

Pengendalian Penyakit Hawar Pelelepah Padi akibat *Rhizoctonia solani* dengan Penggunaan Bakteri Rhizosfer

YUNIAR HARVIANTI

Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
Jl. Teknika Sel, Senolowo, Sinduadi, Kec. Mlati, Kab. Sleman, D.I Yogyakarta 55284
Email: yuniarharvianti06@gmail.com/yuniarharvianti@mail.ugm.ac.id

ABSTRACT

Rhizoctonia solani is one of the important pathogen causing sheath blight disease on rice and one of the most difficult diseases to control. Widely planting of short-type and many tillers rice varieties with high doses fertilized, especially urea, and the short cycle of planting can increase the severity of sheath blight disease. Sheath blight disease is becoming increasingly important role in the rice production system, especially in intensive rice farming. Biological control is one of the solutions to control this disease with use Rhizobacteria. Rhizosphere bacterial community is influenced by the composition of organic matter contained in the rice field. Bacteria with antagonistic activity of *R. solani* can be isolated from rice soils which can suppress the germination of sclerotium and miselium of *R. solani*.

Keywords: *Rhizoctonia solani*, sheath blight, biocontrol, rhizobacteria

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan sebagai salah satu Negara produsen, konsumen dan distributor hasil pertanian padi yang melimpah. Padi (*Oryza sativa* L.) adalah salah satu tanaman pangan paling penting di dunia. Pernyataan ini terutama berlaku di Benua Asia, tempat beras menjadi makanan pokok untuk mayoritas penduduk (terutama di kalangan masyarakat menengah ke bawah). Sistem produksi padi di sawah bergantung kepada kuantitas asupan teknologi yang diterapkan dalam bertani seperti pemilihan varietas, pemupukan, penggunaan pestisida, penggunaan alat mesin pertanian, dan pengairan (Savary, et al., 2000).

Ada dua jenis sistem pertanian pertanian, yaitu sistem organik dan sistem anorganik. Sistem pertanian organik menggunakan kotoran hewan dan kompos sebagai bahan untuk pemupukan di lahan pertanian. Sistem pertanian dapat dikatakan organik jika waktu tanam minimum sembilan kali tanam atau 3 tahun dengan pemupukan organik. Sifat biologis yang terkandung dalam pupuk organik dapat membuat sumber makanan mikroorganisme di tanah, seperti jamur, bakteri, dan mikroorganisme bermanfaat lainnya (Hadisuwito, 2008). Pemupukan dengan pupuk hayati juga mampu meningkatkan kesuburan tanah.

Tanah yang subur dapat meningkatkan populasi bakteri di tanah yang tinggi sehingga memungkinkan terdapatnya populasi mikrob

yang memberikan keuntungan bagi pertumbuhan dan ketahanan tanaman terhadap penyakit. PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) adalah bakteri-bakteri di sekitar perakaran yang dapat memacu pertumbuhan tanaman. Bakteri rhizosfer memiliki kemampuan menyediakan dan memfasilitasi penyerapan berbagai unsur hara dalam tanah, serta mensintesis dan mengubah konsentrasi berbagai fitohormon pemacu pertumbuhan (Kumar, et al., 2009). Pemanfaatan bakteri unggul juga dapat digunakan untuk mengatasi masalah yang mengakibatkan rendahnya produktivitas padi di Indonesia disebabkan oleh cendawan *Rhizoctonia solani* sebagai patogen penyebab hawar pelelepah padi (Guo, et al., 2006).

Oleh karena itu pengetahuan mengenal faktor-faktor penyebab keparahan penyakit hawar pelelepah serta pengendalian penyakit hawar pelelepah akibat *R. solani* dengan penggunaan bakteri rhizosfer perlu dikaji untuk menerapkan pentingnya pertanian yang ramah lingkungan dengan menggunakan pupuk organik tersebut.

PENYAKIT HAWAR PELEPAH PADI AKIBAT *R. solani*

Jamur *R. solani* yang menyerang tanaman padi termasuk *R. solani* anastomosis group I (AG-I), merupakan salah satu dari 14 kelompok anastomosis serta merupakan kelompok yang menyerang inang yang luas

termasuk kacang-kacangan dan rumput-rumputan (Priyatmojo, 2006).

