

PERANAN *Synechococcus* sp. SEBAGAI BIOFERTILIZER UNTUK MENINGKATKAN KADAR PROTEIN BIJI TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* L. Merrill)

[THE ROLE OF SYNECHOCOCCUS SP TO INCREASE THE PROTEIN CONTENT OF SOYBEAN SEEDS]

Oleh :

R. Soedradjad*) dan Anang Syamsunihar*)

*) Fakultas Pertanian, Universitas Jember

koresponden: soedradjad.faperta@unej.ac.id / 0816590297

ABSTRAK

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk meningkatkan kandungan protein biji kedelai melalui *foliar biofertilizer* yang aman terhadap lingkungan dan murah harganya, sehingga dapat digunakan untuk usaha pemenuhan protein masyarakat, terutama masyarakat miskin yang masih berjumlah 30.018.930 jiwa. Biji kedelai merupakan salah satu sumber protein nabati bagi masyarakat Indonesia karena kandungan proteinnya tinggi (sekitar 30,90 g protein per 100 g biji kedelai) dan tidak mengandung kolesterol. Berbeda dengan sumber protein hewani, misalnya daging ayam yang mengandung protein (26%) sekaligus kolesterol sebesar 12,8% (Johnson, et.al., 2008); selain itu harga protein nabati relatif lebih murah daripada protein hewani. Sumber protein nabati masih perlu disosialisasikan secara terus menerus, karena masyarakat Indonesia telah terpolo untuk mengkonsumsi karbohidrat lebih banyak daripada konsumsi protein. Hal ini dikarenakan sumber karbohidrat, seperti beras dan umbi, harganya lebih terjangkau dan lebih mengenyangkan lambung manusia daripada sumber protein nabati, seperti kedelai. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa *Synechococcus* sp sebagai *foliar biofertilizer* dapat meningkatkan kandungan protein biji kedelai sebesar 6,35 persen dan dapat digunakan sebagai sumber protein masyarakat.

Kata Kunci : Pupuk hayati, protein, kedelai, dan *Synechococcus*.

ABSTRACT

Soybean is one of protein sources in daily diet of Indonesia people. Its seed contents about 30.9 g per 100 g dry weight. Soybean gains adequate nitrogen from bacteria fixation while growth in association with *Synechococcus* sp. Therefore, we expect seed protein will be increased by soybean-*Synechococcus* sp association. To address this aim, an experiment has been conducted at Agrotechnopark University of Jember from June till November 2011. Soybean seeds of Baluran variety were cultivated on 2.0 x 1.5 m soil bed that replicates 5 times for inoculated by *Synechococcus* sp as foliar biofertilizer and the other 5 beds for control. Nitrogen fixation activity and protein content were analyzed according to Ohyama (2006) procedures; amino acid was analyzed using ninhydrin test; while N-total of leaves tissue was analyzed using spectrophotometric measurement. The result shown that seed protein content of associated plants was higher than control plants by 6.35%.

Keywords: Biofertilizer, protein, soybean, *Synechococcus*.

PENDAHULUAN

Biofertilizer (pupuk hayati) adalah substansi yang mengandung mikroorganisme hidup yang apabila diaplikasikan ke permukaan benih, tanaman atau akar dapat berkoloni dan meningkatkan pertumbuhan melalui peningkatan pasokan atau ketersediaan nutrisi utama untuk tanaman, misalnya nitrogen. Nitrogen (N) merupakan unsur yang paling berlimpah di alam, dimana 78% gas di atmosfer adalah nitrogen. Namun, sebagian besar tanaman tidak dapat memanfaatkan secara langsung gas nitrogen (N₂) tersebut. Padahal, N merupakan unsur paling membatasi pertumbuhan tanaman, karena N

terlibat dalam berbagai proses asimilasi dan metabolisme dalam tanaman maupun mikroorganisme (Peoples, et.al., 1995; Kiguli, 2000). Hal ini dikarenakan unsur N memberikan kontribusi terhadap masa kering tanaman dalam bentuk protein. Dengan demikian, fiksasi N secara alami diperlukan untuk mengkonversi gas N₂ menjadi bentuk yang dapat digunakan oleh tanaman.

