

## KEMAMPUAN ISOLAT BAKTERI PENGHASIL INDOLE ACETIC ACID (IAA) DARI TANAH GAMBUT SAMPIT KALIMANTAN TENGAH

Sofyan Fauzi Larosa<sup>1</sup>, Endang Kusdiyantini<sup>1</sup>, Budi Raharjo<sup>1</sup>,  
Antonius Sarjiya<sup>2</sup>

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

### ABSTRACT

Peat soil is present in many areas of Indonesia, one of them is in Sampit regency Central Kalimantan. Peat soil is a type of soil which has an extreme characteristic of pH around 3-5. However, it is presumed that there is bacteria that can produce growth hormones, such as IAA. This study aimed to determine the ability of bacterial isolated from peat garden and burned area in Sampit regency which could produce IAA. Several tests were carried out including bacterial isolation, purification isolates, growth at different pH conditions, as well as IAA production with the addition of L-Tryptophan precursors with different concentrations. The growth and concentration of IAA was measured using spectrophotometry with wavelength 600 nm to 530 nm for growth and IAA, respectively. Results showed that five isolates produced IAA, three isolates from peat garden area and two isolates from burned areas. All isolates showed the highest growth at pH 6, and the highest IAA production at 43.311 ppm was produced by TGK6 isolate with the addition of 300 ppm L-Tryptophan.

Keywords: Indole Acetic Acid, Peat Soil, L-Tryptophan,

### ABSTRAK

Tanah gambut masih terdapat pada beberapa daerah di Indonesia, salah satunya adalah pada daerah Kabupaten Sampit Kalimantan Tengah. Tanah gambut, termasuk jenis tanah dengan kondisi cukup ekstrim yaitu pH 3-5. Kondisi tersebut diduga masih terdapat bakteri yang mampu menghasilkan hormon tumbuh, salah satunya IAA. Manfaat IAA untuk tanaman antara lain: memacu pemanjangan sel, sehingga perkembangan akar menjadi optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan isolat bakteri tanah gambut area kebun dan area terbakar di Kabupaten Sampit yang dapat menghasilkan hormon IAA. Tahap penelitian ini yaitu isolasi bakteri, pemurnian isolat, pertumbuhan pada kondisi pH yang berbeda, serta produksi IAA dari isolat terpilih pada media dengan penambahan prekursor L-Tryptophan dengan konsentrasi yang berbeda. Pengukuran pertumbuhan dan konsentrasi IAA dilakukan menggunakan Spektrofotometri dengan panjang gelombang 600 nm untuk pertumbuhan dan 530 nm untuk IAA. Hasil isolasi diperoleh lima isolat bakteri penghasil IAA, tiga isolat dari tanah gambut area kebun dan dua isolat dari area terbakar. Lima isolat menunjukkan pertumbuhan tertinggi pada pH 6, dan uji IAA tertinggi dihasilkan oleh isolat TGK 6 dengan penambahan prekursor L-Tryptophan sebanyak 300 ppm yaitu sebanyak 43,311 ppm.

Kata kunci : Asam Indol Asetat, Tanah Gambut, L-Tryptophan

## Pendahuluan

Gambut merupakan tanah yang terbentuk dari bahan organik pada fisiografi cekungan atau rawa, akumulasi bahan organik pada kondisi jenuh air, kondisi anaerob yang menyebabkan proses perombakan bahan organik berjalan sangat lambat, sehingga terjadi akumulasi bahan organik yang membentuk tanah gambut (Muslihat, 2003). Lahan gambut merupakan ekosistem dan bersifat unik dan tidak dapat ditemukan pada ekosistem lain (Syaufina, 2008) Tanah gambut umumnya mempunyai tingkat keasaman yang relatif tinggi dengan kisaran pH 3-5 (Hartatik et al., 2008). Adanya lahan tanah gambut terbakar menyebabkan rusaknya lingkungan (Manulu, 2011). Mengingat kondisi tanah gambut yang cukup ekstrim tersebut, maka perlu diteliti keberadaan bakterinya, khususnya penghasil hormon Indole Acetic Acid (IAA).