Infeksi *R. solani* juga menyebabkan transportasi hara dan air tersumbat sehingga mengakibatkan tanaman kering. Patogen selanjutnya menyebar ke seluruh bagian tanaman dan menyebabkan pembusukan. Pada permukaan tanah di sekitar tanaman yang terserang terdapat miselium putih dan sklerotium. Hifa *R. solani* tertarik dengan zat kimia yang dikeluarkan oleh tanaman, akar, maupun tanaman yang telah membusuk, kemudian hifa akan melakukan kontak dengan tanaman, sehingga hifa akan menempel pada permukaan luar tanaman baik di akar maupun di daun tanaman dan kemudian tumbuh di lapisan tersebut hingga menjadi infeksi. *R. solani* terus tumbuh dan berkembang dan menyebabkan kerusakan pada tanaman bahkan bisa membentuk sklerotium kemudian membentuk inokulum baru. Siklus tersebut akan berulang apabila substrat yang dibutuhkan sesuai untuk pertumbuhan (Alexopolus, et al., 1996).

R. solani merupakan jamur tanah yang berasosiasi dengan residu tanaman sehingga sumber inokulum selalu ada di dalam tanah dan dapat bertahan hidup dalam bentuk aktif maupun dorman (Miller dan Webster, 2001). Pada tumpukan jerami sisa panen banyak ditemukan sklerotium dan miselium yang infeksi. Hal tersebutlah yang mengakibatkan penyakit hawar pelepah padi muncul dan berkembang pada siklus penanaman selanjutnya.

Penyakit hawar pelepah memiliki ciri-ciri dengan gejala awal yang muncul yaitu adanya lingkaran berbentuk oval di daerah pelepah pada tanaman padi yang disebut dengan lesi. Pada kebanyakan varietas awal dari terbentuknya lesi yaitu berubahnya warna pelepah menjadi hijau pucat menjadi putih dengan kombinasi warna ungu ataupun coklat, biasanya lebarnya sekitar 2 inchi serta panjangnya 1-2 inchi. (Wamishe, et al., 2015). Penyakit hawar pelepah mempengaruhi panjang malai, mengakibatkan pengisian malai tidak sempurna dan banyak terbentuk gabah hampa (Semangun, 2008). Tingkat nitrogen yang tinggi dan kepadatan tanaman

memberikan kondisi iklim mikro yang menguntungkan untuk pengembangan penyakit busuk daun selama tahap awal pembentukan bulir padi (Smith, et al., 2013).

FAKTOR PENYEBAB HAWAR PELEPAH

Varietas. Pengujian di rumah kawat lingkup Balai Besar Penelitian Tanaman Padi, menunjukkan bahwa penyakit hawar pelepah berkembang baik pada semua varietas yang diuji, yang berarti tidak ada varietas yang mempunyai sifat tahan terhadap penyakit hawar pelepah. Berdasarkan 10 varietas yang diuji terhadap keparahan penyakit hawar pelepah menunjukkan persentasi antara 35,37%-66,27% (Nuryanto, 2011). Hal tersebut menunjukkan respons tidak tahan dari varietas padi terhadap penyakit hawar pelepah.

Pada varietas padi yang mempunyai tipe tanaman pendek beranakan banyak dan berdaun lebat penyakit hawar pelepah terlihat berkembang parah. Penggunaan varietas padi tipe pendek beranakan banyak menyebabkan terjadi peningkatan suhu dan kelembapan lingkungan, baik pada musim hujan maupun musim kemarau. Selain itu, hal yang mempengaruhi adalah kondisi lingkungan di sekitar tanaman yang lebih hangat dan lembap (Eizenga, et al., 2002).

Cara Pengairan. Persawahan dengan sistem irigasi yang baik, dapat mengurangi kelembapan di sekitar tanaman padi. Selain itu cara pengairan yang menggenang terus atau jenuh air, berpengaruh terhadap perubahan sifat fisika, kimia dan biologi tanah serta dapat membatasi pertumbuhan tanaman padi dan kehidupan lain di sekitarnya.

