

## Actinomycet: Mikroorganisme Potensial untuk Pengembangan PGPR dan Biokontrol Hayati di Indonesia

### Actinomycet: Potential Microorganisms for Developing PGPR and Biological Control in Indonesia

Umi Fatmawati

Prodi Pendidikan Biologi PMIPA FKIP UNS  
Jl. Ir. Sutami No 36A Kentingan Surakarta, Indonesia  
E-mail: umifatmawati84@yahoo.com

**Abstract:** Actinomycet are microorganisms isolated from soil and plant tissue and it has many types, aerobic feature. It's mycelial structure have a important role in the ecological cycle of soil nutrients. These prokaryotes are capable of producing the active compounds in the form of antibiotics, Plant Growth Promoting Factor, antioxidants, herbicides, pesticides, anti-parasitic, and cellulose and xyleneenzyme. Some genus of *Streptomyces* and *Micromonospora* can form colonies on the surface of plant roots and is very helpful in obtaining mineral resources (nitrogen, phosphorus, and other essential minerals) or modulate hormone levels and plant. It's also indirectly process by reducing the effects of inhibitors of some pathogens by forming agent bio control of plant diseases. The use of chemicals substance for agriculture is detriment because it causes environmental contamination and also adverse effects on non-target organisms. The potential use of natural products is used based on bio control agent as a soil supplement.

**Keywords:** Actinomycet, PGPR, bio control

#### 1. PENDAHULUAN

Sebagian besar petani di Indonesia masih menggantungkan penggunaan bahan kimia dalam mengendalikan penyakit serta pemupukan tanaman. Namun, penggunaan pestisida dan pupuk kimia secara terus menerus dapat mencemari lingkungan juga menimbulkan efek yang merugikan bagi manusia non target. Dampak lain dari penggunaan bahan kimia pertanian adalah mengurangi populasi mikroorganisme yang berperan dalam daur biogeokimia tanah, serta mengurangi ketersediaan unsur hara dalam jangka waktu yang lebih lama. Sejalan dengan hal itu, perlu pengembangan biokontrol dan pupuk berbasis mikroorganisme yang dapat menggantikan bahan kimia pertanian.

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki biodiversitas tinggi untuk jenis tumbuhan, hewan dan mikroorganisme. Pencarian isolat dan jenis mikroorganisme potensial yang dapat dimanfaatkan dalam bidang industri, pertanian dan kesehatan terus dilakukan (Suryanto, 2009). Eksplorasi dan penelitian mengenai pemanfaatan mikroorganisme untuk pengendalian penyakit tanaman menjadi kajian penting dalam rangka peningkatan produktivitas tanaman pangan di Indonesia. Namun, jenis mikroorganisme yang

difokuskan masih terbatas pada genus bakteri tertentu, misalnya: *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azotobacter*, *Agrobacterium*, *Pantoea*, dan *Streptomyces* (Figuiredo, et.al, 2011). Di antara beberapa kelompok mikroba, actinomycet merupakan mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk memperbaiki pengembangan pertanian yang berkelanjutan (Johansson. et.al, 2004).

Actinomycet merupakan mikroorganisme yang banyak diisolasi dari tanah maupun jaringan tanaman yang memiliki kemampuan sebagai penghasil senyawa antibakteri dan antifungi. Selain itu, jenis bakteri ini juga dimanfaatkan sebagai penghasil hormon pertumbuhan pada tanaman. Actinomycet banyak terdapat di dalam tanah dan umumnya dapat meningkatkan kesuburan tanah. Prokariota ini memiliki karakteristik yang membuatnya berguna sebagai agen biokontrol terhadap patogen bakteri pada tanaman (Bojar. et.al, 2006). Penggunaan bahan kimia bagi pertanian justru merugikan karena pencemaran lingkungan dan juga merugikan efek pada berbagai organisme non target. Potensi penggunaan produk alami berbasis biokontrol agen sebagai suplemen tanah atau pengganti bahan kimia pertanian telah banyak diteliti dan dikembangkan di beberapa negara maju.

