

Penggunaan Rhizobakteria dalam Produksi Inokulan Jamur Mikorisa Arbuskular

Sri Wedhastri & Jaka Widada

*Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian
Universitas Gadjah Mada*

Percobaan pot dilakukan untuk mengkaji pengaruh penggunaan rhizobakteria (*Azospirillum brasilense* JCM 1224 dan bakteri pelarut fosfat G8b) dalam peningkatan jumlah spora jamur mikorisa arbuskular *Glomus* sp. pada tanah masam.

Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan rhizobakteria dapat meningkatkan jumlah spora *Glomus* sp. Peningkatan jumlah spora tertinggi (30%) didapatkan pada perlakuan inokulasi ganda. Penambahan rhizobakteria juga menekan populasi spora JMA kontaminan. Kemurnian tertinggi (97,7%) juga didapat pada perlakuan inokulasi ganda.

Pot experiment was conducted to evaluate the effect of using rhizobacteria (*Azospirillum brasilense* JCM 1224 and phosphate solubilizing bacteria G8b) in the increasing number of VA Mycorrhizal spores (*Glomus* sp.).

The result showed that the inoculation of rhizobacteria increased the number of *Glomus* sp. spores. It was found that the highest increase (30 %) was occurred in double inoculation treatment. It was also found that rhizobacteria inhibited VA mycorrhizal contaminant. The highest purity (97,7 %) was found in the same treatment.

[Key words: Rhizobacteria, Mycorrhiza, Inoculant]

PENGANTAR

Dalam pengelolaan tanah-tanah mineral masam untuk kepentingan pertanian menghadapi kendala ganda (*multiple constraints*), seperti: pH yang rendah, keracunan Al dan Mn, dan/atau Fe, serta kekahatan unsur-unsur hara penting bagi tanaman seperti N, P, Ca, dan/atau Mg (Ritchie, 1989), dan kekahatan Mo (Foy, 1984).

Tanah ini di Indonesia terbentuk di daerah yang bercurah hujan tinggi (2500-3000 mm pertahun), topografi berombak hingga berbukit dengan ketinggian 50-350 mm di atas

muka air laut, batuan induk granit, abu vulkan, atau andesit (Driessen & Soepraptoharjo, 1974).

Ciri-ciri tanah masam di Indonesia adalah: tekstur lempungan, struktur gumpal, permeabilitas rendah, stabilitas agregat baik, pH rendah, KPK rendah, aras N, P, Ca, Mg sangat rendah, vegetasi alami alang-alang (*Imperata cylindrica*) dan hutan (Hardjowigeno, 1993), fraksi lempung didominasi oleh mineral-mineral bermuatan terubahkan seperti kaolinit, gibsit dan atau goetit (Ismail *et al.*, 1993).

Keberhasilan strain rhizobia pada tanah masam tidak hanya terletak pada toleransi terhadap kemasaman misalnya kemampuan

untuk hidup dalam tekanan kemasaman dan mempertahankan fungsi seluler pada pH eksternal yang rendah, tetapi juga mampu untuk tumbuh berkembang, baik di dalam lingkungan tanah maupun rizosfer. Kombinasi sifat ini dapat dikatakan sebagai toleransi terhadap kemasaman tanah. Namun sayangnya "toleransi kemasaman" tidak selalu berkorelasi dengan "toleransi kemasaman tanah". Banyak laporan yang menunjukkan strain bakteri yang telah mengalami seleksi kemasaman secara invitro tetapi tidak berhasil mengkoloni pada pertumbuhan maupun fiksasi N.

Dalam banyak kasus, jumlah N yang difiksasi di dalam tanah dibatasi oleh ketersediaan karbohidrat sehingga sumber energi untuk melakukan proses fiksasi. Total dihitung bahwa fiksasi 1 kg N₂ oleh mikroorganisme pemfiksasi N₂ bebas membutuhkan metabolisasi dari hampir 10 kg senyawa C (Kapulnik, 1991). Efisiensi fiksasi N oleh *Azospirillum brasilense* adalah 29-125 mg Ng⁻¹C.

Azospirillum memiliki beberapa mekanisme pertahanan pada kondisi cekaman. Sel-sel bakteri *Azospirillum* dapat mengakumulasi granul poli β-hidroksi butirat yang berperan sebagai sumber C dan energi selama masa kelaparan (Tal & Okon, 1985).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa inokulasi gandum, sorgum dan jagung muda dengan ukuran inokulan sel-sel *Azospirillum* 10⁶-10⁷ per tanaman telah berpengaruh baik terhadap morfologi ujung akar, perkembangan-biakan dan pertumbuhan rambut akar, luas permukaan akar, percabangan akar, dan perkembangan sistem perakaran secara umum. (Kapulnik, 1991). Jumlah sel yang sangat banyak (10⁸-10¹⁰) menghambat pertumbuhan pada benih yang ditanam di laboratorium (Kapulnik 1991).

Kelompok mikroorganisme tanah yang berpengaruh pada ketersediaan P tanah adalah bakteri pelarut fosfat, jamur dan aktinomisetes. Organisme-organisme tersebut dapat melarutkan mineral-mineral mengandung P melalui sekresi asam-asam organik dan telah

dilaporkan meningkatkan serapan P padi pada tanah yang diinokulasikan (Kucey 1987). Organisme pelarut P terdapat secara alami pada tanah-tanah padang rumput dan diketahui terdiri dari 0,1-0,5% dari total populasi mikrobial tanah (Kucey, 1987).

Sumber fosfat yang digunakan berasal dari mineral seperti kalsium fosfat, besi sulfat, hidroksi apatit, fluor apatit dan batuan sulfat. Besar pelarutan fosfat anorganik oleh bakteri pelarut fosfat tergantung pada jenis bakteri dan jumlah asam organik yang dihasilkan (Kucey, 1983).

