

## Potensi Isolat Bakteri Pelarut Fosfat Asal Tanah Gambut Riau dalam Memproduksi Hormon *Indole Acetic Acid* (IAA) dan Pengaruhnya Terhadap Perkecambahan Benih Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.)

### Potential of Isolate Phosphate Solubilizing Bacteria from Peat Soils of Riau in Producing Indole Acetic Acid (IAA) Hormone and Effect of Germination Seeds of Red Pepper (*Capsicum annuum* L.)

Dwi Wahyuni<sup>1)</sup>, Tetty Marta Linda<sup>2)</sup>, Wahyu Lestari<sup>3)</sup>

Bidang Mikrobiologi Jurusan Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Kampus Bina Widya Pekanbaru 28293, Indonesia

<sup>1</sup>wahyunidwi58@gmail.com, <sup>2</sup>tetty.martalinda@yahoo.com, <sup>3</sup>wahyulestari1965@yahoo.com

#### ABSTRACT

Indole Acetic Acid (IAA) is a group of auxin hormone role in regulating the growth and development. Bacterial isolated from peat soils of Riau known activity in dissolving the phosphate in the Pikovskaya medium and Red-Yellow Podzolic Soil. The purpose of this study was to test isolates from peat soils of Riau in producing IAA hormone and its effects on the germination seeds of red pepper. The results showed that the production of IAA in Nutrient Broth (NB) not significant to all treatments, but tends to be highest on GGO<sub>6</sub> that is equal to  $9.72 \pm 5.91$  ppm. The addition of L-tryptophan in the media NB indicated that GGO<sub>2</sub> ( $24.51 \pm 5.53$  ppm) and GGO<sub>6</sub> ( $19.61 \pm 1.80$  ppm) significantly to GGO<sub>4</sub> ( $11.33 \pm 4.12$  ppm). Soaking seeds of red pepper on each bacteria tend to increase the rate of seed germination. Shoot length on GGO<sub>5</sub> not different from GGO<sub>1</sub>, GGO<sub>2</sub> and GGO<sub>3</sub>, but significantly different with the GGO<sub>4</sub>, GGO<sub>6</sub> and control. While GGO<sub>1</sub> and GGO<sub>3</sub> also significantly different with control. Root length for all treatments significantly different with the control except GGO<sub>4</sub>.

Keywords: phosphate solubilizing, Indole Acetic Acid bacteria, nutrient broth, red pepper

#### PENDAHULUAN

*Indole Acetic Acid* (IAA) merupakan hormon golongan auksin yang mampu mempengaruhi proses fisiologi tanaman seperti pembelahan sel, pemanjangan sel, pertumbuhan akar, dominansi apikal, pembungaan, absisi daun dan gerak tropisme (Zhang *et al.* 2016). Hormon IAA selain disintesis oleh tanaman juga dapat disintesis oleh jamur seperti *Fusarium* (Hasan 2002), *Sclerotium* (Sarma *et al.* 2002), *Phanerochaete chrysosporium* (Unyanyar *et al.* 2000), *Colletotrichum gloeosporioides*, *Aeschynomene* (Robinson *et al.* 1998) dan bakteri seperti *Azospirillum* sp., *Enterobacter* sp., *Azotobacter* sp., *Klebsiella* sp., *Alcaligenes faecalis*, *Azorcus* sp.,

*Serratia* sp. dan *Cyanobacteria* sp. (Hayat *et al.* 2000).

Kelompok bakteri yang mampu memproduksi IAA salah satunya yaitu bakteri pelarut fosfat. Isolat bakteri asal tanah gambut Sei. Garo Riau telah diketahui mampu menyediakan fosfat pada tanah podzolik merah kuning (PMK) dan meningkatkan serapan fosfat pada tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merrill) (Lestari *et al.* 2011). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri pelarut fosfat mampu memproduksi IAA diantaranya *Pseudomonas putida* sebesar  $32,7 \pm 2,9$  µg/ml pada medium Salt Minimal (Pattern & Glick 2002), *Bacillus* sp. sebesar 23,04 ppm pada medium *King's Broth* (Wahyudi *et al.* 2011) dan *Azotobacter* sebesar

2,68-10,80 µg/ml pada medium *Nutrient Broth* (Reetha *et al.* 2014).

Berbagai hasil penelitian sebelumnya melaporkan bahwa bakteri mampu menghasilkan senyawa yang dapat mempercepat pertumbuhan tanaman. Penelitian ini bertujuan menguji bakteri pelarut fosfat asal tanah gambut Riau dalam memproduksi hormon IAA dan pengaruhnya terhadap perkecambahan benih cabai merah (*Capsicum annuum* L.).

