

**KAJIAN EFEKTIFITAS MIKROBA AZOTOBACTER SP.
SEBAGAI PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN
KAKAO (*THEOBROMA CACAO* L.)**

***STUDY OF EFFECTIVENESS OF MICROBIAL AZOTOBACTER SP.
AS PLANT GROWTH PROMOTING OF
COCOA (*THEOBROMA CACAO* L.)***

Rahmi,SP,MP

Email: rahmi.rozali@yahoo.com

Prodi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Tadulako. Palu

ABSTRACT

Use of the rhizo-bacteria boosters plant growth or plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as biological fertilizer is one contribution of biotechnology in an attempt to increase crop productivity. Bacteria Azotobacter sp is one of the rhizobacteri there is ditanaman plantations. These bacteria have the ability in producing vitamins and substances such as growing regulatory IAA, kinetin and challenged (Tang et al.,1983: Glick, 1995). In addition these bacteria can memfiksasi be nonsimbiotik Nitrogen and also produce extracellular polysaccharides, such as a alginat and polymers. Alginat function protects the nitrogenase thus increasing Nitrogen fixation (Sabra et al., 2000). According to Holt, et al., (1994) and Cowan et al. (1993) the genus Azotobacter including bakterigram negative, rod-shaped, motile dannon are motile. The nature of his life helping but also a facultative anaerobe can growth if kelarutanoksigen is declining.The nature of his life helping but also a facultative anaerobe dapattumbuh if oxygen Solubility decreases. From some of the results of the study appear that effectiveness of azotobacter bacteria not only in increasing Nitrogen fixation but also has the ability to increase the availability of P and acts as a can increase health biokontrol root and plant growth through protection against some diseases (Arshad and Frankenberger,1993), Azotobacter SP. also known as controlling plant disease because of their ability to produce antibiotics and anti-cancer compounds (antifungiShende et al., 1977).Similarly, in the process of germination of seeds, it is not only influenced by the IAA but also the presence of other disintesisoleh compounds, influence of Azotobacter SP. According to Rao (1982), Azotobacter SP. also produced compounds riblovaflavin, pridoksin, thiamin, cyanocobalamin, nicotine, pentotenat acid, acetic indol acid, and challenged that play a role in seed germination.

Key word : PGPR, Azotobacter, Growing Regulatory Matter, Cocoa

ABSTRAK

Penggunaan rhizo-bakteri pemacu pertumbuhan tanaman atau plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) sebagai pupuk hayati merupakan satu sumbangan bioteknologi dalam usaha peningkatan produktivitas tanaman. Bakteri *Azotobacter* sp. merupakan salah satu rhizobakteri yang terdapat di tanaman perkebunan. Bakteri ini mempunyai kemampuan dalam memproduksi vitamin dan zat pengatur tumbuh seperti IAA, kinetin dan giberelin (Tang et al., 1983; Glick, 1995). Selain itu bakteri ini dapat memfiksasi Nitrogen secara nonsimbiotik dan juga menghasilkan polisakarida ekstraseluler, seperti alginat dan polimer. Alginat berfungsi melindungi nitrogenase sehingga meningkatkan fiksasi Nitrogen (Sabra et al., 2000). Menurut Holt, et al., (1994) dan Cowan et al. (1993) genus *Azotobacter* termasuk bakteri gram negatif, berbentuk batang, bersifat motil dan non-motil. Sifat hidupnya aerob tetapi juga dapat tumbuh secara anaerob fakultatif jika kelarutan oksigen menurun. Dari beberapa hasil kajian terlihat bahwa efektifitas bakteri *azotobacter* tidak hanya dalam meningkatkan fiksasi Nitrogen tapi juga mempunyai kemampuan dalam meningkatkan ketersediaan P dan berperan sebagai biokontrol yang dapat meningkatkan kesehatan akar dan pertumbuhan tanaman melalui proteksinya terhadap beberapa penyakit (Arshad dan Frankenberger, 1993), *Azotobacter* sp. juga dikenal sebagai pengendali penyakit tanaman karena kemampuannya menghasilkan senyawa anti antibiotik dan antifungi (Shende et al., 1977). Demikian pula dalam proses perkecambahan benih, tidak hanya dipengaruhi oleh IAA tetapi juga adanya pengaruh senyawa lain yang disintesis oleh *Azotobacter* sp. Menurut Rao (1982), *Azotobacter* sp. juga menghasilkan senyawa thiamin, riblovaflavin, pridoksin, sianokobalamin, nikotin, asam pentotenat, asam indol asetat, dan giberelin yang berperan dalam perkecambahan biji.