Fiksasi N merupakan proses biologis yang mengubah gas N₂ menjadi amonia (NH₃) dan mikroorganisme yang mampu memfiksasi gas N₂ disebut *diazotrof*. Mikroorganisme ini memiliki *nitrogenase* yang dapat menggabungkan nitrogen

dan hidrogen menjadi amonia. Mikroorganisme yang mampu memfiksasi gas N_2 antara lain *Rhizobium* yang bersimbiosis dengan akar tanaman dan *Synechococcus* sp. yang berasosiasi membentuk koloni di permukaan daun, batang atau akar tanaman. Tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merrill) merupakan tanaman legum yang mempunyai kemampuan berasosiasi dengan *Synechococcus* sp. (Syamsunihar, dkk., 2007). Asosiasi tersebut bersifat saling menguntungkan karena *Synechococcus* sp. mendapatkan habitat untuk berkembang biak dengan sumber energi yang didapat dari hasil metabolisme sendiri, karena bakteri ini termasuk autotrof. *Synechococcus* sp. mampu mengabsorpsi cahaya pada panjang gelombang yang tidak dapat ditangkap oleh klorofil tanaman. Energi cahaya yang ditangkap digunakan untuk memecah air menjadi oksigen dan reduktan, yang digunakan dalam fotosintesis (Rai, et.al., 2002; Salem and van-Waasbergen, 2004; Maheshwari, 2010; Suzuki, et.al., 2010). Selain itu, bakteri ini juga mampu memfiksasi gas N_2 melalui jalur transduksi sinyal seluler yang melibatkan protein P_{II} . Protein tersebut berperan penting dalam metabolisme nitrogen, termasuk akuisisi senyawa nitrogen serta katabolisme dan asimilasi (Ninfa and Bennett, 1991). *Synechococcus* sp. mampu merubah gas nitrogen (N_2) menjadi amonium yang akan diasimilasi langsung menjadi glutamin dan glutamat untuk reaksi biosintesis (Arcondeguy, et.al., 2001; Laichoubi, et.al., 2011). Sedangkan tanaman kedelai memperoleh nitrogen dari bakteri berupa molekul organik sederhana, asam amino atau nukleotida.

Asosiasi antara tanaman dan *Synechococcus* sp. menunjukkan bahwa nitrogen yang ditambah bakteri tersebut (melalui organ yang disebut *heterocyst*) mampu mendukung kebutuhan N tanaman (Soedradjad dan Avivi, 2005; Elmerich and Newton, 2007; Soedradjad, dkk., 2008; Syamsunihar, dkk., 2007 dan 2008). Penambatan N_2 dari udara oleh *Synechococcus* sp. yang berasosiasi dengan tanaman kedelai berdampak pada hasil dan kualitas biji tanaman kedelai. Nitrogen dalam tanaman didaur ulang sebagai amonium. Protein yang terpecah, asam aminonya tidak terakumulasi tetapi berupa senyawa yang kaya akan nitrogen (seperti amida dan arginin) yang terakumulasi sebagai cadangan nitrogen pada tingkat oksidasi-reduksi amonium (Barker and Pilbean, 2007). Tanaman kedelai yang diasosiasikan dengan *Synechococcus* sp. diharapkan mampu meningkatkan kandungan protein bijinya, terutama melalui peningkatan pasokan nitrogen. Hal ini dikarenakan, *Synechococcus* sp. mempunyai kecepatan fiksasi N_2 2-3 kali lebih cepat daripada bakteri pemfiksasi gas N_2 lain, seperti *Rhizobium*, *Azotobacter*, atau *blue green algae* (Laichoubi, et.al., 2011), karena jalur asimilasi amonium *Synechococcus* sp. menggunakan jalur *glutamate*

dehydrogenase yang lebih efisien daripada jalur *Glutamine Synthetase/Glutamate Synthase* (GS/GOGAT).

Pemakaian *biofertilizer* di bidang budidaya pertanian mempunyai beberapa keuntungan daripada menggunakan pupuk anorganik, (seperti Urea dan ZA untuk memenuhi kebutuhan N tanaman), antara lain (1) tidak mengganggu keseimbangan agroekosistem karena menggunakan organisme yang mampu berasosiasi dan/atau bersimbiosis dengan tanaman, (2) ramah lingkungan karena merupakan sumberdaya terbarukan sehingga tidak mencemari lingkungan yang menyebabkan polusi air dan tanah, mengasamkan tanah dan mengurangi aktivitas mikroragnisme tanah, (3) memasok nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman, dan (4) secara umum meningkatkan kesuburan tanah (Peoples, et.al., 1995). Mempertimbangkan kemanfaatan tersebut, maka usaha untuk meningkatkan kandungan protein biji kedelai dapat dilakukan melalui asosiasi dengan *Synechococcus* sp. sebagai *foliar biofertilizer*, sebab bakteri ini dapat tumbuh dengan baik pada permukaan atas dan/atau bawah daun tanaman kedelai (Whitton and Potts, 2002; Syamsunihar, dkk., 2008; Gault and Marler, 2009).

