

PERAN MIKROORGANISME DALAM MENDUKUNG PERTANIAN ORGANIK

Hera Nurhayati dan Ireng Darwati

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Jalan Tentara Pelajar No. 3 Bogor
heranurhayati74@gmail.com

ABSTRAK

Mikroorganisme, terutama bakteri dan jamur, banyak dimanfaatkan dalam budidaya tanaman. Peran mikroorganisme dalam pertanian organik umumnya sebagai pupuk maupun pestisida. Aplikasi mikroorganisme dalam pertanian organik adalah untuk menurunkan kandungan kimia dalam produk-produk pertanian dan mengurangi pencemaran untuk menjaga kelestarian lingkungan. Beberapa jenis mikroorganisme berfungsi sebagai pupuk, bio dekomposer, penghasil zat pengatur tumbuh dan biopestisida. Mikroorganisme yang berfungsi sebagai bio dekomposer akan mendegradasi selulosa dan lignin sehingga bahan organik tersedia untuk tanaman. Selain itu ada juga mikroorganisme yang langsung diaplikasikan ke tanaman sebagai pupuk hayati untuk meningkatkan kesuburan tanah. Beberapa spesies ada juga yang berfungsi sebagai penghasil zat pengatur tumbuh. Mikroorganisme juga dapat dimanfaatkan sebagai biopestisida untuk proteksi tanaman melalui kompetisi, antibiosis/lisis, menginduksi kekebalan tanaman terhadap penyakit dan *hyphal interference*.

Kata kunci: mikroorganisme, pertanian organik

PENDAHULUAN

Mikroorganisme banyak dimanfaatkan dalam budidaya tanaman. Peran mikroorganisme dalam pertanian organik umumnya sebagai pupuk maupun pestisida. Pemakaian produk-produk yang mengandung mikroorganisme dalam pertanian organik adalah untuk menurunkan kandungan kimia dalam produk-produk pertanian, mengurangi pencemaran akibat pupuk dan pestisida kimia, serta untuk menjaga kelestarian lingkungan (Higa dan Parr, 1994; Berg, 2009; Simarmata, 2013). Beberapa manfaat mikroorganisme dalam pertanian adalah untuk (1) memfiksasi nitrogen dari atmosfer, (2) dekomposisi sampah dan residu organik sehingga lebih aman untuk lingkungan, (3) menekan patogen tular tanah, (4) meningkatkan ketersediaan hara, (5) degradasi racun yang berasal dari pestisida atau bahan kimia lainnya, (6) menghasilkan antibiotik dan bahan aktif lainnya, (7) menghasilkan molekul bahan organik sederhana untuk diserap tanaman, (8) meningkatkan kompleksitas logam berat sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman dan (9) melarutkan hara yang tidak terlarut (Higa dan Parr, 1994; Berg, 2009; Simarmata, 2013).

PENGUNAAN MIKROORGANISME DALAM PERTANIAN ORGANIK

Salahsatu persyaratan dalam pertanian organik adalah penggunaan agensia hayati dalam pengendalian OPT maupun peningkatan kesuburan tanah. Oleh karena itu penggunaan bahan kimia sintetis seperti pestisida, pupuk maupun zat pengatur tumbuh (ZPT) dapat disubstitusi dengan penggunaan inokulan mikroorganisme. Beberapa mikroorganisme penting yang mendukung pertanian organik, berasal dari kelompok bakteri, jamur maupun virus dan nematode (Boraste, 2009), telah dimanfaatkan sebagai pupuk hayati, bio dekomposer, biopestisida, penghasil ZPT. Mikroorganisme yang telah banyak dimanfaatkan adalah bakteri dan jamur sedangkan pemanfaatan virus sebagai biopestisida hanya sekitar 1% dari total biopestisida yang diperdagangkan (Harper, 2006).

Pupuk hayati (*bio-fertilizer*)

Pupuk hayati, merupakan pupuk yang secara tidak langsung menyediakan hara untuk tanaman. Pupuk hayati dapat diartikan sebagai sediaan yang mengandung mikroorganisme hidup tertentu yang berfungsi sebagai pemfiksasi N, pelarut P, selulolitik mikroorganisme (dekomposer) atau penghasil ZPT untuk diaplikasikan pada benih, tanah atau kompos dengan tujuan untuk meningkatkan jumlah mikroorganisme yang bermanfaat dan mempercepat proses untuk meningkatkan ketersediaan hara untuk diserap tanaman (Vessey, 2003; Boraste, 2009; Berg, 2009; Simarmata, 2013). Di Indonesia, penggunaan pupuk hayati sudah dimulai sejak tahun 1970-an, menggunakan inokulan *Bradyrhizobium japonicum* yang merupakan bakteri pemfiksasi N untuk mensubstitusi pupuk kimia N (Simarmata, 2013). Selain untuk meningkatkan ketersediaan hara, pupuk hayati juga bermanfaat untuk meningkatkan kesehatan lahan, melindungi tanaman dari kekeringan dan patogen tular tanah (Boraste, 2009). Beberapa contoh mikroorganisme yang telah lazim digunakan sebagai pupuk hayati dalam budidaya tanaman:

