

Potensi Konsorsium Tiga dan Empat Isolat Bakteri Endofit dari Akar Tanaman Ubi Jalar varietas Papua Patippi dalam Memproduksi IAA

The Potency of Three and Four Consortium Endophytic Bacteria of Sweet Potato's Root Var. Papua Patippi in Producing IAA

Dwiliam Budiyanthi Sumpethanaya*, Yuliani, Lisa Lisdiana
Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Surabaya
*e-mail : thanayanaii99@gmail.com

ABSTRAK

Bakteri endofit A1, B1, B2, dan B3 dari akar tanaman ubi jalar varietas Papua Patippi diketahui mampu memproduksi hormon IAA. Penelitian ini bertujuan untuk menguji bagaimana potensi konsorsium bakteri endofit dalam memproduksi IAA dan konsorsium manakah yang paling optimal dalam memproduksi hormon IAA serta berapa lama waktu inkubasi yang paling optimal. Potensi konsorsium bakteri endofit dalam memproduksi IAA diperoleh dengan mengukur nilai absorbansi setiap harinya selama 5 hari masa inkubasi menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 530 nm. Data absorbansi IAA selanjutnya dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa konsorsium bakteri endofit berpotensi dalam memproduksi IAA. Konsorsium a (A1, B1, B2) merupakan konsorsium yang paling optimal dalam memproduksi IAA dengan nilai konsentrasi tertinggi yaitu 1,182 ppm. Berdasarkan hasil penelitian diketahui pula bahwa waktu inkubasi yang diperlukan untuk memproduksi IAA dengan konsentrasi optimal dimulai pada hari ke-3.

Kata kunci: Potensi konsorsium; bakteri endofit; akar tanaman ubi jalar varietas Papua Patippi; hormon IAA

ABSTRACT

The endophytic bacteria A1, B1, B2, and B3 of sweet potato's roots var. Papua Patippi were known capable to produce IAA hormones. This study aimed to determine the potential of endophytic bacteria consortium in producing IAA and the most optimal consortium in producing IAA hormones and how long the optimal incubation time. Potency of endophytic bacteria consortium in producing IAA was obtained by measuring the daily absorbance value for 5 days incubation period using a spectrophotometer with a wavelength of 530 nm. The data of IAA absorbance were analyzed by descriptively. The results indicated that endophytic bacteria consortium has the potency in producing IAA. Consortium a (A1, B1, B2) is the consortium which can produce the most optimal IAA hormones with high concentration of 1,182 ppm. This research also indicated that the incubation time required to produce the optimum concentration of IAA begins on the 3rd day.

Key words: Potential of the consortium; endophytic bacteria; the sweet potato's roots Papua Patippi varieties; IAA hormones

PENDAHULUAN

Bakteri endofit adalah kelompok mikroorganisme yang hidup dan melakukan aktivitas metabolismenya dalam suatu jaringan tanaman tertentu. Bakteri tersebut tidak memberikan efek negatif atau berbahaya bagi tumbuhan inangnya, namun sebaliknya memberikan pengaruh positif dan dapat menjalin suatu hubungan yang bersifat saling menguntungkan bagi keduanya (Hallmann *et al.*, 1997). Bakteri endofit yang hidup dalam jaringan tanaman memiliki beberapa peran positif, diantaranya adalah sebagai agen biokontrol yang menunjang aktivitas metabolisme dalam jaringan tanaman (Ryan *et al.*, 2007), memproduksi fitohormon, membantu ketersediaan nutrisi bagi

tanaman, sebagai pelarut fosfat, serta memiliki kemampuan dalam fiksasi nitrogen (Zinniel *et al.*, 2002). Khan dan Doty (2009) menyatakan salah satu fitohormon yang dapat diproduksi oleh bakteri endofit adalah Indole Acetic Acid (IAA).

