

## UJI KEMAMPUAN PRODUKSI SITOKININ OLEH RHIZOBAKTERI

Tri Wijastuti, Agung Suprihadi, Budi Raharjo, Bedah Rupaedah

Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas  
Diponegoro, Tembalang, Semarang 50275 Telepon (024) 7474754; Fax. (024)  
76480690

E-mail : [tri.wijastuti@yahoo.com](mailto:tri.wijastuti@yahoo.com)

### Abstract

Plant growth regulators have a role in the process of growth and development of a plant. One of the Plant growth regulators which play an important role in process of growth and development is cytokinin. Cytokinin are able to stimulate division and cell enlargement, accelerate formation of organs, delay aging of various types of plants, and increase number and size of leaves. The utilization of rhizobacteria which is capable in producing cytokinin as a basic component of biological fertilizer has a very important role in improving the growth of plants. This research aims to select the capability of rhizobacteria isolates which are able to produce cytokinin and determine morphological characteristics and biochemical characteristics of potential rhizobacteria isolates as a cytokinin producer. The research was conducted at the Laboratory Agromikrobiologi, Biotechnology Research Center, Agency for the Assessment and Application of Technology, Puspitek, Serpong. The research procedure was rhizobacteria cultivation and extraction of cytokinin from rhizobacteria culture, then detect cytokinin using the method of thin layer chromatography (TLC) and high performance liquid chromatography (HPLC). The results showed that the isolates which were capable to producing cytokinin was Jember 2.2 with a concentration of 92 mg L<sup>-1</sup> and expected as *Pseudomonas* genus bacteria.

Keywords : biofertilizers, rhizobacteria, cytokinin.

### Abstrak

Zat pengatur tumbuh (ZPT) mempunyai peranan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Salah satu ZPT yang berperan penting dalam proses pertumbuhan dan perkembangan yaitu sitokinin. Sitokinin mampu memacu pembelahan dan pembesaran sel, mempercepat pembentukan organ dan menunda penuaan berbagai jenis tanaman, serta dapat meningkatkan jumlah dan ukuran daun. Pemanfaatan rhizobakteri yang mampu memproduksi sitokinin, sebagai komponen dasar pupuk hayati mempunyai peranan yang sangat penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk menyeleksi kemampuan isolat rhizobakteri yang mampu memproduksi sitokinin dan mengetahui karakter morfologi serta biokimia isolat rhizobakteri potensial penghasil sitokinin. Penelitian dilakukan di Laboratorium Agromikrobiologi, Balai Pengkajian Bioteknologi, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Puspitek, Serpong. Kegiatan penelitian meliputi kultivasi rhizobakteri, ekstraksi sitokinin dari kultur rhizobakteri yang kemudian dideteksi dengan menggunakan metode kromatografi lapis tipis (KLT) dan kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat Jember 2.2 mampu memproduksi sitokinin dengan konsentrasi 92 mg L<sup>-1</sup> dan diperkirakan termasuk bakteri genus *Pseudomonas*.

Kata kunci : pupuk hayati, rhizobakteri, sitokinin.

Pendahuluan

Sejak Revolusi Hijau penggunaan pupuk anorganik mengalami peningkatan, padahal pemakaian pupuk anorganik dalam jumlah berlebihan memberikan dampak negatif bagi lingkungan. Solusi alternatif yang dapat diterapkan untuk menangani dampak negatif penggunaan pupuk anorganik, antara lain dengan mengurangi penggunaan pupuk anorganik dengan menggunakan pupuk organik dan pupuk hayati (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, 2006).

Pupuk hayati merupakan inokulan berbahan aktif mikroorganisme hidup yang dapat mendegradasi bahan organik, sehingga mampu menyediakan unsur hara yang dapat diserap tanaman (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, 2006). Kelompok mikroorganisme yang berperan sebagai pupuk hayati adalah rhizobakteri. Rhizobakteri yang berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman disebut Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). Salah satu mekanisme PGPR dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman yaitu dengan mensintesis dan mengatur konsentrasi berbagai zat pengatur tumbuh (ZPT).

