

KERAGAMAN BAKTERI PADA PERTANAMAN PADI DI LAHAN SAWAH IRIGASI, TADAH HUJAN DAN RAWA

Sri Kurniawati¹, Kikin Hamzah Muttaqin² dan Giyanto²

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Banten

Jl. Ciptayasa km. 01 Ciruas Serang Banten, Telp. 0254 281055.

² Institut Pertanian Bogor

e-mail : jilan_hafizhah@yahoo.com

ABSTRAK

Bakteri merupakan makhluk hidup bersel satu yang memiliki peran penting dalam ekosistem. Keberadaan dan keragamannya dalam suatu agroekosistem dipengaruhi oleh input teknologi budidaya yang diterapkan. Penelitian keragaman bakteri dilakukan pada pertanaman padi yang diambil di lahan sawah irigasi, sawah tadah hujan dan lahan sawah rawa. Ruang lingkup penelitian meliputi identifikasi teknologi budidaya padi dan isolasi bakteri. Metode yang digunakan adalah wawancara dengan petani dan isolasi bakteri menggunakan metode pengenceran bertingkat dan pencawan dilakukan pada media tryptic soy agar (TSA) 100% dan 5%, King's B, water yeast extract agar (WYE), casamino acid yeast extract agar (YCED) dan nutrient agar (NA). Bakteri yang berhasil diisolasi sebanyak 400 isolat. Keragaman bakteri tertinggi terdapat di lahan sawah tadah hujan sebesar 37.5%, dan selanjutnya di lahan sawah rawa sebesar 31.75% dan terakhir lahan sawah irigasi 30.75%. Isolat bakteri yang diperoleh diantaranya merupakan kelompok Actinomycet, Bacillus, Chromobacterium dan Pseudomonas kelompok fluorescens yang banyak dilaporkan berpotensi sebagai agens hayati.

Kata kunci: *isolasi, bakteri, keragaman, pola tanam*

ABSTRACT

Bacteria are single cell that have important roles in the ecosystem. The existence and diversity in an agroecosystem influenced by input cultivation technology is applied. This research conducted on the rice field taken on irrigated land, rainfed and swamp. The research step includes the identification technology of rice cultivation and isolation of bacteria. The methods used are interviews with farmers and the isolation of bacteria using serial dilution method and performed on tryptic soy agar (TSA) 100% and 5%, King's B, water yeast extract agar (WYE), casamino acid yeast extract agar (YCED) dan nutrient agar (NA). Bacteria that can be isolated as much as 400 isolates. Bacterial diversity was highest in rainfed amounted to 37.5%, and subsequently in swamp at 31.75% and the last 30.75% irrigated land. Bacterial isolates were obtained such a group of Actinomycete, Bacillus, Chromobacterium and Pseudomonas fluorescens group are widely reported as a potential biological agents.

Keywords: *bacteria, diversity, isolation, rice crop rotation*

PENDAHULUAN

Pada ekosistem pertanian (agroekosistem) memiliki keragaman biotik dan genetik yang rendah bahkan cenderung seragam. Hal ini dikarenakan adanya input teknologi seperti pemupukan, aplikasi pestisida, pengairan dan penanaman komoditas

bahkan varietas tertentu saja pada suatu lahan sawah. Pada kondisi tersebut susunan jala makanan menjadi lebih sederhana sehingga ekosistem menjadi kurang stabil. Oleh karenanya, ekosistem mudah goncang karena adanya gangguan dari luar (*ekstrinsik*) maupun dari dalam (*intrinsik*). Salah satu bentuk ketidakstabilan ekosistem adalah adanya letusan populasi organisme seperti hama atau patogen/mikroorganisme penyebab penyakit (Untung, 1993).

Bakteri merupakan makhluk hidup bersel satu yang menjadi salah satu komponen penyusun agroekosistem. Seperti halnya dengan komponen makhluk hidup lainnya, bakteri memiliki peran yang penting. Keragaman dan aktivitasnya menjadi salah satu indikator yang mencerminkan kestabilan suatu agroekosistem.