- a. Bakteri pemfiksasi N. Fiksasi N merupakan proses enzimatik yang melibatkan enzim nitrogenase. Contoh bakteri pemfiksasi N diantaranya *Rhizobium* sp, *Bradyrhizobium* sp, *Azotobacter* sp dan *Azorhizobium caudans*. Bakteri pemfiksasi N memetabolisme eksudat akar dan menyediakan nitrogen untuk tanaman (Dobbelaere et al., 2003; Simarmata, 2013).
- b. Pelarut P. Mikroorganisme menghasilkan enzim fosfatase yang mengubah organik P menjadi P anorganik sehingga tersedia untuk tanaman. Contohnya adalah *Bacillus* sp, *Pseudomonas* sp (bakteri) dan *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp (jamur) (Simarmata, 2013). *Azospirillum* dapat meningkatkan pertumbuhan dan aktivitas akar tanaman sehingga meningkatkan penyerapan hara makro dan mikro (Dobbelaere dan Okon 2007). *Pseudomonas fluorescens* dapat menyebabkan tanah di lingkungan perakaran menjadi lebih asam sehingga melarutkan fosfor menjadi tersedia bagi tanaman (de Werra et al., 2009).

Biodekomposer

Mikroorganisme yang berfungsi sebagai dekomposer akan menguraikan bahan organik dan mendukung proses mineralisasi dalam tanah. Mikroorganisme ini menggunakan bahan organik sebagai sumber energi dan melepaskan mineral seperti NO_3^- , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ke dalam tanah (Ingham, 2001; Sullivan, 2004). Biodekomposer biasanya digunakan untuk mempercepat dekomposisi sisa-sisa tanaman yang memiliki C/N tinggi seperti jerami, serbuk gergaji dan lain-lain (Simarmata, 2013). Contohnya adalah *Trichoderma* sp, *Bacillus* sp, *Streptomyces* (Simarmata, 2013). Selain itu ada juga mikroorganisme yang menguraikan selulosa dengan menggunakan enzim *cellulosome* (bakteri anerob), atau ekstra seluler enzim (bakteri aerob) (Bhattacharyya et al., 2011). Contohnya adalah *Clostridium thermocellum*, *Cytophaga hutchinsonii*, *Microbulbifer*, *Phanerochaete chrysosporium*, *Thermobifida* sp (Schwarz, 2001 dalam Bhattacharyya et al., 2011).

Biopestisida

Mikroorganisme yang bersifat antagonis dapat langsung menghambat patogen dengan cara (1) sekresi antibiotik, racun atau biosurfaktan, (2) kompetisi dalam kolonisasi dan nutrisi, (3) kompetisi dalam mendapatkan mineral, (4) menurunkan patogenisitas OPT dan (5) parasitisme dengan mensekresi enzim penghancur dinding seperti chitinases and β -1,3-glucanase (Berg, 2009; Nasahi 2010). Beberapa penelitian di laboratorium secara *in vitro* telah membuktikan bahwa 1-35% mikroorganisme yang diambil dari habitat yang sama dengan tanaman inangnya memiliki karakter antagonis yang dapat menghambat perkembangbiakan patogen tanaman yang dapat menyerang tanaman inang (Berg et al., 2002, 2006).

Brevibacillus laterosporus strain BPM3 merupakan bakteri yang mengendalikan jamur seperti *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*, *F. semitectum*, *Magnaporthe grisea* dan *Rhizoctonia oryzae* serta bakteri gram-positif *Staphylococcus aureus* (Saikia et al., 2011). Beberapa *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) juga dapat mengendalikan *Fusarium oxysporum* (Kalita et al., 2009). *Bacillus thuringiensis* juga sudah dimanfaatkan sebagai bioinsektisida karena toksik untuk beberapa spesies serangga tapi tidak berbahaya untuk hewan dan manusia (Bhattacharyya et al., 2011).