Ubi jalar varietas Papua Patippi diketahui berasosiasi dengan sekelompok bakteri endofit yang dapat memproduksi hormon IAA (Anggara *et al.*, 2014). Dalam penelitian tersebut diketahui empat dari delapan isolat bakteri endofit memiliki kemampuan paling optimum dalam memproduksi IAA yaitu isolat A1, B1, B2, dan B3. Kemampuan produksi IAA tidak hanya dimiliki oleh isolat tunggal saja, melainkan isolat konsorsium (kombinasi). Konsorsium bakteri adalah kombinasi dua atau lebih isolat bakteri

yang ditumbuhkan dalam satu media yang sama (Triyanto, 2009). Konsorsium bakteri dapat meningkatkan laju pertumbuhan yang memicu meningkatnya produksi enzim dari masing-masing isolat untuk mensintesis hormon IAA. Bakteri konsorsium dapat memberikan hasil yang lebih optimum karena aktivitas metabolisme yang saling mendukung dari setiap isolat bakteri (Jadhav *et al.*, 2008 dalam Anggraeni, 2014).

Raja *et al.* (2006) menguji potensi konsorsium 3 bakteri dalam meningkatkan konsentrasi hormon IAA dalam eksudat akar tanaman padi, konsorsium 3 bakteri terbukti dapat meningkatkan level hormon IAA pada eksudat akar tanaman padi dibandingkan dengan isolat tunggal dan memberi dampak positif dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi. Konsorsium 3 dan 4 bakteri berpotensi lebih baik dalam memproduksi IAA (Kumar dan Saraf, 2012).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji potensi isolat bakteri endofit A1, B1, B2, dan B3 dari akar tanaman ubi jalar varietas Papua Patippi dalam konsorsium 3 dan 4 isolat dalam memproduksi IAA serta berapa lama waktu inkubasi paling optimum yang diperlukan oleh konsorsium bakteri untuk memproduksi IAA dengan konsentrasi paling optimal.

BAHAN DAN METODE

Penelitian observasional ini dilakukan pada bulan April sampai Juni 2016. Uji potensi isolat konsorsium bakteri endofit dari akar tanaman ubi jalar varietas Papua Patippi dalam memproduksi hormon IAA dan uji antagonisme isolat bakteri endofit dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi gedung C9 dan Laboratorium Fisiologi gedung C10 FMIPA Universitas Negeri Surabaya.

Metode dalam penelitian ini terdiri dalam beberapa tahapan, tahap pertama yaitu pembuatan kurva standar IAA yang diawali dengan membuat larutan IAA sintetik 2 ppm. Hormon IAA sintetik sebanyak 0,2 mg dilarutkan ke dalam 100 mL akuades dan dihomogenkan. Stok tersebut selanjutnya diencerkan sehingga mendapatkan larutan IAA sintetik dengan konsentrasi 0,1 ppm; 0,3 ppm; 0,5 ppm; 0,7 ppm; 0,9 ppm; 1,1 ppm; 1,3 ppm; 1,5 ppm; 1,7 ppm; dan 1,9 ppm yang absorbansinya diukur menggunakan alat spektrofotometer dengan panjang gelombang 530 nm (Aryantha *et al.*, 2004 dalam Khairani, 2009).

Tahap kedua adalah peremajaan isolat bakteri endofit dalam media Nutrient Agar (NA) yang dilanjutkan dengan pembuatan media tumbuh *James Nitrogen Free Malat Bromthymol Blue* (JNFB) dan sterilisasi alat dengan menggunakan

autoklaf suhu 121 oC dan tekanan 1 atm. Tahapan ketiga adalah konsorsium isolat bakteri endofit, setelah masa inkubasi setiap kultur bakteri tunggal dihitung kerapatannya sampai mencapai 106 CFU/mL dan dikonsorsiumkan dalam tabung reaksi steril, sebanyak 3 mL setiap kultur bakteri. Selanjutnya, 3 mL kultur yang telah dikonsorsiumkan ditumbuhkan dalam 150 mL media JNFB. Kultur konsorsium diinkubasi dalam shaker inkubator selama 5 hari dalam suhu ruang (25-30o C). Formulasi konsorsium bakteri yaitu konsorsium a (A1B1B2), konsorsium b (A1B2B3), konsorsium c (A1B1B3), konsorsium d (B1B2B3) dan konsorsium e (A1B1B2B3).