Nuryanto, et al. (2014) melaporkan bahwa pada lahan yang memiliki sistem drainase buruk banyak terjadi genangan air, penyakit hawar pelepah berkembang lebih parah. Fagi dan Kartaatmadja (2004) menyatakan bahwa pada sawah yang diairi setinggi kurang lebih 1 cm, tanaman padi tumbuh dengan baik dan hasil padi dapat lebih tinggi dibandingkan dengan cara penggenangan 5 cm terus menerus. Syamsuddin (2008) melaporkan bahwa pengairan padi sawah melalui cara

penggenangan dalam parit menyebabkan kandungan lengas tanah lebih rendah dari cara sawah, dan pada jenis tanah regosol dengan lebar bedengan 1–4 m menyebabkan kadar lengas tanah berada di sekitar kapasitas lapangan.

Siklus Tanam Pendek. Siklus penanaman padi yang pendek sehingga kondisi tersebut memungkinkan sumber inokulum penyebab penyakit hawar pelepah selalu tersedia di sawah sepanjang musim baik dalam bentuk aktif (miselium) maupun dorman (sklerotium) serta metode pengolahan tanah yang rendah yang mendorong kelangsungan hidup cendawan (Wamishe, et al., 2015).

Ketersediaan inokulum penyakit yang melimpah dan didukung oleh periode kebasahan yang lama pada jaringan tanaman, menyebabkan penyakit mendapat kesempatan untuk berkembang dengan pesat, seperti yang dikemukakan oleh Groth dan Bond (2007), bahwa keparahan penyakit hawar pelepah tergantung oleh jumlah inokulum awal yang tersedia dan kondisi lingkungan akibat dari manajemen budidaya tanaman padi tersebut.

AGEN PENGENDALI HAYATI

Bakteri rhizosfer dapat ditemukan pada lingkungan rhizosfer tanaman, dimana suatu lapisan tipis tanah yang menyelimuti permukaan akar dan memberikan pengaruh yang positif maupun negatif terhadap pertumbuhan tanaman. Mikrobia rhizosfer adalah semua makhluk hidup seperti Bakteri, cendawan (termasuk *Mikoriza Asburkular Fungi* (AMF), Oomycetes, virus dan Archaea yang hidup di rhizosfer tanaman dan memakan rhizodeposit yang merupakan nutrisi, eksudat, sel perbatasan dan lendir yang dikeluarkan oleh akar tanaman sebagai nutrisi untuk metabolismenya (Philippot, et al., 2013).

Mikroba antagonis potensial berasal dari daerah rhizosfer yang memiliki daya antagonisme terhadap patogen tular tanah (*soil-borne disease*) melalui mekanisme antagonis berupa persaingan hidup, parasitisme, antibiosis, dan *Induced Systemic Resistance* (ISR). Selain menekan perkembangan patogen, mikroba rhizosfer juga dapat meningkatkan pertumbuhan

tanaman melalui berbagai mekanisme, diantaranya melalui produksi senyawa stimulan pertumbuhan seperti fitohormon (Rao, 1982).

Penelitian yang dilakukan oleh Lavakush, et al., 2012 tentang potensi bakteri rhizosfer dari tanaman padi yang teridentifikasi diantaranya bakteri *Pseudomonas aeruginosa* strain BHUJY12 (HQ-236532), *Pseudomonas putida* strain BHUJY2314 (HQ-236533), *P.aeruginosa* strain BHUJY16 (HQ-236535), *Pseudomonas* sp. strain BHUJY19 (HQ-236519), *P. aeruginosa* strain BHUJY22 (HQ-236541), *P. putida* strain BHUJY23 (HQ-236542), *P.aeruginosa* strain BHUJY24 (HQ-236543) dan *P. aeruginosa* strain BHUJY25 (HQ-236544). Semua strain bakteri yang teridentifikasi memiliki aktivitas PGPR termasuk aktivitas antagonis terhadap cendawan patogen *Rhizoctonia solani* setelah 3-6 hari inkubasi. Selain aktivitas antifungi, strain-strain tersebut memiliki aktivitas pelarutan fosfat dengan kisaran 115,94 sampai 228,71 µg/mL dalam media Pikovskaya cair, aktivitas produksi hormone IAA dengan variasi kisaran antara 12,19 sampai 22,91 µg/mL selama 6 hari inkubasi. Hal tersebut menandakan bahwa ternyata potensi bakteri rhizosfer yang berasosiasi dengan tanaman padi sangat banyak, bukan hanya aktivitas antifungi, tetapi potensi produktivitas hormon dan pelarutan fosfat yang dapat memacu pertumbuhan tanaman padi.