Berbagai penelitian melaporkan bahwa keberadaan dan keragaman bakteri dalam suatu agroekosistem dipengaruhi oleh input teknologi budidaya yang diterapkan. Keragaman bakteri lebih tinggi pada penerapan rotasi tanaman padi dan palawija (Xuan, 2012). Selanjutnya, keragaman *Amonia-Oxidizing Bacteria* pada rhizosfer dan tanah di pertanaman padi pada lahan yang diberi pupuk organik lebih dari 3 tahun lebih tinggi dibandingkan dengan yang tanpa dipupuk organik (Wang *et al.*, 2011). Hardoim *et al.* (2011), melaporkan bahwa adanya pengaruh tipe tanah, pemupukan dan jenis kultivar padi yang ditanam seperti *indica*, *japonica* dan *aromatic* terhadap keragaman bakteri yang berasosiasi dengan akar tanaman padi seperti *Alpha-Bethaproteobacteria*, *Pseudomonas* dan *Actinobacteria*. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Aslam *et al.* (2013) menunjukkan pada lahan dengan pengelolaan yang intensif terdapat 38% *Proteobacteria*, 22% *Actinobacteria*, 33% *Firmicutes*, 5% *Bacteroidetes*, and 2% *Acidobacteria*, sedangkan pada lahan tanpa pengolahan tanah terdapat 63% *Proteobacteria*, 24% *Actinobacteria*, 6% *Firmicutes*, and 8% *Bacteroidetes*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui keragaman bakteri pada berbagai agroekosistem lahan sawah yaitu lahan sawah irigasi, tadah hujan dan rawa. Beragam lahan sawah tersebut berkaitan dengan teknologi yang digunakan. Selanjutnya, berdasarkan informasi yang diperoleh diharapkan bisa menjadi dasar pertimbangan dalam menentukan teknologi yang akan diterapkan untuk keberlanjutan agroekosistem.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bakteri, Departemen Proteksi Tanaman IPB. Penelitian dimulai pada bulan April sampai dengan Juli 2013.

Identifikasi teknologi budidaya padi

Identifikasi teknologi budidaya eksisting pada masing-masing agroekosistem lahan sawah menggunakan metode wawancara pada petani. Data yang dikumpulkan meliputi pola tanam, penggunaan benih, pupuk, dan pestisida.

Isolasi Bakteri

Isolasi bakteri dilakukan pada bagian tanah dan rhizosfer sekitar pertanaman padi dan endofit tanaman padi yaitu pada bagian akar, batang dan daun. Contoh tanah dan tanaman diambil di 1) Desa Harjobinangun, Kecamatan Tratas, Kabupaten Sleman, Yogyakarta pada lahan sawah tadah hujan, 2) Desa Gempol Sari, Kecamatan Patok Beusi, Kabupaten Subang, Jawa Barat pada lahan sawah irigasi dan 3) Desa Karang Indah, Kecamatan Mandastana, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan pada lahan sawah rawa.

Isolasi bakteri dari tanah dan rhizosfer tanaman padi

Bakteri diisolasi dari bagian tanah dan rhizosfer tanaman padi dengan metode pengenceran bertingkat dan pencawanan (*serial dilution and plating*). Sebanyak 10 g tanah dimasukkan ke dalam 90 ml larutan fisiologis (0.85 % NaCl) dan dibuat seri pengenceran 10^0 - 10^{-6} . Suspensi tersebut dihomogenisasikan dalam *rotary shaker* pada kecepatan 150 rpm selama 30 menit. Suspensi diambil sebanyak 0.1 ml dan disebar pada medium *tryptic soy agar/TSA* (*pancreatic digest of casein* 17 g, NaCl 5 g, *papaic digest of soybean meal* 3 g, K_2HPO_4 2.5 g, glukosa 2.5 g dan agar 15 g dalam 1 l akuades) 100% dan 5%, King's B (*pepton protease* 20g, K_2HPO_4 1.5 g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 1.5 g, agar 15 g dan gliserol 15 ml dalam 1 l akuades), *water-yeast extract-agar/WYE* (*yeast extract* 0.25 g, K_2HPO_4 0.5 g dan agar 18 g, dalam 1 l akuades), *casamino acid-yeast extract-glocose-agar/YCED* (*yeast extract* 0.3 g, *casamino acid* 0.3 g, *D-glucose*

0.3 g, K_2HPO_4 2 g dan agar 18 g dalam 1 l akuades) dan *nutrient agar/NA* (Beef extract 3 g, pepton 5 g dan agar 15 g dalam 1 l akuades), selanjutnya diinkubasikan selama 2-14 hari pada suhu kamar.