Tahapan keempat adalah pengukuran IAA dilakukan sesuai prosedur Gordon dan Weber (1951), perhitungan konsentrasi IAA dilakukan setiap hari selama 5 hari. Absorbansi IAA diukur menggunakan alat spektrofotometer dengan panjang gelombang 530 nm. Nilai absorbansi IAA didistribusikan dalam persamaan kurva standar IAA yaitu $y = 0,006 + 0,022x$, dimana y adalah nilai absorbansi dan x adalah nilai konsentrasi dalam ppm. Tahapan terakhir adalah perhitungan jumlah sel bakteri dengan metode hitung langsung (*Direct count*) menggunakan haemocytometer. Perhitungan ini dilakukan pada waktu awal sebelum inkubasi dan setiap hari selama 5 hari masa inkubasi.

Data hasil pengukuran konsentrasi IAA dan perhitungan jumlah sel bakteri dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Nilai absorbansi IAA yang didapat dideskripsikan dan dihubungkan dengan hasil perhitungan jumlah setiap koloni bakteri dalam konsorsium yang akan memengaruhi produksi hormon IAA.

HASIL

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh data mengenai hasil uji potensi isolat konsorsium bakteri endofit dari akar tanaman ubi jalar varietas Papua Patippi dalam memproduksi hormon IAA dan data mengenai pertumbuhan sel bakteri selama masa inkubasi. Uji potensi isolat konsorsium bakteri endofit dari akar tanaman ubi jalar varietas Papua Patippi dalam memproduksi IAA dilakukan dengan metode spektrofotometri dan perhitungan jumlah sel bakteri dengan haemocytometer selama 5 hari masa inkubasi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa masing-masing isolat konsorsium bakteri memiliki nilai konsentrasi IAA dan jumlah sel bakteri yang berbeda setiap harinya, seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran konsentrasi hormon *Indole Acetic Acid* (IAA) dan perhitungan jumlah sel bakteri endofit dari akar tanaman ubi jalar varietas Papua Patippi

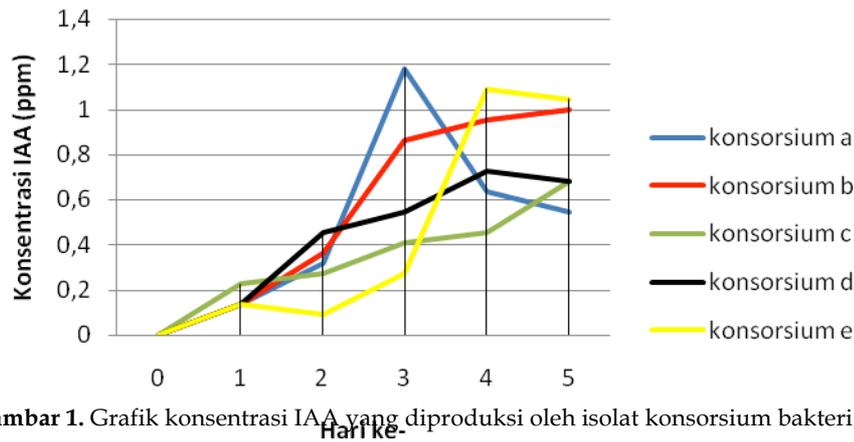
Konsorsium	Hari	Jumlah Koloni Bakteri (CFU/mL) x 10 ⁶	Konsentrasi IAA (ppm)	Nilai Rerata Konsentrasi IAA (ppm)
Konsorsium a (A1B1B2)	0	0,35	-	0,563
	1	3,25	0,136	
	2	4,1	0,318	
	3	1,95	1,182	
	4	1,25	0,636	
	5	0,55	0,545	
Konsorsium b (A1B2B3)	0	0,3	-	0,664
	1	2	0,136	
	2	3,1	0,363	
	3	1,3	0,864	
	4	0,55	0,955	
	5	0,75	1	
Konsorsium c (A1B1B3)	0	0,55	-	0,409
	1	3,3	0,227	
	2	3,05	0,273	
	3	2,4	0,409	
	4	3,85	0,456	
	5	0,25	0,682	
Konsorsium d (B1B2B3)	0	0,5	-	0,509
	1	2,2	0,136	
	2	4	0,456	
	3	1,7	0,545	
	4	1,05	0,727	
	5	0,65	0,682	
Konsorsium e (A1B1B2B3)	0	0,4	-	0,527
	1	4,8	0,136	
	2	4,6	0,091	
	3	2,05	0,273	
	4	0,8	1,091	
	5	0,7	1,045	