## 2. DEFINISI ACTINOMYCET

Actinomycet berasal dari bahasa Yunani, “atkis” yang berarti sinar dan “mykes” yang berarti jamur dan organisme ini memiliki sifat seperti bakteri dan fungi (Das, et.al., 2008). Dalam kajian taksonomi, actinomycet digolongkan sebagai bakteri satu kelas dengan Schizomycetes, tetapi terbatas pada ordo Actinomycetales (Kumar. et.al., 2005; Gayathri and Muralikhrisan, 2013). Actinomycet merupakan bakteri gram positif dengan rasio Guanin (G) + Cytosin (C) yang tinggi pada DNA (> 55 mol %), di mana secara filogenetik berkaitan antara katalog 16S ribosomal dan DNA atau studi pasangan rRNA (Goodfellow and Williams, 1983 dalam Gayathri and Muralikhrisan, 2013). Actinomycet juga merupakan komponen utama populasi mikroba yang ada dalam tanah (Correa. et.al. 2010). Mikroba ini memiliki banyak jenis dan bersifat aerobik, memiliki miselia yang memiliki peran ekologis dalam daur nutrisi tanah (Correa. et.al, 2010).

Keistimewaan lain dari Actinomycet adalah prokaryota ini mampu menghasilkan senyawa aktif yang berupa antibiotic, *Plant Growth Factor*, antioksidan, herbisida, pestisida, anti parasit, serta enzim selulase dan xilanase (Oskay, et.al 2004; Bojar, et.al 2006). Hampir 80% antibiotik di dunia diketahui berasal dari Actinomycet. Sebagian besar berasal dari genus *Streptomyces* dan *Micromonospora* (Pandey. et.al, 2004; Kumar, et.al 2010). Sehingga pada dekade ini Actinomycet telah banyak dieksplorasi untuk penghasil bahan baku obat terutama untuk penyakit akibat infeksi bakteri patogen pada manusia, hewan maupun tumbuhan. Indikasi perlawanan Actinomycet terhadap bakteri patogen dapat diukur dengan pembentukan zona hambat pada pertumbuhan bakteri patogen oleh senyawa antibiotic dari Actinomycet (Kumar, et.al 2010; George, et.al, 2012).

Seiring dengan semakin sedikitnya senyawa bioaktif yang diperoleh dari Actinomycet terestrial, actinomycet dari berbagai jenis lingkungan mulai dilakukan *screening* untuk mengetahui kemampuannya dalam memproduksi metabolit sekunder yang baru (Gayathri and Muralikhrisan, 2013). Saat ini, mikroba dari tanah maupun laut telah banyak diketahui kemampuannya sebagai penghasil antimikrobia, antivirus, antitumor, antikoagulan, antidiabetik dan senyawa pemacu aktivitas jantung. Efek antibiotik actinomycet telah banyak digunakan dalam bidang pertanian, peternakan, dan industri farmasi (Gayathri and Muralikhrisan, 2013). Eksplorasi dan studi terbaru telah difokuskan pada kelompok Actinomycet minor, termasuk spesies yang sulit diisolasi dan dikultivasi, selain itu mikroba ini juga ditemukan hidup dalam kondisi ekstrim seperti lingkungan basa dan asam (Lazzarini

et. 2000 dan Phoebe. Et.al. 2001). Meski demikian, sebagian besar Actinomycet tanah dapat tumbuh optimum pada kondisi netral maupun basa lemah, sehingga prosedur isolasinya tetap berdasarkan karakter neutrofil. Beberapa metode isolasi selektif telah banyak dikembangkan oleh banyak peneliti.

Actinomycet juga ditemukan dalam jaringan tanaman sebagai endofit (Okazaki, 2003; Inderiyati, 2010; Qin, 2011). Isolasi Actinomycet endofit dari berbagai tanaman pada dua dasawarsa terakhir telah banyak dilakukan, dari hampir semua bagian vaskular tumbuhan terestrial maupun tumbuhan berkayu. Beberapa diantaranya adalah: rimpang jahe dan temulawak (Taechowisan, 2003); tomat (Tan, 2005); Bayam (Kafur, 2011), jeruk (Kandpal, 2012), akar dan daun Jagung (De'araujo, et.al.2000), akar dan batang pisang (Cao, et.al. 2004). Maka dari itu, Actinomycet endofitik yang berada dalam jaringan tanaman merupakan komponen penting dari keanekaragaman hayati mikroorganisme. Actinomycet endofit dapat menghasilkan metabolit antimikrobia dalam jaringan tanaman seperti pada species *Streptomyces* yang sudah terkenal penghasil senyawa antibiotik baru. Shimizu et al (2011) berasumsi bahwa jika Actinomycet endofit yang diisolasi dari tanaman di lapangan dapat berkembang dengan baik di jaringan pada saat pembenihan, benih juga menjadi resisten terhadap berbagai macam penyakit tanaman. Keberadaan Actinomycet dalam jaringan tanaman tidak mengganggu keberadaan bakteri lain di dalam tanah, selain itu dapat memperbaiki dan mempercepat pertumbuhan tanaman inang, dan juga mengurangi gejala penyakit dan berbagai kondisi cekaman lingkungan (Hasegawa. et.al. 2006).