Bakteri pelarut fosfat juga dapat memineralisasi P organik menjadi P anorganik melalui beberapa aktivitas enzimatis. Enzim-enzim tersebut adalah enzim fosfatase, enzim fitase dan enzim nuklease. Enzim fitase merusak ikatan fosfo-ester, sehingga melepaskan fosfat dan asam fitat atau garam kalsium, magnesium dan fitin. Aktivitas enzim fitrase di alam meningkat dengan adanya bahan-bahan yang mengandung karbonat dengan cara meningkatkan populasi mikrobianya (Alexander, 1977).

Proses mineralisasi fosfat oleh bakteri bertujuan pula untuk memenuhi kebutuhan fosfor dirinya. Di dalam proses tersebut, fosfat yang diputus dari senyawa organik akan diasimilasi bakteri tersebut. Apabila pelepasan P tersebut melampaui kebutuhan bakteri, maka sebagian P akan dimanfaatkan oleh tanaman umumnya, bakteri pelarut fosfat menggunakan fosfat yang dilarutkan dalam jumlah yang kecil (Alexander, 1977), yaitu kurang dari 20% (Russel, 1973).

Bakteri pelarut fosfat yang ditemukan pada beberapa tanah di Indonesia adalah *Alcaligenes faecalis*, *Escherichia freundii*, *Pseudomonas fluorescens*, *P. putida*, *Serratia liquifaciens*, *Chromobacterium violaceum*, yang banyak dijumpai pada tanah dengan pH sekitar 5,5 seperti tanah Latosol dan Podsolik Merah Kuning. Sedangkan *P. fluorescens*, *P. diminuta*, *P. putida*, *P. stutzeri* banyak dijumpai pada tanah dengan pH di atas 6, seperti tanah Vertisol (Supadi, 1991).

Sampai saat ini inokulan yang ada pada umumnya masih berupa inokulan tunggal dan masih jarang inokulan berbagai macam jasad renik yang dikemas menjadi satu. Dalam penelitian ini ingin dikembangkan inokulan jamur mikorisa arbuskular (JMA) yang pada pembuatannya telah diperkaya dengan sejumlah rhizobakteria yang menguntungkan (bakteri pelarut fosfat dan penambat N).

BAHAN DAN METODE

Ultisol (lapisan permukaan tanah 0-30 cm) dari Kentrong, Jawa Barat digunakan pada penelitian ini. Contoh tanah dikering-anginkan dan disaring dengan ayakan berdiameter 2 mm untuk percobaan pot dan 0,55 mm untuk keperluan analisis kimia.

Mikrobia yang digunakan dalam penelitian ini adalah: (1) jamur mikorisa arbuskular (JMA) *Glomus* sp. yang berasal dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Pertanian UGM yang merupakan JMA hasil isolasi dari tanah masam, (2) bakteri penambat N₂ bebas *Azospirillum brasilense* JCM 1224, berasal dari *Japan Collection of Microbiology* dan (3) bakteri pelarut fosfat G8b yang berasal dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Pertanian UGM yang diisolasi dari tanah masam. Benih yang digunakan padi gogo (*Oryza sativa*) varietas IR 64.

PEMBUATAN INOKULAN

Pembuatan inokulan JMA terpilih dilakukan menggunakan teknik kultur pot menurut Brown *et al.* (1994), dengan tanaman inang padi gogo dan medium tumbuh tanaman inang tanah Ultisol yang telah difumigasi dengan metil bromida. Pada percobaan ini dibuat empat macam inokulan JMA, yaitu sebagai berikut: (a) JMA (inokulan 1); (b) JMA + *Azospirillum* (inokulan 2); (c) JMA + bakteri pelarut fosfat (inokulan 3); (d) JMA + *Azospirillum* + bakteri pelarut fosfat (inokulan

4)

Percobaan ini dilakukan selama 2 bulan, dan pada akhir percobaan ditentukan: jumlah spora dengan metode penyaringan basah, infeksi akar dengan metode pengecatan (Azcon-Aguilar & Barea, 1996). Jumlah *Azospirillum* dan jumlah bakteri pelarut fosfat dengan metode piring sebar (Kucey, 1983).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sifat Kimia Tanah Awal Yang Digunakan Sebagai Media

Hasil analisis sifat kimia Ultisol dari daerah Kentrong, Cipanas, Jawa Barat yang digunakan dalam penelitian ini, disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Sifat-sifat kimia tanah Ultisol, Kentrong, Jawa Barat

Sifat-sifat tanah	Nilai	Satuan	Kriteria
pH(H ₂ O)	4,69		Masam
pH (KCl)	3,79		
E. C. (DHL)	93,33	µ s / cm	sangat rendah
N. Total	0,22	%	sedang
C. organik	2,23	%	rendah
C/N	10,14		rendah
P. tersolok	3,45	ppm	sangat rendah
Ca ²⁺ tertukarkan	2,28	C.mol (+)/kg	rendah
K ⁺ tertukarkan	0,30	C.mol (+)/kg	sedang
Mg ²⁺ tertukar	0,41	C.mol (+)/kg	rendah

^{*)} Berdasarkan pada hasil analisis sifat kimia tanah (Pusat Penelitian Tanah, 1983)

Dari hasil analisis sifat-sifat tanah di atas menunjukkan bahwa tanah podsolik yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai beberapa kendala kesuburan terutama kemasaman tanah yang sangat tinggi (4,69), serta ketersediaan P yang sangat rendah (3,45 ppm). Oleh karena permasalahan di atas, penggunaan rhizobakteria dan JMA dalam penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan pada gogo di tanah Ultisol.

