

# Aktivitas *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03, sebagai isolat yang bermanfaat untuk remediasi lingkungan tercemar dan agen pendukung pupuk organik hayati

## Assessing the potential of *Ochrobactrum* sp.S79 L7T03 isolate for environmental remediation and as supporting agents of organic biofertilizer

HARTATI IMAMUDDIN<sup>✉</sup>, T. KUMALA DEWI, D. AGUSTYANI, SARJIYA ANTONIUS

Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi, LIPI. CSC, Jl Raya Jakarta-Bogor Km 46 Cibinong Bogor 16911, Jawa Barat. Tel.: +62-21-87907636, 87907604 Fax. 87907612, ✉email: himamuddin@gmail.com

Manuskrip diterima: 5 Desember 2014. Revisi disetujui: 30 Januari 2015.

**Abstrak.** Imamuddin I, Kumala Dewi T, Agustyani D, Antonius S. 2015. Aktivitas *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03, sebagai isolat yang bermanfaat untuk remediasi lingkungan tercemar dan agen pendukung pupuk organik hayati. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1* (2): 265-269. Krisis masalah lingkungan pertanian di Indonesia sangat mengkhawatirkan, sehingga perlu dilakukan upaya-upaya pendekatan yang lebih terintegrasi dengan memanfaatkan mikroba yang memiliki kemampuan multi guna. Penelitian ini bertujuan untuk menggali potensi bakteri dan karakterisasi isolat L7T03 dalam menunjang remediasi lingkungan tercemar dan agen pendukung pupuk organik hayati. Isolasi resisten L7T03 dilakukan dengan metoda plate count dengan penambahan logam berat dan uji resistensi secara kualitatif dengan metoda *disk blank*. Identifikasi isolat L7T03 dilakukan dengan 16S rDNA. Metoda untuk pengukuran IAA dilakukan dengan dua cara yaitu dengan kolorimetri dan HPLC. Hasilnya menunjukkan bahwa isolat L7T03 dengan 16S rDNA partial adalah *Ochrobactrum* sp.S79 L7T03 dengan kecocokan 99%. *Ochrobactrum* sp.S79 L7T03 adalah bakteri yang cukup potensial agen remediasi karena mempunyai banyak kemampuan diantaranya resisten terhadap berbagai logam berat diantaranya merkuri (HgCl<sub>2</sub>) sampai konsentrasi 70 ppm, Tembaga (Pb) 1000 ppm, Zink (Zn) 2000 ppm, Cobalt (Co), Cr (Chrom) 2000 ppm, Cu (Cuprum) 2000 ppm disamping itu bakteri tersebut juga dapat tumbuh pada pestisida (carbaryl) sampai konsentrasi 50-100 ppm Kemampuan penting lainnya adalah kemampuannya dapat menghasilkan hormon tumbuh IAA (Indol Acetic Acid) sebesar 19,335 ppm dengan tryptophan dan tanpa tryptophan hanya 3,22 ppm. *Ochrobactrum* sp. juga mampu menghasilkan Zeatin Riboside (Sitokinin) yang sangat penting bagi pembelahan sel untuk inisiasi pertumbuhan tanaman. Dari hasil yang diperoleh membuktikan bahwa bakteri tersebut sangat penting perannya sebagai pendukung pembuatan pupuk organik hayati Beyonic-LIPI seri StarTmik.

