

Aplikasi Bakteri Endofitik Penambat N₂ untuk meningkatkan Populasi Bakteri Endofitik dan Hasil Tanaman Padi Sawah

Mieke Rochimi Setiawati, Dedeh H. Arief, Pujawati Suryatmana, dan Ridha Hudaya,
Fak Pertanian Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor. Bandung 40600
e-mail : miekesetiawati@yahoo.com

ABSTRACT

Nitrogen-Fixing Endophytic Bacteria Application to Increase Endophytic Bacteria Population and Grain Yield of Low-Land Rice

The nitrogen-fixing endophytic bacteria which is live symbiotically with rice plant can be used as biofertilizer since the bacteria could deliver fixed-N directly to the plants. The objective of this pot experiment was to determine the effect of concentration and the application method of liquid biofertilizer containing nitrogen-fixing endophytic bacteria on the population of bacteria and the grain yield of rice plant. The experimental design was randomized block design which analyse the concentration of biofertilizer (of 25, 50, 75 and 100 ml l⁻¹ and the application method (seed treatment, foliar treatment and its combination). The results showed that the endophytic population in leaves, stems, and roots increased after application biofertilizer using seed treatment, foliar treatment and combination of the two treatments. By adding biofertilizer at the rate of 100 ml l⁻¹, the grain yield of rice plant reached 85.89 g plant⁻¹, 7.79 % higher than those of plant received 50 ml l⁻¹.

Key words: nitrogen-fixing endophytic bacteria, biofertilizer, paddy

ABSTRAK

Bakteri endofitik penambat nitrogen (N₂) yang bersimbiosis dengan tanaman padi dapat digunakan sebagai pupuk hayati karena dapat memberikan nitrogen yang ditambahnya langsung pada tanaman. Penelitian pot ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi dan teknik aplikasi pupuk hayati cair bakteri endofitik penambat N₂ yang tepat dalam meningkatkan populasi bakteri endofitik penambat N₂ dan hasil tanaman padi sawah. Percobaan dirancang dalam Rancangan Acak Kelompok yang menguji faktor konsentrasi pupuk hayati (25, 50, 75 dan 100 ml l⁻¹ pupuk hayati) dan metode aplikasi pupuk (Perendaman, Penyemprotan dan kombinasinya). Hasil percobaan memperlihatkan adanya peningkatan populasi bakteri endofitik penambat N₂ di daun, batang, dan akar setelah aplikasi pupuk hayati baik melalui teknik perendaman, penyemprotan maupun kombinasinya. Aplikasi 100 ml l⁻¹ pupuk hayati melalui semua teknik menghasilkan gabah kering panen 85,89 g tanaman⁻¹, lebih besar 7,79 % daripada penggunaan 50 ml l⁻¹ pupuk hayati.

Kata kunci: bakteri endofitik penambat N₂, pupuk hayati, padi

PENDAHULUAN

Nitrogen (N) merupakan nutrisi paling penting yang menentukan pertumbuhan vegetatif dan kualitas gabah tanaman padi (Ladha & Reddy, 2000). Permasalahan penggunaan pupuk N dalam bercocok tanam padi adalah efisiensi pemupukan N yang rendah, 30 % sampai 50 %, karena unsur N tercuci dan menguap. Di lain pihak kandungan N₂ di udara yang berlimpah (78 %) tidak dapat dimanfaatkan tanaman padi dan hanya dapat tersedia melalui fiksasi N₂.