Salah satu ZPT yang mempunyai peranan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman yaitu sitokinin. Sitokinin berperan dalam memacu pembelahan dan pembesaran sel, mempercepat pembentukan organ, dan menunda penuaan berbagai jenis tanaman, serta dapat meningkatkan jumlah dan ukuran daun (Parnata, 2010). Beberapa bakteri yang diketahui mampu memproduksi sitokinin, yaitu *Halomonas desiderata*, *Proteus mirabilis*, *P. vulgaris*, *Corynebacterium fascian*, *Klebsiella*

*pneumoniae*, *B. megaterium*, *B. cereus*, *B. subtilis* dan *Escherichia coli* (Hussain & Hasnain, 2009 ; Arkhipova et al., 2005).

Tanaman mampu mensintesis sitokinin sebagai hormon endogen yang digunakan untuk proses dan kelangsungan pertumbuhan normalnya. Hormon eksogen (hormon dari luar) diperlukan bagi tanaman untuk mempercepat pertumbuhan dan meningkatkan produktivitas hasil pertanian. Hormon eksogen tersebut dapat diperoleh dari pupuk hayati yang mengandung mikroorganisme hidup yang mampu memproduksi fitohormon (Abidin, 1985).

Rhizobakteri yang mampu memproduksi sitokinin sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber fitohormon eksogen tanaman. Kemampuan ini penting untuk dieksplorasi mengingat peran sitokinin yang sangat penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, karena mampu memacu pembelahan dan pembesaran sel. Penelitian mengenai eksplorasi rhizobakteri yang mampu memproduksi sitokinin masih sangat terbatas, sehingga perlu dilakukan eksplorasi mengenai kemampuan rhizobakteri dalam memproduksi sitokinin melihat potensi rhizobakteri tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk menyeleksi kemampuan isolat rhizobakteri yang mampu memproduksi sitokinin dan mengetahui karakter morfologi, serta biokimia isolat rhizobakteri potensial penghasil sitokinin, sehingga dapat dimanfaatkan lebih lanjut sebagai komponen dasar pupuk hayati.

## Bahan dan Metode

### Bahan penelitian

Isolat rhizobakteri yang berasal dari rhizosfer tanaman yang

berbeda, dapat dilihat pada Tabel 1. Medium yang digunakan yaitu Tryptic Soya Agar (TSA), Nutrient Broth (NB), Nutrient Agar (NA), dan medium M9 minimal. Bahan –bahan lain yang digunakan antara lain triptofan, pelat KLT silika G60 F<sub>254</sub>, larutan sitokinin standar yaitu kinetin (Caisson) 6-benzylaminopurine (Phytotechnology laboratories), thiamin, dan biotin.

#### Ekstraksi sitokinin

Isolat rhizobakteri sebanyak dua ose diinokulasikan ke erlenmeyer yang berisi 40 mL medium M9 minimal dengan tambahan 0,2 % triptofan. Kultur diinkubasi pada suhu 28 °C diagitasi dengan kecepatan 150 rpm selama 96 jam, kemudian kultur rhizobakteri diambil sebanyak 20 mL dan disentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit. Supernatan dipisahkan untuk dinetralkan pHnya dengan menggunakan NaOH 0,1 N (jika terlalu asam) atau HCl 0,1 N (jika terlalu basa).

Supernatan yang telah dinetralkan ditambah 5 mL etil asetat, kemudian dihomogenkan menggunakan vortek selama 1 menit hingga tercampur antara fase air dan fase etil asetat. Ekstrak didiamkan beberapa saat sampai fase air terpisah dari fase etil asetat, kemudian fase etil asetat dipisahkan. Pemberian etil asetat dilakukan sebanyak tiga kali secara bertahap, sehingga diperoleh 15 mL fase etil asetat yang siap untuk dievaporasi. Sitokinin yang terlarut dalam etil asetat akan menempel pada dinding tabung, kemudian dilarutkan dengan 100 µL metanol.

Tabel 1. Daftar kode isolat dan asal isolat yang digunakan

No.	Kode Isolat	Asal
1.	115	Padi – Medan
2.	66	Padi – Malang

3.	Tb. 15	Tebu – Serpong
4.	73	Padi – Sukabumi
5.	116	Jagung – Bogor
6.	29	Sorgum - Lampung
7.	B-01	Kangkung - Serpong
8.	Kerawang 3.6.1	Padi - Kerawang
9.	Tb. 12	Tebu - Serpong
10.	Sleman 4.6.2	Padi – Sleman
11.	83	Padi – Sukabumi
12.	80	Padi - Sukabumi
13.	Jember 2.2	Padi – Jember
14.	59	Padi - Malang
15.	Malang 1.1	Padi - Malang
16.	64	Padi - Malang
17.	77	Padi - Sukabumi
18.	37	Padi – Jember
19.	57	Padi - Malang
20.	Pd.3	Padi - Serpong

