Protobiont
2014
Vol 3 (1): 34 - 40

Bakteri Pendegradasi Selulosa dari Serasah Daun *Avicennia alba* Blume di Kawasan Hutan Mangrove Peniti Kabupaten Pontianak

Rizqie Lestya Ningsih[1], Siti Khotimah[1], Irwan Lovadi[1]
[1]Program Studi Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, email korespondensi: rizqie.iraz@yahoo.com

Abstrak

Avicennia alba is a plant that dominated in Peniti Mangrove Forest Pontianak regency. So many found leaf litter the region. Microorganism like celulotic bacterial has important role to degrade selulose in the litter. The aim of this study is to know genus selulose degrading bacterial in litter leaf of *A. alba* at Peniti Mangrove Forest. Sampel of litter leaf has taken by *Composite Sampling* Methode with 10 spot in 3 different location. Bacterial isolating by *Pour Plate* Methode with CMC selectif medium and the using sea water (environmental litter) for manufacturing suspension. The isolate bacterial was describe use coloni morphology test, cell morphology, and biochemistry. The result of isolation was found 14 pure isolation and after the identification was found 8 genera they are *Pseudomonas*, *Plesiomonas*, *Pasteurella*, *Neisseria*, *Actinobacillus*, *Corynebacterium*, *Aeromonas*, *Vibrio*.

Key words : Mangrove, Bacterial selulotic, *Avicennia alba*

PENDAHULUAN

Hutan mangrove Peniti merupakan kawasan muara sungai yang mampu menghasilkan produksi serasah berkisar antara 0,266 ton/ha/tahun sampai 12,920 ton/ha/tahun untuk tiap jenis dan 0,595 ton/ha/tahun sampai 13,738 ton/ha/tahun untuk tiap komponen tumbuhan (Thierdhani, 2009). Serasah yang paling banyak ditemukan yaitu serasah dari tanaman *Avicennia alba*, karena merupakan tanaman yang paling mendominasi di kawasan tersebut, yakni sekitar 65-70 % dari total luas wilayah hutan mangrove sebesar ± 390,625 Ha.

Unsur utama serasah adalah selulosa. Proses penguraian selulosa sangat bergantung pada keberadaan mikroorganisme seperti bakteri pendegradasi selulosa. Bakteri memiliki peranan penting dalam proses dekomposisi bahan organik. Aktivitas bakteri mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara melalui proses mineralisasi karbon dan asimilasi nitrogen (Blum, *et al.*, 1988). Adanya aktivitas bakteri menyebabkan produktivitas ekosistem mangrove menjadi tinggi. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian mengenai keberadaan bakteri pendegradasi selulosa pada serasah. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan genus bakteri pendegradasi selulosa yang terdapat pada serasah daun *A. alba* di kawasan hutan mangrove Peniti Kabupaten Pontianak.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