Setiap isolat konsorsium memiliki pola produksi IAA yang berbeda-beda. Demikian halnya dengan hasil perhitungan jumlah sel bakteri yang hampir secara keseluruhan menunjukkan pola penurunan jumlah sel di waktu yang sama. Berdasarkan rerata nilai konsentrasi IAA pada tabel, terlihat bahwa konsorsium b memiliki hasil yang paling baik dibandingkan konsorsium a, e, d, dan c. Walaupun demikian, pada tabel dapat diketahui bahwa nilai konsentrasi IAA paling optimal dihasilkan oleh konsorsium a pada hari ketiga dan diikuti oleh konsorsium e pada hari ke-4 (Tabel 1).

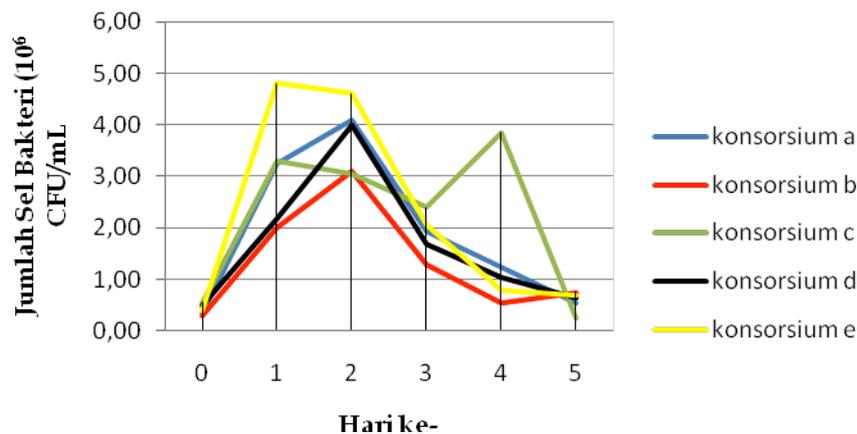
Hasil perhitungan jumlah sel dari setiap konsorsium bakteri endofit menunjukkan fluktuasi yang berbeda dengan potensinya dalam memproduksi IAA. Secara keseluruhan konsorsium bakteri endofit menunjukkan

peningkatan jumlah sel sejak perhitungan pada hari pertama, peningkatan yang cukup drastis ini diduga bakteri dalam fase perbanyakan jumlah sel (*log phase*).

Fluktuasi nilai konsentrasi IAA yang diproduksi oleh konsorsium isolat bakteri endofit dan jumlah sel setiap konsorsium isolat bakteri endofit dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 1. Grafik konsentrasi IAA yang diproduksi oleh isolat konsorsium bakteri endofit



Gambar 2. Grafik jumlah sel konsorsium bakteri endofit.

Grafik konsentrasi IAA konsorsium bakteri endofit pada Gambar 1. menunjukkan nilai konsentrasi tertinggi dihasilkan oleh konsorsium a (A1,B1,B2) dengan nilai sebesar 1,182 ppm pada hari ke-3 dan pada hari ke-4 oleh konsorsium e (A1,B1,B2,B3) yaitu sebesar 1,091 ppm. Nilai konsentrasi IAA yang diproduksi oleh konsorsium isolat bakteri endofit secara umum menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan sampai dengan hari ke-4. Berdasarkan grafik produksi IAA nilai konsentrasi IAA yang dihasilkan oleh konsorsium isolat bakteri endofit mulai meningkat pada hari ke-2, kecuali konsorsium e yang justru mengalami penurunan pada hari tersebut.

Produksi IAA oleh konsorsium a mengalami peningkatan secara terus menerus sampai hari ke-3, dan mengalami penurunan secara drastis di hari ke-4 dan ke-5. Konsorsium b (A1,B2,B3) dan c (A1,B1,B3) menghasilkan IAA dengan pola peningkatan secara berkelanjutan sampai pada hari ke-5, konsorsium c memproduksi IAA paling optimal pada hari ke-5. Konsentrasi IAA yang diproduksi oleh konsorsium d (B1,B2,B3) terus meningkat sampai hari ke-4 dan konsorsium e

menunjukkan peningkatan optimal dalam memproduksi IAA pada hari ke-4.