IAA adalah hormon auksin endogen yang disintesis dalam akar dan batang. Fungsinya adalah mengontrol proses fisiologi dan mengatur perpanjangan sel dalam batang maupun akar (Ekowahyuni, 2002). Ada beberapa bakteri yang mampu memproduksi hormon tersebut yaitu *B. subtilis*, *B. pumilus*, *B. cereus*, *B. brevis*, *B. polymyxa*, *B. Pasteurii*, *B. amyloliquifaciens*, *Pseudomonas fluorescens* dan *Pseudomonas putida* (Astuti, 2008). Peningkatan bakteri dalam memproduksi IAA adalah prekursor L-Tryptophan.

Penambahan L-Tryptophan umumnya menghasilkan konsentrasi IAA lebih tinggi (Astuti, 2008). L-Tryptophan adalah asam amino aromatik yang mempunyai cincin indol terikat pada gugus metilen dan terdapat tambahan satu atom nitrogen pada rantai samping. L-Tryptophan terdapat di dalam tanah dengan konsentrasi rendah yang dapat digunakan oleh mikroorganisme untuk membentuk auksin (Anandawarih, 2008).

Kondisi pH bakteri untuk memproduksi IAA harus dalam lingkungan yang optimum dengan pH cenderung mendekati netral untuk *Azospirillum brasilense* (Accuna & Jorquena 2011).

Jalur pembentukan IAA yang paling umum digunakan mikroorganisme adalah Indole-3-asam piruvat (IPA) (Anandawarih, 2008). Adapun jalur lainnya seperti jalur indol-3-asetamida (IAM), jalur triptamin (TAM), jalur indol-3-asetonitril (IAN) (Spaepen et al., 2007)

Hormon IAA yang dihasilkan oleh bakteri dapat meningkatkan jumlah rambut akar dan akar lateral tanaman. Penyerapan hara pada tanah menjadi maksimal sehingga tanaman akan tumbuh lebih cepat atau lebih besar. Salah satu daerah di Indonesia yang terdapat tanah gambut yaitu Sampit Kalimantan tengah. Perlu diteliti mikroorganismenya, khususnya bakteri penghasil IAA.

#### Metode

Penelitian dilakukan di laboratorium Ekofis Mikrobiologi Pusat Penelitian Biologi Lembaga

Ilmu Pengetahuan Indonesia Cibinong, Bogor.

Sampel tanah diperoleh dari LIPI cibinong yang berasal dari daerah Sampit, Kalimantan Tengah. Cara kerja penelitian ini dengan penimbangan tanah sebanyak 10 g, pada masing-masing area tanah gambut. Sampel-sampel tanah 10 g tersebut, dimasukkan ke dalam erlenmeyer volume 250 ml dengan aquades sebanyak 90 ml. Selanjutnya dilakukan pengenceran bertingkat dengan cara mengambil 1 ml larutan sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi aquades sebanyak 9 ml. Kegiatan ini dilakukan hingga pengenceran tingkat  $10^{-6}$ . Pengenceran  $10^{-6}$  dan  $10^{-4}$ , diambil sebanyak 20  $\mu$ l. Ditanam pada media TSA (Tryptic Soy Agar) (Peptone 2,5 g, NaCl 0,625 g, agar 5 g, aquades 250 ml) pada pH 5, diinkubasi pada suhu ruang selama 5 hari pada keadaan gelap. Isolat dipilih berdasarkan

penglihatan dari morfologi koloninya. Koloni tersebut kemudian diambil dengan ose untuk dimurnikan.

Pengamatan parameter penelitian dilakukan terhadap meliputi pertumbuhan isolat kultur, perubahan warna menjadi merah muda, dan kolorimetri dengan menggunakan spektrofotometer.

