai puluhan ribu sel per gram tanah.

Mikroba pelarut fosfat bersifat menguntungkan karena mengeluarkan berbagai macam asam organik seperti *asam formiat, asetat, propionat, laktat, glikolat, fumarat,* dan *suksinat.* Asam-asam organik ini dapat membentuk *khelat* (kompleks stabil) dengan kation Al, Fe atau Ca yang mengikat P, sehingga ion H2P04- menjadi bebas dari ikatannya dan tersedia bagi tanaman untuk diserap.

Fosfo bakterin adalah contoh inokulan yang dijual secara komersial di beberapa negara Eropa yang mengandung bakteri pelarut fosfat *Bacillus megatherium*. Beberapa spesies cendawan dari genus *Aspergillus* memunyai kemampuan yang lebih tinggi dalam melarutkan fosfat terikat dibandingkan dengan bakteri. Hal ini memberi peluang yang baik untuk dikembangkan di daerah tropis karena cendawan menyukai lingkungan pertumbuhan yang bersifat masam.

Kemampuan mikroba pelarut fosfat dalam melarutkan fosfat yang terikat dapat diketahui dengan membiakkan biakan murninya pada media

agar '*Pikovskaya*' yang berwarna putih keruh, karena mengandung P tidak larut seperti kalsium fosfat Ca3(P04)2.

Pada akhir masa inkubasi (48 - 72 jam) pertumbuhan mikroba pelarut fosfat dicirikan dengan adanya zone bening di sekitar koloni mikroba yang tumbuh. Sedangkan mikroba lainnya tidak menunjukkan ciri tersebut.

Mikroba pelarut fosfat yang unggul dapat diseleksi dari uji tersebut, yaitu yang menghasilkan diameter zone bening yang paling besar dibandingkan koloni mikroba lainnya.

Kemampuan pelarutan fosfat terikat secara kuantitatif dapat pula diukur dengan menumbuhkan biakan murni mikroba pelarut fosfat pada media cair *Pikovskaya*. Kandungan P terlarut media cair tersebut diukur setelah masa inkubasi. Sebagai contoh cendawan *Aspergillus sp.* mampu melarutkan P terikat dari media tersebut sebesar 11,32 mg P2O5/50 ml media.

Cendawan Aspergillus

Penicillium sp

Percobaan skala rumah kaca dan lapangan dengan menggunakan berbagai inokulan mikroba pelarut fosfat untuk tanaman sayur-sayuran,

padi, dan palawija dapat meningkatkan hasil antara 20-70 %. Pemberian inokulan mikroba pelarut fosfat pada tanaman biasanya harus dengan kepadatan tinggi, yaitu lebih dari 10 pangkat delapan sel tiap gram media pembawanya.

Dengan kepadatan yang tinggi diharapkan mikroba pelarut fosfat yang diberikan dapat bersaing dengan mikroba yang ada di dalam tanah. Dengan demikian mampu mendominasi di sekitar perakaran (*rhizosfir*) tanaman.

Inokulasi mikroba pelarut fosfat biasanya dilakukan pada saat tanam bersamaan dengan pemupukan P. Pada kasus tanah dengan kandungan P tinggi akibat akumulasi atau residu pemberian pupuk P yang menumpuk, maka mikroba pelarut fosfat dapat digunakan sebagai penambang P dari tanah tersebut.

Estimated potential Demand for Biofertilisers by 2000-2001

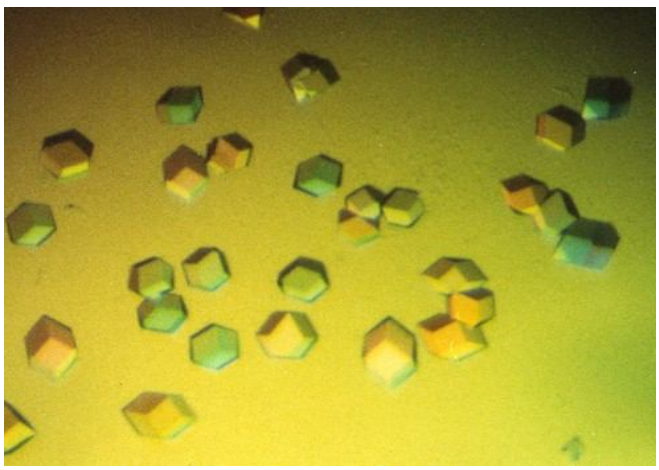
Type of Biofertiliser	Demand (Tonnes)
Rhizobium	34,999
Azotobacter	145,953
Azospirillum	74,342
Blue green Algae	251,738
Phosphate solublisin microorgaanism	255,340
Total	**762,372**

Sumber : National Bank for Agriculture and Rural Development, 2007

Dengan pemberian mikroba pelarut fosfat diharapkan mikroba tersebut dapat meningkatkan pelarutan P dari pupuk P yang diberikan, maupun senyawa P yang berasal dari sisa pemupukan sebelumnya di dalam tanah.