Nilai konsentrasi IAA yang diproduksi oleh kelima konsorsium isolat bakteri endofit mengalami peningkatan paling optimum pada hari ke-3 dan ke-4. Konsorsium a adalah konsorsium yang mampu memproduksi IAA dengan konsentrasi paling tinggi dibandingkan dengan konsorsium lainnya pada hari ke-3. Namun berdasarkan hasil nilai rerata konsentrasi IAA selama masa inkubasi, konsorsium b memiliki rerata yang paling tinggi yaitu sebesar 0,664 ppm dan yang terendah adalah konsorsium c sebesar 0,418 ppm.

Berdasarkan grafik jumlah sel bakteri pada Gambar 2, fase perbanyakan (*log phase*) dimulai sejak hari pertama, sedangkan fase adaptasi (*lag phase*) bakteri diduga terjadi dalam hitungan menit sampai per jam tepat setelah masa inkubasi hari ke-0 dimulai, sehingga pada grafik tidak terlihat adanya fase adaptasi bakteri (*lag phase*). Konsorsium a, b, dan d mengalami fase perbanyakan sampai pada hari ke-2 dan secara bersamaan jumlah sel terus menurun drastis sampai hari ke-4. Konsorsium a dan d

menunjukkan penurunan jumlah sel sampai pada hari ke-5, namun konsorsium b justru mengalami peningkatan jumlah sel pada hari ke-5.

Jumlah sel bakteri dari konsorsium c dan e mengalami penurunan sejak pengamatan hari ke-2 dan ke-3. Konsorsium c menunjukkan pola pertumbuhan yang berbeda, jumlah sel bakteri isolat konsorsium c meningkat secara drastis pada hari ke-4 dan selanjutnya menunjukkan penurunan yang drastis pula di hari ke-5. Konsorsium e menunjukkan penurunan jumlah yang sangat drastis sejak hari ke-3 sampai hari ke-5. Penurunan jumlah sel bakteri secara terus-menerus yang dimulai pada hari ke-3 sampai hari ke-5 menunjukkan bahwa bakteri konsorsium berada pada fase kematian (*death phase*).

Pertumbuhan sel bakteri konsorsium a, b, d dan e membentuk pola pertumbuhan yang hampir sama. Keempat bakteri konsorsium tersebut melalui fase perbanyakan (*log phase*) dimulai dari perhitungan hari pertama, dikarenakan fase adaptasi (*lag phase*) terjadi pada hitungan menit atau per jam. Pertumbuhan bakteri konsorsium a, b, d, dan e secara drastis meningkat populasi jumlahnya sampai hari ke-3 dan diikuti pula dengan penurunan jumlah yang sangat drastis pada hari ke-4. Bakteri konsorsium c memiliki pola pertumbuhan yang lebih fluktuatif, dimana setelah mengalami penurunan (*death phase*) pada hari ke-2 dan ke-3 populasi jumlahnya justru kembali meningkat drastis (*log phase*) di hari ke-4, dan kembali memasuki fase kematian pada hari ke-5.

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengukuran konsentrasi hormon IAA yang diproduksi oleh isolat bakteri konsorsium a, b, c, d, dan e diketahui adanya perbedaan potensi dari setiap konsorsium dengan ditunjukkannya fluktuasi pada grafik konsentrasi IAA (Gambar 2). Konsorsium isolat bakteri endofit ditumbuhkan dalam media cair JNFB (James Nitrogen Free Malat Bromethymol Blue), dalam media ini terdapat makronutrient pepton yang mengandung beberapa asam amino dimana salah satunya adalah triptofan, yang merupakan prekursor dalam pembentukan hormon IAA. Triptofan dapat diubah menjadi IAA oleh bakteri endofit melalui jalur Indole-3-acetamide (IAM) dan Indole-3-pyruvat (IpyA) (Spaepen et al., 2007).