Bakteri endofitik penambat N₂ yang bersimbiosis dengan tanaman non legum telah ditemukan dari berbagai jaringan tanaman termasuk tanaman padi. Endosimbion penambat nitrogen, dapat memberikan nitrogen yang ditambatnya secara biologis langsung pada tanaman (Stolzfus *et al.*, 1997). Bakteri endofitik penambat N₂ pada tanaman padi belum banyak dimanfaatkan dan diproduksi sebagai pupuk hayati untuk mengurangi kelangkaan pupuk urea pada musim tanam. Beberapa isolat yang diisolasi dari jaringan tanaman padi di Kabupaten Bandung dan Indramayu memperlihatkan konsistensi dalam meningkatkan pertumbuhan, aktivitas nitrogenase dan hasil tanaman padi (Setiawati, 2006; 2007b). Boddey *et al.* (1995) telah menemukan bakteri penambat N₂ pada tanaman tebu kultivar tertentu di Brazil yang dapat mengurangi setengah dari kebutuhan N melalui aktivitas penambatan N₂, yaitu lebih dari 150 kg ha⁻¹ tahun⁻¹ N.

Aplikasi bakteri endofitik penambat N₂ pada benih atau tanaman inang harus memperhatikan kepadatan inokulum bakteri tersebut. Kepadatan bakteri endofitik yang tepat ketika diinokulasikan pada tanaman meningkatkan daya adaptasinya pada lingkungan yang baru. Teknik aplikasi bakteri endofitik pada padi sawah dapat dilakukan dengan perendaman benih (*seed treatment*), penyemprotan tajuk (*foliar treatment*) dan kombinasinya yang akan berkaitan dengan keberhasilan kolonisasi bakteri pada tanaman inang. Beattie dan Lindow (1999) menyatakan bahwa bakteri dapat masuk ke dalam daun melalui pembukaan stomata atau hidatoda. Knee (2000) menambahkan bahwa mikroba dapat masuk ke dalam daun dan batang melalui lapisan kutin, stomata, saluran sub-stomata, dan lentisel.

Kepadatan inokulan bakteri endofitik sangat berpengaruh terhadap keberhasilan kolonisasi bakteri tersebut di tanaman inang, karena ternyata

tidak seluruh bakteri endofitik yang diinokulasikan berhasil diisolasi kembali dari jaringan tanaman inang (Setiawati *et al.* 2002). Perendaman benih oleh bakteri endofitik penambat N₂ dengan kepadatan 10¹¹ CFU mL⁻¹ menghasilkan serapan N dan bobot kering yang tinggi (Setiawati, 2006). Hastings dan Horison (1994) menyatakan bahwa peningkatan keberhasilan mengintroduksi mikroba endofitik dilakukan dengan inokulasi di tahap awal pertumbuhan tanaman. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan konsentrasi dan teknik aplikasi pupuk hayati cair bakteri endofitik penambat N₂ yang tepat dalam meningkatkan populasi bakteri di tanaman dan hasil tanaman padi sawah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Media tanam padi adalah tanah sawah Inceptisols Jatiningor yang diambil secara komposit dari kedalaman 0–20 cm sebanyak 10 kg tanah pot⁻¹. Tekstur tanah lempung liat berdebu, pH 6.5, C 2.72%, N 0.35 %, P total 19.3 cmol kg⁻¹, K_{dd} 0.2 cmol kg⁻¹. Pupuk hayati cair bakteri endofitik penambat N₂ adalah *Pseudomonas* sp. dengan kepadatan 10¹¹ CFU mL⁻¹. Bakteri ini diisolasi dari jaringan tajuk tanaman padi sawah dari Indramayu dengan aktivitas nitrogenase 233 nmol C₂H₄ g⁻¹ BK jam⁻¹. Benih padi sawah varietas Ciherang diperoleh dari Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih Tanaman pangan dan Hortikultura Ciganitri Bandung.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok pola faktorial dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah konsentrasi pupuk hayati cair yang terdiri atas 25; 50; 75; dan 100 mL L⁻¹. Faktor kedua adalah teknik aplikasi pupuk hayati cair yang terdiri atas merendam benih di dalam pupuk hayati cair (*seed treatment*), menyemprotkan pupuk hayati cair ke tajuk tanaman padi 2, 4, 6 MST (*foliar treatment*), dan kombinasinya. Tanaman dipelihara di dalam rumah kaca selama 145 hari, diberi pupuk urea (90 kg N ha⁻¹), pupuk SP-36 (135 kg P₂O₅ ha⁻¹), dan pupuk KCl (60 kg K₂O ha⁻¹).