#### a. Pemurnian isolat

Isolat bakteri yang dipilih dimurnikan pada cawan petri yang berisi media TSA dengan penambahan L-Tryptophan 100 ppm, sebagai prekursor pertumbuhan. Inkubasi selama 3 hari pada suhu ruang. Masing-masing koloni bakteri diberi reagen salkowski pada masing-masing isolat. Tempatkan pada ruang gelap selama 30 menit. Koloni isolat yang menghasilkan warna merah muda menandakan mampu memproduksi IAA.

#### b. Produksi IAA isolat terpilih pada media yang mengandung L-Tryptophan

Media TSB (Tryptic Soy Broth) (peptone 2,5 g, NaCl 0,625

g, aquades 250 ml) sebanyak 25 ml ditambah L-Tryptophan 100 ppm. Inokulasikan isolat terpilih sebanyak 1 ose. Inkubasi menggunakan shaker selama 3 hari untuk diukur IAA dengan cara diambil sampel 2 ml kemudian centrifugasi kecepatan 8000 rpm lalu ditambahkan reagen salkowski 1 ml, tempatkan pada ruang gelap selama 30 menit kemudian diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 530 nm. Pengukuran optical density (OD) dengan panjang gelombang 600 nm pada waktu 0, 24, 48, dan 72 jam.

#### c. Produksi IAA pada variasi pH

Media TSB 25 ml ditambah dengan L-Tryptophan 100 ppm dengan variasi pH 3,4,5, dan 6. Inkubasi menggunakan shaker selama 3 hari, kemudian dilakukan pengukuran IAA dan optical density pada waktu 0, 24, 48, dan 72 jam.

#### d. Optimasi produksi IAA

Media TSB 25 ml ditambahkan L-Tryptophan 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm. Inkubasi selama 3 hari

menggunakan shaker.

Pengukuran IAA dan optical density 0, 24, 48, dan 72 jam.

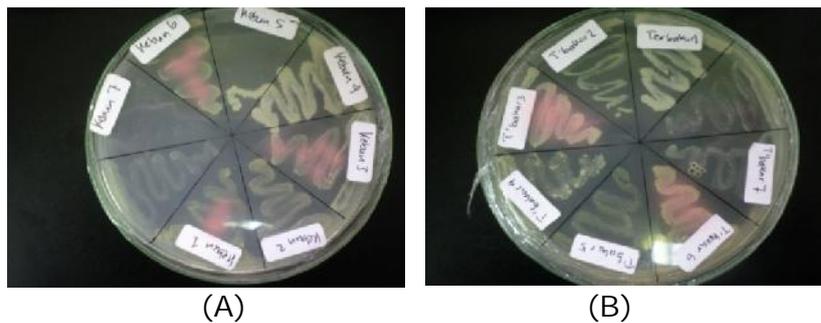
Rancangan percobaan

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dimana perlakuan adalah penambahan L-tryptophan 100 ppm (P1), 200 ppm (P2), 300 ppm (P3) dan masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali.

Data yang diperoleh dianalisis dengan Analysis of varian (ANOVA), kemudian jika ada beda nyata dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT). Acuan dalam analisis ragam untuk dapat dilanjutkan ke uji Duncan pada taraf signifikansi 95%.

Hasil dan Pembahasan

Hasil isolasi diperoleh tujuh isolat dari masing-masing area dan hanya lima isolat yang menghasilkan hormon tumbuh IAA. Kelima isolat tersebut yaitu: isolat dari area kebun adalah TGK 1, TGK 3, TGK 6; sedangkan dari area terbakar adalah TGT 3 dan TGT 6. Masing-masing dari isolat ini mampu menghasilkan hormon IAA yang ditandai dengan adanya perubahan warna menjadi merah muda, yang disebabkan oleh adanya reaksi antara reagen salkowksi dan IAA ditunjukkan pada Gambar 4.1



Gambar 1. Koloni bakteri tanah gambut area kebun (A) dan tanah gambut area terbakar (B)

Menurut Yuniarti & Purwani (2007) analisis secara kualitatif pada media cawan agar yang