Plant Growth Promoting Rhizobacteria diklasifikasikan dalam dua jenis yaitu PGPR ekstraseluler (ePGPR) dan PGPR intraseluler (iPGPR). ePGPR terletak di rhizosfer, Rhizoplane maupun terletak diantara sel-sel korteks akar, sedangkan iPGPR secara umum terletak di dalam nodul sel-sel akar tanaman. Golongan bakteri yang termasuk ke dalam ePGPR adalah bakteri yang berasal dari genus *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Pseudomonas*, *Erwinia*, *Serratia*, *Micrococcous*, *Flavobacterium*, (Ahmad dan Kibret, 2014). Golongan bakteri yang termasuk ke dalam iPGPR adalah bakteri yang

berasal dari famili *Rhizobiaceae* termasuk *Allorhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium* dan *Rhizobium*, spesies bakteri endofit dan *Frankia* yang keduanya dapat secara simbiotik menyediakan nitrogen dari atmosfer pada tanaman tingkat tinggi (Bhattacharyya dan Jha, 2012).

Mikrobia rhizosfer bertindak sebagai langkah pertama pertahanan tanaman terhadap patogen yang ditularkan melalui tanah. Mekanisme yang mendasari penekanan pertumbuhan patogen dalam tanah dengan berbagai cara seperti kompetisi untuk memperoleh nutrisi, bersama dengan parasitisme, mikoparasitisme dan amensalisme di rhizosfer mengacu pada produksi suatu senyawa oleh mikroorganisme, dari metabolit sekunder dengan aktivitas antimikroba spektrum spesifik atau luas yang dapat menekan pertumbuhan cendawan patogen (Raaijmakers dan Mazzola, 2012).

Komposisi komunitas mikroba di rhizosfer diatur oleh faktor abiotik dan biotik. Karakteristik fisika serta kimia tanah yang kompleks mempengaruhi fisiologi tanaman dan pola eksudasi akar, sehingga dapat mempengaruhi komposisi mikroba rhizosfer (Inceoglu, et al., 2012).

FAKTOR KEMELIMPAHAN BAKTERI RHIZOSFER DI DALAM TANAH

Komposisi Tanah. Dalam ekosistem pertanian, tanaman yang sama dibudidayakan di berbagai tanah yang berbeda yang memiliki dampak kuat pada kelimpahan mikrobia rhizosfer. Dalam ekosistem alami, keanekaragaman tanaman umumnya lebih tinggi daripada dalam sistem pertanian, dan karena itu interaksi multitrofik yang berkembang bersama cenderung lebih penting bagi mikrobia rhizosfer. Hal tersebut terjadi karena dalam ekosistem pertanian, pentingnya mikrobia rhizosfer untuk pertumbuhan dan kesehatan tanaman lebih rendah dibandingkan dengan ekosistem alami karena input pupuk kimia dan pestisida (Philippot, et al., 2013).