PENGGUNAAN RHIZOBAKTERIA DALAM PRODUKSI INOKULAN JMA

Dari hasil pembuatan inokulan, jumlah

bakteri *Azospirillum brasilense* JCM 1224 dan bakteri pelarut fosfat G8b dapat dilihat bahwa : (1) Dengan adanya inokulasi ganda (perlakuan D) jumlah spora JMA kontaminan sangat berkurang, sehingga kemurnian yang dapat dicapai pada perlakuan tersebut 97,7%. (2) Peranan *A. brasilense* pada peningkatan jumlah spora *Glomus* sp. lebih besar (perlakuan B) dibandingkan dengan peranan bakteri pelarut fosfat terhadap jumlah spora *Glomus* sp. (perlakuan C). Hal ini diduga juga karena *A. brasilense* dapat memfiksasi N_2 dari udara dan juga menghasilkan hormon pemacu pertumbuhan serta sejumlah vitamin, sehingga jumlah spora *Glomus* sp. meningkat (lihat gambar 1 dan 2) (Bagrayraj, 1990. Tilak, 1990). Dengan kata lain keberadaan *A. brasilense* sangat dibutuhkan untuk fiksasi nitrogen.

Dampak dari peranan rhizobakteria terhadap perbaikan infeksi akar dan berat kering akar dapat dilihat pada gambar 3. Adanya inokulasi rhizobakteria, baik tunggal maupun ganda, meningkatkan infeksi JMA terhadap akar inang dan berat akar tanaman. Keadaan ini tidak lepas dari kegiatan JMA dan rhizobakteria dalam menggunakan unsur N, C-organik dan P tersedia (dapat dilihat pada gambar 4 dan gambar 5).

Dari gambar 3 juga dapat dilihat bahwa infeksi dan berat kering akar meningkat dengan adanya inokulasi Rhizobakteria baik tunggal ataupun ganda. Hal ini terjadi karena jumlah spora *Glomus* sp. yang meningkat akibat inokulasi rhizobakteria, menyebabkan akar yang terinfeksi lebih banyak, sehingga berpengaruh pula pada berat kering akarnya. Menurut Will & Sylvia (1990), hal tersebut disepakati karena dengan adanya rhizobakteria dapat mempengaruhi permeabilitas dinding sel akar, sehingga akar lebih mudah untuk diinfeksi oleh *Glomus* sp. Di samping itu diketahui pula bahwa *A. brasilense* menghasilkan enzim pektolitik *in vitro* yang berperan melembutkan dinding sel akar. Lebih lanjut dikemukakan oleh Will & Sylvia (1990) bahwa adanya bakteri dapat meningkatkan panjang hifa mikorisa. Berat kering akar tertinggi didapatkan pada

perlakuan inokulasi ganda, hal ini diduga, karena jumlah spora. *Glomus* sp. yang tertinggi akan meningkatkan infeksi dan berat kering akarnya.

Dari gambar 4 dan 5 dapat dilihat bahwa C-organik, N dan P tersedia pada perlakuan inokulasi rhizobakteria, baik yang tunggal ataupun ganda menurun. Hal ini diduga karena C organik, N dan P tersedia, dikonsumsi oleh rhizobakteria, karena jumlah rhizobakterianya juga meningkat (gambar 1). Pengurangan N dan C terbesar adalah pada perlakuan inokulasi ganda. Hal ini dapat dimaklumi, karena selain jumlah rhizobakterianya tinggi, jumlah spora *Glomus* sp. nya juga tinggi.

PENGHARGAAN

Penelitian ini terlaksana melalui Dana Penunjang Pendidikan Universitas Gadjah Mada tahun 1997.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. John Wiley and Son., New York. 467 p.
- Azcon-Aguilar & J.M. Barea 1996. Arbuscular Mycorrhiza and Biological Control of Soil-borne Plant Pathogens: An Overview of the Mechanisms Involved. *Mycorrhiza* 6:457-464
- Bagrayraj, D.J. 1990. Biological Interaction Between VA Mycorrhizal Fungi and Other Beneficial Soil Organisms. Dalam: *Current Trend in Mycorrhizal Research*. Jalali & H Chand (eds.) Tata Energy Res. Inst., India. pp 76-77.
- Bansal, M. & K.G. Mukerji. 1994. Positive Correlation between YAM-Induced Changes in Root Exudation and Mycorrhizosphere Mycoflora. *Mycorrhiza* 5 : 39-44.
- Bashan, Y. ; M.E. Puente; M.N. Rodriguez -