Kata Kunci : PGPR, *Azotobacter*, ZPT, Kakao

PENDAHULUAN

Produksi dan produktivitas tanaman kakao di Indonesia beberapa tahun terakhir mengalami penurunan secara signifikan, hal ini dapat dilihat dari data dimana pada tahun 2010 produksi kakao hanya mencapai 877.296 ton dengan tingkat produktivitas baru mencapai 532,17 kg/ha (BPS, 2011). Sedangkan potensi hasil kakao klon unggul yang sebenarnya dapat mencapai 4,0 ton/ha/thn.

Terjadinya penurunan produktivitas ini diduga disebabkan berbagai macam

kendala yang dihadapi saat ini, antara lain ; terjadi alih fungsi lahan pertanian produktif, degradasi lahan (memburuknya sifat fisik, kimia dan biologi tanah) akibat pencemaran dari bahan kimia, tingginya tingkat serangan hama penyakit serta penggunaan pupuk dan pestisida sintetik yang berlebihan sehingga berdampak terhadap penurunan dan atau pelandaian produktivitas lahan.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi keterbatasan pupuk dan kerusakan lingkungan adalah pemanfaatan bioteknologi tanah (jasa mikroba tanah dan teknologi pupuk alam). Daerah

rhizosfer merupakan daerah aktivitas biologis dan kimia tanah, dipengaruhi oleh senyawa yang dikeluarkan oleh akar secara intensif dan merupakan makanan bagi mikroorganisme tanah (Zare, Ordookhani dan Alizadeh, 2011). Bakteri yang efektif mengkolonisasi akar yang disebut "Rhizobacteria" Plant.Growth Promoting Rhizobacteria = PGPR atau Rhizobacter perangsang pertumbuhan tanaman) (Sturz dan Nowak, 2000). PGPR memiliki kemampuan untuk melindungi bagian tanaman di atas tanah terhadap penyakit virus, jamur dan bakteri dengan resistensi sistemik terinduksi (ISR) (Kloepper et al., 1992). Di samping itu PGPR dapat mempercepat perkecambahan, merangsang pertumbuhan akardan tunas (Yeoledan Dube, 1997), meningkatkan kadar klorofil daun, meningkatkan toleransi tanaman terhadap kekeringan dan garam serta dapat menunda penuaan daun (Singh et al, 2003).

Salah satu bakteri PGPR yang penting dalam ekosistem tanah khususnya tanaman kakao adalah *Azotobacter chroococcum*. *Azotobacter chroococcum* adalah spesies rizobakter yang telah dikenal sebagai agen biologis pemfiksasi N₂, yang mengkonversi dinitrogen ke amonium melalui reduksi elektron dan protonasi dinitrogen (Kizilkaya, 2009). Untuk menghindari penurunan kesehatan tanaman akibat adanya input bahan kimia, diperlukan input biologis berupa rizobakteri (Hindersah dan Simarmata, 2004). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa inokulasi *Azotobacter* dapat memperbaiki pertumbuhan dan tingkat serapan N tanaman tahunan seperti pada

tanamanlada (Ruhnayat, 2007) dan tanaman panili (Ruhnayat, 1999).