Parameter yang diamati adalah populasi bakteri endofitik penambat N₂ di dalam jaringan daun, batang dan akar tanaman padi dengan metode maserasi yang dimodifikasi Suto (2001), bobot kering tanaman padi setelah pemanasan 70 °C, serapan N

Tabel 1. Populasi bakteri endofitik ($\times 10^5$) di daun padi akibat perbedaan teknik aplikasi dan konsentrasi pupuk hayati cair bakteri endofitik

Teknik Aplikasi (A)	Konsentrasi Pupuk Hayati Cair mL L ⁻¹ (D)			
	25 (d ₁)	50 (d ₂)	75 (d ₃)	100 (d ₄)
Direndam (a ₁)	107.27 a A	116.33 a A	160.33 a B	174.87 a B
Disemprot (a ₂)	114.47 ab A	122.87 a A	169.07 a B	189.40 a C
Direndam dan Disemprot (a ₃)	126.13 b A	139.07 b A	166.07 a B	220.20 b C

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf kecil yang sama pada satu kolom dan huruf kapital yang sama pada satu baris tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5 %.

tanaman dengan metode Kjeldahl untuk menentukan konsentrasi N, dan bobot gabah kering panen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Populasi Bakteri Endofitik Penambat N₂ di Daun Padi

Terdapat pengaruh interaksi antara konsentrasi pupuk hayati cair dan teknik aplikasi terhadap populasi bakteri endofitik penambat N₂ di daun padi. Aplikasi bakteri dengan direndam dan disemprot pada konsentrasi 100 ml l⁻¹ menghasilkan populasi bakteri endofitik tertinggi di daun padi (Tabel 1). Teknik aplikasi ganda tersebut memberi kesempatan lebih besar pada bakteri tersebut untuk memasuki dan mengkolonisasi jaringan tanaman. Bakteri endofitik di akar dapat berpindah naik ke batang dan daun (Chi *et al.*, 2005) melalui aliran transpirasi (Gyaneshwar, 2001).

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa populasi bakteri endofitik meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi pupuk hayati cair yang diberikan. Populasi bakteri endofitik lebih rendah bila diaplikasikan dengan teknik perendaman dibandingkan dengan teknik aplikasi lainnya. Untuk meningkatkan populasi bakteri endofitik di daun perlu dilakukan penyemprotan pupuk ke tajuk tanaman padi pada fase vegetatif. Bakteri endofitik yang diinokulasikan ke biji akan berubah menjadi endofitik di bibit ketika tanaman tumbuh (McInroy dan Kloepper 1995). Menurut Sturz dan Nowak (2000), pada keadaan alami korteks akar menjadi

bagian dari lingkungan mikroba akar yang menyebabkan lintasan apoplas berkesinambungan dari epidermis akar ke silem yang sesuai untuk pergerakan mikroba menuju tajuk.

Populasi Bakteri Endofitik Penambat N₂ di Batang Padi

Populasi bakteri endofitik di batang padi dapat berasal dari bakteri yang diaplikasikan melalui perendaman yang terbawa melalui silem dan berkembang selama pertumbuhan di jaringan batang. Di samping itu bakteri endofitik yang diberikan melalui penyemprotan dapat memasuki batang melalui stomata yang jumlahnya lebih sedikit daripada di daun. Bakteri endofitik tidak hanya berada di akar saja namun ada di batang dan daun tanaman termasuk padi. Gyaneshwar, *et al.*, (2001) memperkuat pendapat tersebut, bakteri endofitik penambat N₂ terdapat di dalam batang di samping terdapat di dalam akar dan daun tanaman padi.