**Kata kunci:** Merkuri, *Ochrobactrum*, pupuk, IAA

**Abstract.** Imamuddin I, Kumala Dewi T, Agustyani D, Antonius S. 2015. Assessing the potential of *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 isolate for environmental remediation and as supporting agents of organic biofertilizer. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1* (2): 265-269. Environmental crisis in Indonesia is getting worse, that alternative effort, for example, the use of microbes, are needed to solve the problems. This study aimed to examine the potential of isolated L7T03 for remediation of the organic fertilizer-polluted environment. Isolation of L7T03 resistant was done using plate count method with the addition of heavy metals, while the resistance was qualitatively examined using the blank disk method. Identification of isolate L7T03 was based on 16S rDNA marker. The IAA measurement was based on colorimetry and HPLC. The identification test showed that the isolate L7T03 was identified as *Ochrobactrum* spS79, with 99% conformity on the 16S rDNA marker. The *Ochrobactrum* spS79 isolate L7T03 is a potential agent for remediation because it shows resistance to various heavy metals including mercury (HgCl<sub>2</sub>) until 70 ppm, Copper (Pb) 1000 ppm, Zinc (Zn) 2000 ppm, Cobalt (Co), Cr (chrom) 2000 ppm, Cu (Cuprum) 2000 ppm. In addition, the isolate can also grow on medium contaminated with 50-100 ppm of pesticides (carbaryl). The isolate also produces IAA (Indole Acetic Acid) up to 19.335 ppm and 3.22 ppm, with tryptophan and without tryptophan, respectively. The results suggest that the bacteria is beneficial for environmental remediation and to support the organic fertilizer Beyonic-LIPI StarTmik series.

**Keywords:** Mercury, *Ochrobactrum*, fertilizer, IAA

### PENDAHULUAN

Tanah mengandung berbagai jenis mikroorganisma yang dapat ditemukan di semua ekosistem. Mikroorganisma memegang peran penting dalam rantai makanan dan keseimbangan biologi dalam kehidupan.

Bacteria sangat penting dalam siklus geokimia sebagai contoh: siklus karbon, nitrogen, sulfur dan fosfat, tanpa kehadiran bakteri tanah tidak akan fertile dan material organik misalnya jerami, daun tidak dapat terakumulasi secara cepat (Kummerer 2004).

Secara normal tanah mempunyai kandungan logam berat yang kecil. Tetapi di lokasi pertanian, industri dan limbah rumah tangga dan pupuk konsentrasinya akan meningkat dan sangat berbahaya bagi organisme yang hidup di lingkungan tersebut. Walaupun organisme mempunyai kemampuan untuk detoksifikasi suatu polutan dengan mineralisasi, transformasi dan immobilisasi, tetapi (khususnya bakteri) berlaku hanya disaat krusial/tertentu pada siklus biogeokimia dan perkembangan yang berkelanjutan di bumi (Diaz 2004). Beberapa penelitian melaporkan bahwa pengaruh logam berat dapat mempengaruhi pertumbuhan, morfologi dan aktivitas biokimianya yang akan berakibat turunya biomasa dan keragaman komunitas mikroba (Baath 1989; Reber 1992; Malik and Ahmed 2000). Di Cikotok penambangan liar (PETI) masih juga ada dan menggunakan merkuri sebagai pemisah emas dan batuan sehingga sangat membahayakan lingkungan.

Interaksi antara tanaman dan mikroba telah banyak diketahui keuntungannya diantaranya bakteri yang diisolasi dari tanah pertanian diketahui dapat membantu fiksasi dari N udara, pelarut fosfat dan dapat mensintesa hormon tanaman yang dikenal sebagai IAA (Indole acetic acid) (Dhara et al. 2009).

Penelitian ini bertujuan untuk menggali potensi bakteri dan karakterisasi isolat L7T03 dalam menunjang remediasi lingkungan tercemar dan agen pendukung pupuk organik hayati.

## BAHAN DAN METODE

### Isolasi awal bakteri resisten

Isolasi dilakukan dari sampel tanah dan air yang berasal dari Pertambangan Emas Cikotok dan Pongkor. Isolasi dilakukan dengan pengenceran berseri dengan metode *plate count* media yang digunakan untuk isolasi ditambahkan 5 ppm HgCl<sub>2</sub> (Pongkor) dan 10 ppm HgCl<sub>2</sub> (Cikotok).

### Identifikasi bakteri

Identifikasi bakteri dilakukan dengan 16S rDNA partial menunjukkan isolat *Ochrobactrum* SP. S79 L7T03 mempunyai nama *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 (99%)

### Pengujian resistensi *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 terhadap berbagai logam berat

Bakteri yang digunakan adalah *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 (Cikotok). Uji resistensi secara kualitatif logam berat menggunakan metoda disk blank (Dukta 1989). Logam berat yang digunakan adalah: Cu-CuSO<sub>4</sub> (500, 1000, 1500, 2000 ppm); Zn-ZnSO<sub>4</sub> (500, 1000, 1500, 2000 ppm); Pb-Pb acetate (250, 500, 750, 1000 ppm); Cr (400, 600, 1000, 1500 ppm); Co-Co(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. (500, 1000, 1500, 2000) dan Hg- HgCl<sub>2</sub> (30, 40, 50, 100 ppm).