Biji kedelai merupakan salah satu sumber protein nabati bagi masyarakat Indonesia karena kandungan proteinnya tinggi (sekitar 30,90 g protein per 100 g biji kedelai) dan tidak mengandung kolesterol. Berbeda dengan sumber protein hewani, misalnya daging ayam yang mengandung protein (26%) sekaligus kolesterol sebesar 12,8% (Johnson, et.al., 2008); selain itu harga protein nabati relatif lebih murah daripada protein hewani. Sumber protein nabati masih perlu disosialisasikan secara terus menerus, karena masyarakat Indonesia telah terpolo untuk mengkonsumsi karbohidrat lebih banyak daripada konsumsi protein. Hal ini dikarenakan sumber karbohidrat, seperti beras dan umbi, harganya lebih terjangkau dan lebih mengenyangkan lambung manusia daripada sumber protein nabati, seperti kedelai. Sehingga, Indonesia merupakan negara yang tingkat konsumsi proteinnya terendah se-ASEAN (Suswono, 2012). Data BPS (2011) menunjukkan bahwa konsumsi protein masyarakat Indonesia baru mencapai 55,01 kg/kapita/tahun dan yang bersumber dari protein nabati hanya 30,24 kg/kapita/tahun; sedangkan standar konsumsi protein yang ditentukan oleh *Food Agriculture Organization* (FAO) adalah sebesar 65,75 kg/kapita/tahun.

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk meningkatkan kandungan protein biji kedelai melalui *foliar biofertilizer* yang aman terhadap lingkungan dan murah harganya, sehingga dapat digunakan untuk usaha pemenuhan protein masyarakat, terutama masyarakat miskin yang masih berjumlah 30.018.930 jiwa (BPS, 2011).

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan Juni sampai Nopember 2011 di *Agrotechnopark* Universitas Jember dengan bahan utama adalah benih kedelai unggul varietas Baluran dan biakan murni *Synechococcus* sp. strain Situbondo. Tanaman uji (kedelai) di tanam pada *bedengan* berukuran 2 x 1,5 m sebanyak 10 buah dengan lima kali ulangan, dengan rincian 5 *bedengan* tanaman diinokulasi

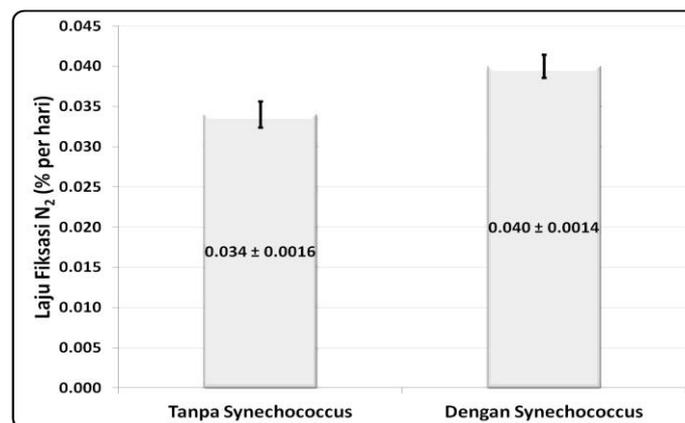
HASIL DAN PEMBAHASAN

Fiksasi N sangat penting untuk lingkungan dan pertanian berkelanjutan (*Sustainable agriculture*). Fiksasi N yang dilakukan oleh *Synechococcus* sp. melibatkan penggunaan *Adenosine-5'-Triphosphate* (ATP) dan proses reduksi ekuivalen berasal dari metabolisme primer. Semua reaksi yang terjadi tersebut dikatalisis oleh *nitrogenase*. Hasil penelitian Soedradjad (2008) menyimpulkan bahwa asosiasi antara tanaman kedelai dengan *Synechococcus* sp. mampu meningkatkan aktivitas *nitrogenase* sebesar 300 persen. Fiksasi N berlangsung dalam sel khusus *Synechococcus* sp., yang disebut *heterocysts*.

dengan *Synechococcus* sp. dan 5 *bedengan* tanaman sebagai kontrol.