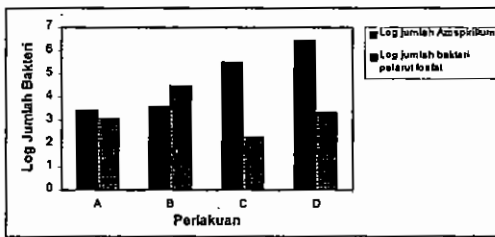
- Mendoza, G. Toledo; O. Holguin, B. Ferrera - Cerrato, & S. Pedrin. 1995. Survival of *Azospirillum brasilense* in the Bulk Soil and Rhizosphere of 23 Soil Types. *Appl. Environ. Microbiol.* 61(5):1938-1945.
- Bolan, N.S. 1991. A Critical Review on the Role of Mycorrhizal Fungi in the Uptake of Phosphorus by Plants. *Plant and Soil* 134: 189-207.
- Brill, W.J. 1980. Biochemical Genetics of Nitrogen Fixation. *Microbiol* 44 : 449 - 467.
- Brown, M.B. T. H. Quiniio, & A.M. Costro. 1988. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizas Associated with Upland Rice (*Oryza sativa* L.) *Phillipp. Agric.* 71: 317-332.
- Degens, B.P. 1997. Macro - Aggregation of Soils by Biological Bonding and Binding Mechanisms and the Factors Affecting These: a Reviewed. *Aust. J. Soil. Res.* 35: 431 -459.
- Driessen, P.M. & Soepraptohardjo 1974. Soil for Agricultural Expansion in Indonesia. Dalam: *Soil Research Final Report A TA Programme.* Soil Research Institute pp. 2-26.
- Fitter, A.H. & J Garbaye. 1994 Interactions between Mycorrhizal Fungi and Other Soil Organisms. *Plant and Soil* 159: 123-132.
- Foy, C.D. 1984. Physiological Effects of Hydrogen, Aluminium, and Manganese Toxicities in Acid Soil. Dalam: *Soil Acidity and Liming.* Adams, F (ed.). Agron. Monograph 12: 57-97
- Gianinazzi - Pearson. V & Gianinazzi. 1983. The Physiology of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Roots. *Plant and Soil* 71: 197-209.
- Halsall, D.M., G.L. Turner & A.H. Gibson. 1985. Straw and Xylan Utilization by Pure Culture of Nitrogen Fixing *Azospirillum spp.* *Appl. Environ. Microbiol.* 49: 423-428.
- Hardjowigeno, S. 1993. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis.* Akademika Pressindo, Jakarta. 273 p.
- Howieson, J.G. 1995. Characteristics of an Ideotype Acid Tolerant Pasture Legume Symbiosis in Agriculture. Dalam: *Plant - Soil Interactions at Low pH: Principles and Management.* R.A. Date, N.J. Grundon, G.E. Rayment & ME. Probert (Eds.). Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, The Netherlands.
- Ismail, H., J. Shamshuddin & S.R. Syed Oman. 1993. Allevation of Soil Acidity in Ultisol and Oxisol for Corn Growth: *Plant & Soil* 151 : 55-65.
- Kapulnik, Y. 1991. Non Symbiotic Nitrogen-Fixing Microorganisms. Dalam: *Plant Roots the Hidden Half.* Y. Waisel; A. Eshel & U. Katkafi (Eds.) Marcel Dekker, Inc. New York. 703-716.
- Kapulnik, Y.; S. Song; I. Nur & Y. Okon. 1983. Effect of *Azospirillum* Inoculated on Yield of Growth Wheat. *Can J. Microbiol.* 29: 835-844.
- Katupitiya, S.; J. Millet, M. Vesk, L. Viccars, A. Zean, Z. Lidang, C. Elmerich & L.B. Kennedy. 1995. A Mutant of *Azospirillum brasilense* sp. Impaired in Flocculation with a Modified Colonization Pattern and Superior Nitrogen Fixation in Association with Wheat. *Appl. Environ. Microbiol* 61(5): 1987 - 1995.
- Krikun, J. 1991. Mycorrhizae in Agriculture Crops. Dalam: *Plant Root The Hidden Half.* Waisel, Y. & A. Eshel (Eds.) Marcel Dekker Inc., New York. p. 767 -786.
- Kucey, R.M.N. 1983. Phosphate Solubilizing Bacteria and Fungi in Various Cultivated and Virgin Alberta Soils. *Can. J. Soil Sci.* 63: 671-678.
- 1987. Increased Phosphorus Uptake by Wheat and Field Beans Inoculated with a Phosphorus - Solubilizing *Penicillium biloji* strain and with Vesicular -Arbuscular Mycorrhizal

- Fungi. *Appl. Environ. Microbiol* 53 (12): 2699 - 2703.
- Lynch, J.M. 1995. Microbial Activity in Acid Soils. Dalam: *Plant - Soil Infraction at Low pH: Principles and Management*. Date RA NJ. Grundon, G.E. Rayment & M.E. Probert (Eds.). Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands. p. 167-172.
- Lopez de Victoria, O & G.R. Lovell. 1993. Chemotaxis of *Azospirillum* Species to Aromatic Compounds. *Appl. Environ. Microbiol.* 59 (9): 2951-2955.
- Medeiros, C.A.B., R.B. Clark & J.R. Ellis. 1995. Effect of Excess Aluminium and Manganese on Growth and Phosphorus Nutrition of Mycorrhizal Sorghum Grown under Acidic Condition. Dalam: *Plant - Soil Interactions at Low pH: Principles and Management*. Date, RA. N.J. Grundon, G.E. Rayment & M.E. Probert (Eds.) Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands. p. 193-200.
- Notohadiprawiro, T. 1990. Farming Acid Soils for Food Crop: An Indonesian Experience. Dalam: *Management of Acid Soils in the Humic Tropics of Asia*. E.T. Croswell & E. Puparajah (Eds.) ACIAR Monograph 13 (IBSRAM Monograph 1): 26-68.
- Paul, N.B. & W.V.B. Sundara Rao. 1971. Phosphate - Dissolving Bacteria in the Rhizosphere of Some Cultivated Legumes. *Plant and Soil* 35:127 - 132.
- Pusat Penelitian Tanah. 1983 *Jenis dan Macam Tanah di Indonesia untuk Keperluan Survei dan Pemetaan Tanah Daerah Transmigrasi*. Departemen Pertanian, Bogor.
- Radjaguguk, B. 1983. *Masalah Pengapuran Tanah Masam di Indonesia*. Prosiding Seminar Alternatif-alternatif Pelaksanaan Program Pengapuran Tanah-tanah Masam di Indonesia. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. p. 1544.
- Ritchie, G.S.P. 1989. The Chemical Behaviour of Aluminium, Hydrogen and Manganese in Acid Soil. Dalam: *Soil Acidity and Plant Growth*. A.D. Robson (ed.). Academic Press. Sydney. p. 1-49.
- Russel. E.W. 1973. *Soil Conditions and Plant Growth*. E.L.B.S. & Longman.
- Sieverding, E. 1991 *Vesicular-arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agroecosystem*. Technical Cooperation, Federal Republic of Germany 371 p.
- Soepardi, O. 1990. *Masalah Lahan yang Tanahnya Berkendala Reaksi Masam*. Makalah Seminar Nasional Plantagama Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Subba Rao, N.S. 1982. Phosphat Solubilization by Soil Microorganisms. Dalam: *Advances in Agricultural Microbiology*. N.S. Subba Rao (Eds.) Oxford & IBM Publ. Co., New Delhi.
- Subba Rao, N.S., KVBR. Tilak & C.S. Singh. 1985. Synergistic Effect of Vesicular Arbuscular *Mycorrhizae* and *Azospirillum brasilense* on the Growth of Barley in Pots. Short Communication. *Soil Biol. Biochem.* 17 (1): 119-121.
- Supadi, T.H. 1991. Bakteri Pelarut Fosfat Asal Beberapa Jenis Tanah dan Efeknya terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung. Disertasi. Unpad Bandung.
- Taha, S.M., S.A.Z. Mahmud, A.H. El Damaty, & A.M.AE. Hafes. 1969. Activity of Phosphate Dissolving Bacteria in Egyptian Soil. *Plant and Soil* 31(1): 149 - 159.
- Tal, S. & Y. Okon. 1985. Production of the Reserve Material Poly Hydroxybutirate and Its Function in *Azospirillum brasilense* Cd. *Can J. Microbiol.* 31: 608-613.
- Tilak, K.V.B.R. 1990 Interaction of VA-Mycorrhizae with Beneficial Soil Micro-