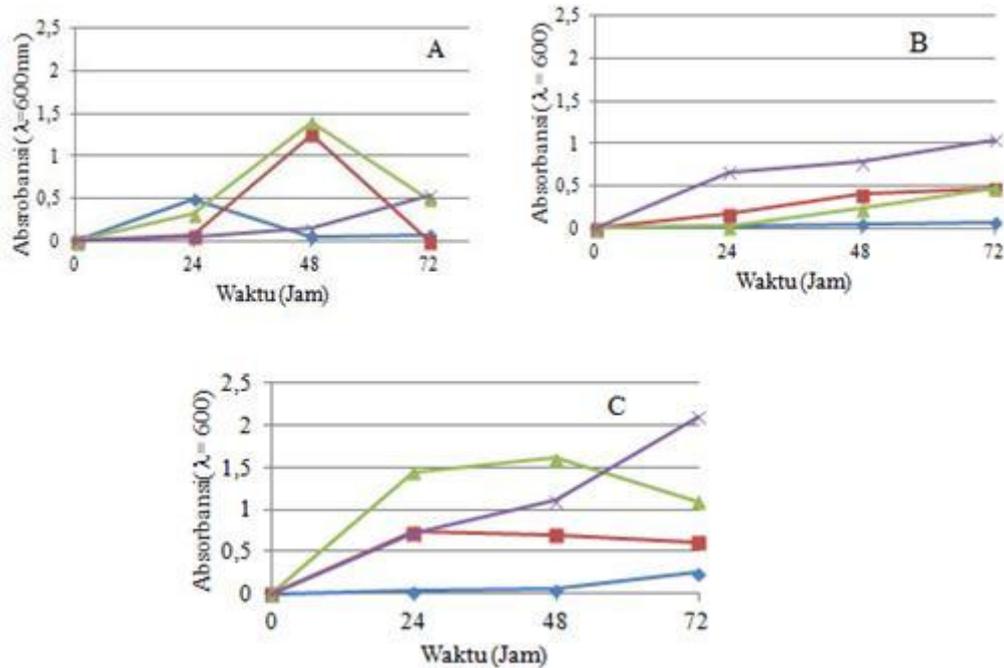
diperkaya dengan tryptophan dicirikan oleh terbentuknya warna merah muda di sekitar koloni

setelah diberi pereaksi Gordon & Weber (Salkowski).

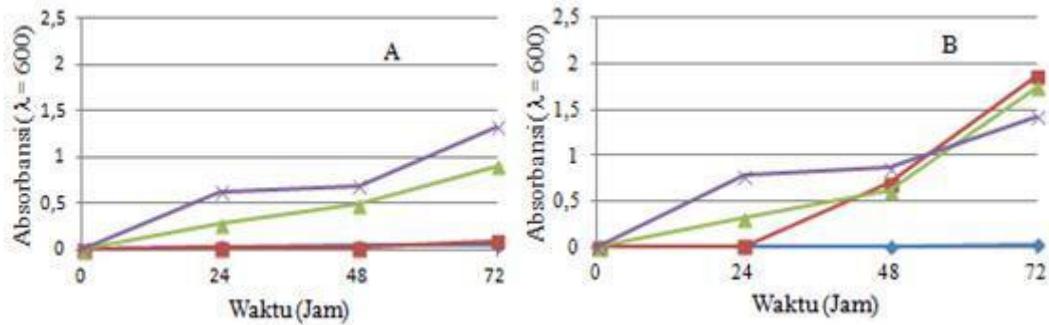
Isolat-isolat yang mempunyai kemampuan menghasilkan IAA, kemudian diuji konsentrasinya pada media dengan pH dan konsentrasi prekursor L-Tryptophan yang berbeda.

Isolat bakteri ditumbuhkan pada media TSB (Tryptic Soy Broth) dengan pH yang berbeda yaitu 3, 4, 5, 6 selama 3 hari pada erlenmeyer yang ditutup dengan plastik hitam selama 72 jam. Hasil pertumbuhan isolat bakteri tersebut ditunjukkan pada gambar 2 dan 3.