Aktivitas fiksasi N₂ dan kandungan protein biji kedelai dianalisis dengan mengikuti prosedur Ohyama (2006), kandungan asam amino biji kedelai dengan cara kromatografi menggunakan metode Ninhydrin (1984) dan kandungan N-total jaringan daun dengan cara spektrofotometri menggunakan metode pembangkit warna indofenol biru.

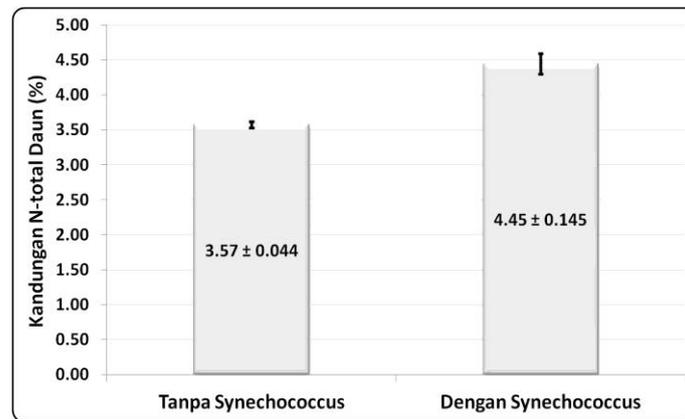
Heterocysts merupakan sel yang berada di bagian ujung (terminal) yang dikhususkan dalam proses fiksasi nitrogen. *Nitrogenase* mengubah gas N₂ menjadi amonium pada pengeluaran ATP dan keduanya merupakan reduktan yang dihasilkan melalui metabolisme karbohidrat (sebuah proses tambahan) dalam cahaya melalui aktivitas fotosistem (PS) I. Sebagai imbalannya, nitrogen difiksasi dalam *heterocysts* bergerak ke dalam sel vegetatif, bagian akhir dalam pembentukan asam amino. Hasil penelitian menunjukkan aktivitas fiksasi N-harian pada tanaman kedelai yang berasosiasi dengan *Synechococcus* sp meningkat 17,65% daripada tanaman kontrol (Gambar 1).



Gambar 1. Aktivitas fiksasi N-harian tanaman kedelai yang diasosiasikan dan tidak diasosiasikan dengan *Synechococcus* sp.

Laju fiksasi N yang bertambah dikarenakan atribut fotosintesis tanaman kedelai yang berasosiasi dengan *Synechococcus* sp. juga meningkat, misalnya jumlah klorofil meningkat 14,28% (Syamsunihar, dkk., 2007) dan translokasi fotosintat juga meningkat yang ditunjukkan dengan meningkatnya aktivitas spesifik *Sucrose Synthase* sebesar 10,73% (Syamsunihar, dkk., 2008). Hasil ini menunjukkan bahwa asosiasi tanaman kedelai dengan *Synechococcus* sp hadir dalam bentuk fungsional, yaitu melalui pertukaran substansi pertumbuhan. Sebagaimana diketahui, bakteri ini memiliki

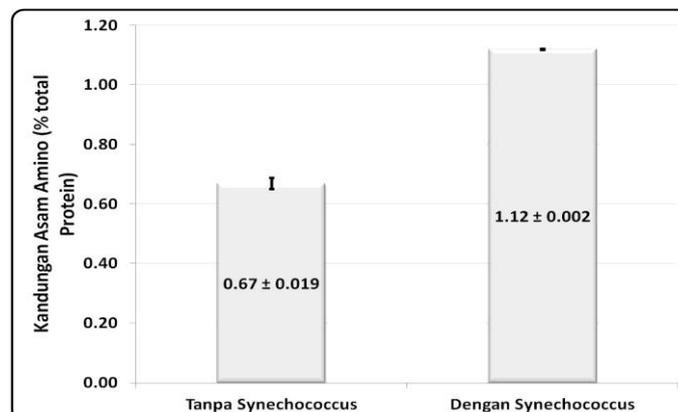
kemampuan menambat N₂ udara dengan menggunakan *heterocyst* yang terbentuk di sela-sela filamennya (Burris, 1991; Meeks and Elhai, 2002). Dampak dari meningkatnya laju fiksasi nitrogen oleh *Synechococcus* sp adalah meningkatnya kandungan N-total daun sebesar 24,42% (Gambar 2). Hal ini disebabkan laju fiksasi nitrogen yang dilakukan oleh *Synechococcus* sp 2-3 kali lebih cepat daripada *Rhizobium* (Fay, 1992). Dengan demikian, pengukuran ini membuktikan bahwa sebagian dari kandungan N di dalam daun adalah sumbangan dari bakteri *Synechococcus* sp.