Isolasi bakteri endofit tanaman padi

Isolasi bakteri endofit pada bagian akar, batang dan daun padi mengikuti metode sterilisasi permukaan Hallmann *et al.* (1997) dan Munif *et al.* (2012) yang telah dimodifikasi. Akar, batang dan daun padi secara terpisah dipotong dan dicuci dengan air mengalir, kemudian dikeringanginkan. Pada sampel batang dan akar, sebanyak 1 g masing-masing sampel disterilisasi permukaan dengan alkohol 70% selama 1 menit dan direndam dalam NaOCl 3% yang telah ditambahkan 0.05% *Tween* 20 selama 2.5 menit selanjutnya dibilas dengan aquades steril sebanyak 3 kali. Pada sampel daun, sterilisasi permukaan dilakukan dengan merendam sampel pada alkohol 70% selama 30 detik dan NaOCl 3% yang telah ditambahkan 0.05% *Tween* 20 selama 2 menit, kemudian sampel dibilas dengan air steril sebanyak 3 kali. Sebelum digerus, masing-masing sampel digoreskan pada cawan berisi medium NA (sebagai kontrol). Sterilisasi permukaan berhasil jika pada kontrol tidak ditumbuhi oleh koloni bakteri.

Secara terpisah akar, batang dan daun digerus dengan mortal dan ditambahkan larutan fisiologis 9 ml sebagai larutan stok. Kemudian masing-masing ekstrak akar, batang dan daun tersebut diencerkan secara berseri sampai dengan pengenceran 10^{-4} . Sebanyak 0,1 ml ekstrak yang telah diencerkan pada pengenceran 10^{-3} dan 10^{-4} , disebar pada media TSA 5%, TSA 100%, NA, King's B, WYE dan YCED, kemudian diinkubasikan selama 2-14 hari.

Analisis Data

Hasil identifikasi budidaya padi dan isolasi bakteri pada berbagai agroekosistem, selanjutnya dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknologi Budidaya

Penerapan teknologi budidaya oleh petani antar lokasi berbeda meliputi penggunaan benih, pupuk dan pestisida (Tabel 1). Demikian halnya pola tanam yang

digunakan pada berbagai agroekosistem berbeda. Hal ini tentunya akan mempengaruhi keragaman bakteri pada masing-masing pertanaman padi.

Tabel 1. Keragaman Teknologi Budidaya Padi dan Pola Tanam pada Berbagai Agroekosistem

Uraian	Lokasi		
	Kab. Sleman	Kab. Subang	Kab. Barito Kuala
a. Agroekosistem	Sawah tadah hujan	Sawah irigasi	Lahan Rawa
b. Pola Tanam	padi-padi-palawija	padi-padi-padi	padi-bera
c. Teknologi Budidaya:			
- Varietas	Varietas Lokal	Ciherang	Varietas Lokal
- Benih	Urea 100 kg/ha;	Urea 200 kg/ha;	Urea 200 kg/ha;
- Pupuk	NPK Phonska 200 kg/ha;	NPK Phonska 200 kg/ha;	NPK Pelangi 200 kg/ha
		TSP 25 kg/ha	Kapur pertanian 800-1000 kg/ha
- Pestisida (jenis dan aplikasi)	Fipronil 3-4 kali	Karbofuran 2 kali, imidaklopid 2-3 kali, defenokonazol 1-2 kali	Paraquat 1 kali , bisulfat 3-4 kali
	Tidak ada		Jeruk
d. Tanaman di pematang	Dibenamkan ke sawah	Tidak ada	Dibenamkan ke sawah
e. Pengelolaan jerami		Dibakar	

Input teknologi tertinggi diberikan pada lahan sawah irigasi berupa aplikasi pupuk, pestisida dan intensitas penanaman padi dalam satu tahun sebanyak 3 kali. Adapun pada lahan sawah tadah hujan dan rawa relatif sama.

Isolat Bakteri pada Pertanaman Padi

Isolat bakteri yang diperoleh memiliki keragaman antar agroekosistem lahan sawah dan bagian dari pertanaman padi. Keragaman bakteri tertinggi diperoleh pada lahan sawah tadah hujan sebesar 37% dan berikutnya pada lahan rawa 32%, kemudian sawah irigasi 31%. Adapun keragaman isolat bakteri pada bagian rizosfer lebih tinggi yaitu sebesar 27% kemudian diikuti pada bagian tanah, akar, batang dan daun masing-masing sebesar 21%, 20%, 20% dan 12% (Table 2).