II. MIKROBIA PELARUT FOSFAT

Bakteri pelarut fosfat (BPF) merupakan kelompok mikroorganisme tanah yang berkemampuan melarutkan P yang terfiksasi dalam tanah dan mengubahnya menjadi bentuk yang tersedia sehingga dapat diserap tanaman. Mikroorganisme pelarut fosfat ini dapat berupa bakteri (*Pseudomonas*, *Bacillus*, *Escheria*, *Actinomycetes*, dan lain lain). Sekitar sepersepuluh sampai setengah jumlah baketri yang diisolasi dari tanah mampu melarutkan fosfat, jumlah bakteri tersebut berkisar 10^5 – 10^7 per gram tanah adan banayk dijumpai di daearah perakaran tanaman. Menurut Rodriquezz dan Fraga (1999) dari beberapa strain bakteri, ternyata genus Pseudomonas dan Bacillus mempunyai kemampuan yang tinggi dalam melarutkan fosfat



Bacillus polymyxa

Pseudomonas merupakan bakteri berbentuk batang dengan ukuran sel 0.5 – 1.0 x 1.5 – 5.0 µm, motil dengan satu atau lebih flagella, gram negatif, aerob , tidak membentuk spora dan katalase positif, menggunakan

H_2, atau karbon sebagai sumber energinya, beberapa spesies bersifat patogen bagai tanaman, kebanyakan tidak dapat tumbuh pada kondisi masam (pH 4.5) (Holt et al., 1994). Karakteristik *P. Fluorescens* yang merupakan salah satu spesies dari Genus Pseudomonas dengan taksonomi sbb :

Kingdom: Bacteria

Phylum: Proteobacteria

Class: Gamma Proteobacteria

Order: Pseudomonadales

Family: Pseudomonadaceae

Genus: Pseudomonas

Species: P. fluorescens

A scanning electron micrograph of the aerobic soil bacterium *Pseudomonas fluorescens*. The bacterium uses its long, whiplike flagellae to propel itself through the water layer that surrounds soil particles. *(Reproduced by permission of* (www.scienceclarified.com)

III. MEKANISME KERJA BAKTERI PELARUT FOSFAT

Mekanisme kerja BPF sehingga mampu melarutkan P tanah dan P asal pupuk yang diberikan diduga didasarkan pada sistem sekresi bakteri barupa asam organik, meningkatnya asam organik biasanya diikuti dengan pembentukan kelat dari Ca dengan asam organik tersebut sehingga P dapat larut dan P tersedia tanah meningkat.

Mekanisme mikroorganisme dalam melarutkan P tanah yang terikat dan P yang berasal dari alam diduga karena asam-asam organik yang dihasilkan akan bereaksi dengan $AlPO_4$, $FePO_4$, dan $Ca(PO_4)_2$, dari reaksi tersebut terbentuk khelat organik dari Al, Fe, dan Ca sehingga P terbebaskan dan larut serta tersedia untuk tanaman (Subba rao, 1982b; Illmer et al., 1995). Menurut Illmer dan Schinner (1995) , jenis bakteri (*Pseudomonas* sp dan *Pseudomonas aurantiogesum*) lebih efektif dalam melarutkan P dalam bentuk Ca-P seperti apatit dan brushit, sedangkan jenis fungi *(Aspergillus niger* dan *Penicillum simplicissimum*) lebih efektif dalam melarutkan P dari bentuk Al-P.