Karakteristik Bakteri *Azotobacter*

Azotobacter merupakan salah satu bakteri penambat nitrogen aerobik non-simbiotik yang mampu menambat nitrogen dalam jumlah yang cukup tinggi, bervariasi + 2 - 15 mg nitrogen/gram sumber karbon. Kemampuan ini tergantung kepada sumber energi, keberadaan nitrogen yang terpakai, mineral, reaksi tanah dan faktor lingkungan yang lain, serta kehadiran bakteri tertentu. Faktor-faktor eksternal yang mempengaruhi penambatan nitrogen antara lain suhu, kelembaban tanah, pH tanah, sumber karbon, cahaya dan penambahan nitrogen. Di samping itu jumlah bakteri penambat nitrogen pada perakaran, potensial redoks dan konsentrasi oksigen juga dapat mempengaruhi aktivitas penambatan nitrogen. (Subba Rao, 1982). Ciri-ciri *Azotobacter* lainnya adalah masuk ke dalam bakteri Gram negatif dan bergerak dengan flagel peritrik. Kisaran pH untuk pertumbuhan dengan adanya nitrogen tambahan adalah 4,5-8,5 sedangkan pH optimal untuk pertumbuhan dan pengikatan nitrogen adalah 7-7,5. Bakteri ini terdapat di tanah dan di air. Kelompok bakteri *Azotobacter* memiliki sel dengan diameter 1.5 - 2.0 µm, pleumorfik, berbentuk batang hingga bulat, tunggal, berkoloni tidak beraturan, dan kadang-kadang membentuk rantai dengan panjang bervariasi. Walaupun bakteri ini bersifat aerobik, namun dapat tumbuh dengan kadar oksigen yang rendah. Setiap spesies menghasilkan pigmen yang dapat larut dalam air sehingga menimbulkan warna yang khas pada lingkungan habitatnya (Holt et al., 1994).

Spesies *Azotobacter* yang telah diketahui atau dikenal antara lain: *A. chroococcum*, *A. beijerinckii*, *A. paspali*, *A. vinelandii*, *A. agilis*, *A. insignis* dan *A. Macrocytogenes*. Inokulasi *Azotobacter* efektif dalam meningkatkan hasil panen tanaman budidaya pada tanah yang dipupuk dengan bahan organik yang cukup. Sediaan bakteri yang mengandung sel-sel *Azotobacter* yang diberi nama Azotobacterin yang diproduksi dan digunakan di Rusia dan negara-negara Eropa Timur terbukti menguntungkan dalam meningkatkan hasil panen tanaman budidaya seperti gandum, barley, jagung, gula bit, wortel, kubis dan kentang sebesar 12% dibandingkan dengan tanaman kontrol. Respon ini diduga disebabkan oleh faktor tumbuh yang dihasilkan oleh *Azotobacter*.

Peranan Bakteri *Azotobacter* Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman (PGPR)

Rhizobacteria • digunakan untuk menggambarkan bakteri rhizosfer yang membentuk koloni di akar (Kloepper et al. 1983). Kolonisasi akar adalah suatu proses di mana bakteri bertahan melakukan inokulasi ke dalam benih tanaman atau ke dalam tanah, penggandaan diri dalam spermosfer dalam responnya terhadap eksudat benih yang kaya akan karbohidrat dan asam amino, menempel pada permukaan akar, dan mengkoloni sistem perakaran yang sedang berkembang. Berbagai manfaat positif dari bakteri dalam rhizosfer telah menjadikannya sumber potensial bagi ketersediaan nutrisi dalam tanah serta mendorong pertumbuhan tanaman sehingga menjadi lebih baik. Beberapa bakteri tanah berasosiasi dengan akar tanaman budidaya dan memberikan

pengaruh yang bermanfaat pada tanaman inangnya. Bakteri ini dikelompokkan ke dalam PGPR (Plant Growth Promoting *Rhizobacteria*) (Dewi, 2008). Ada beberapa spesies bakteri rhizosfer, yaitu terdiri atas genus *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Arthrobacter*, *Bacterium*, *Mycobacterium*, dan *Pseudomonas* (Kloepper, 1983).