Tabel 2. Keragaman Bakteri pada Pertanaman Padi di Berbagai Agroekosistem

Agoekosistem	Keragaman isolat bakteri					Jumlah
	Akar	Batang	Daun	Rizosfer	Tanah	
Sawah tadah hujan	29	32	16	44	29	150
Sawah irigasi	15	22	25	23	38	123
Sawah rawa	34	24	15	26	28	127
Jumlah	78	78	56	93	95	400

Pada lahan sawah tadah hujan memiliki keragaman bakteri yang lebih tinggi dibandingkan dengan lahan sawah irigasi dan rawa. Hal ini dapat dipengaruhi oleh adanya pola tanam berupa padi-padi-palawija di daerah tersebut. Rotasi tanaman diduga berpengaruh terhadap keragaman bakteri. Menurut penelitian Xuan (2012) bahwa keragaman bakteri pada pola tanam dengan sistem rotasi padi dengan palawija seperti jagung dan kacang hijau lebih tinggi dibandingkan dengan pola tanam tanpa rotasi dengan tanaman lainnya. Sementara itu, pada lahan sawah irigasi di daerah Subang memiliki pola tanam padi-padi-padi dan lahan rawa di Barito Kuala memiliki pola tanam padi-bera.

Pola tanam rotasi dengan tanaman palawija ataupun tanaman lainnya dapat mempengaruhi keragaman bakteri disebabkan adanya eksudat akar pada masing-masing tanaman berbeda. Hal ini dapat menstimulasi pertumbuhan kelompok bakteri yang berbeda pula (Herschkovitz *et al.* 2005). Oleh karenanya, keragaman bakteri di lahan rawa lebih tinggi dikarenakan pada pematang sawah terdapat tanaman lain yaitu jeruk yang merupakan tanaman sela. Selanjutnya, pada lahan sawah tadah hujan, kondisi lahan tidak selalu jenuh dengan air. Saat penanaman palawija di musim kemarau, kondisi lahan berada pada kapasitas lapang sampai dengan kering. Hal ini dapat memicu pertumbuhan beragam bakteri yang bersifat aerob, anaerob maupun yang bersifat fakultatif aerob/anaerob. Berkaitan dengan hal tersebut, kelestarian agens hayati sebagai penyeimbang ekosistem dapat dipelihara salah satunya dengan rotasi tanaman.

Pemberian pupuk N dan P yang lebih tinggi dan pengelolaan jerami dengan dibakar pada lahan sawah irigasi diduga mempengaruhi keragaman bakteri menjadi lebih sedikit dibandingkan dengan agroekosistem lainnya. Pemberian pupuk kimia N seperti urea akan mengurangi keragaman dan aktivitas bakteri pengikatan N₂ karena kerja bakteri tersebut seakan-akan tidak dibutuhkan (Martinez-Romero,2006). Selanjutnya, keberadaan jerami di lahan sawah mendukung kehidupan mikroorganisme seperti pada

beberapa genus bakteri Flexibacteraceae, Microbacteriaceae, Oxalobacteraceae, Rhizobiaceae, Rhodospirillaceae and Sphingomonadaceae yang memiliki kemampuan untuk menghancurkan selulosa dan kitin (Matsuyama et al., 2007). Oleh karenanya, jerami padi yang dibakar akan mengurangi aktivitas dan keragaman bakteri selulolitik dan kitinolitik.