IIImer dan Schinner (1995) menyatakan bahwa mekanisme pelarutan fosfat dari bahan yang sukar larut banyak dikaitkan dengan aktivitas mikroba yang mempunyai kemampuan menghasilkan enzim fosfatase, fitase, dan asam organik hasil metabolisme seperti asam asetat, propionat, glikolat, fumarat, oksalat, suksinat, tartrat, sitrat, laktat, dan ketoglutarat. Tetapi pelarutan P dapat pula dilakukan oleh mikroorganisme yang tidak menghasilkan asam organik, yaitu melalui,

yaitu melalui: (1) mekanisme pelepasan proton (ion H+) pada proses respirasi, (2) asimilasi amonium (NH_4^+), dan (3) adanya kompetisi antara anion organik dengan ortofosfat pada permukaan koloid yang dapat pula menyebabkan terjadinya movilizáis ortofosfat (Illmer dan Schinner (1995).

1. Menurut Narsian dan Patel (2000) pelarutan P oleh mikroorganisme pelarut fosfat selain terjadi karena proses kelasi dan reaksi pertukaran, juga disebabkan oleh menurunnya pH rizosfer akibat adanya asam oragnik. Sebelumnya Kirk (1999) berpendapat bahwa mekanisme utama agar tanaman dapat mengekstrak P dari sumber-sumber yang tidak dapat larut terjadi melalui: produksi asam organik yang dapat menyebabkan pH rizosfer menurun (penurunan pH itu menjadi penting jika banyak asam organik yang diekskresikan),
2. produksi asam organik yang dapat berkompetisi dengan P pada tempat adsorpsi, dan
3. produksi asam organik dapat membentuk kompleks yang dapat larut dengan ion logam dan membebaskan P. Tan (1995) menyatakan bahwa selain enzim fosfatase yang dihasilkan oleh BPF yang dapat menghasilkan fosfat bebas, ada pula lain lain yaitu enzim fitase, firofosfatase, dan metafosfatase. Reaksi pelarutan oleh berbagai enzim pelarut P dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{Ester fosfat} + H_2O \xrightarrow[\text{fosfatase (tersedia)}]{} ROH + \text{fosfat}$$

$$\text{Firofosfat} + H_2O \xrightarrow[\text{firofosfatase (tersedia)}]{} 2 \text{ ortofosfat}$$

$$\text{Heksafosfat inositol} + 6\ H_2O \xrightarrow[\text{Fitase}]{} \text{inositol} + 6 \text{ fosfat (tersedia)}$$

$$\text{Metafosfat} \xrightarrow[\text{metafosfate}]{} \text{ortofosfat (tersedia)}$$

Reaksi yang terjadi selama proses pelarutan P dari bentuk tak tersedia adalah reaksi khelasi antara ion logam dalam mineral tanah dengan asam-asam organik. Khelasi adalah reaksi keseimbangan antara ion logam dengan agen pengikat, yang dicirikan dengan terbentuknya lebih dari satu ikatan antara logam tersebut dengan molekul agen pengikat, yang menyebabkan terbentuknya struktur cincin yang mengelilingi logam tersebut. Mekanisme pengikatan Al^{+++} dan Fe^{++} oleh gugus fungsi dari komponen organik adalah karena adanya satu gugus karboksil dan satu gugus fenolik, atau dua gugus karboksil yang berdekatan bereaksi dengan ion logam.

Percobaan Kpomblekou & Tabatabai (1994) menunjukkan bahwa besarnya P yang terlarut memilki korelasi dengan Ca dan Mg yang dilepaskan, hal ini membuktikan bahwa P tersebut semula terikat oleh Ca dan Mg. Pelarutan P dalam tanah dapat ditingkatkan pada suasana pH rendah, kadar Ca dapat ditukar rendah dan kadar P dalam larutan tanah rendah.

Asam-asam organik yang mempunyai berat molekul rendah meliputi: asam alifatik sederhana, asam amino dan asam fenolik. Asam alifatik terdapat pada tanaman yang banyak mengandung selulosa, asam

amino dihasilkan dari tanaman yang banyak mengandung N (misalnya legum), sedang asam fenolik dihasilkan dari tanaman golongan herba (berbatang basah seperti bayam). Asam-asam organik tersebut antara lain: laktat, glikolat, suksinat, alfa ketoglutarat, asetat, sitrat, malat, glukonat, oksalat, butirat dan malonat akan terbentuk selama proses perombakan bahan organik oleh mikrobia, merupakan bentuk antara (transisi). Meskipun jumlahnya sangat kecil yaitu sekitar 10 mM, namun karena terus menerus terbentuk maka peranannya menjadi penting. Sebagian besar asam tersebut merupakan asam lemah. Konsentrasi yang agak besar dapat ditemukan pada mintakat (zone) tempat aktivitas mikrobia tinggi seperti rhizosphere atau pada longgokan seresah tanaman yang sedang mengalami proses perombakan.