Pertumbuhan isolat bakteri terpilih pada media dengan pH yang berbeda



Gambar 2. Kurva pertumbuhan bakteri pada pH 3-6 selama 72 jam (A) TGK 1, (B) TGK 3, (C) TGK 6. Keterangan : --- pH 3, --- pH 4, --- pH 5, --- pH 6.



Gambar 3. Kurva pertumbuhan bakteri pada pH 3-6 selama 72 jam (A) TGT 3, (B) TGT 6. Keterangan : --- pH 3, --- pH 4, --- pH 5, --- pH 6.

Semua isolat yang berasal dari tanah gambut kebun yaitu TGK 1, TGK 3, dan TGK 6 masing-masing mempunyai pertumbuhan yang rendah pada pH 3, pada waktu 0 jam ataupun sudah mencapai waktu 72 jam. Isolat yang berasal dari tanah gambut terbakar, yaitu TGT 3 dan TGT 6 dengan kondisi pH 3 mempunyai pertumbuhan yang cenderung rendah, sama seperti isolat yang berasal dari tanah gambut kebun. Kondisi nilai pH 4 hampir semua isolat mempunyai kondisi pertumbuhan lebih tinggi bila dibandingkan dengan pH 3. Isolat TGT 3 pada pH menunjukkan hasil

pertumbuhan yang lebih rendah bila dibandingkan isolat TGT 6.

Kondisi pH yang cukup asam akan menyebabkan metabolisme sel terganggu, dan reaksi sel terhadap kondisi asam ini akan berbeda-beda tergantung jenis bakterinya. Jika kisarannya tidak cukup menguntungkan, pertumbuhan mungkin terhambat karena sel akan hancur. Menurut Volk & Wheeler (1993) bahwa, kerja mineral tergantung pada diisosiasi ion hidrogen ( $H^+$ ). Sifat yang terlalu asam akan menjadi bakterisida yang disebabkan oleh hidrolisis dan denaturasi protein. Kondisi pH yang rendah menyebabkan kerja enzim tidak optimal. Hal

ini akan mengganggu metabolisme bakteri, sehingga tidak dapat mengoptimalkan nutrisi yang dibutuhkan oleh bakteri. Asam amino merupakan pusat aktif enzim harus berada dalam keadaan ionisasi yang tepat agar menjadi aktif. Kebanyakan enzim bekerja pada pH kisaran 6 sampai 8.

Menurut Lehninger (1982), aktivitas katalitik enzim di dalam sel mungkin diatur sebagian oleh perubahan pada pH medium lingkungan, pH lingkungan juga berpengaruh terhadap kecepatan aktivitas enzim dalam mengkatalisis suatu reaksi. Hal ini disebabkan konsentrasi ion hidrogen mempengaruhi struktur 3 dimensi enzim dan aktivitasnya. Setiap enzim memiliki pH optimum yang khas, yaitu pH yang membantu aktivitas menjadi optimal. Konsentrasi ion hidrogen berubah dari konsentrasi optimal menjadi kurang efektif, aktivitas enzim

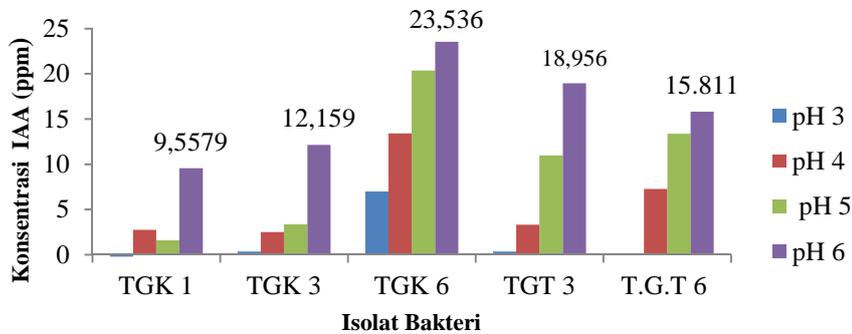
secara progresif hilang sampai akhirnya enzim menjadi tidak fungsional.