Azotobacter diketahui mampu menghasilkan substansi zat pemacu tumbuh giberelin, sitokinin, dan asam indolasetat, sehingga dapat memacu pertumbuhan akar (Alexander, 1977). Kemampuan *Azotobacter* dalam memproduksi zat pengatur tumbuh sitokinin dan AIA dilaporkan pertama kali oleh Vancura dan Macura pada tahun 1960 (Vancura, 1988). Tidak bisa diabaikan bahwa *Azotobacter* mendukung fungsi tanah sebagai media pertumbuhan tanaman karena rizobakteri ini memiliki aktivitas lain yang berkenaan dengan kesehatan tanah. *Azotobacter* juga memproduksi ferrosiderofor pada kondisi khat besi, mengakumulasi polimer poli- β -hidroksibutirat (PHB) yang berperan sebagai cadangan makanan dan merupakan indikator kemampuan rizobakteri ini dalam bioremediasi tanah yang terkontaminasi minyak, melarutkan fosfat anorganik (Kumar dan Narula 1999).

Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) dan vitamin merupakan senyawa yang dalam jumlah sangat sedikit berpengaruh besar terhadap pertumbuhan atau produksi tanaman, yang telah diketahui mampu diproduksi oleh mikroba *azotobacter*. Oleh karena itu, peran mikroba dalam hal ini sangat

penting, kadangkala lebih diharapkan dibanding perannya dalam penyediaan hara (Hanafiah et al., 2005).

Asam Indol Asetat

AIA adalah auksin eksogenus yang terbentuk dari triptofan yang merupakan suatu senyawa dengan inti indol dan selalu terdapat dalam jaringan tanaman. Di dalam proses biosintesis, triptofan diubah menjadi AIA dengan membentuk indole pyruvic acid dan indole-3-acetaldehyde. Tetapi AIA ini dapat pula terbentuk dari tryptamine yang selanjutnya menjadi indole-3-acetaldehyde, selanjutnya menjadi indole-3-acetic acid. Sedangkan mengenai perubahan dari indole-3-acetonitrile menjadi AIA dengan bantuan enzim nitrilase prosesnya masih belum diketahui (Abidin, 1982). Biosintesis AIA oleh mikroba dapat ditingkatkan melalui penambahan triptofan eksogenus sebagai prekursor (Arkhipchenko, 2004). Asam indol-3 asetat (AIA) pertama kali diidentifikasi pada tahun 1934 sebagai senyawa alami yang menunjukkan aktivitas auksin yang mendorong pembentukan akar adventif. AIA sintetik juga telah terbukti mendorong pertumbuhan akar adventif. Pada era yang sama juga ditemukan asam indol butirat dan asam naptalen asetat yang mempunyai efek sama dengan AIA. Dan sekarang telah dibuktikan bahwa inisiasi sel untuk membentuk akar tergantung dari kandungan AIA (Harjadi, 2009). Pembentukan inisiasi akar dalam batang terbukti tergantung pada tersedianya AIA di dalam tanaman ditambah pemacu AIA yang secara bersama-sama mengatur sintesis RNA

untuk membentuk primordia akar (Hartmann and Kester, 1975).