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa interaksi antara teknik aplikasi direndam dan konsentrasi bakteri endofitik yang tertinggi (100 ml l⁻¹) menyebabkan populasi bakteri di batang paling tinggi (549×10^5 CFU g⁻¹). Di samping itu pada konsentrasi pupuk hayati cair di bawah 100 mL L⁻¹ yang diberikan melalui perendaman menghasilkan populasi bakteri endofitik lebih tinggi daripada teknik aplikasi lainnya. Aplikasi bakteri endofitik melalui perendaman dengan konsentrasi tinggi akan memberi kesempatan yang lebih besar kepada bakteri untuk berpindah ke daun melalui batang sejalan dengan perkembangan tanaman. Sturz *et al.*

(2000) menyatakan bahwa bakteri penghuni kortek akar pada suatu saat akan berpindah melalui lintasan aploplasmik yang berkesinambungan dari epidermis akar ke tajuk.

Peningkatan konsentrasi pupuk hayati cair yang diberikan dapat pula meningkatkan populasi bakteri endofitik pada batang padi karena berkaitan dengan peningkatan kepadatan bakteri. Setiawati *et al.* (2002) menyatakan bahwa kepadatan inokulan

penelitian ini sesuai dengan penelitian Quadthallmann dan Kloepper (1996) bahwa kepadatan bakteri endofitik yang diberikan pada biji dan daun tanaman kapas sebesar $1,0 \times 10^7$ CFU mL⁻¹ telah berhasil mengkolonisasi organ tersebut dan berhasil diisolasi kembali dengan kepadatan $1,1 \times 10^3$ sampai $8,7 \times 10^5$ CFU g⁻¹ jaringan akar dan lebih kurang $1,6 \times 10^4$ CFU g⁻¹ bobot basah daun.

Tabel 2. Populasi bakteri endofitik ($\times 10^5$) di batang padi akibat perbedaan teknik aplikasi dan dosis pupuk hayati cair bakteri endofitik

Teknik Aplikasi (A)	Konsentrasi Pupuk Hayati Cair mL L ⁻¹ (D)			
	25 (d ₁)	50 (d ₂)	75 (d ₃)	100 (d ₄)
Direndam (a ₁)	118.10 b A	141.10 b B	170.77 c C	183.00 b C
Disemprot (a ₂)	101.90 ab A	123.03 a B	152.67 b C	157.00 a C
Direndam dan Disemprot (a ₃)	87.53 a A	125.77 ab B	111.33 a B	147.10 a C

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf kecil yang sama pada satu kolom dan huruf kapital yang sama pada satu baris tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5 %.

bakteri endofitik sangat berpengaruh terhadap keberhasilan kolonisasi bakteri di tanaman inang padi.

Kepadatan bakteri di dalam jaringan tanaman setelah diinokulasi akan selalu lebih rendah daripada kepadatan bakteri yang diaplikasikan. Hasil

Populasi Bakteri Endofitik Penambat N₂ di Akar Padi

Populasi bakteri endofitik penambat N₂ di akar tanaman padi terutama berasal dari bakteri yang diaplikasikan dengan cara perendaman benih. Sehingga teknik aplikasi perendaman dan diberikan dengan dosis yang tertinggi, memberi kesempatan

Tabel 3. Populasi bakteri endofitik ($\times 10^5$) di akar padi akibat perbedaan teknik aplikasi dan dosis pupuk hayati cair bakteri endofitik

Teknik Aplikasi (A)	Dosis Pupuk Hayati Cair mL L ⁻¹ (D)			
	25 (d ₁)	50 (d ₂)	75 (d ₃)	100 (d ₄)
Direndam (a ₁)	307.03 b A	340.53 b A	431.77 b B	503.70 c C
Disemprot (a ₂)	252.23 a A	280.80 a A	336.57 a B	367.33 a B
Direndam dan Disemprot (a ₃)	289.67 b A	324.23 b AB	348.33 a B	426.47 b C

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf kecil yang sama pada satu kolom dan huruf kapital yang sama pada satu baris tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5 %.