Gambar 2. Kandungan N-total daun kedelai yang diasosiasikan dan tidak diasosiasikan dengan *Synechococcus* sp.

Nitrogen merupakan unsur hara yang sangat dibutuhkan tanaman, karena perannya sebagai penyusun klorofil, vitamin, enzim, hormon, asam amino dan protein tanaman. *Synechococcus* sp. merubah gas N_2 menjadi nitrat yang kemudian masuk ke dalam sitosol. Di dalam sitosol nitrat dirubah menjadi nitrit oleh *nitrate reductase*, kemudian masuk ke sel vegetatif bakteri dan nitrit dirubah menjadi amonium oleh *nitrite reductase*. Karena permeabilitas membran sel terhadap ion

sangat kecil, maka amonium diserap secara aktif oleh tanaman kedelai (Arcondeguy, et.al., 2001; Laichoubi, et.al., 2011). Oleh karena itu, meningkatnya N-total daun berdampak pada meningkatnya proses metabolisme yang ditunjukkan oleh meningkatnya kandungan asam amino biji sebesar 67,20 persen (Gambar 3). Johnson et.,al. (2008) juga menyebutkan bahwa 30 – 50 % masa biji terdiri atas N-amino sebagai hasil aktivitas biologis dari asosiasi.



Gambar 3. Kandungan asam amino biji kedelai yang diasosiasikan dan tidak diasosiasikan dengan *Synechococcus* sp.

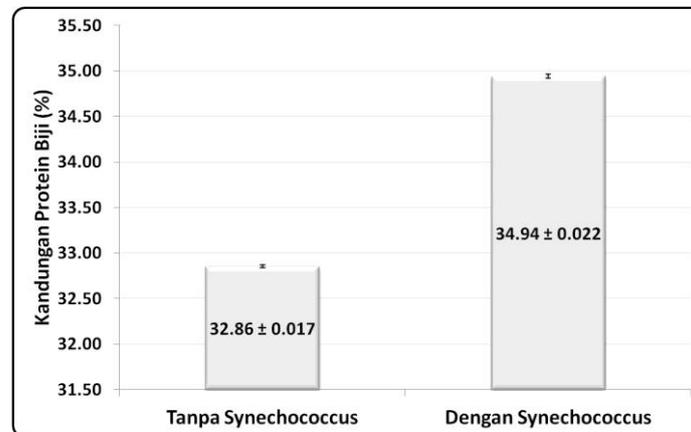
Peningkatan kandungan asam amino pada biji kedelai merupakan pengaruh tidak langsung oleh keberadaan *Synechococcus* sp, yang secara langsung dapat diamati dengan meningkatnya kandungan N-daun dan klorofil daun (Syamsunihar, dkk., 2007 dan 2008). Peningkatan kandungan N-daun dan klorofil ini diduga sebagian merupakan sumbangan dari koloni *Synechococcus* sp yang hadir di permukaan daun tanaman. Sumbangan tersebut berupa pasokan N-organik dan peningkatan fungsi klorofil sebagai respon terhadap asosiasi yang disumbangkan oleh bakteri ini. Merujuk kepada hasil kerja Meeks and Elhai (2002) maka kemungkinan peningkatan kandungan N-daun dan

klorofil ini disebabkan oleh terjadinya peningkatan fungsi pigmen tersebut sebagai akibat asosiasi dengan *Synechococcus* sp. Meeks and Elhai (2002) menemukan peningkatan ukuran *heterocyst* secara *photomicrograph* pada *Synechococcus* sp yang berasosiasi dengan gandum, meski tidak menemukan perubahan struktur yang nyata pada sel-selnya.