#### Analisis sitokinin secara kualitatif dan kuantitatif

Analisis sitokinin secara kualitatif dengan menggunakan metode kromatografi lapis tipis (KLT) dengan cara menotolkan fraksi metanol pada pelat KLT silika G60 F<sub>254</sub> dengan pembanding menggunakan standar sitokinin berupa kinetin dan 6-benzylaminopurine. Pelat dielusi dengan menggunakan larutan kloroform : metanol (80 : 20 v/v). Hasil elusi dikeringkan dan diperiksa menggunakan sinar ultraviolet pada 254 nm.

Hasil deteksi yang telah dilakukan dengan metode KLT, kemudian dikonfirmasi menggunakan kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT). Sampel diinjeksikan sebanyak 20 µL dengan dipisahkan secara fase terbalik menggunakan kolom (Discovery C18, 5 µm, dimensi kolom 25cm x 3,0 mm). Sampel dianalisis dalam kondisi isokratik dengan menggunakan fase gerak 40 % metanol. Detektor UV ditetapkan pada 270 nm. Total waktu run time untuk pemisahan adalah sekitar 15 menit pada laju aliran 1 mL/min.

#### Karakterisasi rhizobakteri potensial penghasil sitokinin

Karakterisasi rhizobakteri mengacu pada Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Ninth Edition (Holt et al., 1994). Karakterisasi dilakukan berdasar atas pengamatan makroskopis, mikroskopis, dan uji biokimia. Pengamatan makroskopis morfologi koloni meliputi bentuk, ukuran, tepian, warna, elevasi, dan permukaan koloni. Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan menggunakan pewarnaan gram untuk mengetahui bentuk sel. Uji biokimia yang dilakukan antara lain uji fermentasi karbohidrat, uji produksi indol, uji aktivitas enzim katalase, uji motilitas, uji urease, uji oksidase, uji sitrat, uji kebutuhan oksigen, uji Methyl Red dan Voges-Proskauer (Mac Faddin, 1976).

## Hasil Dan Pembahasan

Uji kemampuan produksi sitokinin oleh rhizobakteri

Rhizobakteri yang diuji kemampuannya dalam memproduksi sitokinin terdiri dari 20 isolat. Isolat tersebut merupakan hasil isolasi dari rhizosfer tanaman seperti tebu, padi, sorgum, kangkung dan jagung. Isolat tersebut sebagian besar berasal dari tanaman famili Graminae karena tanaman yang termasuk famili Graminae memiliki kerapatan populasi bakteri yang tinggi (Eliza et al., 2007).

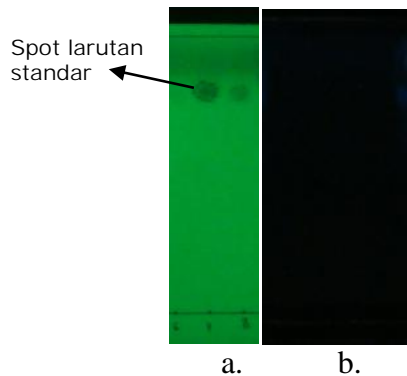
Isolat uji yang digunakan dalam penelitian ini, lebih banyak berasal dari rhizosfer tanaman padi. Hasil eksudat akar padi dapat dimanfaatkan oleh rhizobakteri untuk biosintesis de novo purin (adenin) yang merupakan prekursor untuk sintesis sitokinin. Jimenez et al. (2003) menyatakan bahwa eksudat akar tanaman padi banyak mengandung berbagai jenis asam amino dan karbohidrat. Histidin, prolin, valin, alanin dan glisin

merupakan beberapa asam amino yang ditemukan di eksudat akar tanaman padi. Jenis karbohidrat dari eksudat akar padi berupa glukosa, arabinosa, manosa, galaktosa dan asam glukuronat.

Pendugaan senyawa sitokinin dilakukan dengan metode kromatografi lapis tipis (KLT). Metode KLT digunakan karena pelaksanaannya lebih mudah dan murah dibandingkan dengan kromatografi lainnya, waktu analisis cepat, dan daya pisahnya cukup baik. KLT merupakan suatu metode pemisahan suatu senyawa berdasarkan perbedaan distribusi dua fasa yaitu fasa diam dan fasa gerak (Sudjadi, 1986).