### Pengujian pertumbuhan pada HgCl<sub>2</sub> dan carbaryl Pengujian pertumbuhan isolat *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 pada HgCl<sub>2</sub>

Pembuatan suspensi isolat *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 dilakukan dengan cara menumbuhkan 1 ose ke

dalam 25 mL media Luria Bertani setelah tumbuh, dipipet 3 mL dimasukkan ke dalam 147 mL media cair Luria Bertani. Konsentrasi HgCl<sub>2</sub> yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,10,20,30,40,50,60,60,70,80,90 dan 125 ppm. Untuk mengukur pertumbuhan diambil 2 mL suspensi bakteri kemudian diukur dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 436 nm.

### Pertumbuhan isolat *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 pada carbaryl

Konsentrasi carbaryl yang diujikan adalah 50, 100 dan 200 ppm. Isolat terpilih diremajakan pada media NB + carbaryl 50 ppm setelah inkubasi diatas shaker selama 24 jam, 3 mL suspensi bakteri tersebut dipipet dan diinokulasikan kedalam 100 mL media MM + 50, 100 dan 200 ppm carbaryl. Untuk mengukur pertumbuhan diambil 2 mL suspensi bakteri kemudian diukur dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 436 nm.

### Produksi IAA

#### Pengukuran Produksi IAA metoda kolorimetri

Metoda kolorimetri yang digunakan menurut Metode Gravel et al. (2007).

#### Pengukuran IAA dengan HPLC

Sampel yang digunakan disentrifuse selama 10 menit, 5000 rpm. Supernatan dipisahkan setelah itu dilakukan ekstraksi dengan cara mepipet 5 mL sampel dimasukkan kedalam corong pisah ditambahkan 5 mL ethyl asetat dikocok pekerjaan ini diulang-ulang sampai larutan terpisah, larutan bagian atas dipisahkan kedalam botol kecil untuk dilakukan evaporasi. Hasil evaporasi ditambah ethanol langsung diukur dengan HPLC.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

#### Isolasi bakteri

Hasil isolasi didapatkan 19 isolat bakteri resisten dari daerah penambangan emas Cikotok dan isolat bakteri resisten merkuri dari daerah Pongkor. Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa sampel yang diambil dari daerah Cikotok mempunyai bakteri resisten lebih tinggi dibandingkan daerah Pongkor. ini biasa terjadi karena pengambilan sampel Pongkor dari sungai yang jauh dari daerah tercemar merkuri hasil ini sesuai dengan pernyataan Misra (1992) dan Shazia et al. (2002) bahwa bakteri yang tahan terhadap logam berat adalah bakteri yang telah lama beradaptasi terhadap lingkungan yang tercemar logam berat (Tabel 1).

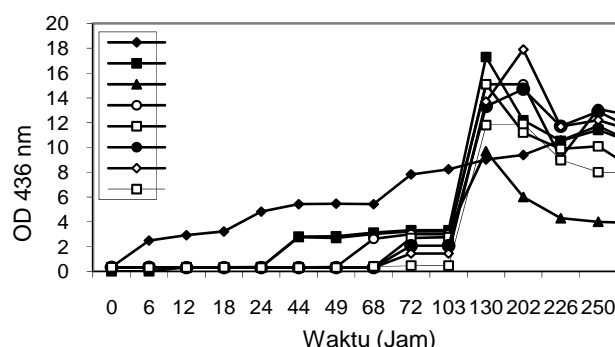
Dari 19 isolat yang diuji resistensinya secara kualitatif didapatkan 2 isolat yang mempunyai resistensi tertinggi (50 ppm dan 90 ppm) 2 isolat tersebut adalah: *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 dan isolat L6T2-2 resisten pada 50 ppm sampai 90 ppm HgCl<sub>2</sub> dan isolat-isolat yang lain hanya tahan ≤ 40 ppm dan adapula yang tidak resisten yakni isolat L7T5-5 dan V2.