Konsorsium isolat bakteri endofit secara keseluruhan menunjukkan peningkatan dalam produksi IAA pada hari ke-2 dan ke-3. Konsorsium a (A1B1B2) adalah konsorsium yang dapat memproduksi IAA dengan konsentrasi

paling optimum dengan nilai IAA sebesar 1,182 ppm pada hari ke-3, hal ini disebabkan selama masa inkubasi sampai dengan 48 jam enzim yang dihasilkan oleh isolat bakteri untuk pembentukan IAA dapat diseksresikan lebih optimal yang akan diikuti peningkatan pembentukan hormon IAA (Kresnawaty et al., 2008 dalam Khairani, 2009). Dalam konsorsium dapat terjalin suatu hubungan sinergistik antara kelompok mikroba yaitu dengan produksivitamin dan asam amino oleh sekelompok mikroba yang akan dimanfaatkan oleh mikroba lain untuk aktivitas metabolisme (Sumarsih, 2003 dalam Suriaman, 2010).

Hubungan saling ketergantungan yang terbentuk bersifat positif terhadap produksi senyawa metabolit sekunder dari masing-masing isolat, sehingga terjadi akumulasi jumlah dari senyawa metabolit sekunder tersebut. Seperti halnya pada konsorsium a dan e, diduga terjadi hubungan simbiosis mutualistik antara kelompok mikroba, sehingga masing-masing isolat menunjang kehidupan isolat lain dengan sekresi senyawa metabolit sekundernya yang berpengaruh pula pada tingginya produksi hormon IAA dalam media tumbuh. Namun terdapat perbedaan waktu inkubasi optimal dalam produksi IAA dari kedua konsorsium tersebut.

Nugroho (2007) menyatakan dalam kultur konsorsium, pertumbuhan yang baik dari bakteri konsorsium seharusnya diikuti dengan peningkatan laju metabolisme bakteri tersebut. Dalam hal ini, peningkatan produksi IAA oleh konsorsium isolat bakteri endofit tidak berbanding lurus dengan pertumbuhan sel bakterinya. Produksi IAA yang tinggi justru diikuti oleh penurunan jumlah sel bakteri. Seperti contohnya pada konsorsium a yang memproduksi IAA paling tinggi pada hari ke-3, justru jumlah sel bakterinya menurun drastis pada hari yang sama. Dalam konsorsium bakteri akan terjadi dinamika populasi bakteri, dimana selama waktu inkubasi bakteri konsorsium setiap harinya akan terjadi perbedaan dominansi jenis bakteri. Perubahan dominansi ini akan menyebabkan naik turunnya jumlah sel bakteri, namun tidak akan berpengaruh terhadap hasil reaksi metabolisme sebelumnya.

Produksi IAA yang tinggi namun tidak diikuti oleh peningkatan jumlah bakteri juga dapat disebabkan nutrisi dalam media mulai menurun (Lestari et al., 2007). Penurunan nutrisi akan menyebabkan persaingan antar isolat bakteri dalam media untuk bertahan hidup, sehingga bakteri yang tidak dapat bersaing viabilitasnya akan menurun dan mengalami fase kematian yang akan berpengaruh pula pada penurunan jumlah bakteri konsorsium. Jumlah

bakteri yang kembali meningkat saat setelah mengalami penurunan diduga karena bakteri tersebut menggunakan kembali IAA yang telah dihasilkan untuk menunjang aktivitas metabolismenya dan meningkatkan viabilitas isolat bakteri tersebut. Hal ini dapat terjadi karena reaksi pengubahan triptofan menjadi IAA bersifat reversible sehingga dapat dimanfaatkan atau dirombak kembali menjadi senyawa lain untuk keperluan nutrisi dan metabolisme bakteri itu sendiri (Thontowi *et al.*, 2007 dalam Anggara *et al.*, 2014).

Berdasarkan grafik pertumbuhan sel bakteri konsorsium (Gambar 2) dan produksi IAA (Gambar 1) dapat diketahui bahwa peningkatan jumlah konsentrasi IAA tidak selalu diikuti dengan penambahan jumlah bakteri konsorsium, selain dipengaruhi oleh adanya hubungan antagonis bakteri dan mekanisme yang terjadi didalamnya, hal tersebut juga dapat disebabkan karena menurunnya nutrisi pada media pertumbuhan.