## 3. TEKNIK ISOLASI DAN KULTIVASI

Terdapat 2 metode isolasi Actinomycet berdasarkan dari mana sampel diperoleh, yaitu sampel bebas dan sampel endofit. Sampel bebas jika isolat yang akan diambil berasal dari sampel tanah, air, lumpur, maupun kompos. Sedangkan sampel endofit adalah jika isolat yang akan diambil berasal dari jaringan tanaman, bisa dari organ akar, batang maupun daun.

Isolasi Actinomycet yang berasal dari sampel tanah dapat mengacu pada metode yang dilakukan Waksman (1940) dan modifikasi metode oleh Kanti (2005). Isolasi dilakukan dengan menimbang sebanyak 1 g sampel tanah dimasukkan secara aseptik ke dalam tabung berisi 5 mL media *soluble-casein* cair steril. Media *soluble-casein* terdiri dari: 1 g *soluble starch*, 0,03 g casein, 0,2 g KNO<sub>3</sub>, 0,2 g K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 0,005 g MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, 0,002 g CaCO<sub>3</sub>, dan 0,001 g FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O. Senyawa tersebut dilarutkan dalam 100 mL akuades sambil diaduk di atas *magnetic stirrer*. Setelah itu, diambil sebanyak 5 mL



ke dalam tabung reaksi untuk membuat media *soluble-casein cair*, sisanya di tambah dengan 2,4 g agar bacto untuk pembuatan media *soluble-casein agar*. Inokulan di *shaker* selama 3-5 hari. Inokulan diambil sebanyak 0,2 mL dan diinokulasikan ke dalam media *soluble-casein agar* dengan metode cawan sebar. Kemudian diinkubasi pada suhu 30°C selama 3 hari atau lebih sampai koloni Actinomycet tumbuh. Setelah tumbuh, koloni yang terpisah dan memiliki penampakan berbeda diambil sebanyak satu mata ose, diinokulasikan ke dalam tabung reaksi berisi 5 mL media NA steril, kemudian di *shaker* selama 2 hari.

Metode isolasi Actinomycet endofit sedikit berbeda dengan isolasi Actinomycet dari sampel tanah maupun air. Isolasi merupakan langkah yang paling penting untuk proses mendapatkan kultur murni. Beberapa hal yang mempengaruhi keberhasilan dalam mengisolasi Actinomycet endofit diantaranya: jenis spesies inang, strategi sampling, interaksi antara endofit dengan tanaman inang, jenis jaringan, usia tanaman, distribusi geografis tanaman, kondisi media kultur, sterilisasi permukaan jaringan dan penggunaan media selektif. Beberapa rincian metode dan prosedur, termasuk pengambilan sampel tanaman, sterilisasi permukaan dan penggunaan media telah diujikan oleh (Hallmann et al . 2006) dan diperkenalkan oleh Coombs dan Franco ( 2003).

Sterilisasi permukaan sampel jaringan tanaman adalah langkah pertama dan wajib untuk dilakukan jika mengisolasi bakteri endofit, ini bertujuan untuk membunuh semua mikroba permukaan. Sterilisasi dapat dilakukan dengan perendaman jaringan tanaman dengan desinfektan dan diikuti dengan perendaman di larutan surfaktan. Beberapa desinfektan yang sering digunakan adalah seperti etanol (70-95%), natrium hipoklorit ( 3-10 % ) dan hidrogen peroksida. Beberapa surfaktan seperti Tween 20, Tween 80 dan Triton X 100 dapat ditambahkan untuk meningkatkan efektivitas sterilisasi permukaan (Hallmann et al, 2006).

#### 4. KARAKTERISASI FENOTIP DAN BOKIMIWI ISOLAT

Klasifikasi actinomycet awalnya berdasarkan observasi morfologi. Sehingga kenampakan morfologi masih menjadi karakteristik penting untuk deskripsi taxa, dan hal ini tidak cukup hanya morfologi saja untuk membedakan banyak genus

Actinomycet. *Streptomyces* adalah genus pertama yang menjadi bab utama di buku panduan identifikasi Bergey's manual. Beberapa jenis media kultur direkomendasikan untuk karakterisasi strain untuk *International Streptomyces Project* (ISP). Parameter pengamatan morfologi meliputi: *aerial mass colour, reverse side pigment, melanoid pigment*, morfologi rantai spora dan morfologi spora (Shirling and Gotlieb, 1966). Berikut ini adalah karakteristik koloni beberapa kelompok *Streptomyces* berdasarkan warna koloni (Tabel 1).