Beberapa contoh jamur entomopatogen yang telah dikembangkan sebagai agensia pengendali hayati adalah *Trichoderma* sp., *Verticillium lecanii* Zimm., *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., *Metharizium anisopliae*, *Paecilomyces fumosoroseus* Bainer. Nasahi (2010) menyatakan salahsatu karakteristik jamur entomopatogen adalah memproduksi spora yang infeksiif dan tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrim.

Mekanisme pengendalian biopestisida dapat melalui beberapa cara yaitu kompetisi, antibiosis/lisis, antagonisme, menginduksi kekebalan tanaman terhadap penyakit dan *hyphal interference*.

Kompetisi

Kompetisi dapat terjadi melalui (1) kompetisi tempat (*colonization site*), (2) kompetisi nutrisi, (3) kompetisi mineral dan (4) menghasilkan antibiotik untuk menekan populasi patogen (Berg, 2009, Bhattacharyya et al., 2011; Nasahi, 2010).

Sebagian besar areobik dan fakultatif anaerob mikroorganisme diketahui menghasilkan *siderophore* dan agen pengkkelat Fe^{3+} sehingga berperan penting dalam menekan penyakit tanaman dengan cara membatasi ketersediaan unsur besi dalam tanah (Barbeau et al. 2002). *Pseudomonas putida* strain WCS358 mengendalikan *Fusarium oxysporum* f.sp. *dianthi*(Fod) dan *F. oxysporum* f.sp. *raphani* (For) melalui kompetisi unsur besi pada lahan yang memiliki keterbatasan dalam unsur besi. Strain WCS358 memproduksi *siderophore* tipe *pyoverdine* (*pseudobactin* 358) yang dapat mengikat *ferric ion* menjadi *ferrisiderophore complex* yang dapat di transportasikan secara spesifik kedalam sel bakteri (Nasahi, 2010).

Antibiosis/lisis

Beberapa mikroorganisme mampu menghasilkan antibiotik ataupun enzim misalnya glucanase dan chitinase untuk mendegradasi sel-sel mikroba (Nasahi, 2010). *Pseudomonas* mengendalikan *Fusarium oxysporum* dan *Aspergillus niger* dengan mensekresi metabolit sekunder yang mampu melarutkan chitin yang merupakan komponen penting dinding sel jamur (Singh et al., 2011). *Beauveria bassiana* mengontrol serangga *Myzus persicae* Sulzer (Hemiptera: Aphididae) dan *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae) dengan menghasilkan enzim protease, kitinase, dan lipase yang menyerang dan melarutkan komponen penyusun kutikula serangga (Amnuaykarnjanasin et al., 2013; Nasahi, 2010). Hifa *Metarhizium anisopliae* ar. *dcjhyium* menginfeksi rayap *Odontotermes formosanus* dan menghancurkan tubuh rayap karena hifanya mengeluarkan enzim metabolik dan destruxins (Dong et al., 2009).

Bacillus thuringiensis mampu membentuk Kristal yang membawa gen *cry*, yang berfungsi sebagai insektisida atau nematisida. Kristal ini terbukti bersifat toksik pada beberapa species dari Lepidoptera, Diptera, Coleoptera (Schnepp et al., 1998; Piggot dan Ellar, 2007) juga nematode (Wei et al., 2003).

Menginduksi kekebalan tanaman

Beberapa bakteri juga dapat menginduksi kekebalan tanaman yang disebut dengan *induced systemic resistance* (ISR) (Conrath et al., 2002; Van Loon, 2007). ISR diaktifkan oleh adanya sinyal dari *jasmonic acid* and *salicylic acid* yang dihasilkan oleh bakteri (Van Loon, 2007). Asosiasi *Pseudomonas* spp

dengan tanaman dapat menginduksi ISR terhadap penyakit yang disebabkan oleh pathogen tular tanah (Bakker *et al.*, 2007; Berg, 2009). Rhizobakteria juga dilaporkan dapat menginduksi ISR terhadap jamur, bakteri dan virus pada tanaman *Arabidopsis*, kacang buncis, mentimun, bunga anyelir, lobak, tembakau, dan tomat pada kondisi patogen dan rhizobakteria terletak terpisah satu dengan lainnya (Van Loon, 1998 dalam Nasahi, 2010).

Hyphal interference

Interferensi hifa (*hyphal interference*) adalah salah satu mekanisme yang memicu kematian hifa saat dua miselia dari dua species jamur yang berbeda bertemu (Silar, 2012). Masing-masing jamur mengeluarkan senyawa kimia *superoxides* dan *peroxides* yang menyebabkan kematian jamur (Silar, 2005). Salah satu contohnya adalah pengendalian penyakit busuk akar pada pohon conifer yang disebabkan oleh *Heterobasidion* spp. oleh jamur *Phlebiopsis gigantea* (Rishbeth, 1952 dalam Lim *et al.*, 2011).