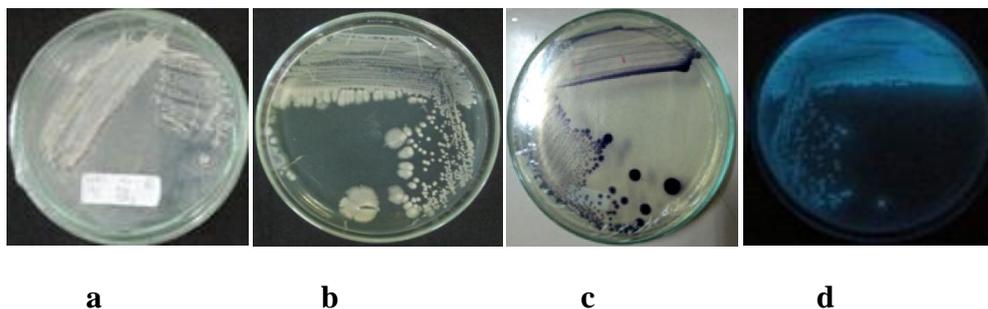
Selain hal tersebut di atas, jenis dan intensitas pestisida yang diaplikasikan pada lahan sawah berpengaruh terhadap keragaman bakteri. Hal ini dikarenakan terjadi seleksi oleh bahan aktif pestisida tertentu terhadap suatu kelompok bakteri. Hanya kelompok bakteri yang kompatibel atau yang toleran terhadap bahan aktif tertentu yang dapat bertahan dalam populasi yang cukup untuk dapat diisolasi.

Adapun keragaman bakteri tertinggi dilihat dari berbahai bagian pertanaman padi terdapat pada bagian rizosfer dibandingkan dengan habitat lainnya. Hal ini dikarenakan pada daerah tersebut kaya akan nutrisi seperti asam amino, asam organik, karbohidrat, polisakarida, protein, gula sebagai sumber nitrogen dan karbon dan mikronutrisi lainnya yang banyak dibutuhkan untuk perkembangan mikroorganisme (Bais et al. 2006).

Karakteristik Isolat Bakteri

Bakteri yang diperoleh diantaranya memiliki karakteristik koloni bakteri yang berpotensi sebagai agens hayati seperti aktinomiset, *Bacillus*, *Chromobacter* dan *Pseudomonas* kelompok *flourescens* (Gambar 1). Kelompok bakteri aktinomiset memiliki koloni yang menghasilkan spora, tumbuhnya lambat dan memiliki bau khas tanah diperoleh dari media WYE dan YCED. Hal ini menunjukkan karakteristik kelompok bakteri aktinomiset yaitu terdapat miselium udara (aerial) dan memiliki massa spora yang berwarna (Taechowisan et al., 2003). Selanjutnya kelompok *Bacillus* diperoleh pada media TSA 100% yang diberi perlakuan panas 80 °C selama 10 menit. Bakteri kelompok *Bacillus* termasuk bakteri yang bersifat tahan terhadap temperatur tinggi. Karakter morfologi bakteri ini berwarna putih, putih keruh sampai krem dengan pinggiran bergelombang beraturan atau tidak beraturan dan beberapa berbentuk seperti kerang serta memiliki bau yang busuk. Selanjutnya, bakteri *Chromobacterium* dicirikan dengan warna koloni ungu yang tidak berdifusi pada media agar (Leifson, 1956). Kelompok bakteri ini diperoleh pada media NA. Adapun koloni bakteri yang berpendar

di bawah sinar ultra violet pada media King's B menunjukkan bakteri *Pseudomonas* kelompok *fluorescens* (Schad, 2001).



Gambar 2. Keragaman bakteri hasil isolasi dari pertanaman padi : (a) kelompok bakteri Aktinomiset; (b) kelompok bakteri Bacillus; (c) kelompok bakteri *Chromobacterium*; (d) kelompok bakteri *Pseudomonas* Fluorescens

Kelompok bakteri Aktinomiset

Kelompok bakteri aktinomiset terdiri dari banyak genus dan spesies diantaranya adalah *Streptomyces* sp. dan *Kitasatospora* sp. Hastuti *et al.* (2012) melaporkan bahwa *Streptomyces* sp. dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil padi. Bakteri tersebut diidentifikasi memiliki hormon IAA yang berfungsi menstimulasi perpanjangan atau pembelahan sel (Doubou *et al.* 2012). Demikian pula dengan bakteri *Kitasatospora* sp. dapat menghasilkan hormon IAA (Shrivastava *et al.* 2008).

Selain dapat memacu pertumbuhan, kelompok bakteri ini diketahui sebagai penghasil beberapa senyawa antibiotik seperti polyketides, β -lactams dan peptida yang berfungsi sebagai antifungal, antitumor dan *immunosuppressive* (Behal, 2000). Antibiotik Kasugamycin yang dihasilkan oleh *Streptomyces kasugaensis* bersifat bakterisida dan fungisida. Senyawa tersebut telah banyak digunakan untuk mengendalikan penyakit blas pada padi dan beberapa penyakit yang disebabkan oleh bakteri patogen kelompok *Pseudomonas* (Doubou, 2002).