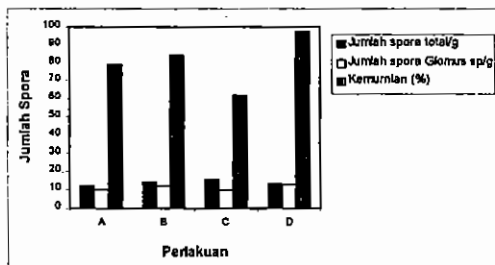
organisms. Dalam: *Current Trend in Mycorrhizal Research*. Jalali & H. Chand (Eds.) Tata Energy Res. Inst. India p. 87-90.

Will, M.E. & D.M. Sylvia 1990. Interaction of Rhizosphere Bacteria, Fertilizer and Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi with Sea Oats. *Appl Environ Microbiol.* 56 (7): 2073-2079.

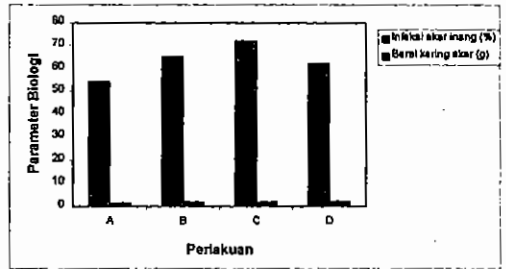
Yayah, A.I. & Al-Azawi. 1989. Occurrence of Phosphate Solubilizing Bacteria in Some Iraqi Soils. *Plant & Soil* 117: 135-141.



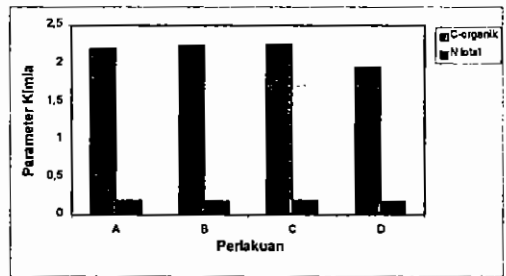
Gambar 1. Jumlah Bakteri Azospirillum brasilense dan bakteri pelarut fosfat



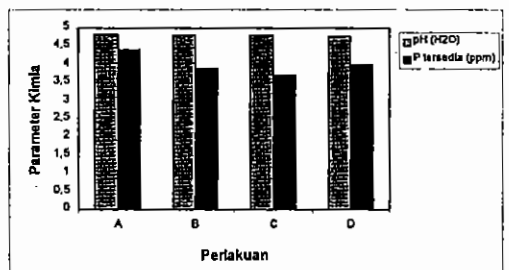
Gambar 2. Jumlah spora Glomus sp. dan kemurniannya dibandingkan dengan jumlah spora total



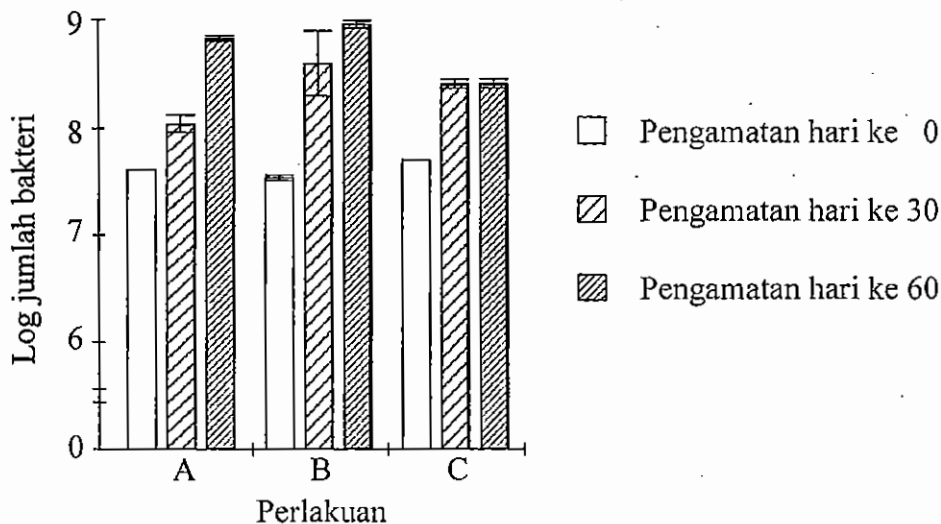
Gambar 3. Infeksi akar inang (%) dan berat kering akar (g)