Protein merupakan senyawa organik kompleks berbobot molekul tinggi yang merupakan polimer dari monomer-monomer asam amino yang dihubungkan satu sama lain dengan ikatan peptida. Molekul protein mengandung karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N) dan juga sulfur (S) serta fosfor (P). Sehingga, apabila kandungan

nitrogen dan asam amino meningkat maka kandungan protein biji kedelai juga meningkat sebesar 6,35 persen (Gambar 4). Peningkatan kandungan protein biji hanya sekitar 9,45% dari asam amino yang terbentuk karena asam amino

dapat terasimilasi menjadi protein atau polipeptida lain. Barker and Pilbean (2007) mengemukakan bahwa walaupun tanaman mengandung lebih dari 100 asam amino tetapi hanya sekitar 20 asam amino yang menjadi protein.



Gambar 4. Kandungan protein biji kedelai yang diasosiasikan dan tidak diasosiasikan dengan *Synechococcus* sp.

Gambar 4 membawa kepada asumsi bahwa peningkatan fotosintesis tanaman kedelai akibat asosiasi dengan *Synechococcus* sp ini lebih diutamakan untuk peningkatan mutu daripada pertumbuhan organ vegetatif. Peran fiksasi N dari *Synechococcus* sp ini memberi sumbangan yang berarti bagi peningkatan kandungan protein biji kedelai. Hal ini memperkuat dugaan bentuk asosiasi antara *Synechococcus* sp dengan tanaman kedelai yang lebih bersifat fungsional daripada struktural. Dengan demikian, aplikasi *foliar biofertilizer* dengan menggunakan *Synechococcus* sp mampu memenuhi tanaman kedelai akan unsur N yang terlihat dari meningkatnya aktivitas fiksasi N, kadar N-total pada daun, kadar asam amino dan protein biji.

SIMPULAN

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa *Synechococcus* sp sebagai *foliar biofertilizer* dapat

Dengan demikian, protein yang terkandung di dalam biji kedelai, setelah kedelai diolah menjadi makanan dapat dijadikan sumber protein bagi masyarakat, terutama masyarakat miskin. Diversifikasi pangan dengan mengolah makanan dan/atau minuman berbahan baku biji kedelai mempunyai berbagai manfaat, diantaranya sumber protein yang baik, meningkatkan metabolisme tubuh, menguatkan sistem kekebalan tubuh, menstabilkan kadar gula darah, melindungi jantung, menambah daya ingat, membentuk tulang yang kuat, menurunkan risiko sakit jantung, menurunkan tekanan darah dan kolesterol, mencegah menopause bagi wanita, menurunkan risiko kanker payudara, dan menurunkan risiko kanker prostat (Dewel, et.al., 2002; Adam, et.al., 2004; Johnson, et.al., 2008).

meningkatkan kandungan protein biji kedelai sebesar 6,35 persen dan dapat digunakan sebagai sumber protein masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, M.R., D.L. Golden, A.A. Franke, S.M. Potter, H.S. Smith, M.S. Anthony. Dietary soy β -conglycinin (7s globulin) inhibits atherosclerosis in mice. *J. Nutr.*: 134: 511-516.
- Arcondeguy, T., R. Jack and M. Merricle. 2001. P_{II} Signal Transduction Proteins, Pivotal Players in Microbial Nitrogen Control. *Microbiol. & Mol. Biol. Reviews* Vol 65 (1): 80-105.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2011. *Data Strategis BPS*. Badan Pusat Statistik, Jakarta.

- Barker, A.V. and D.J. Pilbean (Eds). 2007. *Handbook of Plant Nutrition*. Taylor and Francis Group, New York.
- Burris, R.H., 1991, Nitrogenases, *J. Biological Chemistry* 266(15): 9339-9342.
- Dewel, A., C.B. Hollenbeck, and B. Bruce. The effects of soy-derived phytoestrogens on serum lipids and lipoproteins in moderately hypercholesterolemic postmenopausal women, *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 87: 118-121.