Urutan kemampuan asam organik dalam melarutkan fosfat adalah: asam sitrat > asam oksalat = asam tartrat= asam malat > asam laktat = asam format = asam asetat. Asam organik yang membentuk komplek yang lebih mantap dengan kation logam akan lebih efektif dalam melepas Ca, Al dan Fe mineral tanah sehingga akan melepas P yang lebih besar. Demikian juga asam aromatik dapat melepas P lebih besar dibandingkan asam alifatik. Sedangkan kemudahan fosfat terlepas mengikuti urutan $Ca_3(PO_4)_2$ > $AlPO_4$ > $FePO_4$.

Kecepatan pelarutan P dari mineral P oleh asam organik ditentukan oleh:

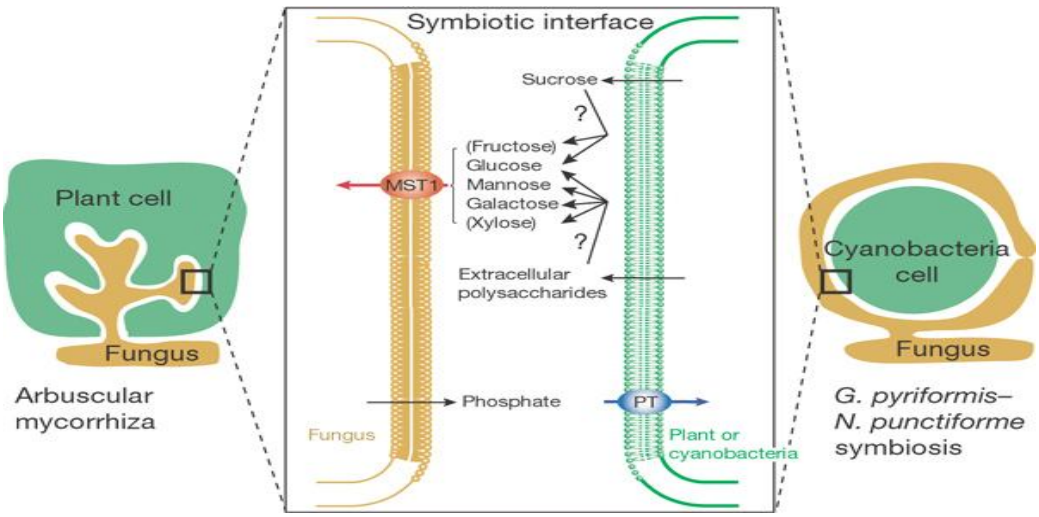
1. kecepatan difusi asam organik dari larutan tanah,
2. waktu kontak antara asam organik dan permukaan mineral,

3. tingkat dissosiasi asam organik,
4. tipe dan letak gugus fungsi asam organik,
5. affinitas kimia agen pengkhelat terhadap logam dan
6. kadar asam organik dalam larutan tanah.

Mikrobia yang berperanan dalam pelarutan fosfat adalah bakteri, jamur dan aktinomisetes. Dari golongan bakteri antara lain: *Bacillus firmus*, *B. subtilis*, *B. cereus*, *B. licheniformis, B. polymixa, B. megatherium, Arthrobacter, Pseudomonas, Achromobacter, Flavobacterium, Micrococus* dan *Mycobacterium*. Dari golongan jamur antara lain: *Aspergillus niger, A. candidus, Fusarium, Penicillum, Schlerotium & Phialotobus*. Sedangkan dari golongan aktinomisetes adalah *Streptomyces sp.*. Menurut Alexander (1986) mikrobia dapat ditumbuhkan dalam media yang mengandung $Ca_3(PO_4)_2$, $FePO_4$, $AlPO_4$, apatit, batuan P dan komponen P-anorganik lainnya sebagai sumber P. Sastro (2001) menunjukkan bahwa jamur Aspergilus niger dapat dipeletkan bersama dengan serbuk batuan fosfat dan bahan organik membentuk pupuk batuan fosfat yang telah mengandung jasad pelarut fosfat. *Aspergillus niger* tersebut dapat bertahan hidup setelah masa simpan 90 hari dalam bentuk pelet.