Gambar 4. C-organik dan N total dari keempat perlakuan

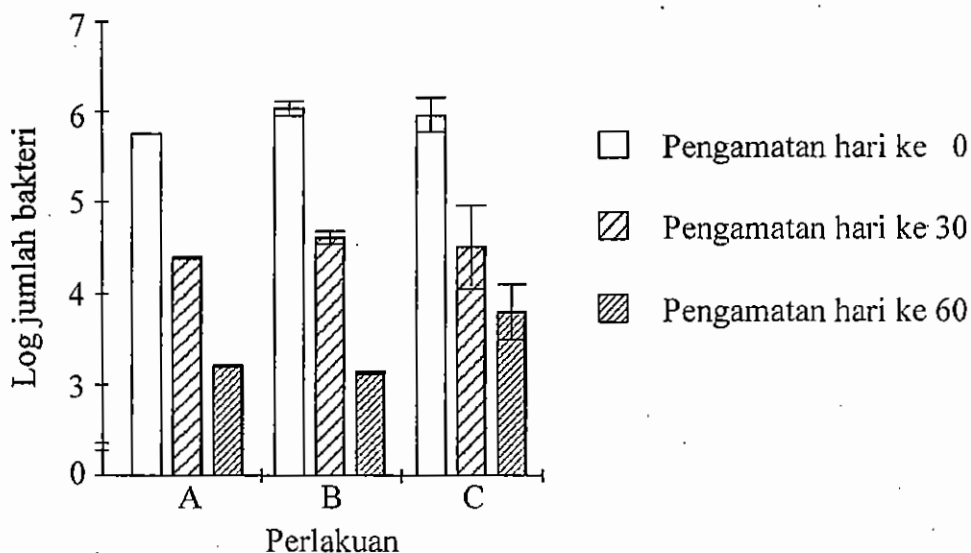


Gambar 5. pH dan P tersedia dari keempat perlakuan



Gambar 2. Grafik log jumlah bakteri pendegradasi hidrokarbon.

A, B, dan C masing-masing mewakili pembandingan (tanpa penambahan bahan organik), penambahan seresah *C. juncea* dan penambahan kotoran ternak

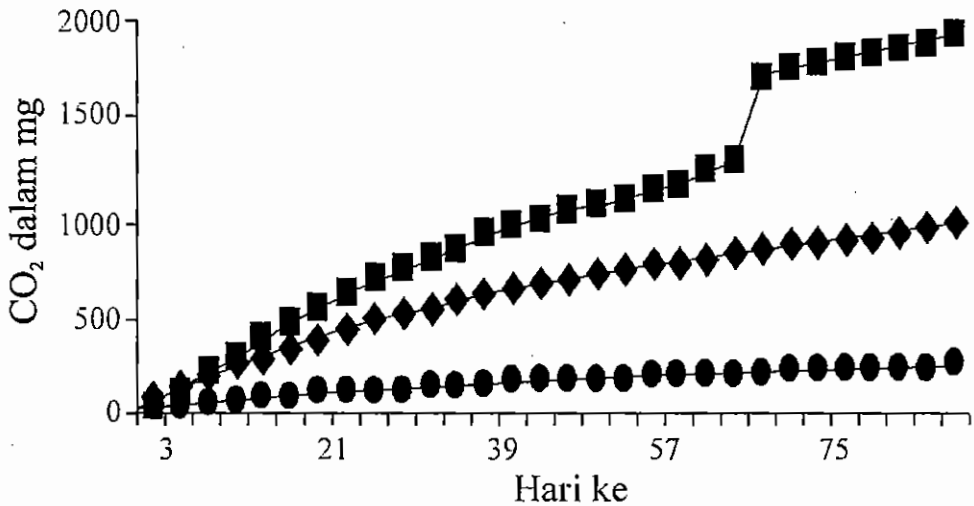


Gambar 3. Grafik log jumlah jamur pendegradasi hidrokarbon.

A, B, dan C masing-masing mewakili pembandingan (tanpa penambahan bahan organik), penambahan seresah *C. juncea* dan penambahan kotoran ternak

- drilling cuttings. *Environ. Sci. Technol.* 29: 1615-1621.
- Dibble, J.T., & R. Bartha. 1979. Effect of environmental parameters on the biodegradation of oil sludge. *Appl. Environ. Microbiol.* 37: 729-739.
- Kastner, M., & Mahro, B. 1996. Microbial degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil affected by organic matrix of compost. *Appl. Microbiol.*

- Biotechnol.* 44: 668-675.
- Song, H.G., & Bartha, R. 1990. Effect of jet fuel spills on the microbial community of soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 56: 646-651.
- Walker, J.D., & Colwell, R. R. 1976. Enumeration of petroleum degrading microorganisms. *Appl. Environ. Microbiol.* 31: 198-207.



Gambar 1. Akumulasi gas CO₂ dari tiap-tiap perlakuan.

- Tanda ■■ menunjukkan perlakuan pupuk kandang,
 Tanda ◆◆ menunjukkan perlakuan pupuk hijau, dan
 Tanda ●● menunjukkan perlakuan kontrol.

$\times 10^7$, $11,1 \times 10^7$, dan $67,3 \times 10^7$.

Jamur dilaporkan berperan pula dalam biodegradasi hidrokarbon minyak di dalam tanah (Bossert & Compeau, 1995). Oleh sebab itu dilakukan pula penghitungan untuk melihat pengaruh pemberian bahan organik terhadap populasi jamur pendegradasi hidrokarbon lumpur minyak. Jumlah jamur pendegradasi hidrokarbon lumpur minyak selama masa inkubasi ditunjukkan pada gambar 3.

Jumlah jamur pendegradasi hidrokarbon lumpur minyak dengan maupun tanpa penambahan bahan organik menunjukkan penurunan yang nyata seiring dengan masa inkubasi. Penurunan terbesar setelah 30 hari terjadi pada pemberian pupuk hijau. Jumlah jamur pendegradasi hidrokarbon lumpur minyak dengan penambahan seresah *C. juncea* pada hari pengamatan ke 0, 30, dan 60 masing-masing adalah $12,5 \times 10^5$, $4,6 \times 10^4$, dan $1,4 \times 10^3$. Pada pemberian kotoran ayam, jumlah jamur pendegradasi hidrokarbon lumpur minyak pada hari pengamatan ke 0, 30 dan 60 masing-masing adalah $11,8 \times 10^5$, $5,3 \times 10^4$, dan $6,3 \times 10^3$, sedangkan pada pembanding (tanpa pemberian tambahan bahan organik) jumlah jamur tersebut pada pengamatan hari ke 0, 30, dan 60 masing-masing adalah $6,0 \times 10^5$, $6,6 \times 10^4$, dan $1,6 \times 10^3$. Penurunan jumlah jamur yang terjadi bersama kenaikan jumlah bakteri pendegradasi hidrokarbon lumpur minyak sejalan dengan hasil penelitian Song & Bartha (1990) tentang pengaruh tumpahan bahan bakar jet terhadap populasi mikrobia di dalam tanah.