Azotobacter sp. memiliki kelebihan dibanding dengan bakteri penambat N atmosfer nonsimbiotik lainnya, karena mampu mensintesis hormon seperti IAA. Sintesis IAA pada bakteri melalui jalur asam indol piruvat. IAA yang disekresikan bakteri memacu pertumbuhan akar secara langsung dengan menstimulasi pemanjangan atau pembelahan sel atau secara tidak langsung mempengaruhi aktivitas ACC deaminase. ACC deaminase yang dihasilkan oleh banyak bakteri pemacu pertumbuhan tanaman mencegah produksi etilen pada tingkat yang menghambat pertumbuhan tanaman (Patten dan Glick, 2002). Tampaknya antara ACC deaminase dan IAA bekerja bersama-sama dalam menstimulasi pemanjangan akar. Dalam salah satu hasil penelitian terlihat bahwa Produksi AIA oleh bakteri tidak berfungsi sebagai hormon bagi sel bakteri itu sendiri, namun lebih mengarah kepada perkembangan hubungan interaksi antara bakteri dengan tanaman. Tanaman menggunakan zat pengatur tumbuh AIA untuk mendukung proses pertumbuhan, sedangkan bakteri memanfaatkan senyawa metabolit hasil fiksasi karbon yang dilakukan tanaman. Produk metabolit tersebut dilepaskan ke rizosfer sebagai eksudat, lisat, dan getah (Patten and Glick, 2002)

Giberelin

Giberelin adalah suatu golongan ZPT yang berfungsi merangsang pembelahan sel, pemanjangan sel, dan fungsi pengaturan lain. Giberelin telah terbukti terlibat dalam banyak proses fisiologi

tumbuhan, namun marga dan jenis tanaman, serta faktor-faktor lain akan menentukan giberelin khusus mana yang paling efektif meningkatkan respon tertentu. Beberapa jenis respon yang diatur oleh giberelin antara lain: pertumbuhan batang, pembungaan, perkecambahan biji, dormansi, senescens, partenokarpi, pembentukan buah, menunda pematangan dan pematangan buah (Harjadi, 2009).

Menurut Rao (1982), *Azotobacter* sp. juga menghasilkan senyawa thiamin, riblovaflavin, pridoksin, sianokobalamin, nikotin, asam pentotenat, asam indol asetat, dangiberelin yang kemungkinan berperan dalam perkecambahan biji. Selain itu, *Azotobacter* sp. juga dikenal sebagai pengendali penyakit tanaman karena kemampuannya menghasilkan senyawa anti antibiotik, antifungi yang juga membantu perkecambahan benih (Shende *et al.*, 1977).

Sitokinin

Sitokinin merupakan senyawa pengganti adenine yang meningkatkan pembelahan sel dan fungsi pengaturan pertumbuhan. Sitokinin alami yang pertama diisolasi adalah zeatin dalam biji jagung muda. Zeatin merupakan sitokinin yang paling sering ditemukan pada hampir semua tumbuhan tinggi, lumut, cendawan patogenik dan non-patogenik, bakteri, serta dalam tRNA sel mikroba dan sel hewan. Dewasa ini ada lebih dari 200 sitokinin alami dan sintetis (Harjadi, 2009).

Sitokinin ditemukan paling banyak di daerah meristem dan arena dengan potensi tumbuh berkesinambungan

termasuk akar, daun muda, buah yang berkembang, dan biji. Sitokinin diduga diproduksi dalam akar dan diangkut ke pucuk, karena zat tersebut ditemukan dalam larutan xylem. Namun, sitokinin ditemukan dalam jumlah banyak pada jaringan buah dan biji, kemungkinan diproduksi di kedua lokasi tersebut. Perannya dalam tumbuhan adalah sebagai berikut: mengatur pembelahan sel, pembentukan organ, pembesaran sel dan organ, pencegahan kerusakan klorofil, pembentukan kloroplas, penundaan senescens, pembukaan dan penutupan stomata, serta perkembangan mata tunas dan pucuk (Harjadi, 2009).

Bakteri *Azotobacter* Sebagai Bakteri Penambat Nitrogen

Udara mengandung sekitar 80% nitrogen. Tetapi walaupun udara di atas sebidang tanah sangat kaya akan unsur tersebut, tetapi yang secara langsung dapat digunakan oleh tanaman hanya sedikit (Suriawiria, 1995), sehingga setiap saat para petani harus menambahkan sumber nitrogen ke dalam tanah dalam bentuk pupuk yang mengandung nitrogen seperti urea, ZA, atau NPK.