#### METODE PENELITIAN

**Sumber isolat bakteri.** Isolat bakteri yang digunakan berasal dari tanah gambut Desa Sei. Garo Kabupaten Kampar Riau yaitu isolat GGO<sub>1</sub>, GGO<sub>2</sub>, GGO<sub>3</sub>, GGO<sub>4</sub>, GGO<sub>5</sub>, dan GGO<sub>6</sub>. Semua isolat bakteri diremajakan pada medium *Nutrient Agar* dan disimpan pada refrigerator untuk penggunaan pada tahap selanjutnya.

**Produksi IAA secara in vitro.** Produksi IAA secara kuantitatif menggunakan 1 ml masing-masing inokulum bakteri (10<sup>8</sup> CFU/ml) yang dimasukkan ke dalam 4 ml medium *Nutrient Broth* (NB) tanpa dan dengan penambahan L-triptofan sebanyak 500 µg/ml (Pattern & Glick 2002), diinkubasi selama 3 hari pada shaker inkubator (Labtech) dengan kecepatan 150 rpm (Mu'minah *et al.* 2015). Akhir inkubasi, inokulum bakteri disentrifus (Wifug) pada kecepatan 3000 rpm selama 30 menit. Satu ml supernatan hasil sentrifus dipindahkan ke dalam tabung reaksi steril dan ditambahkan 4 ml pereaksi *Salkowski* (7 ml FeCl<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O 0.5M, 250 ml akuades dan 150 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat), kemudian diinkubasi selama 30 menit dalam keadaan gelap (Pattern & Glick 2002). Secara kuantitatif diukur nilai

absorbansinya menggunakan spektrofotometer (*Spektronic*) pada panjang gelombang 535 nm (Sharma *et al.* 2015). Kuantitas IAA ditentukan dengan menggunakan larutan standar IAA.

**Uji perkecambahan benih cabai merah.** Uji perkecambahan dilakukan selama 15 hari dalam media campuran tanah kebun dan pasir sungai (1:1) yang telah steril (Wuriesylian *et al.* 2013). Inokulum bakteri populasi 10<sup>8</sup> CFU/ml sebanyak 50 ml digunakan untuk merendam benih cabai merah selama 24 jam (Sutariati *et al.* 2006). Sisa inokulum perendaman benih cabai disemprotkan pada media tanam. Benih cabai merah ditanam dengan kedalaman 0,5 cm dari permukaan tanah. Pemeliharaan dilakukan dengan menyemprotkan akuades steril pada media untuk menjaga kelembaban tanah. Pengamatan meliputi laju perkecambahan, panjang *shoot* dan *root* kecambah cabai merah. Perhitungan laju perkecambahan mengacu pada Lesilolo *et al.* (2013).

**Analisa data.** Hasil uji produksi IAA secara kuantitatif dan pengaruhnya pada benih perkecambahan cabai merah dianalisis menggunakan Analisis Ragam (ANOVA) dan uji lanjut dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Kemampuan Bakteri Dalam Menghasilkan IAA Secara In Vitro

Setelah dilakukan uji kuantitatif ke enam isolat bakteri diketahui memiliki kemampuan dalam menghasilkan IAA baik pada medium NB tanpa triptofan maupun dengan penambahan L-triptofan. Hasil uji lanjut dengan DMRT taraf 5% menunjukkan bahwa produksi IAA

seluruh isolat tidak berbeda nyata pada medium NB, sedangkan pada medium yang ditambahkan L-triptofan produksi IAA isolat GGO<sub>2</sub> dan GGO<sub>6</sub> memberikan hasil yang berbeda nyata dengan isolat GGO<sub>4</sub>, seperti pada Tabel 1. Produksi IAA isolat bakteri dalam penelitian ini lebih rendah dibandingkan isolat yang diisolasi dari perkebunan nenas dan persawahan yang memproduksi IAA sebesar 158,65 ppm pada medium *Tryptic Soy Broth* 50% yang diperkaya L-triptofan 200 ppm dengan waktu inkubasi selama 72 jam (Dewi *et al.* 2015), isolat *P. putida* yang memproduksi IAA sebesar  $32,7 \pm 2,9$  µg/ml pada medium Salt Minimal yang diperkaya L-triptofan 500 µg/ml dengan waktu inkubasi selama 42 jam (Pattern & Glick 2002) dan isolat *Bacillus* sp. yang memproduksi IAA sebesar 61,20 ppm pada medium Luria Bertani yang diperkaya L-triptofan 0,5 mM dengan waktu inkubasi 48 jam (Widayanti 2007).