Perbedaan keragaman bakteri rhizosfer asal sawah organik dan non-organik telah dibuktikan oleh Santosa, et al., 2018 yang melakukan penelitian pada daerah rhizosfer

padi IR64 asal sawah organik dan non-organik dengan mengisolasi bakteri yang berpotensi sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) memperoleh hasil perbedaan keragaman bakteri rhizosfer tersebut yaitu pada sawah organik ditemukan 9 koloni bakteri yang kemudian diidentifikasi molekuler dengan hasil *Pseudomonas aeruginosa* strain RI-98-1, *Stenotrophomonas maltophilia* strain S431, *Bacillus subtilis* strain CEB2, *Bacillus cereus* strain ATCC 14579 clone EA195, *S. maltophilia* strain 5517, *Exiguobacterium acetylicum* strain SSA-3, *Serratia nematodiphila* strain HC4, *Bacillus cereus* strain ANP221, and *Acinetobacter junii* strain M. pstv. Sedangkan dari sawah non-organik hanya ditemukan 1 koloni bakteri, akan tetapi tidak dilakukan identifikasi molekuler, sehingga pada penelitian ini belum dapat dilihat ada atau tidak ada perbedaan spesies bakteri rhizosfer pada kedua daerah tersebut.

Pada tanah yang mengandung bahan organik dengan densitas tinggi ditumbuhi mikroorganisme tanah dengan populasi yang tinggi (Wolfe, 2001). Kumar, et al (2009) melaporkan bahwa jamur *R. solani* dan mikroorganisme lain berperan sebagai saprofit pada bahan organik segar, dan sebagian besar mikroorganisme tanah menjadi bersifat antagonistik terhadap *R. solani* pada bahan organik yang telah terdekomposisi. Mikroorganisme yang menguntungkan pada kondisi seperti ini dapat berperan dengan optimal dalam menjaga keseimbangan ekosistem secara alamiah (Bulluck dan Ristaino, 2002). Kompos matang mampu menekan perkembangan jamur *R. solani*, *Fusarium oxysporum*, dan *Pythium* sp. pada beberapa tanaman inang (Hadar, et al., 1992). Menurut Weller, et al (2002), pada lingkungan perakaran yang banyak mengandung mikroorganisme, patogen tular tanah dapat tertekan pertumbuhannya bahkan dapat mengalami kematian.

Penekanan jamur *R. solani* secara alami tidak terjadi pada penambahan bahan organik segar karena persaingan hidup berlangsung sangat lemah, *R. solani* juga dapat berperan sebagai saprofit, sehingga mempunyai

kesempatan tumbuh dengan baik. Namun demikian, pada kompos matang memiliki persaingan hidup antarmikroorganisme yang menghuni menjadi sangat ketat karena kandungan nutrisi dalam substrat untuk pertumbuhan mikroorganisme sangat sedikit, akibatnya sklerosium jamur *R. solani* dapat dikoloni oleh jamur lain yang bersifat hiperparasit atau oleh bakteri antagonis. Bulluck dan Ristaino (2002) melaporkan bahwa *R. solani* sebagai patogen tular tanah dapat tertekan pertumbuhannya dengan penambahan kompos, karena di dalamnya terkandung berbagai kelompok bakteri, termasuk yang bersifat antagonistik terhadap jamur *R. solani*.

Kolonisasi Bakteri Rhizosfer. Bakteri rhizosfer merupakan bakteri yang berada di sekitar perakaran tanaman yang keberadaannya dapat menunjang pertumbuhan tanaman tersebut termasuk dalam menghambat patogen-patogen tular tanah seperti *Rhizoctonia solani*. Keberhasilan suatu bakteri menghambat pertumbuhan patogen salah satunya dikarenakan keberadaan bakteri tersebut dalam berkolonisasi.

Aplikasi isolat tunggal terkadang tidak mengendalikan penyakit dengan cara yang lebih baik mungkin terkait dengan kolonisasi akar yang tidak memadai. Oleh karena itu, mekanisme ini dengan menerapkan campuran beberapa isolat bakteri mengarah pada biokontrol yang lebih efektif (Marjan, et al., 2003).

Bakteri rhizosfer membutuhkan bantuan bakteri lain untuk berkolonisasi. Sebagaimana yang telah hasil penelitian dari Fatima, et al., 2009 mengatakan bahwa aplikasi isolat tunggal tidak mengendalikan penyakit dengan cara yang lebih baik. Hal tersebut mungkin terkait dengan kolonisasi akar yang tidak memadai. Oleh karena itu, mekanisme tersebut dilakukan dengan menerapkan campuran beberapa bakteri rhizosfer sebagai biokontrol terhadap penyakit busuk akar gandum yang lebih efektif atau setidaknya lebih andal. Penelitian tersebut melaporkan bahwa hasil penghambatan WPR-51 dan campuran tiga isolat bakteri rhizosfer sangat berpotensi

dalam menghambat pertumbuhan miselium *R. solani* dengan persentasi penghambatan mencapai 99% dibandingkan dengan isolat bakteri rhizosfer lain.