Rata-rata hampir dari semua pertumbuhan bakteri tinggi pada pH 6. Isolat yang mempunyai pertumbuhan tertinggi adalah isolat isolat TKG 6. Pertumbuhan paling baik pada pH netral 7 atau pH yang sedikit basa (pH 7,4). Beberapa bakteri tumbuh pada pH 6, tidak jarang dijumpai mikroorganisme yang tumbuh baik pada pH 4 atau 5. Sangat jarang suatu mikroorganisme dapat bertahan dengan baik pada pH 4 (Volk & Wheeler, 1993)

Produksi IAA isolat terpilih pada media pH yang berbeda

Faktor yang mempengaruhi reaksi antara reagen Salkowski dengan IAA adalah cahaya, apabila ada cahaya yang masuk maka dapat merusak reaksi warna yang terjadi pada produksi IAA. Yurekli & Topcuoglu (2003) melaporkan bahwa produksi IAA tergantung dengan adanya intensitas cahaya. Semakin gelap, maka produksi IAA

tidak terganggu. Hasil analisis IAA pada pH yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Konsentrasi IAA dari isolat bakteri pada media dengan pH yang berbeda selama 72 jam pada suhu ruang

Gambar 4 diatas, menunjukkan bahwa nilai konsentrasi IAA tertinggi terdapat pada pH 6 untuk semua isolat. Konsentrasi IAA tertinggi dari tanah gambut area kebun adalah isolat TGK 6 sebanyak 23,536 ppm, sedangkan dari area terbakar adalah isolat TGT 3 sebanyak 18,956 ppm. Hasil ini menunjukkan bahwa produksi IAA yang paling tinggi dihasilkan pada pH 6. Yurekli & Topcuoglu (2003) menyatakan bahwa, produksi IAA maksimal pada medium yang mengandung prekursor (L-Tryptophan) dengan pH 7,5 dan diinkubasi dalam kondisi gelap pada suhu ruang. Pemberian triptofan dalam

konsentrasi yang berbeda memberi pengaruh terhadap produksi IAA dan berbanding lurus dengan kadar triptofan yang ditambahkan (Patten & Glick, 2001).

Kondisi tanah gambut yang cenderung asam, sehingga jenis bakteri sedikit yang menyebabkan tidak semua isolat dapat menghasilkan hormon IAA. Kondisi lingkungan pada media kultur terlalu asam, maka akan mengganggu kinerja enzim-enzim yang mengkatalisis prekursor L-Tryptophan menjadi IAA. Anandawarih (2008) melaporkan bahwa jalur biosintesis IAA yang paling banyak digunakan mikroorganisme adalah jalur Indol-

3-asam piruvat (IpyA), sedang enzim aminotransferase mengkatalisis tryptophan yang diikuti dekarboksilasi menjadi indol-3-asetaldehid (IAAId), kemudian IAAId dioksidasi oleh IAAId oksidase menjadi IAA. Ada enzim yang berperan dalam perubahan L-Tryptophan menjadi IAA. Jika kondisi lingkungan mempunyai pH yang cenderung asam, akan mempengaruhi kinerja enzim. Dijelaskan lebih lanjut oleh Poedjiadi (1994), pH dapat menyebabkan proses denaturasi yang mengakibatkan menurunnya aktivitas enzim.

Begitu juga yang terjadi pada enzim aminotransferase, IAAId oksidase akan mengalami penurunan aktivitas. Enzim-enzim ini memerlukan kondisi yang optimal agar proses katalisis berjalan dengan optimal. Umumnya pH yang cenderung netral akan membuat kondisi enzim berjalan optimal. Gaman (1994) menyatakan bahwa, pH 7 (netral) adalah salah satu pH yang optimal untuk kinerja enzim. Pertumbuhan dan konsentrasi IAA isolat TGK 6 paling tinggi dicapai