Tabel 1. Karakteristik koloni beberapa kelompok *Streptomyces*

Kelompok <i>Streptomyces</i>	Karakteristik koloni	
	Warna hifa aerial	Warna hifa substrat
aureus	Abu-abu	Kuning atau orange
hygroscopicus	hitam	Kuning atau orange
griseofuscus	Abu-abu	Abu-abu atau hitam
albosporus	putih	Kuning atau orange atau hijau atau putih atau tidak berwarna
roseosporus	Orange atau pink	Orange atau kuning atau pink
cinereus	Abu-abu	Tidak berwarna
flavus	kuning	kuning
cyaneus	Abu-abu	biru
globisporus	Hijau	Kuning atau orange
viridis	Abu-abu atau hijau	hijau
griseorubroviola ceous	Abu-abu	Violet atau pink
lavendulae	violet	Kuning atau orange
glaucus	biru	Orange atau kuning

Sumber: Tan.et.al (2006)

Karakterisasi biokimiawi pada umumnya didasarkan pada kemampuan isolat Actinomycet dalam menggunakan berbagai senyawa karbon sebagai sumber energi mengacu pada metode standa ISP. Larutan stok dari 10 jenis gula, yaitu: xilosa, inositol, sucrosa, Raffinosa, Fructosa, Rhamnosa dan manitol dengan konsentrasi 10 X dilarutkan dalam akuades steril dan difiter menggunakan mess diameter 0,22 um. Tabel 2 menunjukkan metode karakterisasi parameter lain biokimiawi isolat actinomycet.

Tabel 2. Metode Karakterisasi Biokimiawi Isolat Actinomycet

No	Tes Biokimia	Media	Inkubasi	Indikator yang digunakan	Metode deteksi positif
1	Test indole	Peptone broth	30°C selama 3-4 hari	Reagen Kovac's	Cincin berwarna kemerahan
2	Methyl red	MR broth	30°C selama 2-4 hari	Methyl red	Warna merah
3	Voges-Proskaur	VP Broth	30°C selama 2-4 hari	Larutan A Larutan B	Warna merah
4	Citrate utilization	Simmon's citrate agar tegak	30°C selama 2-4 hari	-	Warna biru
5	Produksi hidrogen sulfida	Trypton Yeast Ekstrak Agar tegak	30°C selama 7-15 hari	-	Warna hitam
6	Test urease	Urea agar	30°C selama 2-4 hari	-	Warna pink
7	Catalase	3% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	30°C selama 2-4 hari	-	Terbentuk gelembung
8	Oksidase	Starch-casein broth	30°C selama 2-4 hari	Lempeng oksidase	Warna biru

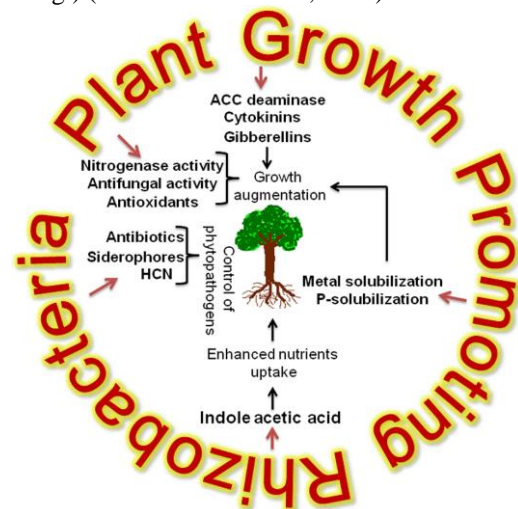
Sumber : Shirling and Gotlieb (1966)

## 5. ACTINOMYCET UNTUK PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA (PGPR)

*Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) adalah mikroba tanah yang berada di sekitar atau pada permukaan akar tanaman dan secara langsung maupun tidak langsung terlibat dalam membantu pertumbuhan dan perkembangan tanaman melalui produksi dan sekresi berbagai senyawa kimia di sekitar rizosfer. Secara umum, PGPR memfasilitasi secara langsung pertumbuhan tanaman dengan baik membantu dalam memperoleh sumber daya mineral (nitrogen, fosfor, dan mineral penting lain) atau dan memodulasi level hormon tanaman, atau secara tidak langsung dengan menurunkan efek inhibitor beberapa patogen dengan membentuk agen biokontrol (Ahemad and Kibret, 2014).