**Tabel 1.** Hasil uji resistensi secara kualitatif terhadap HgCl<sub>2</sub>

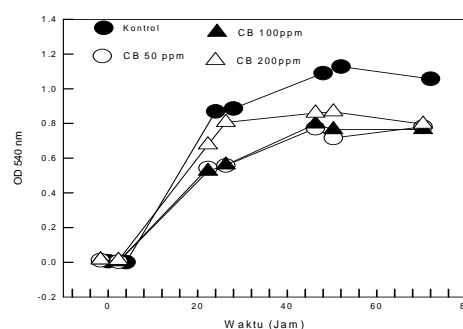
Isolat	Konsentrasi Hg Cl <sub>2</sub>							
	0	5	10	15	20	30	50	90
L6T3-L6T3-2 Cikotok		+						
L7T2-L7T2-3 Cikotok			+					
L6T2-L6T2-2 Cikotok							+	
L6T3-L6T3-1 Cikotok						+		
L6T5 L6T5 Cikotok						+		
L7T5-L7T5-5 Cikotok	+							
L7T0-L7T0-3 Cikotok								+
L7T1-L7T1-2 Cikotok			+					
II II-4 Pongkor						+		
IV-1 IV-1 Pongkor						+		
V-2 Ci IV-2 Pongkor				+				
IV V-3 V-2 Pongkor	+							
V-2 V V-3 Pongkor					+			
V-3 VII Pongkor						+		
IX-X Pongkor						+		
I P XI-1 Pongkor						+		
XI-1 XI-2 Pongkor						+		
XI-2 XIII Pongkor						+		
XVI XVI Pongkor						+		

**Tabel 2 .** Data resistensi isolat teruji terhadap logam berat.

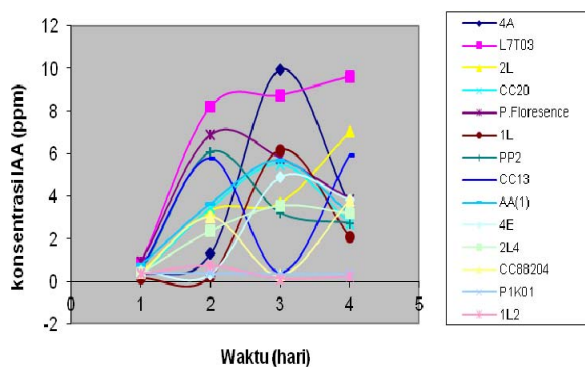
Isolat uji	HgCl <sub>2</sub>	Pb	Cu	Cr	Co	Zn
	50 ppm	1000 ppm	2000 ppm	2000 ppm	2000 ppm	1500 ppm
<i>Ochrobactrum</i> sp. S79 L7T03	+	+	+	+	+	+



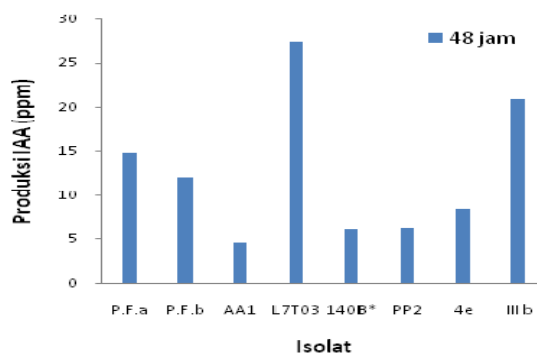
**Gambar 1.** Pertumbuhan *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 pada media cair LB + HgCl<sub>2</sub>