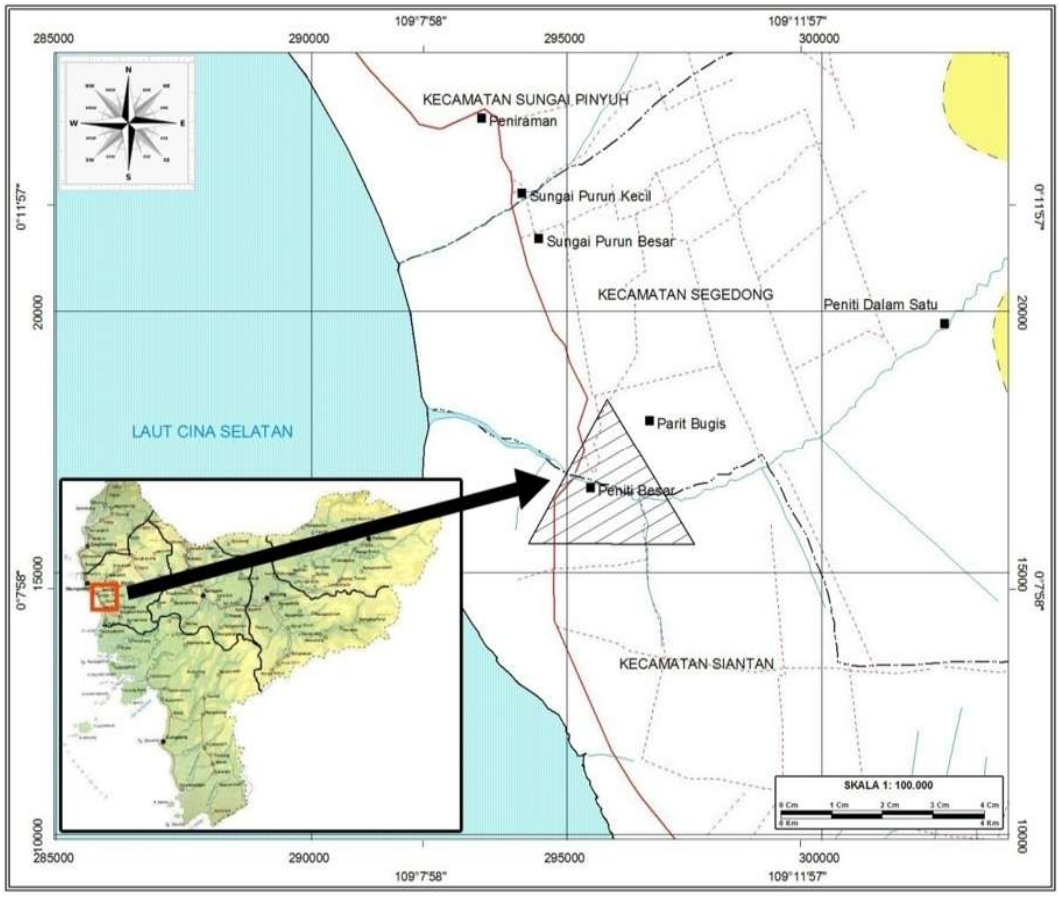
Penelitian dilaksanakan mulai bulan September 2012 hingga bulan Februari 2013. Pengambilan sampel serasah daun *Avicennia alba* dilakukan di kawasan hutan mangrove Peniti Kabupaten Pontianak. Isolasi dan identifikasi bakteri dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura Pontianak.

Deskripsi Umum Lokasi Penelitian

Kawasan Peniti merupakan bagian dari Kabupaten Pontianak yang terletak di sebelah utara Kota Pontianak. Secara geografis Sungai Peniti terletak antara $00^{0}11'$ 05" LU dan $109^{0}08'14$" BT dan antara $00^{0}06'13$" LU dan $109^{0}09'49$" BT, dengan luas wilayah hutan mangrove ± 390,625 Ha. Secara umum Sungai Peniti dan kawasan mangrove berbatasan dengan wilayah : sebelah utara Sungai Peniti berbatasan dengan Desa

Sungai Burung, sebelah selatan berbatasan dengan Desa Sungai Nipah, sebelah barat berbatasan dengan Laut Natuna, dan sebelah timur berbatasan dengan Peniti Dalam.

Kawasan hutan mangrove Peniti tidak memperlihatkan adanya formasi dan zonasi vegetasi mangrove, hal ini disebabkan oleh dominansi antar tumbuhan mangrove tidak terdistribusi merata. Berdasarkan hasil penelitian Thierdhani (2009), diperoleh 5 jenis vegetasi penyusun hutan mangrove yaitu *Avicennia alba*, *A.marina*, *A.officinalis*, *Bruguiera cylindrica* dan *Sonneratia caseolaris*.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan adalah serasah daun *Avicennia alba*, media *Carboxymethylcellulose* (CMC), air laut (lingkungan serasah), agar *bacto*, *ekstrak yeast*, spiritus, alkohol 70%, media *Nutrient Broth* (NB), NaOH, larutan iodine, Kristal violet, safranin, media *Motility Indole Ornithine* (MIO), media uji katabolisme karbohidrat, media uji dekarboksilase, media urea *Christenses*, media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA), media *Triphtofan Broth*, reagen *Kovac's*, media glukosa OF (Oksidatif-Fermentatif) dan media *Simmons Citrate*.