Penghasil zat pengatur tumbuh

Mikroorganisme penghasil ZPT biasanya merupakan pupuk hayati sekaligus juga sebagai biopestisida. Mikroorganisme penghasil IAA dan giberelin diantaranya *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azotobacter*, *Azospirillum* (Berg, 2009; Simarmata, 2013). Zat pengatur tumbuh dapat dihasilkan dengan dua cara yaitu dengan cara (1) interaksi langsung antara mikroba dengan tanaman atau (2) dengan cara tidak langsung melalui aktivitas pengendalian patogen (Berg, 2009).

Bakteri yang berkembang dan berkoloni di sekitar rizosfer perakaran (*rhizosferic level*) atau di intra seluler (*endophytic level*) dan memacu pertumbuhan tanaman dikenal sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) (Berg, 2009). PGPR memproduksi ZPT seperti IAA, giberelin dan sitokinin. Beberapa bakteri dan ZPT yang dihasilkannya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Bakteri penghasil ZPT.

Jenis ZPT	Bakteri
IAA	<i>Aeromonas veronii</i>
	<i>Agrobacterium</i> sp.
	<i>Alcaligenes piechaudii</i>
	<i>Azospirillum brasilense</i>
	<i>Bradyrhizobium</i> sp.
	<i>Comamonas acidovorans</i>
	<i>Enterobacter cloacae</i>
	<i>Enterobacter</i> sp.
	<i>Rhizobium leguminosarum</i>
	<i>Paenibacillus polymyxa</i>
Sitokinin	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
	<i>Rhizobium leguminosarum</i>
Giberelin	<i>Bacillus</i> sp
ACC deaminase	<i>Alcaligenes</i> sp.
	<i>Bacillus pumilus</i>
	<i>Enterobacter cloacae</i>
	<i>Pseudomonas cepacia</i>
	<i>Pseudomonas putida</i>
	<i>Pseudomonas</i> sp.
	<i>Variovorax paradoxus</i>

Sumber : Singh dan Purohit, 2011 dalam Simarmata, 2013.

KESIMPULAN

Peranan mikroorganisme dalam mendukung pertanian organik terutama ditunjukkan oleh perannya dalam menjaga kelestarian lingkungan dan kesehatan manusia. Mikroorganisme yang banyak berperan dalam pertanian berasal dari kelompok bakteri, jamur, virus dan nematode. Peranan mikroorganisme dalam pertanian adalah sebagai pupuk, bio dekomposer, penghasil zat pengatur tumbuh dan biopestisida sehingga dapat mensubstitusi penggunaan bahan kimia yang berbahaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amnuaykanjanasin A, J Jirakkakul, C Panyasiri, P Panyarakkit, P Nounurai, D Chantasingh and M Tanticharoen. 2013. Infection and colonization of tissues of the aphid *Myzus persicae* and cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* by the fungus *Beauveria bassiana*. *BioControl*, 58(3): 379-391.
- Bakker PA, CM Pieterse and Van Loon. 2007. Induced systemic resistance by fluorescent *Pseudomonas* spp. *Phytopathology*, 97(2): 239-243.
- Barbeau K, G Zhang DH, Live and A Butler. 2002. Petrobactin, a photoreactive siderophore produced by the oil-degrading marine bacterium *Marinobacter hydrocarbonoclasticus*. *Journal of the American Chemical Society*, 124(3): 378-379.
- Berg G, K Opelt, K Zachow, C Lottmann, J Götz, M Costa R and Smalla K. 2006. The rhizosphere effect on bacteria antagonistic towards the pathogenic fungus *Verticillium* differs depending on plant species and site. *FEMS Microbiol Ecol* 56: 250-261.
- Berg G, N Roskot, A Steidle, L Eberl, A Zock and K Smalla. 2002. Plant dependent genotypic and phenotypic diversity of antagonistic Rhizobacteria isolated from different *Verticillium* host plants. *Appl Environ Microbiol* 68: 3328-3338.
- Berg G. 2009. Plant-microbe interactions promoting plant growth and health: perspectives for controlled use of microorganisms in agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 84(1): 11-18.
- Bhattacharyya PN, C Baruah, DK Jha and DK Sharma. 2011. Potential Application of Microbial Resources in North East India: Future Prospects and Challenges. *NeBio* 2(3): 12-18.
- Boraste A, KK Vamsi, A Jhadav, Y Khairnar, N Gupta, S Trivedi and B Joshi. 2009. Biofertilizers: A novel tool for agriculture. *International Journal of Microbiology Research*, 1(2): 23-31.
- Conrath U, CMJ Pieterse and B Mauch-Mani. 2002 Priming in plant-pathogen interactions. *Trends Plant Sci* 7: 210-216.
- De Werra P, M Péchy-Tarr, C Keel, M Maurhofer. 2009. Role of gluconic acid production in the regulation of biocontrol traits of *Pseudomonas fluorescens* CHA0. *Appl Environ Microbiol* 75: 4162-4174.
- Dobbelaere S, Y Okon. 2007. The plant growth promoting effects and plant responses. In: Elmerich C, Newton WE (eds) Nitrogen fixation: origins, applications and research progress. Associative and endophytic nitrogen-fixing bacteria and cyano bacterial associations, vol V. pp. 145-170.
- Dobbelaere S, J Vanderleydern and Y Okon. 2003. Plant-growth promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Crit Rev Plant Sci* 22: 107-149.
- Dong C, J Zhang, H Huang, W Chen and Y Hu. 2009. Pathogenicity of a new China variety of *Metarhizium anisopliae* (M. *Anisopliae* var. *Dcjhium*) to subterranean termite *Odontotermes formosanus*. *Microbiological research*, 164(1): 27-35.
- Harper DR. 2006. Biological Control by Microorganisms. Encyclopedia of Life Sciences (ELS) John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. <http://www.els.net>. doi: 10.1002/9780470015902.a0000344.pub3.
- Higa T and JF Parr. 1994. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment (Vol.