Tabel 4. Bobot gabah kering panen akibat perbedaan teknik aplikasi dan dosis pupuk hayati cair bakteri endofitik

Perlakuan	Bobot gabah kering (g tanaman ⁻¹)
Teknik Aplikasi (A)	
Perendaman (a ₁)	82,3984 a
Penyemprotan (a ₂)	85,8554 a
Perendaman dan penyemprotan (a ₃)	79,8213 a
Konsentrasi Pupuk mL L ⁻¹ (D)	
25 (d ₁)	84,5819 ab
50 (d ₂)	79,2095 a
75 (d ₃)	81,0759 ab
100 (d ₄)	85,8997 b

Keterangan: Nilai yang diikuti dengan huruf yang sama pada satu kolom tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5%.

bakteri tersebut berkembang biak di jaringan akar.

Dengan teknik aplikasi penyemprotan pada tajuk tanaman, bakteri endofitik masih dapat ditemui di jaringan akar walaupun jumlahnya lebih rendah dari teknik aplikasi lainnya. Diduga bakteri ini berasal dari bakteri indigenus karena benih, tanah, dan air siraman tidak steril. Bakteri ini dapat berpindah dari jaringan daun ke jaringan akar bersamaan dengan aliran fotosintat melalui floem. Peningkatan konsentrasi pupuk hayati cair yang mengandung bakteri endofitik dapat meningkatkan populasi bakteri tersebut di jaringan akar tanaman padi.

Ladha dan Reddy (2000) menyatakan bahwa infeksi bakteri endofitik penambat N₂ dapat terjadi melalui akar dan stomata daun. Bakteri ini bergerak melalui silem ke seluruh bagian tanaman. Keberadaan bakteri endofitik di endodermis dan korteks akar tanaman secara alami memperkuat dugaan bahwa banyak bakteri di daerah rizosfer mampu menembus dan mengkolonisasi jaringan akar tanaman (Quadt-Hallmann dkk., 1997)

Populasi bakteri endofitik di akar padi tertinggi (503,7 × 10⁵ CFU g⁻¹) diperoleh akibat interaksi antara teknik aplikasi direndam dan konsentrasi bakteri endofitik sebesar 100 ml l⁻¹. Sebagian besar bakteri endofitik yang diaplikasikan dengan direndam tampaknya tetap menghuni jaringan akar. Sebagian kecil lainnya berpindah ke

jaringan batang dan daun tanaman padi. Sturz *et al.*, (2000) menyatakan bakteri endofitik penghuni kortek akar pada suatu saat akan berpindah melalui lintasan aploplasmik yang berkesinambungan dari epidermis akar ke tajuk. Tampak populasi bakteri endofitik di akar padi lebih rendah bila bakteri tersebut diaplikasikan dengan disemprotkan pada tajuk tanaman (Tabel 3). Hal tersebut berkaitan dengan perjalanan bakteri endofitik yang panjang dari tajuk ke akar. Menurut James dkk. (2001) aplikasi *G. diazotrophicus* pada permukaan daun mengakibatkan kolonisasi bakteri dalam ruang intraseluler jaringan daun tanaman tebu. Diduga bakteri endofitik dari tajuk berpindah ke jaringan akar terbawa dengan aliran fotosintat melalui floem.

Bobot Gabah Kering Panen

Bobot gabah kering panen tidak ditentukan oleh berbagai teknik aplikasi yang digunakan tetapi dipengaruhi oleh konsentrasi pupuk hayati. Pada percobaan ini, serapan N pupus juga tidak dipengaruhi oleh teknik aplikasi, tetapi peningkatan konsentrasi pupuk meningkatkan serapan N (data tidak ditampilkan). Tampaknya, serapan N sejalan dengan produksi gabah. Tabel 4 menjelaskan bahwa ketiga teknik aplikasi bakteri endofitik penambat N₂ dapat digunakan dengan mempertimbangkan segi kepraktisan aplikasi. Perendaman benih merupakan cara paling praktis karena mudah dan murah dibandingkan dengan teknik aplikasi penyemprotan.