Prosedur Kerja

Pengambilan Sampel Serasah

Pengambilan sampel serasah dilakukan dengan metode *composite sampling* (Hyde, *et al.*, 2009). Sampel di ambil secara acak dan pemanenan dengan penentuan 10 titik pada 3 lokasi tanah yang berbeda. Lokasi A terletak di daerah muara dengan kondisi tanah yang berlumpur, lokasi B berjarak 2,5 km dari daerah pantai dengan kondisi tanah yang sudah mulai padat, dan lokasi C terletak di dekat pemukiman penduduk dengan kondisi tanah yang padat. Daun serasah yang diambil berasal dari tumpukan daun-daun yang telah gugur dan berada di atas permukaan tanah (humus).

Pengukuran Faktor Lingkungan
Faktor lingkungan diukur berdasarkan parameter fisika dan kimia. Parameter faktor fisika yang diukur yaitu suhu udara, suhu tanah, kelembaban tanah, intensitas cahaya matahari, dan pH tanah. Parameter faktor kimia yang diukur yaitu C-organik, N-total, dan P.

Isolasi Bakteri Pendegradasi Selulosa
Sebanyak 10 gram serasah daun *A. alba* yang telah dihancurkan, dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer dan dibuat suspensi dengan cara menambahkan air laut (air lingkungan serasah) yang telah disterilisasi hingga mencapai volume 100 ml. Selanjutnya dibuat seri pengenceran dari 10^{-1} hingga tingkat pengenceran 10^{-3} dengan masing-masing 3 kali pengulangan. Diambil sebanyak 1 ml dari tiap pengenceran untuk dibiakkan ke dalam media CMC-agar dengan metode *pour plate* dan diinkubasi selama 48 jam pada suhu 30^0C. Kemudian biakan dimurnikan ke media CMC-agar berdasarkan perwakilan dari tiap karakter isolat dan diinkubasi selama 48 jam pada suhu 30^0C. Koloni yang tumbuh diamati zona beningnya. Zona bening menunjukkan bahwa bakteri tersebut menghasilkan enzim selulolitik dan mendegradasi selulosa yang ada disekitarnya (Waluyo, 2008).

Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Selulosa
Karakterisasi bakteri yang dilakukan meliputi pengamatan secara makroskopis dengan mengamati morfologi koloni seperti bentuk, tepi, elevasi, dan warna koloni. Pengamatan secara mikroskopis dengan mengamati morfologi dan warna sel, serta dilakukan uji biokimia yang meliputi uji katalase, uji motilitas, uji oksidatif-fermentatif, uji sitrat, uji urea, uji TSIA, uji kebutuhan oksigen, uji indol, uji katabolisme karbohidrat, dan uji dekarboksilase.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil isolasi bakteri dari serasah daun *Avicennia alba* diperoleh sebanyak 4 isolat bakteri pada lokasi A dan masing-masing 5 isolat bakteri pada lokasi B dan lokasi C (Tabel 1).