- 1). Atami, Japan: International Nature Farming Research Center. 16 p.
- Ingham ER. 2001. The food web and soil health. Soil Biology Primer [online]. <http://urbanext.illinois.edu/soil/SoilBiology/fw&soilhealth.htm>. Diakses tanggal 20 Juli 2014.
- Kalita RB, PN Bhattacharyya and DK Jha. 2009. Effects of plant growth promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on *Fusarium oxysporum* causing brinjal wilt. JAPS 4(3 &4): 29-35.
- Lim JM, A Jamal, X Phoon, K Korhonen and RH Coutts. 2011. Incidence of Phlebiopsis gigantea large virus-1 in a collection of Phlebiopsis gigantea isolates. Archives of virology, 156(11): 2091-2094.
- Nasahi C. 2010. Peran mikroba dalam pertanian organik. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Bandung. 73 hlm.
- Pigott CR and DJ Ellar. 2007. Role of receptors in *Bacillus thuringiensis* crystal toxin activity. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 71(2): 255-281.
- Saikia R, DK Gogoi, S Mazumder, A Yadav, RK Sarma, TC Bora, and BK Gogoi. 2011. *Brevibacillus laterosporus* strain BPM3, a potential biocontrol agent isolated from a natural hot water spring of Assam, India. Microbiological Research 166(3): 216-25.
- Schnepf E, N Crickmore, J Van Rie, D Lereclus, J Baum, J Feitelson, DR Zeigler, and DH Dean. 1998. *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 62: 775-806.
- Silar P. 2005. Peroxide accumulation and cell death in filamentous fungi induced by contact with a contestant. Mycological research, 109(02): 137-149.
- Silar P. 2012. Hyphal interference: self versus non-self fungal recognition and hyphal death. In Witzany (Ed.) Biocommunication of fungi (pp. 155-170). Springer Netherlands.
- Simarmata T. 2013. Tropical bioresources to support biofertilizer industry and sustainable agriculture in Indonesia. Presented in International Seminar on Tropical Bio-resources for Sustainable Bioindustry 2013; from Basic Research to Industry, 30-31st October 2013 in West and East Hall-ITB-Bandung-Indonesia. 26 p.
- Singh SK, RD Sheeba, S Rajendra, SK Verma, M A Siddiqui, PK Mathur A and PK Agarwal. 2011. Assessment of the Role of *Pseudomonas fluorescens* as Biocontrol Agent against Fungal Plant Pathogens. Current Botany 2(3): 43-46.
- Sullivan P. 2004. Sustainable Soil Management. National Sustainable Agriculture Information Service. ATTRA Publication. 31 p.
- Van Loon LC. 2007. Plant responses to plant growth promoting bacteria. Eur J Plant Pathol 119: 243-254.
- Vessey JK. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil, 255: 571-586.
- Wei JZ, K Hale, L Carta, E Platzter, C Wong, SC Fang and RV Aroian. 2003. *Bacillus thuringiensis* crystal proteins that target nematodes. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 100: 2760-2765.