Penambahan bahan organik berupa seresah *C. juncea* mampu menaikkan jumlah bakteri pendegradasi hidrokarbon lebih cepat dibandingkan dengan penambahan kotoran ayam. Hasil penelitian ini sejalan dengan yang dilaporkan oleh Dibble & Bartha (1979) bahwa penambahan bahan organik yang mudah tersedia bagi mikroorganisme heterotrof tidak dapat meningkatkan laju degradasi hidrokarbon lumpur minyak. Kotoran ayam mengandung bahan-bahan yang telah mengalami penguraian sehingga lebih mudah dimanfaatkan oleh

mikroorganisme heterotrof pada umumnya, termasuk bakteri pendegradasi hidrokarbon lumpur minyak. Akan tetapi, pemanfaatan oleh mikroorganisme heterotrof lainnya jauh lebih besar daripada oleh bakteri pendegradasi hidrokarbon lumpur minyak.

Peningkatan jumlah bakteri pendegradasi hidrokarbon lumpur minyak yang lebih cepat dengan penambahan seresah *C. juncea* juga diduga karena kemiripan struktur lignin, yang menyusun jaringan tanaman, dengan struktur hidrokarbon yang terkandung di dalam lumpur minyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Arvin, E., Jensen, B.J., & Gundersen, A.D. 1989. Substrate interactions during aerobic biodegradation of benzene. *Appl. Environ. Microbiol.* 55: 3221-3225.
- Black, C.A., Evans, D.D., White, J.L., Ensminger, L.E., Clark, F.E., & Dinauer, R.C. (eds). 1965. *Methods of soil analysis part 2*. American Society of Agronomy, Inc. Wisconsin.
- Bollag, J.M., & Bollag, W.B. 1995. Soil contamination and the feasibility of biological remediation. *In Bioremediation: Science and application*. Skipper, H.D & Turco, R.F. (eds.). Soil Science Society of America, Madison, pp. 1-12.
- Bossert, I.D., & Compeau, G.C. 1995. Cleanup of petroleum hydrocarbon contamination in soil. *In Microbial transformation and degradation of toxic organic chemicals*. Young, L.Y., & Cerniglia, C.E. (eds.). Wiley-Liss, New York, pp. 77-125.
- Bossert, I.D., Kochel, W. M., & R. Bartha, 1984. Fate of Hydrocarbons during Oily Sludge Disposal in Soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 47: 763 - 767.
- Chaireau, C.H., J.L. Morel & J. Qudot. 1995. Microbial degradation in soil microcosms of fuel oil hydrocarbons from

Inkubasi berlangsung selama 60 hari pada suhu kamar. Analisis evolusi gas CO_2 dilakukan setiap 3 hari. Analisis jumlah mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon dilakukan pada hari ke 0, 30 dan 60. Untuk mengukur evolusi gas CO_2 , sisa NaOH dititrasi dengan asam oksalat 0,2 N. Perhitungan jumlah mikroorganisme dilakukan dengan metode MPN (*Most Probable Number*) (Walker & Colwell, 1976) menggunakan medium khusus bakteri dan fungi pendegradasi hidrokarbon. Medium pertumbuhan bakteri dan fungi pendegradasi hidrokarbon yang setiap liter mengandung: KH_2PO_4 (0,68 g), Na_2HPO_4 (1,79 g), MgSO_4 (0,35 g), NH_4NO_3 (1,00 g), CaCl_2 (0,4 mg), FeSO_4 (0,4 mg), dan 0,1 ml larutan hara lindak yang setiap liter mengandung: H_3BO_3 (100 mg), MnSO_4 (100 mg), ZnSO_4 (100 mg), CuSO_4 (100 mg), dan CoCl_2 (100 mg) (Chaireau *et al.*, 1995). Bagian-bagian tersebut dicampur dan pH diatur agar mencapai 7,0 untuk bakteri dan 5,5 untuk fungi. Untuk penghitungan jamur pendegradasi hidrokarbon, ke dalam medium ditambahkan 100 mg kloramfenikol per liter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kandungan nitrogen, fosfor dan kalium serasah tanaman *C. juncea* dan kotoran ayam disajikan pada tabel 1.

Dari hasil analisis kandungan nitrogen, fosfor dan kalium terlihat bahwa antara bahan organik berupa serasah tanaman *C. juncea* dan kotoran ayam tidak terdapat perbedaan yang menyolok. Perbedaan yang sedikit tersebut kemudian diabaikan dengan penambahan NH_4NO_3 dan K_2HPO_4 untuk mendapatkan nisbah C:N = 60:1 dan nisbah C:P = 800:1.

Pengamatan evolusi gas CO_2 dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan masing-masing bahan organik terhadap aktivitas mikroorganisme heterotrof yang tumbuh pada medium percobaan, termasuk didalamnya bakteri dan fungi pendegradasi hidrokarbon. Grafik penghasilan akumulatif

gas CO_2 ditampilkan pada gambar 1.