Tabel 1. Morfologi Koloni Bakteri Pendegradasi Selulosa

Morfologi Koloni Bakteri					
Lokasi Pengambilan	Kode Isolat	Bentuk	Tepian	Elevasi	Warna
MS	MBPS1	Bulat	Rata	Datar	Putih
	MBPS2	Tidak beraturan	Rata	Datar	Putih
	MBPS3	Bulat	Tepian bergerigi	Cembung dengan tengah timbul	Putih
	MBPS4	Tidak beraturan	Tepian berlekuk	Cembung	Putih
TM	TBPS1	Tidak beraturan	Tepian berlekuk	Datar	Putih bening
	TBPS2	Bulat	Rata	Cembung dengan tengah timbul	Putih
	TBPS3	Berakar	Tepian berlekuk	Rata	Putih
	TBPS4	Tidak beraturan	Tepian bergelombang	Cembung	Putih
	TBPS5	Bulat	Rata	Datar	Putih
DP	PBPS1	Bulat	Tepian bergerigi	Rata	Putih
	PBPS2	Bulat	Rata	Datar	Putih kekuningan
	PBPS3	Bulat	Tepian bergerigi	Cembung	Putih kekuningan
	PBPS4	Tidak beraturan	Tepian bergerigi	Cembung	Putih
	PBPS5	Bulat	Tepian bergerigi	Cembung	Putih

Keterangan:
MBPS = Isolasi bakteri Pada Daerah Lokasi (MS. Muara Sungai)
TBPS = Isolasi bakteri Pada Daerah Lokasi (TM. Tengah Muara)
PBPS = Isolasi bakteri Pada Daerah Lokasi (DP. Dekat Pemukiman)

Berdasarkan hasil karakterisasi terhadap isolat bakteri pendegradasi selulosa, diperoleh 8 genera bakteri diantaranya *Pseudomonas*, *Plesiomonas*, *Pasteurella*, *Neisseria*, *Actinobacillus*, *Corynebacterium*, *Aeromonas*, dan *Vibrio* (Tabel 2). Bakteri pendegradasi selulosa yang ditemukan pada lokasi MS sebanyak 3 genera yaitu *Pseudomonas*, *Pasteurella*, dan *Vibrio*. Lokasi TM sebanyak 4 genera yaitu *Pseudomonas*, *Plesiomonas*, *Pasteurella*, dan *Aeromonas*. Lokasi DP ditemukan 4 genera yaitu *Pseudomonas*, *Neisseria*, *Actinobacillus* dan *Corynebacterium* seperti tertera pada Tabel 3.

Tabel 2. Karakter Isolat Bakteri Pendegradasi Selulosa, Kat:Katalase, OF:Oksidatif Fermentatif, Ind:Indol, Glu:Glukosa, Lak:Laktosa, Man:Manitol, Mal:Maltosa, Sak:Sakarosa, Lys:Lysin, Arg:Arginin, Orn:Ornitin

Kode Isolat	Bentuk	Gram	Kat	Motil	OF	Sitrat	Urea	TSIA	O_2	Ind	Katabolisme Karbohidrat					Dekarboksilase			Genera
											Glu	Lak	Man	Mal	Sak	Lys	Arg	Orn	
PBPS3	Basil	-	+	+	O	+	+	$^{K}/_{A}$	AnF	_	-	+	-	+	+	+	-	+	
TBPS2	Coccus	-	+	+	O	+	+	$^{K}/_{A}$	AnF	-	-	+	-	+	+	+	+	+	*Pseudomonas*
MBPS2	Coccus	-	+	+	OF	+	+	$^{K}/_{A}$	A	-	+	+	+	+	+	+	-	+	
TBPS4	Coccus	-	+	+	O	+	+	$^{K}/_{A}$	A	-	+	+	+	+	+	+	+	+	*Plesiomonas*
TBPS5	Coccus	-	+	+	O	-	+	K	A	-	+	-	-	+	-	+	+	+	
TBPS3	Coccus	-	+	-	OF	-	+	$^{K}/_{A}$	A	-	+	-	-	+	+	+	+	+	
MBPS1	Basil	-	+	-	OF	-	+	$^{K}/_{A}$	A	-	+	-	-	+	+	+	+	-	*Pasteurella*
MBPS4	Basil	-	+	-	OF	-	+	$^{K}/_{A}$	A	-	+	-	-	+	+	+	+	-	
PBPS2	Coccus	-	+	-	OF	+	+	$^{K}/_{A}$	A	-	+	-	+	+	+	+	+	+	*Neisseria*
PBPS4	Coccus	-	+	-	OF	+	+	$^{K}/_{A}$	AnF	-	+	-	-	+	+	+	+	-	
PBPS1	Coccus	-	+	-	OF	-	+	$^{K}/_{A}$	AnF	-	+	+	+	+	+	+	+	-	*Actinobacillus*
PBPS5	Basil	+	+	+	O	+	+	K	AnF	-	-	-	-	+	+	+	+	+	*Corynebacterium*
TBPS1	Coccus	-	+	+	O	+	+	K	A	-	+	-	-	+	+	+	+	-	*Aeromonas*
MBPS3	Coccus	-	+	+	OF	+	+	$^{K}/_{A}$	A	-	+	+	+	+	+	-	-	+	*Vibrio*