IV. JAMUR DAN MIKORIZA ARBUSKULAR SEBAGI PELARUT FOSFAT

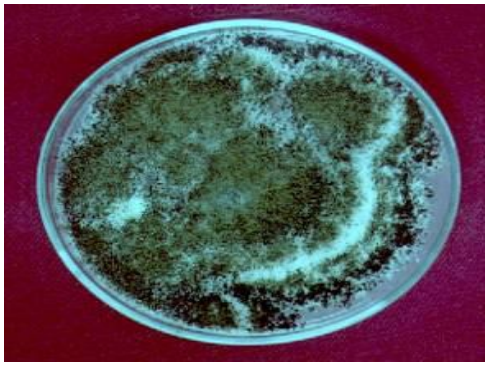
Tanah tropis biasanya daya meresapnya cukup tinggi dan miskin unsur P tersedia serta hara tanaman lainnya. Peningkatan efisiensi pengambilan hara oleh MVA menyebabkan perbaikan hasil tanaman pada kondisi tersebut. Fungi mikoriza yang berasosiasi dapat melarutkan fosfat. Adanya MVA pada akar tanaman, luas permukaan serapan akar tanaman diperluas dan jangkauan akar untuk mengambil hara diperpanjang. Hal ini berdampak lebih banyak zat hara yang dapat diserap seperti P, Zn, dan Cu yang memang tidak mobil dapat dijangkau oleh hifa eksternal MVA. Sebagaian dari P, Zn, dan Cu dimanfaatkan oleh MVA sendiri untuk pertumbuhan dan perkembangannya, sebagian lagi diberikan kepada tanaman inangnya. Sebagian fotosintat yang dihasilkan oleh tanaman inang bahkan lebih banyak daripada akenutuhan akar disalurkan kenakar dan dipergunakan oleh MVA sebagai sumber energi untuk menyerap P, Zn, dan Cu.



Pertukaran makanan dalam simbiosis *G.pyriformis* berhubungan dengan mikoriza arbuskular. Beberapa mikoriza arbuskular memindahkan fosfat spesifik yang diketahui dari tanaman. Dalam pengambilan gula melalui simbiosis jamur membran glomeromycotan mengindikasikan kebersamaan dengan substrat GpMST1 (fruktosa dan diduga xylose ditransportasikan secara lemah. (www. nature.com)

Ada beberapa indikasi menunjukkan bahwa bakteri berperan penting dalam interaksi antara akar dan AMF (arbuscular mycorrhizal fungi) (Fester et al, 1999).Interaksi antara bakteri pelarut fosfat dan AMF dapat juga menaikkan keberadaan AMF (Toro et al. 1997)Berdasarkan penelitian Johansson et al. (2004) ada pengertian lebih baik mengenai interaksi AMF dan mikroorganisme lainnya yang penting untuk perkembangan manajemen berkelanjutan dalam kesuburan tanah, produksi tanaman dan mungkin pergantian tanaman pada area reklamasi. Walaupun potensi yang nyata ada untuk mengembangkan pelarut dan AMF seperti inokulan, apliksi yang luas masih terbatas terutama disebabkan oleh pengetahuan ekologi mikrobia yang masih terbatas dan populasi dinamis di dalam tanah.

Gambar 2. Endomikoriza melarutkan fosfat
http://www.ipard.com



Gambar 3. Jamur yang unggul yang dapat melarutkan fosfat.
http://www.ipard.com

Hasil penelitian maningsih dan Anas (1996) menunjukkan jamur strain *Aspergillus niger* 2CI8KI dapat meningkatkan kelarutan P dari $AlPO_4$ pada media agar Pikovskaya sebesar 135% dan dapat meningkatkan P larut pada tanah ultisol sebesar 30.4% dibandingkan kontrol.