Hasil pengamatan evolusi CO_2 menunjukkan bahwa penambahan bahan organik menyebabkan peningkatan aktivitas mikroorganisme. Hal ini ditandai dengan dibebaskannya CO_2 yang lebih banyak dengan adanya penambahan bahan organik dibandingkan tanpa penambahan bahan organik (pembanding). Penghasilan gas CO_2 dengan pemberian kotoran ayam terlihat lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian serasah *C. juncea*. Kemudahan sumber karbon dalam kotoran ayam untuk dikonsumsi oleh mikroorganisme heterotrof di dalam tanah, karena sudah mengalami perombakan sebagian oleh mikrobial dalam sistem pencernaan ayam sehingga menghasilkan senyawa antara yang lebih sederhana, diduga merupakan penyebab hal tersebut.

Untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan organik terhadap populasi mikroorganisme perombak hidrokarbon, telah dilakukan penghitungan terhadap jumlah mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon menggunakan metode *Most Probable Number* (MPN) dengan medium yang mengandung lumpur minyak sebagai satu-satunya sumber karbon. Jumlah bakteri pendegradasi hidrokarbon ditunjukkan pada gambar 2.

Pertumbuhan bakteri pendegradasi hidrokarbon mengalami kenaikan yang nyata seiring dengan masa inkubasi. Kenaikan tersebut dipengaruhi oleh macam bahan organik yang ditambahkan. Kenaikan jumlah bakteri pendegradasi terbesar ditunjukkan pada penambahan serasah *C. juncea*. Jumlah bakteri pendegradasi hidrokarbon lumpur minyak dengan penambahan *C. juncea* pada pengamatan hari ke 0, 30, dan 60 masing-masing adalah $3,4 \times 10^7$, $42,4 \times 10^7$, dan $88,7 \times 10^7$. Jumlah bakteri pendegradasi hidrokarbon lumpur minyak dengan penambahan kotoran ayam pada pengamatan hari ke 0, 30, dan 60 masing-masing adalah $5,1 \times 10^7$, $12,0 \times 10^7$, dan $26,4 \times 10^7$, sedangkan tanpa penambahan bahan organik (pembanding) pada pengamatan hari ke 0, 30, dan 60 masing-masing adalah 4,2

diterima oleh lingkungan (Bollag & Bollag, 1995).

Proses biodegradasi dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan (Arvin *et al.*, 1989). Bahan organik tanah dilaporkan mempengaruhi proses biodegradasi lumpur minyak. Penambahan lumpur kota dilaporkan dapat meningkatkan biodegradasi lumpur minyak (Dibble & Bartha, 1979). Penambahan kompos juga dilaporkan dapat meningkatkan biodegradasi senyawa hidrokarbon aromatik polisiklik yang merupakan salah satu penyusun utama lumpur minyak (Kastner & Mahro, 1996), sedangkan penambahan bahan organik berupa ekstrak khamir dilaporkan tidak mempengaruhi kecepatan biodegradasi lumpur minyak (Dibble & Bartha, 1979).

Karena pengaruh penambahan bahan organik terhadap biodegradasi lumpur minyak sangat tergantung kepada macam bahan organik yang diberikan, perlu diteliti macam bahan organik yang dapat meningkatkan biodegradasi lumpur minyak. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh pemberian bahan organik yang berbeda, yakni kotoran ternak dan seresah tanaman penutup tanah (*Crotalaria juncea*), terhadap perubahan populasi mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon lumpur minyak.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Lumpur minyak diambil dari tangki penyimpanan lumpur minyak UNOCAL, Lapangan Tanjung Santan, Kalimantan Timur. Tanah pendukung biodegradasi merupakan tanah regosol yang berasal dari daerah perakaran tanaman pisang, yang diambil dari jeluk 20 cm, dikeringanginkan dan disaring dengan saringan berdiameter lubang 3 mm. Tanaman penutup tanah *C. juncea* diperoleh dari Kebun Pendidikan, Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Kalitirto, Berbah, Sleman, DIY, dipotong-potong batang dan daunnya,

dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 24 jam, dihancurkan menggunakan *grinder* hingga menjadi serbuk dan kemudian disterilkan. Kotoran ayam diperoleh dari peternakan ayam petelur, dikeringkan dan dihaluskan menggunakan *grinder* hingga menjadi serbuk, kemudian disterilkan. TSP (triple superphosphate) dan urea teknis diperoleh dari pemasok sarana produksi pertanian. Bahan-bahan kimia berkualitas murni (*p.a.*) diperoleh dari pasaran digunakan untuk penyiapan media dan analisis.

Penambahan bahan organik pada perlakuan biodegradasi hidrokarbon

Campuran tanah dan lumpur minyak (20:1 b/b) diukur kadar karbon organiknya menggunakan metode *Walkley and Black* (Black *et al.*, 1965), kadar nitrogen total (Black *et al.*, 1965), kadar fosfor total menggunakan metode *Bray and Kurtz* (Black *et al.*, 1965) dan pHnya menggunakan metode *Glass electrode Reynolds* (Black *et al.*, 1965). Pengukuran sifat kimia tanah ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi awal dan jumlah bahan yang harus ditambahkan untuk mendapatkan kondisi yang optimal bagi proses biodegradasi hidrokarbon.

Perlakuan biodegradasi hidrokarbon yang dicoba dalam penelitian ini adalah tanah dicampur lumpur minyak (20:1 b/b) dan ditambah serbuk tanaman *C. juncea* atau serbuk kotoran ayam. Campuran tanah dan lumpur minyak tanpa tambahan bahan organik lain digunakan sebagai pembandingan. Pada semua perlakuan maupun pembandingan, ditambahkan NH_4NO_3 dan K_2HPO_4 untuk mendapatkan nisbah C:N = 60:1 dan nisbah C:P = 800:1. Kandungan lengas diatur hingga dicapai kelengasan 60% dari kapasitas lapangan campuran tanah dan lumpur minyak. Masing-masing perlakuan dimasukkan dalam wadah terbuat dari plastik bervolume 750 ml. Ke dalam wadah plastik juga dimasukkan bejana gelas berisi 25 ml NaOH 0,2 N sebagai penangkap gas CO_2 . Setiap perlakuan dilakukan dengan 3 ulangan.

Inkubasi dan Analisis