Nitrogen memasuki tanah dalam bentuk amonia dan nitrat bersama air hujan, dalam bentuk hasil penambatan nitrogen-bebas atau dalam bentuk penambahan pupuk sintesis. Tetapi kenaikan kandungan nitrogen tanah yang cukup tinggi, lebih banyak disebabkan oleh adanya kemampuan beberapa mikroba untuk memfiksasi (Cano, 1986).

Fikasi nitrogen non simbiotik memanfaatkan mikroba yang hidup bebas di alam. Di antara bakteri non simbiotik yang berpotensi sebagai pupuk hayati

adalah *Azotobacter*. Bakteri *Azotobacter* selain dapat mensubsitusi hara khususnya nitrogen juga menghasilkan zat pengatur tumbuh dan senyawa fungisida yang dapat mencegah pertumbuhan cendawan yang dapat menekan pertumbuhan dan produksi tanaman. Kemampuan bakteri dalam menambat nitrogen dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: sumber energi dan mineral, keberadaan nitrogen yang terpakai, reaksi tanah dan faktor lingkungan yang lain, serta kehadiran bakteri tertentu (Waksman, 1952).

Faktor-faktor eksternal yang mempengaruhi penambatan nitrogen adalah kelembaban tanah, pH tanah, sumber karbon, cahaya dan penambahan nitrogen. Di samping itu jumlah bakteri penambat nitrogen pada perakaran, potensial redoks, dan konsentrasi oksigen juga dapat mempengaruhi aktivitas penambatan nitrogen (Sylvia, 2005).

Bakteri *Azotobacter* Sebagai Pelarut Fosfat

Fosfor (P) merupakan salah satu unsur utama yang diperlukan tanaman dan memegang peranan penting dalam proses metabolisme. Di dalam tanah dijumpai fosfor organik dan anorganik, keduanya merupakan sumber penting bagi tanaman. Tanaman menyerap fosfor dalam bentuk $H_2PO_4^-$, dan HPO_4^{2-} . Ketersediaan fosfor anorganik sangat ditentukan oleh pH tanah, jumlah dan tingkat dekomposisi bahan organik serta kegiatan jasad mikro dalam tanah (Lal, 2002).

Azotobacter sp. dapat digolongkan sebagai bakteri pelarut fosfat karena dapat melarutkan fosfat (Taller dan Wong, 1989). Bakteri pelarut fosfat mempunyai kemampuan untuk

melarutkan P anorganik menjadi bentuk fosfat terlarut yang tersedia bagi tanaman. Efek pelarutan umumnya disebabkan oleh adanya produksi asam organik seperti asam asetat, asam format, asam laktat, asam oksalat, asam malat dan asam sitrat yang dihasilkan oleh mikroba tersebut. Mikroba tersebut juga memproduksi asam amino, vitamin dan growth promoting substance seperti AIA dan asam giberelin yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Gyaneshwar, 2002).

Mekanisme pelarutan P dari bahan yang sukar larut terkait erat dengan aktivitas mikroba bersangkutan dalam menghasilkan enzim fosfatase dan fitase (Alexander, 1977) dan asam-asam organik hasil metabolisme seperti asetat, propionat, glikolat, fumarat, oksalat, suksinat, dan tartrat (Banik and Dey 1982). 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;