**Gambar 2.** Pertumbuhan isolat *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 pada media MM + carbaryl



**A**



**B**

**Gambar 3.** A, B. Produksi IAA oleh isolat *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03

**Pertumbuhan *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 pada HgCl<sub>2</sub>**

Pengujian toksisitas dengan konsentrasi 60 ppm HgCl<sub>2</sub> isolat tersebut masih tumbuh baik hingga mencapai OD= 17,900, dengan konsentrasi 70 ppm HgCl<sub>2</sub> juga masih menunjukkan pertumbuhan relatif baik dengan OD > 5, sedangkan pada konsentrasi 20 ppm pertumbuhannya kurang bagus kemungkinan terkontaminasi oleh bakteri

lain karena warna media berubah menjadi kehijauan. Dengan penambahan konsentrasi HgCl<sub>2</sub> menjadi 80 ppm, 90 ppm dan 125 ppm pertumbuhan isolat *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 mulai terhambat ini ditunjukkan dengan tidak adanya perubahan nilai OD dari awal inkubasi sampai inkubasi ke 103 jam OD yang dicapai hanya mencapai 0,3 gambar tidak ditampilkan). Jadi dapat disimpulkan bahwa

toksitas isolat *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 hanya sampai konsentrasi  $\text{HgCl}_2$  70 ppm. (Gambar 1).

#### *Resistensi Ochrobactrum sp. S79 L7T03 terhadap beberapa logam berat*

Dari Tabel 2 dapat dinyatakan bahwa isolat *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 tahan merkuri sampai 50 ppm dan terhambat pada konsentrasi 100 ppm dan logam berat yang lain mencapai 1000-2000 ppm. Hasil ini mengindikasikan bahwa isolat *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 mempunyai ketahanan terhadap beberapa logam berat dengan konsentrasi yang cukup tinggi, kecuali terhadap logam berat merkuri. Resistensi *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 terhadap berbagai logam berat mengindikasikan bahwa bakteri ini potensial untuk meningkatkan efisiensi tanah terhadap kontaminasi logam berat (Ozdemir 2003; Pandey 2010; Waranusantigul et al. 2011).

#### *Pertumbuhan Ochrobactrum sp. S79 L7T03 pada pestisida carbaryl*

*Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 juga mempunyai kemampuan tumbuh pada media yang mengandung pestisida carbaryl sampai konsentrasi 200 ppm. Pada gambar 1 dapat dinyatakan bahwa pertumbuhan *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 pada kontrol dimulai setelah 24 jam inkubasi. Penambahan 50 ppm carbaryl, 100 ppm carbaryl dan 200 ppm carbaryl pertumbuhan *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 lebih rendah dari kontrol kecuali pada penambahan + 200 ppm carbaryl pertumbuhannya hampir menyamai pertumbuhan kontrol, tetapi kontrol terus tumbuh sedangkan pertumbuhan *Ochrobactrum* sp. + 200 ppm carbaryl mulai menurun sampai 72 jam inkubasi. Pertumbuhan pada penambahan carbaryl 50 ppm menunjukkan pertumbuhan yang paling lambat diikuti dengan pertumbuhan dengan penambahan carbaryl 100 ppm. Pada 72 jam inkubasi 3 perlakuan menunjukkan pertumbuhan yang sama pada  $\text{OD} < 0,8$ , sedangkan kontrol pertumbuhan masih berlanjut sampai mencapai  $\text{OD} > 1$  dan sedikit menurun setelah 72 jam inkubasi.

#### *Produksi IAA dengan metoda kolorimetri dari isolat Ochrobactrum sp. S79 L7T03*

Dari gambar 3 dapat dinyatakan bahwa produksi IAA dari 14 isolat uji menunjukkan bahwa isolat *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 mencapai produksi tertinggi sebesar (9 .65 ppm) pada 72 jam inkubasi (gambar 3a). Ternyata setelah disimpan kemudian diuji ulang ada peningkatan kandungan IAA nya isolat sebesar 27.37 ppm pada inkubasi 48 jam, pada inkubasi 72 jam konsentrasi menurun sampai 26.159 (gambar 3b). Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa konsentrasi IAA bisa berubah dari waktu ke waktu.

#### *Produksi IAA dengan metoda HPLC dari isolat Ochrobactrum sp. S79 L7T03*

Produksi IAA dengan metoda HPLC ternyata lebih besar dari metoda kolorimetri walaupun perbedaan itu tidak signifikan, HPLC sebesar 19,335 ppm dengan tryptophan dan tanpa tryptophan hanya 3,22 ppm dan kolorimetri 9.65 ppm.