Konsentrasi pupuk hayati yang tertinggi (100 ml l⁻¹) menghasilkan bobot gabah kering panen 7,79 % lebih tinggi daripada konsentrasi setengahnya (50 ml l⁻¹). Chaintreuil *et al.*, (2000) menyatakan bahwa nitrogen yang disediakan oleh bakteri endofitik penambat N₂ yang berasosiasi dengan tanaman padi mempunyai potensi besar untuk menaikkan produksi beras. Bila dibandingkan dengan hasil tanaman padi yang tidak diberi pupuk hayati, hasil padi yang diberi 100 ml l⁻¹ pupuk hayati meningkat 42,4 % (data tidak ditampilkan). Rata-rata bobot gabah kering yang tidak diinokulasi adalah 49,44 g tanaman⁻¹.

SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa :

1. Aplikasi pupuk hayati bakteri endofitik penambat N₂ dengan cara merendam benih, menyemprot tanaman maupun kombinasinya meningkatkan populasi bakteri tersebut di daun, batang, dan akar padi.
2. Aplikasi pupuk hayati pada konsentrasi 100 mL L⁻¹ meningkatkan hasil sampai 7,79 % dibandingkan dengan konsentrasi 50 mL L⁻¹ tetapi teknik aplikasi perendaman dan penyemprotan tidak membedakan hasil gabah.

Pupuk hayati ini berpotensi untuk digunakan sebagai masukan dalam budidaya tanaman padi sawah. Namun tetap diperlukan pengujian lapangan untuk membuktikannya

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Rektor Universitas Padjadjaran dan DIPA Universitas Padjadjaran atas dana yang diberikan untuk keberlangsungan penelitian Andalan Unpad ini. Terimakasih disampaikan pula kepada mahasiswa Sri Agustini dan Arie Rizki Arviana yang membantu pelaksanaan penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Beattie, G.A. and SE Lidow. 1999. Bacterial colonization of leaves: A spectrum of strategies. *Phytopathol.* 89:353-359
- Boddey, R.M., D.C. de Oliveira, S. Uguigaga, V.M. Reis, F.L. de Olivares, V.L.D. Baldani, and J. Dobereiner. 1995. Biological nitrogen fixation associated with sugar cane and rice, Contributions and prospect for improvement. *Plant Soil* 174: 195-209.
- Chaintreuil, C. E. Giraud, Y. Prin, J. Lorquin, A. Bâ, M. Gillis, P. de Lajudie and B. Dreyfus. 2000. Photosynthetic Bradyrhizobia are Natural Endophytes of the African Wild Rice *Oryza breviligulata*. *American Society for Microbiology*. 66(12): 5437-5447.
- Chi, F., S.H. Shen, H.P. Cheng, Y.X. Jing, Y.G. Yanni, and F.B. Dazzo. 2005. Ascending Migration of Endophytic Rhizobia, from Roots to Leaves, inside Rice Plants and Assessment of Benefits to Rice Growth Physiology. *Appl Environ Microbiol.* 71(11): 7271-7278
- Gyaneshwar, P., Euan K. J., Natarajan M., Pallavolu M. R., Barbara Reinhold-Hurek, and Jagdish K. Ladha. 2001. Endophytic Colonization of Rice by a Diazotrophic Strain of *Serratia marcescens*. *American Society for Microbiology*. 183(8): 2634-2645.
- Hastings, A., and S. Harisson. 1994. Metapopulation dynamic and genetics. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 25:157-188.
- James, E.K., F.L. Olivares, A.L.M. de Oliveira, F.B. dos Reis, Jr., L.G. da Silva, and V.M. Reis. 2001. Further observation on interaction between sugar cane and *Gluconacetobacter diazotrophicus* under laboratory and greenhouse conditions. *J. Exp. Bot.* 52(357): 747-760.
- Knee, M. 2000. Leaves. Available online at <http://hsc.osu.edu/hsc/300/anat3.htm> (diakses 7 Juli 2008)
- Ladha, J.K., and R.M Reddy. 2000. Step toward nitrogen fixation in rice. In *Nitrogen Fixation in Rice*. International Rice Research Institute Philippines.
- McInroy, J.A., and J.W. Kloepper. 1995. Survey of indigenous bacterial endophytes from cotton and sweet corn. *Plant and Soil*. 173 : 337-342.
- Quadt-Hallmann, A., and J.W. Kloepper. 1996. Immunological detection localization of cotton endophytic *Enterobacter asburiae* JM 22 in different plant species. *Can. J. Microbiol.* 42 : 1144-1154.