KESIMPULAN

Salah satu aspek pengelolaan tanaman kakao secara intensif dan berkelanjutan dapat dilakukan secara terpadu melalui aplikasi pupuk mikroba. Mikroba tanah berperan dalam proses penguraian bahan organik, melepaskan nutrisi ke dalam bentuk yang tersedia bagi tanaman, dan mendegradasi residu toksik. Mikroba dapat berperan sebagai agen peningkat

pertumbuhan tanaman (plant growth promoting agents) yang menghasilkan berbagai hormon tumbuh, serta berbagai asam-asam organik yang dibutuhkan dalam pertumbuhan bulu-bulu akar dan mampu memperbaiki kesehatan biologi tanah sehingga dapat meningkatkan kualitas hasil tanaman kakao.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbass, Z. and Okon. 1993. *Plant growth promotion by Azotobacter paspali in the rhizosphere*. Soil Biol Biochem. 8:1075-1083.
- Abidin, S. 2005. *Isolasi dan Penapisan Bakteri Penambat Nitrogen dan Penghasil Asam Indol Asetat (Azotobacter sp.)*. Laporan Praktek Lapang. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Abidin, Z. 1982. *Dasar-dasar Pengetahuan tentang Zat Pengatur Tumbuh*. Penerbit Angkasa. Bandung.
- Ahmad, F., I. Ahmad, and M.S. Khan. 2004. *Indole acetic acid production by the indigenous isolates of Azotobacter and fluorescent pseudomonas in the presence and absence of triptofan*. Turk J Biol. 29: 29-34.
- Alexander, M. 1977. *Introduction to Soil Mycrobiology*. 2nd Ed. John Wiley and Sons. New York.
- Arkhipchenko, I.A., A.I. Shaposhnikov and L.V. Kravcheno. 2006. *Triptophan Concentration of Animal Waste and Organic Fertilizers*. Elsevier. Praha.
- Banik, S. and B.K. Dey. 1982. *Available phosphate content of an alluvial soil as influenced by inoculation of some isolated phosphate-solubilizing microorganisms*. Plant and Soil. 69: 353-364.
- Cano, R. J. and J.S. Colome. 1986. *Microbiology*. West Publishing Company. New York.
- Dewan G.I. and N..S. Subba Rao. 1979. *Seed inoculation with Azospirillum brasilense and Azotobacter chroococcum and the root biomass of rice (Oryza sativa L.)*. Plant and Soil. 53: 295-302.
- Dewi, I.R. 2008. *Peranan dan Fungsi Fitohormon bagi Pertumbuhan Tanaman*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Frankenberger, WT Jr. and W. Brunner. 1983. *Methods of detection of auxin- indole acetic acid in soil by high performance liquid chromatography*. Soil Soc Amer J. 47: 237-241.
- George, E.F, D.J.M. Puttock, and H.S. George. 1987. *Plant Culture Media Vol.1 Formula and Uses*. Exegetics Ltd. England.
- Gouvea, C., J.F. Souza, C. Magalhaes, and I.S. Martins. 1997. *NO - releasing substances that induce growth elongation in maize root segments*. Plant Growth Regulation. 21:183-187.
- Gyaneshwar.P., G.N. Kumar, L.J. Parekh and P.S. Poole. 2002. *Role of soil microorganism in improving P nutrition of plants*. Plant soil. 245: 83-93.
- Hanafiah, K.A, I. Anas, A. Napoleon, dan N. Ghoffar. 2005. *Biologi Tanah: Ekologi & Makrobiologi*