## **Pembahasan**

Isolat-isolat yang didapatkan dari daerah Cikotok mempunyai resistensi lebih tinggi dibandingkan dengan isolat dari sampel Pongkor. Ini biasa terjadi karena pengambilan sampel Pongkor dari sungai yang jauh dari daerah tercemar merkuri hasil ini sesuai dengan pernyataan Misra (1992) dan Shazie et al. (2002) bahwa bakteri yang tahan terhadap logam berat adalah bakteri yang telah lama beradaptasi terhadap lingkungan yang tercemar logam berat (Tabel 1).

#### *Pertumbuhan Ochrobactrum sp. S79 L7T03 pada $\text{HgCl}_2$*

Isolat *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 dapat tumbuh pada konsentrasi  $\text{HgCl}_2$  sampai 70 ppm, hasil ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Horn et al. 1994. Dalam laporannya *Pseudomonas putida* yang diuji mempunyai resistensi 10 sampai 70 ppm. Lebih lanjut dilaporkan bahwa konsentrasi dari merkuri tidak mempengaruhi pertumbuhan bakteri resisten. Bakteri resisten merkuri dapat melepaskan merkuri dan tumbuh pada media yang mengandung merkuri dengan aktivitas enzim merkuri reduktase, sedangkan bakteri yang sensitive merkuri tidak punya mekanisme untuk detoksifikasi. Kurva pertumbuhan *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 mempunyai pola pertumbuhan dengan lagphase yang panjang terutama pada konsentrasi  $\text{HgCl}_2$  yang tinggi (Gambar 1) (Hansen et al. 1984).

Pada Tabel 2 dapat dinyatakan bahwa *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 ini resisten terhadap beberapa logam berat (Hg, Pb, Cu, Cr, Co dan Zn). Bila dibanding dengan penelitian Gunaseelan dan Ruban (2011) hasilnya agak berbeda, pada penelitiannya didapatkan isolat resisten merkuri sampai 350 ppm, Cd 250 ppm, Cr 700 ppm dan Zn 250 ppm. Resistensi *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 terhadap berbagai logam berat mengindikasikan bahwa bakteri ini potensial untuk meningkatkan efisiensi tanah terhadap kontaminasi logam berat (Ozdemir 2003; Pandey 2010; Waranusantigul et al. 2011).

#### *Pertumbuhan Ochrobactrum sp. S79 L7T03 pada pestisida carbaryl*

Dari Gambar 2 dapat diasumsikan bahwa *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 dapat memanfaatkan carbaryl sebagai sumber N dan C terbukti bakteri tersebut dapat hidup pada media yang mengandung carbaryl tanpa sumber N dan C (Doddamani et al. 2001). Hasil ini sesuai dengan pernyataan Zhao et al. (2011) yang menyatakan bahwa beberapa bakteri rhizobacteria pegang peran dalam mendegradasi pestisida. secara rinci dilaporkan pestisida yang didegradasi adalah 80% chlorofiros, 85%  $\beta$  cypermenthrin dan 58% imidacaeporod dalam media cair selama 60 jam, karena potensi tersebut bakteri tersebut potensial untuk biofertilizer dan biopesisida.

#### *Produksi IAA*

Tryptophan meningkat kan produksi IAA pada *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 ini mengindikasikan bahwa untuk biosintesa nya memerlukan prekursor tryptophan (Dhara et al. 2009). Hasil ini agak berbeda dengan Ashraf et al. (2011), yang melaporkan bahwa dari 12 isolat yang

diamati tanpa tryptophan sebagai prekursor maka produksi IAA tidak terdeteksi.