KESIMPULAN

Rhizoctonia solani merupakan cendawan patogen tular tanah yang menyebabkan penyakit hawar pelepah padi. Faktor-faktor yang dapat meningkatkan penyakit ini yaitu termasuk penggunaan konsisten varietas padi yang sangat rentan, penggunaan pupuk nitrogen yang berlebihan, siklus penanaman padi yang pendek sehingga kondisi tersebut memungkinkan sumber inokulum penyebab penyakit hawar pelepah selalu tersedia di sawah sepanjang musim baik dalam bentuk aktif (miselium) maupun dorman (sklerotium). Pengendalian penyakit ini dapat digunakan dengan menggunakan bakteri rhizosfer yang berasosiasi dengan tanaman padi tersebut. kelimpahan bakteri rhizosfer dipengaruhi oleh komposisi tanah pada lokasi tersebut serta banyaknya bakteri-bakteri yang berkolonisasi di daerah tersebut. Selain sebagai agen biokontrol, bakteri rhizosfer memiliki kemampuan yang lain sebagai PGPR diantaranya pelarutan fosfor, pemfiksasi N₂, penghasil metabolit sekunder seperti enzim-enzim dan penghasil fitohormon.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhattacharyya PN, Jha DK. 2012. *Plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture World*. J Microbiol Biotechnol. 28: 1327-1350.
- Bulluck, L.R. III and J.B. Ristaino. 2002. *Effect of Synthetic and Organic Soil Fertility Amendment on Southern Blight, Soil Microbial Communities, and Yield of Processing Tomato*. Phytopathol. 92: 181-189.
- Eizenga, G.C., F.N. Lee, and J.N. Rutger. 2002. *Screening Oryza Species Plant for Rice Sheath Blight Resistance*. Plant Disease. 86: 808-812.
- Fagi, A.M. and S. Kartaatmadja. 2004. *Teknologi Budidaya Padi: Perkembangan dan Peluang*, p. 397-418 In F. Kasryno,