Fasa diam yang digunakan terbuat dari silika gel 60 F<sub>254</sub> (Merck) yang bersifat polar. Pelat KLT ini terdiri dari lempeng silika yang dilapisi gipsum dan senyawa yang berfluoresensi di bawah UV pada panjang gelombang pendek. Pengamatan pelat dibawah lampu UV pada panjang gelombang pendek 254 nm dan 366 nm, untuk menampakkan komponen senyawa sebagai bercak yang gelap atau bercak yang berfluorosensi terang pada dasar yang berfluorosensi seragam (Gritter, 1991).

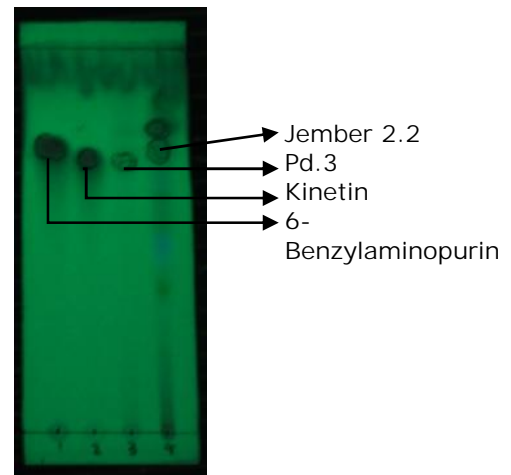
Senyawa sitokinin dipisahkan dengan menggunakan eluen kloroform : metanol (8 : 2) yang dipilih berdasarkan hasil optimasi eluen KLT. Pelarut yang dipilih sebagai eluen disesuaikan dengan sifat kelarutan senyawa yang dianalisis. Analisis kualitatif sitokinin dilakukan dengan KLT untuk mengidentifikasi dan memastikan bahwa, zat yang diekstrak dari kultur rhizobakteri mengandung sitokinin



Gambar 1. Pelat KLT dibawah sinar UV  
a. 254 nm. b. 366 nm

Hal ini dibuktikan dengan kesamaan jarak tempuh spot sampel dengan spot standar yang terlihat pada nilai retention factor (Rf). Nilai Rf diperoleh berdasarkan perhitungan dari jarak titik awal ke titik spot, dibagi jarak titik awal ke titik akhir pergerakan eluen. Nilai Rf yang dihasilkan larutan standar Kinetin dan 6-Benzylaminopurine adalah 0,7 dan 0,72. Isolat Pd.3 dan Jember 2.2 memiliki nilai Rf yaitu 0,7 dan 0,72. Nilai Rf isolat Jember 2.2 dan Pd.3 jika dibandingkan dengan nilai Rf standar memiliki kesamaan nilai Rf yang dapat diduga bahwa, senyawa yang terdapat pada sampel merupakan senyawa yang sama seperti standar.

Isolat rhizobakteri lainnya memiliki nilai Rf yang tidak sama dengan nilai Rf standar. Hal tersebut menunjukkan bahwa dalam medium kultur tidak mengandung sitokinin. Sudjadi (1986) menyatakan bahwa faktor yang mempengaruhi nilai Rf yaitu jumlah pencuplikan, lebar pencuplikan, adsorben yang terdapat pada pelat, suhu, lama pengelusan dan keafinitasan pelarut yakni kepolarannya. yaitu jumlah pencuplikan, lebar pencuplikan, adsorben yang terdapat pada pelat, suhu, lama pengelusan dan keafinitasan pelarut yakni kepolarannya.



Gambar 2. Pengamatan pelat KLT dibawah sinar UV 254 nm

Analisis KLT hanya menunjukkan isolat Jember 2.2 dan Pd. 3 yang terdeteksi mampu memproduksi sitokinin. Hal tersebut diduga, karena sensitivitas KLT yang terbatas, sehingga jika konsentrasi sitokinin terlalu kecil maka tidak akan terdeteksi. KLT umumnya dapat mendeteksi suatu senyawa dengan konsentrasi di atas 1 mg/L. Watson (2010) menyatakan bahwa KLT memiliki keterbatasan yaitu banyaknya pelat teoritis yang tersedia untuk pemisahan dalam sistem KLT, kepekaan yang terbatas, dan membutuhkan operator yang terampil dalam penggunaan yang optimal.