- Elmerich, C. and W.E. Newton (Eds). 2007. *Associative and Endophytic Nitrogen-Fixing Bacteria and Cyanobacterial Associations*. Springer, Netherlands.
- Fay, P. 1992. Oxygen relation of nitrogen fixation in cyanobacteria. *Microbiological Reviews* Vol.: 56, No.: 2: 340-373.
- Gault, P.M. and H.J. Marler (Eds). 2009. *Handbook of Cyanobacteria. Biochemistry, Biotechnology, and Applications*. Nova Science Publishers, Inc., New York.
- Johnson, L.A., P.J. White and R. Galloway (Eds). 2008. *Soybeans. Chemistry, Production, Processing and Utilization*. AOCS Press, Urbana, Illinois.
- Kiguli, L.N. 2000. *The Utilisation of Azolla filiculoides Lam. As a Biofertiliser under Dryland Conditions*. Master Thesis. Rhodes University, Grahamstown, Eastern Cape, South Africa.
- Laichoubi, K.B., S. Beez, J. Espinoda, K. Forchhammer and A. Contreras. 2011. The Nitrogen Interaction Network in *Synechococcus* WH5701, a Cyanobacterium with two PipX and two P_{II}-like Proteins. *Microbiol.* 157: 1220-1228.
- Maheshwari, D.K. (Ed). 2010. *Plant Growth and Health Promoting Bacteria*. Springer, Netherlands.
- Meeks, J.C. and J. Elhai. 2002. Regulation of cellular differentiation in filamentous cyanobacteria in free living and plant-associated symbiotic growth states. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* 66(1): 194-121.
- Ninfa, A. J., and R. L. Bennett. 1991. Identification of the site of autophosphorylation of the bacterial protein kinase/phosphatase NRII. *J. Biol. Chem.* 266:6888–6893.
- Peoples, M.B., D.F. Herridge and J.K. Ladha. 1995. Biological Nitrogen Fixation: an Efficient Source of Nitrogen for Sustainable Agricultural Production? *Plant and Soil* 174: 3-28.
- Rai, A.N., B. Berman and U. Rasmussen (Eds). 2002. *Cyanobacteria in Symbiosis*. Kluwer Academic Publishers, New York.
- Salem, K. and L.G. van-Waasbergen. 2004. Photosynthetic Electron Transport Controls Expression of the High Light Inducible Gene in the Cyanobacterium *Synechococcus elongatus* Strain PCC 7942. *Plant Cell Physiol.* 45 (5): 651–658.
- Soedradjad, R. dan S. Avivi. 2005. Efek Aplikasi *Synechococcus* sp. pada Daun dan Pupuk NPK terhadap Parameter Agronomis Kedelai. *Buletin Agronomi.* XXXIII (3): 17-23.
- Soedradjad, R. 2008. Peranan Asosiasi Tanaman Kedelai-*Synechococcus* sp. dalam Reduksi NO_x melalui Peningkatan Fiksasi N₂ untuk Pertumbuhan Tanaman. Makalah pada Prosiding Seminar Nasional Biologi ke-19 di Universitas Hasanuddin, Makassar pada 9-10 Juli 2008.
- Soedradjad, R., A. Syamsunihar dan Usmadi. 2008. Pasokan Nitrogen oleh Bakteri Fotosintetik *Synechococcus* sp. yang Berasosiasi dengan Tanaman Kedelai (*Glycine max* L. Merill). *Laporan Penelitian*. Lembaga Penelitian Universitas Jember, Jember.
- Suswono. 2012. Indonesia negara Konsumsi Protein Terendah Se-Asean. *pasardana.com* edisi 4 April 2012.
- Suzuki, E., H. Ohkawa, K. Moriya, T. Matsubara, Y. Nagaike, I. Iwasaki, S. Fujiwara, M. Tsuzuki, and Y. Nakamura. 2010. Carbohydrate Metabolism in Mutants of the Cyanobacterium *Synechococcus elongatus* PCC 7942 Defective in Glycogen Synthesis. *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 76 (10): 3153–3159
- Syamsunihar, A., R. Soedradjad dan Usmadi. 2007. Karakterisasi Asosiasi Bakteri Fotosintetik *Synechococcus* sp. dengan Tanaman Kedelai (*Glycine Max* L. Merill). *Laporan Penelitian RISTEK Tahun I*. Lembaga Penelitian, Universitas Jember, Jember.
- Syamsunihar, A., R. Soedradjad dan Usmadi. 2008. Karakterisasi Asosiasi Bakteri Fotosintetik *Synechococcus* sp. dengan Tanaman Kedelai (*Glycine Max* L. Merill). *Laporan Penelitian RISTEK Tahun II*. Lembaga Penelitian, Universitas Jember, Jember.
- Whitton, B.A. and M. Potts (Eds). 2002. *The Ecology of Cyanobacteria. Their Diversity in Time and Space*. Kluwer Academic Publishers, New York.