PGPR dikarakterisasi berdasarkan sifat khas, yaitu: (1) Mikroba tersebut harus mampu membentuk koloni pada permukaan akar, (2) Mikroba harus dapat bertahan, memperbanyak diri dan berkompetisi dengan mikroorganisme lain, (3) Mikroba tersebut mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman inang (Kloepper, 1994 dalam Ahemad and Kibret, 2014). Mekanisme PGPR sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Sebanyak 2-5% rhizobacter ketika diintroduksi kembali pada tanaman dan tanah akan berkompetisi dengan mikroflora yang lain, namun akan mengerahkan efek menguntungkan pada pertumbuhan tanaman. Menurut Somers. et.al (2004), PGPR dikelompokkan berdasarkan aktivitas fungsionalnya sebagai (1) *biofertilizer* (meningkatkan ketersediaan nutrisi pada tanaman),

(2) *phytostimulator* (*plant growth promotion*, pada umumnya melalui phytohormones), (3) *rhizoremediator* (mendegradasi polutan organik), (4) *Biopesticide* (mengontrol penyakit, terutama dengan memproduksi metabolit berupa antibiotik maupun antifungi) (Antoun and Prevost, 2005).



Gambar 1. Mekanisme PGPR (Ahemad and Kibret, 2014)

PGPR dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman melalui mekanisme yang berbeda-beda secara langsung maupun tidak langsung. Beberapa contoh mekanisme yang mungkin dapat berperan aktif secara simultan maupun bertahap pada pertumbuhan tanaman diantaranya: (1) meningkatkan pelarutan nutrisi mineral dan fiksasi nitrogen, (2) penghambatan patogen yang berasal dari tanah (dengan memproduksi hidrogen sianida, sideropore,

antibiotik, atau kompetisi untuk nutrisi), (3) memperbaiki sifat toleran tanaman pada cekaman kekeringan, salinitas, toksisitas logam, (4) memproduksi phytohormon seperti *indole-3-acetic acid* (IAA) (Gupta et al, 2000; Figuirodo et al, 2011).

Hasil penelitian mengenai hubungan actinomycet dengan PGPR belum banyak. Beberapa hasil terkini, mendemonstrasikan bahwa endofitic actinomycet memproduksi senyawa PGPR seperti IAA dan sideropore secara *in vitro* (Nimnoi et al, 2010; Khamna et al, 2010). Nimnoi et al (2010) menguji produktifitas IAA dan sideropore oleh endofitic actinomycet yang diisolasi dari kayu gaharu. 10 isolat mampu memproduksi IAA dan 8 diantaranya mampu memproduksi sideropore pada kultur cair. Sebelumnya, Igarashi et al (2002) mempurifikasi asam pteridic A dan B dari kultur cair endofitic *Streptomyces hygroscopicus*. Senyawa metabolit asam pteridic ini berfungsi untuk mempercepat pembentukan akar adventif pada hipokotil tanaman kacang merah dengan konsentrasi 1 nM. El Tarably et al (2009) melaporkan bahwa beberapa isolat endofitic actinomycet menghasilkan IAA dan IPYA (*indole-3-pyruvic acid*) yang meningkatkan pertumbuhan tanaman timun secara signifikan. Beberapa tahun sebelumnya, Meguro et al (2006) melaporkan bahwa strain endofit *Streptomyces* sp MBR-52 mempercepat munculnya dan pemanjangan akar tanaman. Correa et al (2010) melaporkan bahwa sebagian besar isolat yang berasal dari rizosfer *Trifolium repens*, L memiliki kemampuan untuk menghemat pelarutan sumber P inorganik atau memineralisasi beberapa P dari sumber P organik di tanah. 70% P inorganik terlarut diubah menjadi asam oleh isolat terkoleksi. Sekresi asam fosfat menunjukkan bahwa semua isolat mampu memineralisasi sumber P organik. Actinomycet juga dapat berperan sebagai *Mycorrhizal Helper Bacteria* (MHB) karena membantu meningkatkan kecepatan kolonisasi mikorhiza pada berbagai tahap siklus.