Hasil analisis menggunakan kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT) menunjukkan bahwa, isolat Jember 2.2 mampu memproduksi sitokinin jenis 6-Benzylaminopurine. Hal ini dibuktikan dengan kesamaan waktu retensi sampel dengan standar. Larutan standar 6-Benzylaminopurine dan Jember 2.2 memiliki waktu retensi yaitu 8,276 dan 8,173 (Gambar 3). Waktu retensi standar dan Jember 2.2 jika dibandingkan akan sedikit berbeda namun spektrum 3D dari signal kromatogramnya sama, sehingga dapat dinyatakan merupakan

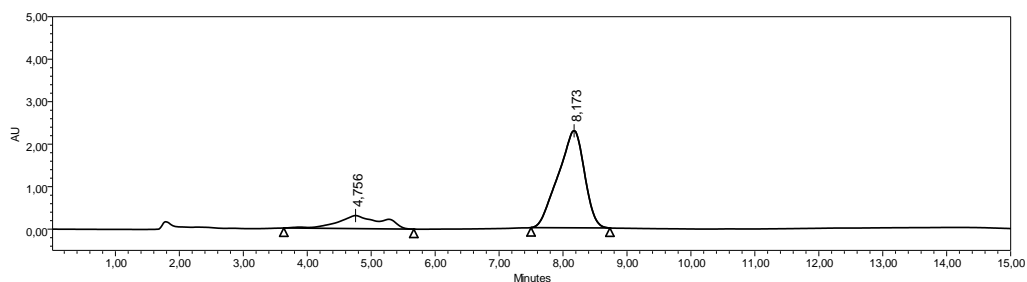
senyawa yang sama. Waktu retensi suatu senyawa dapat berbeda-beda, karena dipengaruhi oleh tekanan yang dapat mempengaruhi cepat lambatnya laju alir pelarut.

Konsentrasi yang dihasilkan isolat Jember 2.2 yaitu sebesar 92 mg/L. Xenia (2010) menyatakan *Azotobacter* sp. mampu menghasilkan sitokinin sebanyak 104,56 mg/L. Medium kultur *Azotobacter paspali* mengandung sitokinin dengan konsentrasi 20 µg/L dan pada medium kultur *A.vinelandii* mengandung sitokinin dengan konsentrasi 50 µg/L hingga 1 mg/L (Barea & Brown, 1974). Analisis sitokinin dilakukan menggunakan KCKT, karena metode ini dapat digunakan untuk analisis kualitatif maupun kuantitatif, mampu memisahkan molekul-molekul dari suatu campuran dengan daya memisah yang tinggi, waktu analisa cukup singkat dan dapat menganalisis sampel yang kecil kuantitasnya.

Analisis sitokinin dilakukan menggunakan KCKT, karena metode ini dapat digunakan untuk analisis kualitatif maupun kuantitatif, mampu memisahkan molekul-molekul dari suatu campuran dengan daya memisah yang tinggi, waktu analisa

cukup singkat dan dapat menganalisis sampel yang kecil kuantitasnya. Deteksi sitokinin dengan KCKT menggunakan sistem KCKT fase terbalik berdasarkan sifat kelarutan senyawa yang akan dianalisis.

Fase gerak yang digunakan yaitu campuran air suling dan metanol dengan perbandingan 6 : 4 karena campuran ini akan menghasilkan larutan polar yang diperlukan sebagai fase gerak untuk KCKT fase terbalik. Elusi yang digunakan yaitu elusi isokratik dengan fase gerak dari awal sampai akhir memiliki perbandingan komposisi yang tetap. Day dan Underwood (2002) menyatakan bahwa elusi pada kromatografi ada dua macam yaitu elusi isokratik dan gradien. Elusi isokratik yaitu ketika komposisi pelarut tidak berubah selama satu percobaan kromatografi dan elusi gradien yaitu pelarut berubah komposisinya selama proses elusi.



Gambar 3. Kromatogram isolat Jember 2.2 dengan waktu retensi 8,173 yang mengandung 6-benzilaminopurin.