Kelompok Bakteri Bacillus

Kelompok bakteri *Bacillus* juga telah banyak diketahui menghasilkan antibiotik seperti, Iturin A, Surfactins (Beric *et al.*, 2012), Bacillomycin D, Mycosubtilin dan Zwittermicin A (Pal dan Gardener, 2006). Selanjutnya, bakteri dari kelompok ini

dilaporkan memiliki kemampuan untuk melarutkan fosfat sehingga dapat meningkatkan ketersediaan fosfat di dalam tanah (Goldstein, 1995).

Bakteri Pseudomonas kelompok Fluorescens

Kelompok bakteri *Pseudomonas* dilaporkan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai (Wahyudi *et al.* 2011) dan dapat melarutkan fosfat (Goldstein, 1995). Selain hal tersebut, *Pseudomonas fluorescens* dapat memproduksi pseudobactins yaitu molekul kompleks pengikat besi yang dapat menekan perkembangan penyakit dari kelompok cendawan *Oomycetes* (Handelsman dan Stabb, 1996). Selanjutnya, bakteri ini mampu menghasilkan hidrogen sianida (HCN) yang dapat menghambat perkembangan penyakit *black rot* pada tembakau (Pal dan Gardener, 2006).

Bakteri Chromobacterium

Kim *et al.* (2014) melaporkan bahwa *Chromobacterium* sp. strain C61 menghasilkan antibiotik chromobactomycin yang dapat menghambat pertumbuhan beberapa cendawan patogen dan menekan perkembangan beberapa penyakit tumbuhan. Selanjutnya, bakteri tersebut dapat menghasilkan enzim kitinase yang efektif untuk mengendalikan penyakit rebah kecambah pada tanaman terung (Park, 2005).

Berdasarkan informasi tersebut di atas, bakteri hasil isolasi pada pertanaman padi yang memiliki karakteristik kelompok bakteri aktinomiset, *Bacillus*, *Chromobacterium* dan *Pseudomonas fluorescens* dapat dilanjutkan pada pengujian kemampuan sebagai agens hayati. Pengujian tersebut diantaranya adalah pengujian antibiosis, kemampuan menghasilkan enzim kitinase, siderofor, pelarut fosfat dan hormon IAA.

KESIMPULAN

Agroekosistem dan input teknologi pada lahan sawah mempengaruhi keragaman bakteri. Keragaman isolat bakteri yang tertinggi diperoleh pada lahan sawah tadah hujan sebesar 37.5%, dan selanjutnya di lahan sawah rawa sebesar 31.75% dan terakhir lahan sawah irigasi 30.75%. Dari isolat bakteri yang diperoleh tersebut diantaranya merupakan kelompok *Actinomysset*, *Bacillus*, *Cromobacterium* dan

Pseudomonas kelompok *fluorescens* yang banyak dilaporkan berpotensi sebagai agens hayati.