Tabel 1. Produksi IAA oleh isolat bakteri secara kuantitatif

Kode Isolat	Konsentrasi IAA (ppm)	
	Medium NB	Medium NB + L-trp
GGO <sub>1</sub>	8,67 ± 1,08	18,74 ± 2,41 <sup>ab</sup>
GGO <sub>2</sub>	6,05 ± 1,12	24,51 ± 5,53 <sup>a</sup>
GGO <sub>3</sub>	8,52 ± 1,10	18,33 ± 4,28 <sup>ab</sup>
GGO <sub>4</sub>	7,21 ± 5,91	11,33 ± 4,12 <sup>b</sup>
GGO <sub>5</sub>	7,73 ± 0,68	17,06 ± 6,05 <sup>ab</sup>
GGO <sub>6</sub>	9,72 ± 5,91	19,61 ± 1,80 <sup>a</sup>

Keterangan: Huruf pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%

Perbedaan konsentrasi IAA yang diproduksi oleh isolat bakteri ini diduga dipengaruhi oleh jenis isolat yang diuji, medium yang digunakan, waktu inkubasi dan konsentrasi L-triptofan yang ditambahkan. Hal ini sejalan dengan penelitian Mirza *et al.* (2004) & Khalid *et al.* (2001). Danapriatna (2004) juga

menambahkan bahwa beberapa faktor yang mempengaruhi proses biosintesis dan konsentrasi IAA yaitu sumber karbon, nitrogen dan ketersediaan oksigen.

Enam isolat bakteri mampu mensintesis IAA pada medium tanpa ditambahkan L-triptofan. Hal ini menunjukkan bahwa isolat bakteri dalam mensintesis IAA melalui jalur *trp-independent pathway* yang tidak menggunakan L-triptofan sebagai prekursor, melainkan menggunakan *indole-3-glycerol phosphate* (IGP). Hal ini didukung oleh Taiz & Zeiger (2002); Wang *et al.* (2015); Zhang *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa IGP akan membentuk asam indol asetonitril (IAN) dan asam indol piruvat (IpyA) yang kemudian akan dirombak menjadi IAA oleh enzim nitril hidratase, indol sintase serta indol-3-piruvat dekarboksilase. Szigeti *et al.* (2004) juga menambahkan bahwa adanya operon *trpEDCFBA* akan memacu isolat bakteri membentuk L-triptofan melalui asam khorismat yang prekursor asam amino L-triptofan. Dipihak lain, Zhang *et al.* (2016) sintesis IAA melalui jalur *trp-dependent pathway* terdiri dari 5 jalur yaitu *indole-3-acetamide* (IAM), *indole-3-pyruvate* (IpyA), *indole-3-acetonitrile* (IAN), *trp side-chain oxidase* (TSCO) dan *tryptamine*.

### Uji Perkecambahan Benih Cabai Merah

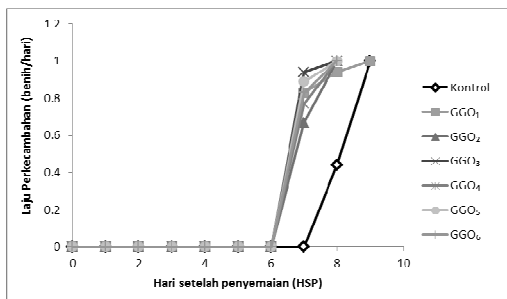
Perendaman benih cabai merah dalam isolat bakteri cenderung mampu meningkatkan laju perkecambahan. Laju perkecambahan pada perlakuan isolat bakteri lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol (Gambar 1). Perkecambahan pada seluruh perlakuan isolat dimulai pada hari ke-7 setelah penyemaian.

Peningkatan laju perkecambahan umumnya terjadi pada hari ke-8 setelah penyemaian, kecuali GGO<sub>1</sub>. Perendaman benih cabai dengan isolat bakteri mampu mempercepat waktu berkecambah dibandingkan kontrol yang perkecambahannya dimulai pada hari ke-8 setelah penyemaian. Hal ini menunjukkan bahwa laju perkecambahan memiliki hubungan

dengan waktu muncul kecambah. Menurut Nurlenawati *et al.* (2011), semakin cepat benih berkecambah maka laju perkecambahan yang diperoleh juga akan semakin meningkat. Laju perkecambahan yang tinggi kemungkinan akan memberikan pengaruh terhadap panjang *shoot* dan *root* dari kecambah tersebut.