## 6. ACTINOMYCET UNTUK BOKONTROL HAYATI

Biokontrol telah mendapatkan perhatian untuk mengurangi efek penggunaan senyawa kimia di berbagai negara. Kelompok Actinomycet memiliki potensial tinggi untuk dikembangkan menjadi agen biokontrol penyakit tanaman yang bersifat *soil-borne* maupun *foliardiseases* (Shimizu, 2011). Saat ini, jumlah mikroba yang memiliki aktifitas biokontrol dalam mengatasi penyakit busuk tanaman (*soil-borne*) telah banyak diisolasi dari tanah maupun rizosfer. Banyak Actinomycet tanah juga merupakan kandidat agen biokontrol penyakit yang disebabkan patogen *soil-borne*. Fatmawati, dkk (2013)

melaporkan sebanyak 9 isolat dari 24 isolat yang diperoleh dari rizosfer tanaman cabai mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Ralstonia solanacearum* penyebab penyakit layu bakteri pada tanaman Solanaceae. Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa 3 dari 10 isolat Actinomycet yang diisolasi dari TPA Putri Cempo Mojosoongo Surakarta juga memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri *R solanacearum* secara *in vitro* (Fatmawati, dkk. 2014).

Strain endofit *Microbispora rosea* dan *Streptomyces olivochromogenes* mampu menghambat infeksi akar pada tanaman kubis Cina yang disebabkan oleh *Plasmodiophora brassicae* (Lee et al.2008). El Tarably (2003) mengungkapkan bahwa strain endofit *Actinoplanes missouriensis* yang diisolasi dari akar tanaman lupin efektif dalam menghambat pembusukan akar tanaman yang disebabkan oleh *Plectosporium tabacinum*, hal ini disebabkan karena hifa patogen terdegradasi oleh enzim kitinase yang diproduksi oleh isolat Actinomycet. Beberapa species actinomycet seperti *Actinoplanes campanulatus*, *Micromonospora chalybeata*, dan *Streptomyces spiralis* memiliki kemampuan untuk menghasilkan enzim pendegradasi dinding sel ( $\beta$ -1,3,  $\beta$ -1,4 dan  $\beta$ -1,6-*glucanase*). Maka dari itu, Shimizu (2011) menyatakan peningkatan efek biokontrol dapat diperoleh dengan mengaplikasikan kombinasi dari tiga isolat sehingga dapat bekerja secara sinergis dan multimekanisme.

## 7. KESIMPULAN

*Screening* pada sejumlah besar strain Actinomycet yang diisolasi dari tanah maupun jaringan tumbuhan memberikan kontribusi penting dalam bidang pertanian, ekologi dan kesehatan. Dari hasil beberapa penelitian terbukti bahwa, Actinomycet memiliki kemampuan dalam menghasilkan senyawa kimia bermanfaat seperti enzim, hormon, metabolit sekunder maupun aktifitas PGPR yang dapat membantu memperbaiki kualitas dan peningkatan produksi tanaman pangan di masa mendatang. Maka dari itu, sangat perlu dilakukan studi lanjut mengenai karakteristik isolat yang bermanfaat dan sangat dibutuhkan untuk kondisi lingkungan yang berbedabeda, sehingga strain Actinomycet yang optimal perlu diseleksi atau diperbaiki dengan teknik rekayasa genetik. Beberapa peneliti juga merekomendasikan untuk penggunaan konsorsia isolat Actinomycet agar hasil *treatment* lebih optimal dibandingkan hanya dengan menggunakan strain tunggal.