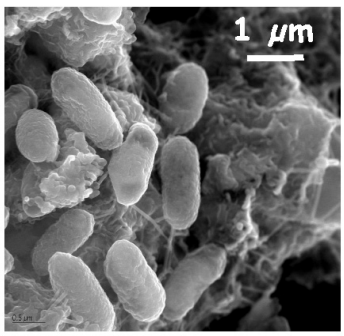
V. PENDEKATAN SECARA GENETIK BAKTERI PELARUT FOSFAT

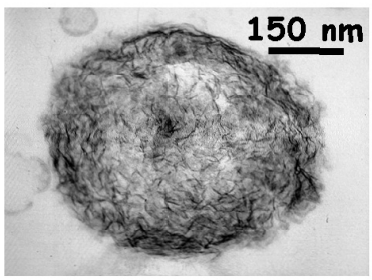
Penggunaan bakteri pelarut fosfat sebagai inokulant secara simultan meningkatkan pengambilan P oleh tanaman dan hasil tanaman budidaya. Strain dari genus *Pseudomonas, Bacillus* and *Rhizobium* adalah diantaranya yang sangat kuat dalam melarutkan fosfat. prinsip dari mekanisme pelarutan mineral fosfat adalah produksi asam organik, dan asam fosfatase yang berperan besar dalam mineralisasi fosfat organik dalam tanah. Beberapa fosfatase – encoding gen telah diklonisasi dan karakterisasi dan sedikit gen mengakibatkan pelarutan mineral fosfat telah diisolasi. Karenanya, maniplasi genetik dari bakteria pelarut fosfat untuk memperbaiki pertumbuhan tanaman bisa jadi termask melibatkan kloning gen baik mineral dan pelarutan fosfat organik, berdasarkan ekspresi bakteri ini pada strains rhizobakteral yang telah diseleksi. Pemasukkan kromosomal pada gen ini berdasarkan promotor yang sesuai adalah suatu pendekatan yang menarik.

VI. PENGARUH MIKROBA PELARUT P TERHADAP TANAMAN

Beberapa tanaman yang pernah digunakan sebagai bahan percobaan untuk menguji pengaruh mikroba pelarut fosfat antara lain adalah gandum, bit gula, kubis, tomat, barlei, jagung, kentang, padi, kedelai, kacang panjang dan tebu. (Ahmad dan Jha(1982) mencoba *B.megaterium* dan *B,. circulans* pada tanaman kedelai. *B. megaterium* mampu meningkatkan serapan P tanaman kedelai berturut-turut sebanyak 7 dan 10% jika digunakan pupuk TSP, serta meningkatkan 34 dan 18% jika digunakan batuan fosfat.

Kundu dan Gaur (1980) pada tanaman gandum, mengkombinasikan bakteri pelarut P (*B.polymixa* dan *P. striata*) dengan baketri penambat N_2 udara (*Azotobacter chrococcum*). Ternyata bakteri pelarut P dapat menstimulir npertumbuhan *A.chrococcum*, tetapi bakteri penambat N tidak mempengaruhi bakteri pelarut P. Kombinsi ketiga inokulan tersebut mampu meningkatkan hasil gandum dua sampai lima kali lipat.





Gambar : *Pseudomonas putida*

Pada tanaman jagung, *Citrobacter intermedium* dan *Pseudomonas putida* (Premono et al, 1991) mampu meningkatkan serapan P tanaman dan bobot kering tanaman sampai 30%. Pada percobaan yang lain (Buntan, 1992; Premono dan Widyastuti, 1993). *P. putida* mampu meningkatkan bobot kering tanaman jagung sampai 20% dan mikroba ini stabil sampai lebih dari 4 bulan pada media pembawa zeolit, tanpa kehilangan kemampuan gentiknya dalam melarutkan batuan fosfat.

Inokulasi dengan *Enterobacter gergoviae* (Buntan, 1992) pada tanaman jagung dapat meningkatkan bobot kering tanaman jagung sebesar 29%, sedangkan Lestari (1994) yang menguji *Aspergillus niger* menunjukkan bahwa mikroba tersebut sangat baik dalam memperbaiki penampilan pertumbuhan tanaman jagung sampai 8 minggu pertama.

Pada tanaman tebu penggunaan bakteri pelarut P (*P. putida* dan *P. Fluorescens*) dapat meningkatkan bobot kering tanaman sebesar 5-40% dan meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk P asal TSP sebanyak 60-135% (Premono, 1994). Penelitian Setiawati (1998) pada tanaman tembakau dengan menginokulasikan bakteri pelarut P dapat meningkatkan serapan P dan bobot kering tanaman.

Pal (1998) melaporkan bakteri pelarut P (*Bacillus* sp.) pada tanah yang dipupuk dengan batuan fosfat dapat meningkatkan jumlah dan bobot kering bintil akar serta hasil biji tanaman pada beberapa yang toleran amsam (jagung, bayam, dan kacang oanjang). Menurut Dubey (1997) inokulasi *P. striata* dengan penambahan superfosfat maupun batuan fosfat dapat meningkatkan pembentukan bintil dan seapan N pada

tanaman kedelai dan bakteri iin dapat dikokulturkan dengan *Bradyrhizobium japonicum* tanpa efek yang merugika.