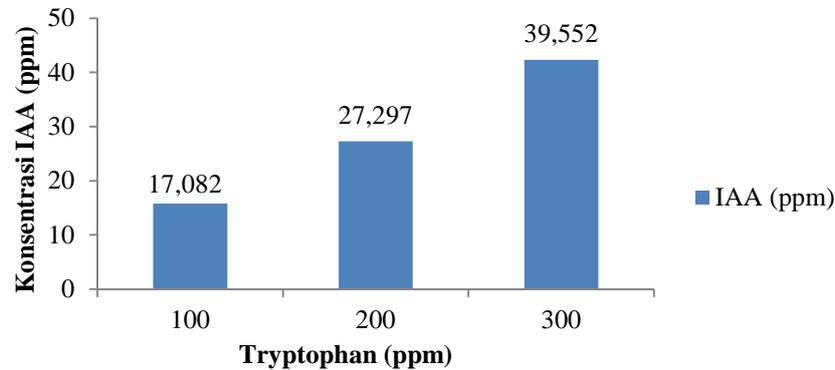
pada pH 6. Hal ini berarti produksi IAA sesuai dengan pertumbuhan. Semakin tinggi nilai pH medium menunjukkan pertumbuhan dan produksi IAA yang meningkat, hal ini sesuai dengan penelitian Tamilarasan et al.(2012) yang menghasilkan IAA optimal pada pH 7.

Produksi IAA dari isolat TGK 6 pada pH 6 dan variasi L-Tryptophan

Variasi L-Tryptophan dilakukan untuk mengetahui pengaruh prekursor ini terhadap produksi IAA. Berdasarkan hasil optimasi pH medium dan konsentrasi L-Tryptophan, isolat TGK 6 menunjukkan pertumbuhan dan produksi IAA yang tinggi, maka optimasi produksi IAA dilakukan terhadap isolat ini dengan variasi konsentrasi L-Tryptophan yaitu 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm. Hasil rata-rata produksi IAA dari isolat TGK 6 menghasilkan konsentrasi sebesar 17,082 ppm dengan konsentrasi L-Tryptophan 100 ppm; 27,297 ppm dengan konsentrasi L-Tryptophan 200 ppm, sedangkan 39, 552 ppm dengan konsentrasi L-Tryptophan

300 ppm. Produksi IAA isolat ini meningkat seiring dengan

penambahan konsentrasi L-Tryptophan (Gambar 5)



Gambar 5. Konsentrasi IAA dari isolat TGK 6 yang ditumbuhkan selama 72 jam dengan variasi L-Tryptophan yang berbeda

Hal yang menentukan dalam produksi dari hormon IAA ini salah satunya adalah pH (derajat keasaman) yang optimal. Derajat keasaman yang optimal, kerja enzim akan optimal mengkonversi prekursor L-Tryptophan menjadi IAA. Adanya prekursor ini dapat memacu penambahan IAA pada isolat TGK 6. Hal ini sesuai dengan pendapat Elsorra et al. (2007) bahwa peningkatan produksi IAA tergantung dari banyaknya konsentrasi prekursor L-Tryptophan yang diberikan pada medium.

Pertumbuhan sel bakteri juga menjadi salah satu faktor yang berpengaruh dalam produksi IAA.

Isolat TGK 6 ini, mempunyai optical density sebesar 2,1072. Semakin banyak sel bakteri, maka banyak juga prekursor yang dikonversi menjadi IAA. Seiring dengan penambahan konsentrasi IAA, kerapatan atau optical density juga meningkat.

Hasil penelitian dari Mendrofa (2010), selama 4 hari pada bakteri penambat nitrogen *Bradyrhizobium japonicum* dengan penambahan prekursor L-Tryptophan sebanyak 200 ppm dan 300 ppm didapatkan hasil produksi IAA sebanyak 51,33 ppm dan 16,33 ppm secara berurutan. Jika dibandingkan dengan hasil yang didapat, pada isolat TGK 6 dengan

penambahan L-Tryptophan sebanyak 200 ppm dan 300 ppm selama 3 hari, mampu memproduksi IAA sebanyak 27,297 ppm dan 39,552ppm secara berurutan. Semakin tinggi konsentrasi L-Tryptophan dalam medium, maka semakin tinggi pula IAA yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam dapat diketahui bahwa dengan menggunakan perkursor L-Tryptophan pada Isolat TGK 6, dengan hasil 0,031 yang menunjukkan perbedaan nyata lebih kecil dari 0,05 ( $P < 0,05$ ) terhadap konsentrasi produksi hormon IAA.

#### Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang dari penelitian ini diperoleh 3 isolat dari tanah gambut are kebun dan 2 isolat dari tanah gambut area terbakar. Produksi IAA dari optimasi kondisi lingkungan didapatkan hasil paling tinggi isolat dari tanag gambut area kebun, jika dibandingkan dengan isolat dari tanah gambut area terbakar.

#### Daftar Pustaka

- Acuna, J. J., & Jorquera, M. A. 2011. Indole Acetic Acid And Phytase Activity produced by Rhizosphere Bacilli As Affected by Ph And Metals. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 11 (3) : 1-12
- Anandawarih, S. 2008. Optimasi Produksi Asam Indol asetat Oleh Rhizobium Sp. Dalam Medium Serum Lateks Hevea brasiliensis dengan Suplementasi Triptofan. Skripsi. IPB. Bogor.
- ElSorra, E., Domingo J., Manuel, T., & Rainer, B. 2007. Tryptophan-Dependent Production of Indole-3-Acetic Acid (IAA) Affects Level of Plant Growth Promotion by *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42. *MPMI* 2 (6) : 619 - 626
- Gaman, P. M., & Sherrington, K. B. 1994. Ilmu Pangan, Pengantar Ilmu Pangan, Nutrisi dan Mikrobiologi. Universitas Gadjah Mada press. Yogyakarta.
- Hartatik, W., Subiksa., dan Ai Dariah. 2008. Sifat kimia dan fisik tanah gambut. Departemen Pertanian. Bogor

- Lehninger, A. L. 1982. Principles of Biochemistry. Worth Publish. New York
- Manulu, M. H. I. 2011. Aplikasi Bakteri Penambat Nitrogen Dengan Media Tanah Gambut Terbakar Dan Tidak Terbakar pada Semai *Acacia crassicarpa* Cunn. Ex-Benth. Skripsi. fakultas Kehutanan. IPB. Bogor.
- Mendrofa, D. N. P. 2010. Media Optimal Untuk *Bradyrhizobium japonicum* Toleran Asam-Aluminium Memproduksi Asam Indol Asetat Bagi Pertumbuhan Kedelai. Skripsi. Departemen Biologi FMIPA IPB. Bogor
- Muslihat L. 2003. Teknik Pengukuran Tanah Gambut Di Lapangan Dan Di Laboratorium. Bogor. Buletin Teknik Pertanian. 8: 69
- Patten, C. L. & Glick. B.R. 2002. Role of *Pseudomonas putida* Indole Acetic Acid in Development of The Host Plant Root System. Applied and Environmental Microbiology. 68 (8): 3795-3801
- Poedjiadi, A. 1994. Dasar-dasar Biokimia I. Jakarta : UI-Press
- Spaepen, S., Jos, V., & Roseline, R. 2007. Indole-3-acetic in microbial and microorganism plant signaling. FEMS Microbiol Rev: 1- 24.
- Syaufina, L. 2008. Kebakaran Hutan Dan Lahan Di Indonesia. Bayumedia Publishing. Malang
- Volk, W.A., & Wheeler, M. F. 1993. Mikrobiologi Dasar. Edisi Kelima. Jilid 1. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Yuniarti, E., & Purwani, J. 2007. Metode Analisis Biologi Tanah. Balai Penelitian Tanah. Bogor
- Yurekli F., & Topcuoglu, H. 2003. The synthesis of indole-3-acetic acid by the industrially important white-rot fungus *Lentinus sajor-caju* under different culture conditions. Mycol Res 1 (07) 305–309.
- Tamilarasan, K., Balaji, N., Lavanya, S., & Muthamizhselvi, S. 2012. Optimizatio Of Fermentation Condition For Indole Acetic Acid Production By

Pseudomonas                      Sp.  
International    Journal    of  
Advanced Biotechnology and  
Research 3 (4) 797 -80