Keterangan: (+) = Hasil Positif
(-) = Hasil Negatif
OF = Oksidatif Fermentatif
$^{K}/_{A}$ = Kalis/Asam
A = Aaerob
AnF = Anaerob Fakultatif

serta dapat ditemukan pada kulit mamalia (Goenadi, 1993).

Genus *Pasteurella* (isolat TBPS3, MBPS1, dan MBPS4) termasuk bakteri gram negatif, berbentuk batang (Gambar 2c), dan bersifat non motil. Bakteri ini mampu menghasilkan enzim katalase dan memerlukan kondisi aerob untuk pertumbuhannya. Genus ini dapat hidup pada suhu 37^0C (Holt, *et al*., 1994; Cowan, *et al*., 1993).

Genus *Neisseria* (isolat PBPS2 dan PBPS4) memiliki bentuk sel bulat, termasuk dalam bakteri gram negatif (Gambar 2d), dan bersifat non motil (Holt, *et al*., 1994; Cowan, *et al*., 1993). Bakteri ini memanfaatkan oksigen secara obligat aerobik, namun dapat pula hidup pada kondisi anaerob fakultatif dan dapat tumbuh optimal pada suhu 35-37^0C. Bakteri dari genus *Neisseria* mampu menguraikan zat organik menjadi zat anorganik, yaitu CO_2, H_2O, energi dan mineral sehingga dapat dijadikan nutrisi bagi tanaman.

Genus *Actinobacillus* (isolat PBPS1) termasuk dalam kelompok bakteri gram negatif, sel berbentuk bulat (Gambar 2e) dan bersifat non motil (Holt, *et al*., 1994; Cowan, *et al*., 1993). Bakteri ini umumnya hidup pada kondisi anaerob fakultatif dan mampu memfermentasi karbohidrat. Genus *Actinobacillus* memiliki kemampuan dalam membentuk spora sehingga sangat menguntungkan bagi bakteri tanah terkait dengan kondisi lingkungannya yang selalu berubah dan tidak menguntungkan (Suliasih dan Rahman, 2007).

Genus *Corynebacterium* (isolat PBPS5) termasuk bakteri gram negatif berbentuk batang (Gambar 2f). Bersifat motil dengan adanya flagella sebagai alat gerak dan hidup dalam kondisi anaerob fakultatif. Bakteri jenis ini umumnya memiliki dinding sel tebal yang terletak diantara membran dalam dan membran luar (Holt, *et al*., 1994).

Genus *Aeromonas* (isolat TBPS1) termasuk bakteri gram negatif dan berbentuk bulat (Gambar 2g). Bersifat motil dan dapat hidup pada kondisi aerob. Suhu optimum untuk pertumbuhannya yaitu 22^0C, tetapi sebagian besar bakteri ini tumbuh baik pada suhu 37^0C (Holt, *et* al., 1994; Cowan, *et al*., 1993). Bakteri ini mampu memenfaatkan senyawa gula seperti glukosa, maltosa, dan sakarosa yang dikatabolisme dengan memproduksi asam dan menghasilkan gas.