Karakterisasi rhizobakteri potensial penghasil sitokinin

Ciri-ciri utama suatu bakteri yang perlu diketahui dalam mengkarakterisasi bakteri adalah ciri

morfologi, susunan kimiawi dari sel, sifat biakan, metabolisme, sifat antigenik, sifat genetik, dan patogenesisitas. Penentuan ciri-ciri tersebut memerlukan beberapa uji

morfologi dan fisiologi. Isolat Jember 2.2 bersifat Gram negatif dengan bentuk sel batang. Hasil pengamatan morfologi koloni Jember 2.2 yaitu ukuran kecil, bentuk circular, elevasi convex, margins entire, permukaan halus mengkilap dan memiliki warna krem.

Hasil pengamatan karakteristik biokimia isolat Jember 2.2, dalam Tabel 2 memperlihatkan bahwa bakteri gram negatif, motil, mampu melakukan aktivitas katalase dan oksidase, mampu memfermentasi karbohidrat (glukosa dan sukrosa) dengan menghasilkan larutan yang bersifat asam, tidak mampu memproduksi indol, mampu menghasilkan dan mempertahankan asam dalam suatu medium yang mengandung buffer (metil merah positif) dan tidak mampu menghasilkan acetylmethylcarbinol (acetoin) dari fermentasi glukosa (Voges-Proskauer negatif), tidak mampu menghidrolisis sitrat dan urea.

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa isolat Jember 2.2 diduga termasuk ke dalam genus *Pseudomonas* sesuai dalam *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology Ninth Edition* yaitu bakteri batang, lurus atau sedikit bengkok, tapi tidak berpilin, berdiameter 0,5-1,0  $\mu\text{m}$  dengan panjang 1,5-5,0  $\mu\text{m}$ . bersifat Gram negatif. Motil dengan satu atau beberapa flagel polar, jarang yang nonmotil. Aerob, mempunyai tipe metabolisme respirasi terbatas dengan oksigen sebagai akseptor elektron terakhir. Pada beberapa

kasus nitrat dapat digunakan sebagai alternatif akseptor elektron terakhir yang memungkinkan pertumbuhan pada keadaan anaerob, oksidase positif atau negatif dan katalase positif.

*Pseudomonas* mampu memproduksi sitokinin karena memiliki gen yang berperan dalam proses biosintesis sitokinin. Gen *ipt* merupakan gen yg berperan dalam proses biosintesis sitokinin pada bakteri *A. tumefaciens*, yang juga ditemukan pada *P. syringae* pv. *Savastanoi* disebut *ptz* (Baca & Elmerich, 2003). Gen *ipt* menyandikan enzim isopentenyl transferase yang berperan mengkatalisa sintesis sitokinin yaitu hormon yang diperlukan dalam perbanyakan sel dan diferensiasi tunas. Over produksi sitokinin oleh gen *ipt* meningkatkan pembelahan sel dan diferensiasi tunas, sehingga sel yang ditransformasi akan membentuk tunas pada media bebas hormon (Rahmawati, 2003).

Akiyoshi et al. (1987) menyatakan sitokinin juga diproduksi oleh cyanobacteria dan beberapa bakteri tanaman patogen (*Agrobacterium tumefaciens*, *Pseudomonas savastanoi*, *Rhodococcus fascians*) serta jamur lendir *Dictyostelium discoideum*. Medium kultur *P. solanacearum*, *P. fluorescens* dan *P. syringae* pv. *savastanoi* menunjukkan bahwa sitokinin yang terkandung dalam medium merupakan turunan sitokinin seperti trans-zeatin, isopentyladenosine, zeatin ribosa, dan dihydrozeatin riboside.

Tabel 2. Karakter morfologi dan biokimia isolat Jember 2.2 dibandingkan dengan *Pseudomonas* (berdasarkan *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*)

No.	Karakter	Isolat Jember 2.2	<i>Pseudomonas</i>
Karakterisasi Morfologi Sel			
1.	Bentuk sel	Batang pendek	Batang pendek
2.	Gram	-	-
Karakterisasi Morfologi Koloni			
3.	Ukuran	Kecil	-
4.	Bentuk	Circular	Circular
5.	Elevasi	Convex	Convex
6.	Margins	Entire	Entire
7.	Permukaan	Halus mengkilap	-
8.	Warna	Krem	Krem
Karakterisasi Biokimia			
9.	Uji Motilitas	+	+
10.	Pertumbuhan Aerob	+	+
11.	Uji Katalase	+	+
12.	Uji Oksidase	+	D
13.	Pembentukan asam dari		
	a. Glukosa	+	D
	b. Sukrosa	+	D
	c. Laktosa	-	D
	d. Manitol	-	
14.	Produksi Indol	-	-
15.	Uji Methyl Red	+	D
16.	Uji Voges Proskauer	-	D
17.	Uji Penggunaan Sitrat	-	D
18.	Uji Urease	-	-

Keterangan : D = hasil berbeda-beda pada setiap spesies yang berbeda  
+/- = reaksi positif /negatif

### Kesimpulan

Isolat rhizobakteri yang mampu memproduksi sitokinin yaitu Jember 2.2 yang berasal dari rhizosfer tanaman padi.