- E. Pasandaran, & A.M. Fagi. (eds). *Ekonomi Padi dan Beras Indonesia*. Badan Litbang Pertanian. Departemen Pertanian, Jakarta.
- Fatima, Zarrin M. Saleemi, Muhammad Zia1, T. Sultan, M. Aslam, Riaz -Ur- Rehman, M. Fayyaz Chaudhary. 2008. *Antifungal activity of plant growth-promoting Rhizobacteria isolates against Rhizoctonia solani in wheat*. African J of Biotechnology. 8 (2): 219-225.
- Groth, D.E. and J.A. Bond. 2007. *Effects of Cultivar and Fungicides on Rice Sheath Blight, Yield, and Quality*. Plant Disease. 91: 1647–1650.
- Guo, Q., A. Kamio, B.S. Sharma, Y. Sagara, M. Arakawa, and K. Inagaki. 2006. *Survival and Subsequent of Rice Sclerotial Diseases Fungi, Rhizoctonia oryzae and Rhizoctonia oryzae-sativae, in Paddy Fields*. Plant Disease. 90: 615–622.
- Hadar, Y., R. Modelbaum & B. Corodecki. 1992. *Biological Control of Soilborne Plant Pathogens by Suppressive Compost*, p.79–83. In E.C. Tjamos, G.C. Papavizas, & R.J. Cook. (eds), *Bio Control of Plant Diseases*. Plenum Press, New York.
- Inceoglu, O., Salles, J. F. and Van Elsas, J. D. 2012. *Soil and cultivar type shape the bacterial community in the potato rhizosphere*. Microb. Ecol. 63: 460–470.
- Kumar KVK, Reddy M, Kloepper J, Groth D, Miller M, Sudini H. 2009. *In-vitro efficacy of various Rhizobacteria isolates against Rhizoctonia solani, the causal agent of rice sheath blight disease*. In: Reddy MS, Desai S, Sayyed RZ, Rao VK, Sarma YR, Reddy BC, et al., editors. *Plant growth promotion by Rhizobacteria for sustainable agriculture*. Scientific Publishers, India.
- Lavakush, Janardan Yadav dan Jay Prakash Verma. 2012. *Isolation and Characterization of Effective Plant Growth Promoting Rhizobacteria from Rice Rhizosphere of Indian Soil*. Asian J of Biological Science. 5(6): 294-303.
- Marjan DB, Peter B, Frodo K, Joost JB, van der Sluis I, van Loon LC, Bakker PAHM. 2003. *Control of Fusarium wilt of Raddish by combining Pseudomonas putida strains that have different disease suppressive mechanisms*. Phytopathol. 626-632.
- Miller, T.G. & R.K. Webster. 2001. *Soil Sampling Techniques for Determining the Effect of Culture Practices on Rhizoctonia oryzae-sativae Inoculums in Rice Field Soil*. Plant Disease. 85: 967–972.
- Nuryanto, B. 2011. *Varietas, Kompos dan Cara Pengairan sebagai Komponen Pengendali Penyakit Hawar Upih*. Disertasi. Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 126 p.
- Nuryanto, B., A. Priyatmojo, dan B. Hadisutrisno. 2014. *Pengaruh Tinggi Tempat dan Tipe Tanaman Padi terhadap Keperahan Penyakit Hawar Pelepah*. Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan. 33: 1–8.
- Philippot, Laurent, Jos M. Raaijmakers, Philippe Lemanceau, Wim H. van der Putten. 2013. *Going back to the roots: the microbial ecology of the rhizosphere*. Nature Reviews Microbiol. 11: 789-799.
- Priyatmojo, A. 2006. *Tipe mating pada empat isolat Thanatephorus cucumeris (Anamorph: Rhizoctonia solani) anastomosis grup (AG) 1-1C*. Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia. 12: 112-122.
- Raaijmakers, J. M. and Mazzola, M. 2012. *Diversity and natural functions of antibiotics produced by beneficial and plant pathogenic bacteria*. Annu. Rev. Phytopath. 50: 403-424.
- Rao, S. 1982. *Soil Microorganism and Plant Growth*. Science Publisher Inc. USA.
- Santosa, Slamet, Sutarno, Edi Purwanto, Suranto, Sajidan. 2018. *Molecular characterization of Plant Growth Promoting Rhizobacteria using 16S rRNA sequences in the organic rice field of Sukorejo Village, Central Java, Indonesia*. Biodiversitas. 19(6): 2157-2162.
- Savary, S., L. Willocquet, F.A. Elazegul, N.P. Castilla, and P.S. Teng. 2000. *Rice Pest Constrain in Tropical Asia: Quantification of Yield Losses Due to Rice*

- Pest in Range of Production Situations. Plant Disease.* 84: 357–369.
- Semangun, H. 2008. *Penyakit-Penyakit Tanaman Pangan di Indonesia.* 2nd Ed. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 475 p.
- Smith, J.D., Kidwell, K.K, Evans, M.A., Cook, R.J., and Smiley, R.W. 2003. *Assesment of spring wheat genotypes for disease reaction to Rhizoctonia solani AG 8 in controlled environment and direct-seeded field evaluation.* *Crop Science.* 43: 694-700.
- Syamsuddin. 2008. *Pertumbuhan dan Hasil Padi pada Dua Jenis Tanah dan Berbagai Lebar Bedengan Sistem Genangan dalam Parit.* Tesis. Program Pascasarjana. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. 143 p.
- Weller DM, Raaijmakers JM, Gardener BB, and Thomashow LS. 2002. *Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens.* *Annu Rev Phytopathol.* 40:309-48.
- Wolfe, D.W. 2001. *Tales from The Underground: A Natural History of Subteranean life.* Perseus Publishing, Cambridge, Massachusetts. 221 p.