SIMPULAN

Isolat konsorsium a adalah isolat yang paling berpotensi memproduksi IAA dengan konsentrasi paling tinggi yaitu sebesar 1,182 ppm pada hari ke-3. Bakteri konsorsium memiliki waktu yang berbeda-beda dalam memproduksi IAA dengan nilai paling optimal. Konsorsium a memproduksi IAA dengan konsentrasi paling optimum di hari ke-3, bakteri konsorsium b dan c pada hari ke-5, dan bakteri konsorsium d dan e pada hari ke-4.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggara BS, Yuliani, dan Lisdiana L, 2014. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Penghasil Hormon *Indole Acetic Acid* (IAA) dari Akar Tanaman Ubi Jalar (*Ipomea batatas*). *LenteraBio*, 3(3): 160-167.
- Anggraeni PN, 2014. Potensi Konsorsium Mikroba dalam Meningkatkan Efektifitas Proses Pengolahan Limbah Cair Bir. *Tesis*. Tidak Dipublikasikan. Denpasar: Universitas Udayana.
- Gordon SA dan Weber RP, 1951. Colorimetric Estimation of Indole Acetic Acid. *Plant physiol*, 26(1): 192-195.
- Hallman JA, Quadt-Hallmann, Mahaffee WF, dan Kloepper JW, 2011. Endophytic Bacteria in Agriculture Crops. *Journal of Microbiology*, 43: 895-914.
- Khairani G, 2009. Isolasi dan Uji Kemampuan Bakteri Endofit Penghasil Hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) dari Akar Tanama Jagung (*Zea mays L.*). *Skripsi*. Tidak Dipublikasikan. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Kumar JC dan Saraf M, 2012. Evaluation of Multispecies Plant-Growth-Promoting Consortia for the Growth Promotion of *Jatropha curcas L.* *Journal Plant Growth Regul.* DOI 10.1007/s00344-012-9269-5.
- Khan Z dan Doty SL, 2009. Characterization of Bacterial Endophytes of Sweet Potato Plants. *Journal Plant Soil*, 10: 1-10.
- Lestari P, Dwi NS, dan Eny IR, 2007. Pengaruh Hormon Asam Indol Asetat yang Dihasilkan *Azospirillum sp.* Terhadap Perkembangan Akar Padi. *Jurnal AgroBiogen*, 3(2):66-72.
- Nugroho A, 2007. Dinamika Populasi Konsorsium Bakteri Hidrokarbonolitik : Studi Kasus Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi Skala Laboratorium. *Jurnal Ilmu Dasar*, 8(1) : 13-23.
- Raja P, Gopal UH, dan Govindarajan K, 2006. Impact of Bioinoculants Consortium on Rice Root Exudates, Biological Nitrogen Fixation and Plant Growth. *Journal of Biological Sciences*, 6(5): 815-823.
- Ryan RP, Germaine K, Franks A, Ryan DJ, dan Dowling DN, 2007. Bacterial Endophytes: Recent Developments and Applications. *Federation of European Microbiological Societies*, 278(2008): 1-9.
- Spaepen S, Jos V, dan Rosaline R, 2007. *Indole-3Acetic Acid* in Microbial and Microorganism - Plant Signaling, 31: 425-448.
- SuriamanE, 2010. Potensi Bakteri Endofit dari Akar Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum*) Dalam Memfiksasi N₂ di Udara dan Menghasilkan Hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) Secara In Vitro. *Skripsi*. Tidak Dipublikasikan. Malang: Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim.
- Triyanto A, Isnansetyo ID, Prijambade J, Widada A, dan Tarmiawati, 2009. Isolasi, Karakterisasi dan Uji Infeksi Bakteri Proteolitik dari Lumpur Kawasan Hutan Bakau. *Jurnal Perikanan*, 11(1): 16-24.
- Zinniel DK, Lambrecht PA, Harris BN, Feng A, Kuczarski D, Higley P, Ishimaru CA, Arunakumari A, Barletta RG, dan Vidaver AK. 2002 *Applied and Environmental Microbiology*, 68(5): 2198-2208.