Isolat Jember 2.2 mampu memproduksi sitokinin sebanyak 92 mg/L dan berdasarkan *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* Ninth Edition isolat Jember 2.2 diduga termasuk bakteri genus *Pseudomonas*.

### Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Kepala Balai Pengkajian Bioteknologi, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Puspitek, Serpong yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas

kepada kami untuk melaksanakan penelitian ini. Semua Staff Laboratorium Agromikrobiologi yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

### Daftar Pusaka

- Abidin, Z. 1985. Dasar-dasar Pengetahuan tentang Zat Pengatur Tumbuh. Angkasa. Bandung.
- Akiyoshi, D. E., Regier, D.A., and Gordon, M. P. 1987. Cytokinin Production by *Agrobacterium* and *Pseudomonas* spp. *Bacteriology* 168 (9).
- Arkipova, T. N., Veselov, S. U., Melentiev A. I., Martinenko, E. V., and Kudoyarova, G. R. 2005. Ability of *Bacterium Bacillus*



- subtilis to Produce Cytokinins and to Influence The Growth and Endogenous Hormone Content of Lettuce Plants. *Plant Soil* 272: 201–209.
- Baca, B. E. and Elmerich, C. 2003. Microbiol Production of Plant Hormones. *Plant Res* 116 : 233-239.
- Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. 2006. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Barea, J. M. & Brown, M. E. 1974. Effects on Plant Growth Produced by *Azotobacter paspali* Related to Synthesis of Plant Growth Regulating Substances. *Appl. Bacteriology* 37: 583–593
- Day, R. A. and Underwood, A. L. 2002. Analisis Kimia Kuantitatif. Edisi Ke-6. Alih bahasa: Aloysius Handyana Pudjaatmaka. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Eliza, Munif, A., Djatnika, I., dan Widodo. 2007. Karakter Fisiologis dan Peranan Antibiosis Bakteri Perakaran Graminae terhadap *Fusarium* dan Pemacu Pertumbuhan Tanaman Pisang. *Hort.* 17 (2) : 150-160.
- Gritter, R. 1991. Pengantar Kromatografi. ITB. Bandung.
- Holt J. G., Krieg N. R., Sneath P. H. A., Staley J. T., and William S. T. 1994.
- Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. Ninth Edition. Lippicott Williams and Wilkins. New York.
- Hussain, A. And Hasnain, S. 2009. Cytokinin Production by some Bacteria : Its Impact on Cell Division in Cucumber Cotyledons. *Microbiology Research* 3(11): 704-712.
- Jimenez, M. B., Flores, S. A., Zapata, E. V., Campos, E. P., Bouquelet, S., and Zenteno, E. 2003. Chemical Characterzation of Root Exudates from Rice (*Oryza sativa*) and Their Effects on The Chemotactic Response of Endophytic Bacteria. *Plant and Soil* 249 : 271-277.
- Parnata, A. D. 2010. Meningkatkan Hasil Panen dengan Pupuk Organik. PT AgroMedia Pustaka. Jakarta
- Rahmawati, S. 2003. Gen Penyeleksi Alternatif untuk Transformasi Tanaman. *Buletin Agrobio* 6 (1):26-33
- Sudjadi. 1986. Metode Pemisahan. Kanisius. Yogyakarta
- Watson, D. G. 2010. Analisis farmasi : Buku Ajar untuk Mahasiswa Farmasi dan Praktisi Kimia Farmasi. Edisi 2. Alih bahasa : Winny R. Syarief, S.Si, Apt. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.
- Xenia. 2010. Pengaruh inokulasi *Azotobacter* sp. Terhadap Perakaran Jagung Pada Beberapa tingkat Pemberian  $KNO_3$  Di Media Padat Watanabe. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.