Gambar 2. Pengaruh isolat (GGO<sub>1</sub>, GGO<sub>2</sub>, GGO<sub>3</sub>, GGO<sub>5</sub>) terhadap panjang *shoot* dan *root* dan isolat GGO<sub>6</sub> yang hanya berpengaruh terhadap panjang *root*



Gambar 1. Laju perkecambahan benih cabai merah

Penggunaan isolat bakteri mampu meningkatkan panjang *shoot* dan *root* (Tabel 2). Panjang *shoot* pada isolat GGO<sub>5</sub> berbeda nyata dengan kontrol, GGO<sub>4</sub> dan GGO<sub>6</sub>, namun tidak berbeda nyata dengan GGO<sub>1</sub>, GGO<sub>2</sub> dan GGO<sub>3</sub>. Perlakuan dengan isolat GGO<sub>5</sub> cenderung memberikan pengaruh yang lebih tinggi terhadap panjang

*shoot* sebesar  $2,79 \pm 0,65$  cm dibanding perlakuan GGO<sub>1</sub>, GGO<sub>2</sub>, GGO<sub>3</sub> dan GGO<sub>5</sub> (Gambar 2). Hasil ini berbeda dengan penelitian Azizah (2011) pada tanaman cabai merah varietas prabu yang menggunakan isolat *Methylobacterium* spp. dan media tanam yang diperkaya oleh pupuk N, P dan K. Rata-rata panjang *shoot* pada 2 minggu setelah tanam (MST) adalah 4,25 cm. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan jenis isolat, jenis tanaman, media dan varietas dapat mempengaruhi perkecambahan terutama panjang *shoot*. Kemampuan isolat ini juga mempengaruhi terhadap panjang *root*. Seluruh perlakuan penggunaan isolat bakteri memberikan hasil yang berbeda nyata terhadap kontrol



kecuali isolat GGO<sub>4</sub>. Isolat GGO<sub>6</sub> cenderung lebih mampu memacu panjang *root* ( $3,63 \pm 0,90$  cm) lebih tinggi dari GGO<sub>1</sub>, GGO<sub>2</sub>, GGO<sub>3</sub>, GGO<sub>4</sub> dan GGO<sub>5</sub> (Gambar 2).

Tabel 2. Rata-rata panjang *shoot* dan *root* kecambah cabai merah pada 15 HSP

Kode Isolat	Panjang (cm)	
	Shoot	Root
Kontrol	$1,51 \pm 0,13^c$	$1,45 \pm 0,35^b$
GGO <sub>1</sub>	$2,33 \pm 0,27^{ab}$	$3,62 \pm 0,87^a$
GGO <sub>2</sub>	$2,15 \pm 0,18^{abc}$	$3,32 \pm 1,04^a$
GGO <sub>3</sub>	$2,34 \pm 0,36^{ab}$	$3,38 \pm 0,62^a$
GGO <sub>4</sub>	$1,94 \pm 0,27^{bc}$	$2,74 \pm 1,25^{ab}$
GGO <sub>5</sub>	$2,79 \pm 0,65^a$	$3,48 \pm 0,76^a$
GGO <sub>6</sub>	$1,97 \pm 0,51^{bc}$	$3,63 \pm 0,90^a$

Keterangan: Huruf pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%

Berdasarkan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pemberian isolat bakteri mampu memproduksi IAA, memberikan respon yang berbeda terhadap panjang *shoot* dan *root*. Hal ini berkaitan dengan kemampuan sel tanaman dalam merespon IAA yang diproduksi oleh isolat. Menurut Taiz & Zeiger (2002) konsentrasi IAA yang sama memberikan respon pertumbuhan yang berbeda terhadap setiap bagian organ tanaman. IAA dapat meningkatkan proses sintesis enzim yang menyebabkan ion H<sup>+</sup> dipompa keluar dari sitoplasma sehingga pH sitoplasma menjadi asam. Kondisi asam tersebut menyebabkan enzim yang mampu memotong ikatan antara dinding sel menjadi aktif. Hal ini didukung oleh Wijayati *et al.* (2005) yang menyatakan, kondisi asam akan mengaktifkan enzim yang memutuskan ikatan polisakarida seperti *glukonase* yang akan menghidrolisis rantai utama hemiselulosa, enzim *transglukosidase* yang dapat memotong dan menggabungkan selulase dan enzim *pektinase* yang akan menghidrolisis