Beberapa peneliti mengemukakan bahwa efektifnya bakteri pelarut P tidak hanya disebabkan oleh kemampuannya dalam meningkatkan ketersediaan P tetapi juga disebabkan karena kemampuannya dalam menghasilkan zat pengatur tumbuh, terutama oleh mikroba yang hidup dalam permukaan akr seperti *Pseudomonas fluorescens*, *P.putida,* dan *P. striata.* Mikroba-mikroba tersebut dapat mebngasilkan zat pengatur tumbuh seperti asam indol asetat (IAA) dan asam giberelin (GA3) (Arshad dan Frankenberger, 1993 ; Patten dan Glick , 1996).

Beberapa bakteri pelarut P juga dapat berperan sebagai biokontrol yang dapat meningkatkan kesehatan akar dan pertumbuhan tanaman melalui proteksinya terhadap penyakit. Strain tertentu dari *Pseudomonas* sp. Dapat mencegah tanaman dari aptogen fungi yang berasal dari tanah dan potensial sebagai agen biokontrol untuk diguanakan secara komersial di rumah kaca maupun di lapangan (Arshad dan Frankenberger, 1993). *Pseudomonas fluorescens*, dapat mengontrol perkembangan penyakit *dumping-off* dari tebu. Kemampuan bakteri ini terutama karena menghasilkan 2,4-diacethylplorogucinol, suatu metabolit sekunder yang dapat menghalangi *dumping-off Phytium ultium* (frenton et al., 1992). Di samping itu bakteri *Pseudomonas fluorescens* ini juga dapat mengontrol perkembangan jamur *Sclerotium roefsii* pada tanaman kacang-kacangan.

DAFTAR PUSTAKA

Edson L. Souchie[I]; Orivaldo J. Saggin-Júnior[II]; Eliane M.R. Silva[I]; Eduardo F.C. Campello[II]; Rosario Azcón[III]; Jose M. Barea[III]. 2006. Communities of P-solubilizing bacteria, fungi and arbuscular mycorrhizal fungi in grass pasture and secondary forest of Paraty, RJ - Brazil* . http://www.scielo.br/scielo. diakses tanggal 19 November 2007.

Ferreira DF. 1999. Programa Sisvar Versão 4.6 (Build 61). Disponível em: http://www.dex.ufla.br/danielff/dff02.htm.

Johansson JF, Paul Lr And Finlay RD. 2004. Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. FEMS Microbiol Ecol 48: 1-13. [Links]

Hilda Rodríguez and Reynaldo Fraga. 2000. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion . Department of Microbiology, Cuban Research Institute on Sugarcane By-Products (ICIDCA), P.O. Box 4026, CP 11 000, Havana, Cuba . http://www.molecular-plant-biotechnology. Diakses tanggal 18 November 2007.

Mieke R. Setiawati . 2005. Pupuk Biologis Dari Mikroba Pelarut Fosfat. http://www.pikiran-rakyat.com. Diakses tanggal 17 November 2007.

Nasih Widya Yuwono. 2006. Pupuk hayati. http://www.nasih@ugm.ac.id. Diakses tanggal 17 November 2007-11-17

Ahmad, N and K.K. Jha . 1982. Effect of Phosphate solubilizer on dry matter yield and phosphorus uptake by soybean. J.Indian Soc.Soil Sci 30 : 105 -106.

Arshad, M and W.T Frankenberger. 1993. Microbial Production of Plant Growth Regulators. In F.B. Metlind (ed.) Soil Microbial Ecobgy. Marcel Dekker, Inc. New York. Basel. Hongkong p.307 -347

Dubey, S.K. 1997. Co –inoculation of phosphorus bacteria with *Bradyrhizovium japonicum* to increase phosphate availability to rainfed soybean on Vertisol. J. India Soc. Soil Sci. 45 : 506 -509.

Kundu, B.S. and A.C. Gaur. 1980. Establisment of Nitrogen Fixing and Phosphate Solubilizing Bacteria in Rhizosphere and their effect on yield and nutrient uptake of wheat crop. Plant Soil 57 : 223 -230.

Toro M, Azcón R and Barea JM 1997. Improvement of arbuscular mycorrhiza development by inoculation of soil with phosphate-solubilizing rhizobacteria to improve rock phosphate bioavailability (P_{32}) and nutrient cycling. Appl Environ Microbiol 63: 4408-4412.