- Quadt-Hallmann, A., J.Hallmann, and J.W. Kloepper. 1997. Bacterial endophytes in cotton: location and interaction with other plant-associated bacteria. *Can. J. Microbiol.* 43: 254-259.
- Saraswati, R., Simanungkalit, RDM, Husen, E., Setyorini, D, dan Rachman. A. 2008. Baku Mutu Pupuk Hayati. Balitbio. Bogor.
- Setiawati, M.R., R. Hindersah, dan B.F. Natalie. 2002. Penggalan Potensi Bakteri Endofitik Pemfiksasi N dalam Meningkatkan Fiksasi N dan Serapan N Tanaman Padi Gogo. Laporan Penelitian Litmud, Dikti. Lembaga Penelitian UNPAD
- Setiawati, M.R., D.W. Santosa, T. Simarmata, Y. Sumarni, and D.H. Arief. 2005. Konsorsium Bakteri Endofitik Penambat N₂ Asal Keragaman Hayati Ekosistem Air Hitam Kalimantan Tengah sebagai Sumber Inokulan dalam Meningkatkan Hasil Tanaman Padi Gogo. *Proceeding 9th National Congress of Indonesian Society for Lactic Acid Bacteria*, 25-26 Agustus 2005. Bandung.
- Setiawati, M.R. 2006. Peningkatan Aktivitas Nitrogenase, Kandungan N Tanah dan Tanaman serta Hasil Padi Gogo Akibat Aplikasi Pupuk N dan Konsorsium Bakteri Endofitik Penambat N₂. *Jurnal Agrikultura* Vol.17 No.2 Agustus 2006.
- Setiawati, M.R., P. Suryatmana, dan R. Hudaya. 2007a. Peningkatan Kandungan N Tanaman dan Hasil Padi Gogo akibat Aplikasi Bakteri Endofitik Penambat N₂ dan Pupuk Anorganik pada Tanah Salin. *Jurnal Himpunan Mahasiswa Pascasarjana Maluku (HMPM) Bandung* Vol.3 No.1.
- Setiawati, M.R., P. Suryatmana, dan R. Hudaya. 2007b. Kontribusi Bakteri Endofitik Penambat N₂ dalam Mensubstitusi Pupuk N Anorganik untuk Tanaman Padi Gogo pada Lahan Salin. *Prosiding Seminar dan Kongres Nasional Masyarakat Konservasi Indonesia (MKTI)*, Bogor 17-18 Desember 2007.
- Sturz, A.V., and J. Nowak. 2000. Endophytic communities of rhizobacteria and strategies required to create yield enhancing associations with crops. *Applied Soil Ecology*. 15 : 183-190.
- Suto, M. 2001. Isolation of endophytes from plants. *Lab. of Applied Microbiology Faculty of Agriculture. Hokkaido University, Sapporo*.