rantai penyusun pektin. Menurut Wattimena (1991) proses hidrolisis tersebut menyebabkan dinding sel menjadi longgar, sehingga air masuk dan tekanan turgor meningkat. Tekanan turgor yang meningkat akan menyebabkan sel mengembang dan terjadi pemanjangan sel. Proses pemanjangan dinding sel tersebut diakhiri dengan proses pembentukan dinding sel yang baru dengan memanfaatkan enzim yang berperan dalam pembentukan dinding sel yaitu *xyloglucans endotrans glikoxylase*.

## KESIMPULAN

Enam isolat bakteri asal tanah gambut Riau mampu memproduksi IAA. Produksi IAA pada medium NB tidak signifikan terhadap semua perlakuan, namun cenderung tinggi pada isolat GGO<sub>6</sub> yaitu sebesar  $9,72 \pm 5,91$  ppm. Penambahan L-triptofan pada media menunjukkan bahwa isolat GGO<sub>2</sub> ( $24,51 \pm 5,53$  ppm) dan GGO<sub>6</sub> ( $19,61 \pm 1,80$  ppm) signifikan terhadap GGO<sub>4</sub> ( $11,33 \pm 4,12$  ppm). Perendaman benih cabai merah pada masing-masing isolat bakteri cenderung meningkatkan laju perkecambahan benih. Panjang *shoot* pada isolat GGO<sub>5</sub> tidak berbeda nyata dengan isolat GGO<sub>1</sub>, GGO<sub>2</sub> dan GGO<sub>3</sub>, namun berbeda nyata dengan isolat GGO<sub>4</sub>, GGO<sub>6</sub> dan kontrol. Sedangkan isolat GGO<sub>1</sub> dan GGO<sub>3</sub> juga memberikan hasil yang berbeda nyata dengan kontrol. Panjang *root* pada seluruh perlakuan berbeda nyata dengan kontrol kecuali isolat GGO<sub>4</sub>.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh Hibah Bersaing DIKTI tahun 2015 atas nama Dr. Tetty Marta Linda, M.Si

## DAFTAR PUSTAKA

- Azizah M. 2011. Pengaruh Aplikasi Isolat *Methylobacterium* spp terhadap Pertumbuhan dan Daya Hasil Tanaman Cabai (*Capsicum annuum* L.) [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Danapriatna N. 2014. Faktor yang Mempengaruhi Biosintesis IAA oleh *Azospirillum*. *Jurnal Ilmiah Solusi* 1(2): 1-7.
- Dewi TK, ES Arum, H Imamuddin, S Antonius. 2015. Karakterisasi Mikroba Perakaran (PGPR) Agen Penting Pendukung Pupuk Organik Hayati. *Prosiding Seminar Nasional Biologi Indonesia* 1(2): 289-295.
- Hasan. 2002. Gibberellin and Auxin Production by Plant Root Fungi and their Biosynthesis under Salinity Calcium Interaction. *Rostlinna Vyroba* 48:101-106.
- Hayat R, S Ali, U Amara, R Khalid, I Ahmad. 2010. Soil Beneficial Bacteria and Their Role in Plant Growth Promotion: a Review. *Annual Microbiology* 17(1): 1-20.
- Khalid A, S Tahir, M Arshad, ZA Zahir. 2001. Relative Efficiency of Rhizobacteria for Auxin Biosynthesis in Rhizosphere and non-Rhizosphere Soils. *Australian Journal Soil* 42: 921-926.
- Kholida FT, Zulaika E. 2015. Potensi *Azotobacter* sebagai Penghasil Hormon *Indole Acetic Acid* (IAA). *Jurnal Sains dan Seni ITS* 4(1): 2337-3520.
- Lesilolo MK, J Rifry, EA Matatula. 2013. Pengujian Viabilitas dan Vigor Benih Beberapa Jenis Tanaman yang Beredar di Pasaran Kota Ambon. *Agrologia* 2(1): 1-9.
- Lestari W, TM Linda, A Martina. 2011. Kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat Isolat Asal Sei Garo dalam Penyediaan Fosfat Terlarut dan Serapannya pada Tanaman Kedelai. *Biospecies* 4(2): 1-5.
- Mirza MS *et al.* 2004. Isolation, Partial Characterization and the Effect of Plant Growth-Promoting Bacteria (PGPB) on Micro-Propagated Sugarcane in Vitro. *Plant Soil* 237: 47-54.
- Mu'minah, Baharuddin, H Subair, Fahrudin. 2015. Isolation and Screening Bacterial Exopolysaccharide (EPS) from Potato Rhizosphere in Highland and the Potential as a Producer Indole Acetic Acid (IAA). *Science Direct* 3: 74-81.
- Nurlenawati N, A Jannah, Nimih. 2011. Growth and Yield Response of Red Chillies (*Capsicum annuum* L.) Prabu Variety to a Combination of Doses of Phosphat Fertilizer and Bokashi of Waste Straw Mushroom. *Solusi* 9(18): 20-30.
- Pattern CL, BR Glick. 2002. Role of *Pseudomonas putida* Indole Acetic Acid in Development of The Host Plant Root System. *Applied Environmental Microbiology* 68(8): 3795-3801.
- Reetha S, G Bhuvaneswari, P Thamizhiniyan, T Ravi. 2014. Isolation of Indole Acetic Acid (IAA) Producing Rhizobacteria of *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis* and Enhance Growth of Onion (*Allium cepa* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 3(2): 568-574.
- Robinson M, Riof J, Sharon A. 1988. Indole-3-acetic Acid Biosynthesis in *Colletotrichum gloeosporioides* f, *Aeschynomene* sp. *Applied and*