DAFTAR PUSTAKA

- Aslam Z., Muhammad Y., Hwan S.Y., Che O.J., Young R.C. 2013. Diversity of the bacterial community in the rice rhizosphere managed under conventional and no-tillage practices. *Journal of Microbiology*. 51:747-756.
- Bais, H.P., T.L. Weir, L.G. Perry, S. Gilroy, J.M. Vivanco. 2006. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. *Annu. Rev. Plant Biol.* 57:233-266. Doi: 10.1146/annurev.arplant.57.032905.105159.
- Behal V. 2000. Bioactive products from *Streptomyces*. *Microbiol* 47: 113-157.
- Beric T, Kojic M, Stancovic S, Topisirofic L, Degrassi G, Myers M, Venturi V, Fira D. 2012. Antimicrobial activity of *Bacillus* sp. natural isolates and their potential use in the biocontrol of phytopathogenic bacteria. *Food Technol. Biotechnol.* 50(1):25-31.
- Doumbou CL, Salove MKH, Crawford DL, Beaulieu C. 2002. Actinomycetes, promising tool to control plant diseases and promote plant growth. *Phytoprotection* 82: 85-102.
- Goldstein AH. 1995. Recent progress in understanding the molecular genetics and biochemistry of calcium phosphate solubilization by gram negative bacteria. *Biol. Agric. Hort.* 12:185-193.
- Hardoim, P.R., Fernando D.A., Barbara R., Angela S., Leonard S., Jan D. 2011. Rice root-associated bacteria: insight into community structures across 10 cultivars. *FEMS Microbiol Ecol.* 77:154-164. DOI: 10.1111/j.1574-6941.2011.01092.x.
- Herschkovitz, Y., A. Lerner, Y. Davidov, M. Rothballer, A. Hartmann, Y. Okon, E. Jurkevitch. 2005. Inoculation with the plant growth promoting rhizobacterium *Azospirillum brasilense* causes little disturbance in the rhizosphere and rhizoplane of maize (*Zea mays*). *Microb Ecol* 50 (2): 277-288.
- Kim HJ, Choi HS, Yang SY, Kim IS, Yamaguchi T, Sohng JK, Park SK, Kim JC, Lee CH, Gardener BM. 2014. Both extracellular chitinase and new cyclic lipopeptide, chromobactomycin, contribute to the biocontrol activity of *Chromobacterium* sp. C61. *Molecular Plant Pathology* 15(2): 122–132.
- Leifson E. 1956. Morphological and physiological characteristics of the genus *Chromobacterium*. *J. Bacteriol.* 71(4):393-400.
- Martinez-Romero E. 2006. Dinitrogen-fixing prokaryotes the prokaryotes. In: *The prokaryotes 3rd*. Editors Dworkin M, Falkow S, Rosenberg E, Schleifer KH and Stackebrandt E. Springer. New York, pp 793-817.
- Matsuyama T, Nakajima Y, Matsuya K, Ikenaga M, Asakawa S, Kimura M. 2007. Bacterial community in plant residues in a Japanese paddy field estimated by RFLP and DGGE analyses. *Soil Biology and Biochemistry* 39 (2):463-472.
- Munif A., S. Wiyono, Suwarno. 2012. Isolasi bakteri endofit asal padi gogo dan potensinya sebagai agens biokontrol dan pemacu pertumbuhan. *J. Fitopatol. Indones.* 8(3):57-64.
- Pal KK, Gardener BM. 2006. Biological control of plant pathogens. *The Plant Health Instructor* DOI: 10.1094/PHI-A-2006-1117-02.

- Park SK, Lee MC, Harman GE. 2005. The biocontrol activity of *Chromobacterium* sp. strain C-61 against *Rhizoctonia solani* depends on the productive ability of chitinase. *Plant Pathol. J.* 21(3):275-282.
- Santosa D.A., N. Handayani, A. Iswandi. 2003. Isolasi dan seleksi bakteri filofosfer pemacu tumbuh dari daun padi (*Oryza sativa* L.) varietas IR64. *Jurnal Tanah dan Lingkungan* 5(1):7-12.
- Schaad ,N.W. J. B., Jones and W. Chun. 2001. *Laboratory Guide for Identification of Plant Pathogenic Bacteria*. 3th Ed. St. Paul Minnesota: APS Press.
- Shrivastava S, D'Souza SF, Desai PD. 2008. Production of indole-3-acetic acid by immobilized actinomycete (*Kitasatospora* sp.) for soil applications. *Current Science* 94 (12): 1595-1604.
- Suada I.K., D.M.W.Y. Suhartini, N.P.L. Sunariasih, I.G.P. Wirawan, K.W. Chun, J.Y. Cha, S. Ohga. 2012. Ability of endophytic fungi isolated from rice to inhibit *Pyricularia oryzae* induced rice blast in Indonesia. *J. Fac. Agr.* 57(1):51-53.
- Taechowisan T, Peberdy JF, Lumyong S. 2003. Isolation of endophytic actinomycetes from selected plants and their antifungal activity. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 19(4):381-385.
- Untung, Kasumbogo. 1993. *Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 273 hlm.
- Wang, S., Jun Y., Pablo G.P., Dan-Feng H. 2011. Abundance and diversity of ammonia-oxidizing bacteria in rhizosphere and bulk paddy soil under different duration of organic management. *African Journal of Microbiology Research* 5(31):5560-5568.
- Xuan , D.T. 2012. *Microbial Communities in Paddy Fields in Mekong Delta of Vietnam: Functional and Molecular Diversity* [doctoral thesis]. Uppsala (SE): Swedish University of Agricultural Sciences.