## 8. DAFTAR PUSTAKA

- Ahemad, M. & Kibret, M. (2014). Mechanism and application of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. *Journal of King Saud University-Science*. 26, 1-20
- Antoun, H. & Prevost, D. (2005). Ecology of plant Growth promoting rhizobacteria. In Shidiqqi, Z.A (Ed.), *PGPR: biocontrol and biofertilization*, Springer, Dordrecht, pp 1-38
- Bojar, S.G.H., Zamanian, S., Aghigi, S., Farokkhi, R. Mahdavi, M.J., & Saadoun, I. (2006). Antibacterial Activity of Iranian Streptomyces coralus strain 63 Against Ralstonia solanacearum. *Journal of Biological Science* 6 (1): 127-129 (2006).
- Cao, L., Qui, Z., Dai, X., Tan, H., Lin, Y., Zhou, S. (2004). Isolation of endofitic Actinomycet from roots and leaves of banana (*Musa acuminata*) plants and their activities against *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense. *World J Microbiol Biotechnol* 20:501-504
- Coombs, J.T., Franco, C.M.M. (2003a). Isolation and identification of actinobacteria from surfacesterilized wheat roots. *Appl Environ Microbiol* 69:5603-5608
- Correaa, M.F., Quintana, A., Duquea., C, Suarez, C, Rodriguez, M.X., Barea, J.M. (2010). Evaluation of actinomycete strains for key traits related with plant growth promotion and mycorrhiza helping activities. *Applied Soil Ecology* 45 (2010) 209-217
- De Araujo, J.M., da Silva, A.C., Azevedo, J.L. (2000). Isolation of endofitic Actinomycet from roots and leaves of maize (*Zea mays* L.). *Braz Arch Biol Technol* 43:447-451
- Das, S., Lyla, P.S. & Khan, S.A. (2008). Distribution and Generic composition of culturable marine Actinomycet from the sediment of Indian continental slope of Bay of Bengal. *Chinese. J. Oceanol. Limnol.* 26 (2): 166-177
- El-Tarabily, K.A. (2003). An endofitic chitinase-producing isolate of *Actinoplanes missouriensis*, with potential for biological control of root rot of lupin caused by *Plectosporium tabacinum*. *Aust J Bot* 51:257-266
- El-Tarabily, K.A., Nassar, A.H., Hardy, G.E.St.J., Sivasithamparam, K. (2009). Plant growth promotion and biological control of *Pythium aphanidermatum* a pathogen of cucumber, by endofitic Actinomycet. *J Appl Microbiol* 106:13-26
- Fatmawati, U., Santosa, S., & Rinanto, Y. (2013). *Isolasi Actinomycet Rizosfer Tanaman Cabai dan Potensinya Sebagai Agen Biokontrol Pertumbuhan Bakteri Ralstonia Solanacearum*. Prosiding Proceeding Seminar Nasional Penelitian, Pembelajaran Sains dan Implementasi Kurikulum 2013. ISBN 978-602-1570-08-1 hal 271-27
- Fatmawati, U., Santosa, S., & Rinanto, Y. (2014). *Aktifitas antibakteri Actinomycet yang diisolasi dari TPA Putri Cempo Mojosoongo Surakarta*. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi XI. Vol 11 (1): 431-436
- Figuredo, M.V.B., Seldin, L., Araujo, F.F., & Mariano, R.L.M. (2011). Plant Growth Promoting Rhizobacteria: Fundamental and Application. Dalam D.K Maheswari (ed). *Microbiology Monograph* 18: 21-43. Berlin: Springer Verlag Berlin Heidelberg
- Gayathri, P., & Muralikrishnan, V. (2013). Isolation and characterization of Endofitic Actinomycet from mangrove plant for antimicrobials activity. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2 (11): 78-89.
- Hallmann, J., Quadt-Hallmann, A., Mahaffee, W.F., Kloepper, J.W. (1997). Bacterial endofites in agricultural crops. *Can J Microbiol* 43:895-914
- Hasegawa, S., Meguro, A., Shimizu, M., Nishimura, T., & Kunoh, H. (2006). Endofitic Actinomycet and their interactions with host plants. *Actinomycetologica* 20:72-81
- Igarashi, Y., Iida, T., Yoshida, R., & Furumai, T. (2002). Pteridic acids A and B, novel plant growth promoters with auxin-like activity from *Streptomyces hygroscopicus* TP-A0451. *J Antibiot* 55:764-767
- Inderiati, S., Franco, C.M.M. (2008). Isolation and identification of endofitic Actinomycet and their antifungal activity. *J Biotechnol Res Trop Reg* 1:1-6
- Johansson, J.F., Paul, L.R., & Finlay, R.D. (2004). Microbial Interaction in the Microbiosphere and their significance for sustainable agriculture. *FEMS Microbiol. Ecol.* 48. 1-13
- Kanti, A. (2005). Actinomycet Selulolitik dari Tanah Hutan Taman Nasional Bukit Duabelas, Jambi. *Biodiversitas*. Vol 6 (2): 85-89
- Khamna, S., Yokota, A., Peberdy, J.F., Lumyong, S. (2010). Indole-3-acetic acid production by *Streptomyces* sp. isolated from some Thai medicinal plant rhizosphere soils. *EurAsian Journal of BioSciences*. 4, 23-32
- Kumar, S.V., Sahu, M.K. & Kathiresan, K. (2005). Isolation and characterization of streptomycetes producing antibiotics from a mangrove environment, *Asian J. Microbiol. Biotech.* 3: 457-464.
- Kumar, N., Singh, R. K. Mishra, S.K., Singh A.K., Pachouri, U.C. (2010). Isolation and screening of soil Actinomycet as source of antibiotics active against bacteria. *International Journal of Microbiology Research*. Vol 2(2):12-16