- Environmental Microbiology* 64: 5030-5032.
- Sarma BK, Singh KP. 2002. Variability in Indian Isolates of *Sclerotium roifsi*. *Mycologia* 94: 1051-1058.
- Sharma T, Rai N. 2015. Isolation of Plant Hormone (Indole-3-Acetic Acid) Producing Rhizobacteria and Study on their Effects on Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Seedling. *International Journal of Pharm Tech Research* 7(1): 99-107.
- Sutariati GAK, Widodo, Sudarsono, I Satriyas. 2006. Pengaruh Perlakuan Rizo-Bakteri Pemacu Pertumbuhan Tanaman Terhadap Viabilitas Benih serta Pertumbuhan Bibit Tanaman Cabai. *Buletin Agronomi* 34: 46-54.
- Szigeti R, Milescu M, Gollnick P. 2004. Regulation of the Tryptophan Biosynthetic Genes in *Bacillus halodurans*: Common Elements but Different Strategies than those used by *Bacillus subtilis*. *Journal Bacteriology* 186: 818-828.
- Taiz L, Zeiger E. 2002. *Plant Physiology Third Edition*. Sunderland: Sinaeur Associates Inc.
- Unyanyar S, Unyanyar A, Elif U. 2000. Production of Auxin and Abscisic Acid by *Phanerochaete chrysosporium* ME446 Immobilized on Polyurethane Foam. *Turki Journal of Biology* 24: 769-774.
- Wahyudi AT, RI Astuti, Giyanto. 2011. Screening of *Pseudomonas* sp. Isolated from Rhizosphere of Soybean Plants as Plant Growth Promoter and Biocontrol Agent. *American Journal of Agrotechnology and Biology Science* 6(1): 134-141.
- Wang B *et al.* 2015. Tryptophan-Independent Auxin Biosynthesis Contributes to Early Embryogenesis in *Arabidopsis*. *Proceeding International Academia Science USA* 112 (15): 4821-4826.
- Wattimena GA. 1991. *Zat Pengatur Tumbuh Tanaman*. PAU IPB. Bogor.
- Widayanti T. 2007. Isolasi dan Karakterisasi *Bacillus* sp. Indigenus Penghasil Asam Indol Asetat asal Tanah Rhizosfer [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Wijayati A, Solichatun, Sugiyarto. 2005. Pengaruh Asam Indol Asetat terhadap Pertumbuhan, Jumlah dan Diameter Sel Sekretori Rimpang Tanaman Kunyit (*Curcuma domestica* Val.). *Biofarmasi* 3(1): 16-21.
- Wuriesylian, N Gofar, A Madjid, H Widjajanti, NL Putu. 2013. Pertumbuhan dan Hasil Padi Pada Inseptisol Asal Rawa Lebak yang Diinokulasi Berbagai Konsorsium Bakteri Penyumbang Unsur Hara. *Jurnal Lahan Suboptimal* 2(1): 18-27.
- Zhang C, Wei Di D, Luo P, Wei An C, Guo GQ. 2016. The Biosynthesis of Auxin. *Plant Growth Regulation* 78: 275-285.