Dapat disimpulkan bahwa *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 dapat menghasilkan IAA, diharapkan dapat memacu pertumbuhan tanaman, pendapat ini dikuatkan oleh hasil penelitian Principe (2007) yang menyatakan bahwa bakteri *Ochrobactrum* sp. S79 L7T03 dapat meningkatkan pertumbuhan jagung pada salinitas tinggi dan normal.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Nani Mulyani dan Arie Rosmalina yang membantu dalam penelitian ini

### DAFTAR PUSTAKA

- Ashraf MA, Rasol M, Mirza MS. 2011. Nitrogen fixation and Indole Acetic Acid production potential of bacteria isolated from rhizosphere of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *Adv Biol Res* 5 (6): 348-355.
- Baath E. 1989. Effects of heavy metal in soil on microbial process and population. *Water Air Soil Pop* 47: 335-346.
- Dara PS, Hemangi GC, Vijay MK, Dilip DD, Balu AC. 2009. Isolation and characterization of Indole Acetic Acid (IAA) producing *Klebsiella pneumoniae* strains from rhizosphere of wheat (*Triticum aestivum*) and their effect on plant growth. *Indian J Exp Biol* 47: 993-1000.
- Diaz E. 2004. Bacterial degradation of aromatic pollutants: paradigm of metabolic versatility. *Intl Microbiol* 7: 173-180.
- Doddamani HP, Ninnekar HZ. 2001. Biodegradation of carbaryl by a *Micrococcus* species. *Curr Microbiol* 43 (1): 69-73
- Dutka B.J, Bitton G. 1989. *Toxicity Testing Using Microorganisms*. Vol II. CRC. Press.,Inc. Boca Raton. Florida.
- Gravel V, Antoun AH., Tweddell RJ. 2007. Effect of indole-acetic acid (IAA) on the development of symptoms caused by *Pythium ultimum* on tomato plants. *Eur J Plant Pathol* 119, 457-462.
- Gunaseelan C, Ruben P. 2011. Heavy metal resistance *Bacterium* isolated from Krishna-Godavari basin, Bay of Bengal. *Intl J Environ Sci* 1 (7): 1856-1864.
- Hansen CL, Zwolinski MG, Martin D, Williams JW. 1984. Bacterial removal of mercury from sewage. *Biotechnol Bioeng* 26: 1330-1333
- Horn JM, Brunke M, Deckwer WD, Timmis KN, 1994. *Pseudomonas putida* strains which constitutively overexpress mercury resistance for bioremediation of organomercurials pollutants. *Appl Environ Microbiol* 60: 357-362
- Kummerer K. 2004. Resistance in the environment. *J Antimicrob Chemoth* 45: 311-330
- Malik A, Jaiswal R. 2000. Metal resistance in *Pseudomonas* strains isolated from soil treated with industrial waste water. *World J Microbiol Biotechnol* 16: 177-182.
- Osdemir G, Tanel O, Gyhun W, Isler R, Cosar T. 2003. Heavy metals biosorption by biomass of *Achrobactrum anthropi* producing exopolysaccharide in activated sludge. *Bioresour Technol* 90 (1): 71-74
- Pandey S, Saha P, Barai PK, Maiti TK. 2010. Characterization of a Cd(2+) resistant strain of *Ochrobactrum* so isolated from slug disposal site of iron and steel factory. *Curr Microbiol* 6 (2): 106-111
- Principe A, Castro MG, Zaelin L, Fischer SE, Mori GB, Jofre E. 2007. Biocontrol and PGPR features in native strains isolated from saline soils of Argentina. *Curr Microbiol* 55 (4): 314-322
- Reber HH. 1992. Simultaneous estimates of the diversity and degradative capability of heavy metal affected soil bacterial communities. *Bioferti Soil* 13: 181-186.
- Shazia A, Yasmin A, Hasnanain S. 2002. Characterization of Some Indigenous Resistant Bacteria from Polluted Environment. *Pakistan J Biol Sci* 5 (7): 792-797.
- Misra TP. 1992. Heavy Metals, Bacterial Resistances. *Encyclopedia of Microbiology*. Vol II. Academic Press. Inc.V. Thiel. Teresa.
- Waranusantigul P, Lee H, Kruatrachue M, Pokethitiyook P, Auesukaree C. 2011. Isolation and characterization of lead-tolerant *Ochrobactrum* intermedium and its role in enhancing lead accumulation by *Eucalyptus camaldulensis*. *Chemosphere* 85 (4): 584-590
- Zhao L, Songshan T, Yanping L. 2011. Characterization of a versatile rhizosphere organism from cucumber identified as *Ochrobactrum haematophyllum*. *J Basic Microbiol*. Article first published online: 21 Juli 2011. DOI: 10.1002/Joban.201000491