- Lee, S.O., Choi, G.J., Choi, Y.H., Jang, K.S., Park, D.-J., Kim, C. J., Kim, J.C. (2008) Isolation and characterization of endofitic Actinomycet from Chinese cabbage roots as antagonists to *Plasmodiophora brassicae*. *J Microbiol Biotechnol* 18:1741–1746
- Meguro, A., Ohmura, Y., Hasegawa, S., Shimizu, M., Nishimura, T., & Kunoh, H. (2006). An endofitic actinomycete, *Streptomyces* sp. MBR-52, that accelerates emergence and elongation of plant adventitious roots. *Actinomycetologica* 20:1–9
- Nimnoi, P., Pongsilp, N., & Lumyong, S. (2010) Endofitic Actinomycet isolated from *Aquilaria crassna* Pierre ex Lec and screening of plant growth promoters production. *World J Microbiol Biotechnol* 26:193–203
- Okazaki, T. (2003). Studies on Actinomycet isolated from plant leaves. In *Selective isolation of rare Actinomycet. National Library of Australia, Canberra*, pp 102–122
- Oskay, M., Üsame, T. A., & Cem, A. (2004). Antibacterial activity of some Actinomycet isolated from farming soils of Turkey. *African Journal of Biotechnology* Vol. 3 (9): 446, September 2004. ISSN 1684–5315 © 2004 Academic Journals
- Pandey, A., Imran, A, Butola, K.S., Chatterji, T., Singh, V. (2011). Isolation and Characterization of Actinomycet From Soil and Evaluation of Antibacterial Activities of Actinomycet Against Pathogens. *International Journal of Applied Biology and Evaluation of Antibacterial Activities of Actinomycet Against Pathogen*. Vol 2(4) Oct-Des 2011
- Qin, S., Li, J., Zhao, G.Z., Chen, H.H., Xu, L.H., Li, W.J. (2008). *Saccharopolyspora endofitica* sp. an endofitic Actinomycet isolated from the root of *Maytenus austroyunnanensis*. *Syst.Appl Microbiol* 31:352–357
- Shimizu, M. (2011). Chapter 11: Endofitic Actinomycet: Biocontrol Agent dan Growth Promoter. *Bacteria in Agrobiolgy: Plant Growth Responses. Springer-Verlag Berlin Heidelberg* 2011
- Shirling, E.G. & Gottlieb, D. (1966). Methods for characterization of *Streptomyces* species. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 16: 313-430
- Somers, E., Vanderleyden, J., Srinivasan, M. (2014). Rhizosphere bacterial signalling: a love parade beneath our feet. *Crit. Rev. Microbiol.* 30: 205-240
- Suryanto, D. (2009). Prospek Keanekaragaman Hayati Mikroba (Microbial Bioprospecting) Sumatra Utara. Pidato pengukuhan Guru Besar Mikrobiologi Universitas Sumatra Utara. Available at: [http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/20603/1/ppgb\\_2009\\_Dwi%20Suryanto.pdf](http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/20603/1/ppgb_2009_Dwi%20Suryanto.pdf) 24/07/2015
- Tan, H.M., Cao, L.X., He, Z.F., Su, G.J., Lin, B., & Zhou, S.N. (2006). Isolation of endofitic Actinomycet from different cultivars of tomato and their activities against *Ralstonia solanacearum* in vitro. *World J Microbiol Biotechnol* 22:1275–1280
- Taechowisan, T., Chuaychot, N., Chanaphat, S., Wanbanjob, A., & Shen, Y. (2008). Biological activity of chemical constituents isolated from *Streptomyces* sp. and endofite in *Alpinia galanga*. *Int J Pharmacol* 4:95–101
- Waksman, S.A. & Woodruff, H.B. (1940). Bacteriostatic and bacteriosidal Substance Produced by Soil Actinomycet. *Exp Biol Med* (Maywood). 1940, 45: 609 available at <http://ebm.sagepub.com/content/45/2/609>

**Penanya:**

Ambarwati

**Petanyaan:**

- Pada PGPR bagaimana isolate dimasukkan ? dan bagaimana parameter ukuran yang digunakan?
- Berapa takaran yang digunakan dalam proses ini?

**Jawaban:**

- Aplikasinya menggunakan media air (dicampurkan) dan disemprotkan. Parameter yang digunakan menggunakan dua macam parameter yaitu parameter basah dan kering.
- Media cair untuk 1 isolat 5 ml, penyemprotanya sekali seminggu pada pangkal batang tanaman, tanaman dibudidayakan pada pollybag, harapanya membentuk koloni untuk membatu melapisi akar agar tahan terhadap penyakit