- Tanah. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Harjadi, S.S. 2009. *Zat Pengatur Tumbuh: Pengenalan dan Petunjuk Penggunaan pada Tanaman*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Hartmann, H.T., D.E. Kester and F.T. Davies. 1990. *Plant Propagation: Principles and Practices*. 5th ed. Prentice-Hall International Inc. London.
- Hartman, H.T. and D.E. Kester. 1975. *Plant Propagation*. Prentice Hall International Inc. London.
- Hindersah R. dan T. Simarmata. 2004. *Potensi rizobakteri Azotobacter dalam meningkatkan kesehatan tanah*. J. Nature Indonesia. 5: 127-133.
- Holt, J.G., N.R Krieg, P.H.A Sneath, J.T Staley, and S.T Williams. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Lippincott Williams & Wilkins. Philadelphia.
- Kloepper, J.W. 1983. *Effect of seed piece inoculation with plant growth promoting rhizobacteria on populations of Erwinia carotovora on potato roots and daughter tubers*. Phytopathology. 73: 217-219.
- Kumar, V. and Narula. 1999. *Solubilization of inorganic phosphate and growth emergence of wheat as affected by Azotobacter chroococcum mutants*. Biol Fertil Soil. 28: 301-307.
- Page, W.J. 1987. *Iron dependent production of hydroxamate by sodium dependent Azotobacter chroococcum*. Appl Environ Microbiol. 53: 1418-1424.
- Patten, C.L. and Glick. 2002. *Role of Pseudomonas putida indole acetic acid in development of the host plant root system*. Appl Environ Microbiol. 68: 3795-3801.
- Razie, F. dan I. Anas. 2005. *Potensi Azotobacter spp. (dari lahan pasang surut Kalimantan Selatan) dalam menghasilkan indole acetic acid (IAA)*. J. Tanah dan Lingkungan. 1:35-39.
- Razie, F. dan Syaifuddin. 2005. *Potensi Azotobacter spp. dari persawahan lahan pasang surut Kalimantan Selatan: kemampuannya menambat nitrogen dan memasok N untuk pertumbuhan padi IR64*. Agrosientia. 12:106-133.
- Rivier, L. and A. Crozier. 1987. *Principles and practice of plant hormones analyses*. Biological Techniques Series. 401 p.
- Rukmana, H.R. 1997. *Budidaya Baby Corn*. Kanisius. Jakarta.
- Sabra, A., P. Zeng, H. Lonsdorf, and W.D. Deckwer. 2000. *Effect of oxygen on formation and structure of Azotobacter vinelandii alginate and its role in producing nitrogenase*. Appl. Environ. Microbiol. 66:4037-4044.

- Simanungkalit, R.D.M. 2001. *Aplikasi pupuk hayati dan pupuk kimia*. Buletin AgroBio. 4: 56-61.
- Subba Rao, N.S. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Edisi Kedua. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Subba Rao, N.S. 1982. *Biofertilizer in Agriculture*. Oxford and IBH Publishing Co. New Delhi, Bombay. Calcuta.
- Suriawiria, U. 1995. *Pengantar Mikrobiologi Umum*. Penerbit Angkasa. Bandung.
- Sylvia, D.M., J.J. Fuhrmann, P.G. Hartel, and D.A. Zuberer. 2005. *Principles and Applications of Soil Microbiology*. 2nd Ed. Pearson Prentice Hall. New Jersey.
- Tabatabai. M.A. and J.M. Bremner. 1969. *Use of p-nitrophenyl phosphate assay of soil phosphatase activity*. Soil Biol Biochem. 1: 301-307.
- Taller, B.J. and T.Y. Wong. 1989. *Cytokinins in Azotobacter vinelandii culture medium*. Appl. Environ. Microbiol. 55: 266-267.
- Tarafdar, J.C. and H. Marschner. 1994. *Phosphatase activity in the rhizosphere and hyphosphere of VA mycorrhizal wheat supplied with inorganic and organic phosphorus*. Soil Biol.Biochemistry. 3: 387-395.
- Tian QY, F.J. Chen, J.X. Liu, F.S. Zhang, and G.H. Mi. 2007. *Inhibition of maize root growth by high nitrate supply is correlated to reduced IAA levels in roots*. J. Plant Physiol. 3:497-503.
- Vancura, V. 1988. *Microorganisms, Their Mutual Relation and Functions in the Rhizosphere*. Elsevier. Praha
- Waksman, S. A. 1952. *Soil Microbiology*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Zhao, D.Y, Q.Y. Tian, L.H. Li and W.H. Zhang. 2007. *Nitric oxide is involved in nitrate-induced inhibition of root elongation in Zea mays*. Annals Botany. 100: 497-503.