Genus *Vibrio* (isolat MBPS3) memiliki sel yang berbentuk bulat dan termasuk kelompok bakteri gram negatif (Gambar 2h). Menurut Holt, *et al*., 1994; Cowan, *et al*., 1993), genus *Vibrio* memiliki flagella sehingga memiliki kemampuan untuk bergerak (motil). Bakteri ini mampu memfermentasi karbohidrat dengan memproduksi asam, tetapi tidak menghasilkan gas dan mampu menghasilkan enzim katalase. Kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk pertumbuhannya yaitu pada kondisi aerob dan dapat tumbuh dengan baik pada suhu 25^0C, tetapi sebagian dapat tumbuh pada suhu 30^0C. *Vibrio* merupakan jenis bakteri yang hidupnya saprofit di air dan tanah. Selain itu, bakteri tersebut dapat hidup pada salinitas yang relatif tinggi, karena sebagian besar bersifat halofil yang tumbuh optimal pada air laut bersalinitas 20-40‰.

Berdasarkan Tabel 3, *Pseudomonas* merupakan bakteri yang mampu beradaptasi pada tiga lokasi tanah. *Pseudomonas* dapat membentuk endospora pada kondisi yang tidak menguntungkan sehingga bakteri dapat bertahan hidup (Glickaman, *et al*., 1998). Selain itu, bakteri ini mempunyai kemampuan menguraikan zat organik menjadi zat anorganik yaitu CO_2, H_2O, energi dan mineral, sehingga dapat dijadikan nutrisi bagi tanaman. Menurut Taha, *et al*. (1969), faktor fisik dan kimia tanah serta kondisi lingkungan sangat mempengaruhi keberadaan bakteri tanah.

Hasil pengukuran parameter fisika lingkungan yang tercantum pada Tabel 4, memperlihatkan bahwa pada ketiga lokasi penelitian memiliki beberapa kondisi lingkungan yang sama. Suhu udara pada ketiga lokasi yaitu 31^0C. Hal ini disebabkan oleh pengukuran temperatur yang dilakukan pada siang hari. Rerata suhu udara tersebut masih termasuk kisaran optimum untuk pertumbuhan bakteri. Menurut Hartanto (2009) suhu udara optimum bagi pertumbuhan bakteri yaitu 25-37^0C.

Berdasarkan Tabel 4, suhu tanah pada ketiga lokasi tersebut masih termasuk kisaran optimum bagi pertumbuhan bakteri. Suhu tanah optimum untuk pertumbuhan bakteri berkisar 27-36^0C (Indriani, 2008). Rerata suhu tersebut masih berada dalam kisaran yang baik untuk proses dekomposisi.

Aktivitas bakteri pendegradasi selulosa dipengaruhi pula oleh pH tanah. Nilai pH untuk ketiga lokasi yaitu berkisar antara 4,5-6 (Tabel 4).

Nilai tersebut masih dalam kisaran pH optimal dan sangat produktif untuk pertumbuhan bakteri pendegradasi selulosa. Menurut Salisbury dan Ross (1995), kemasaman tanah dapat menyebabkan bakteri tanah dapat menghambat aktivitas enzim pada bakteri. Aktivitas enzim dipengaruhi oleh pH. Perubahan pH atau pH yang tidak sesuai akan menyebabkan daerah katalitik dan konformasi enzim berubah. Rentang pH yang paling cocok untuk pertumbuhan bakteri yaitu 6-8. Bakteri pendegradasi selulosa dapat bertahan hidup dengan membentuk spora sebagai perlindungan dari kondisi lingkungan yang ekstrim (Pohan, 2009).

Selain faktor fisika, faktor kimia tanah dapat mempengaruhi kehidupan bakteri. Ketersediaan C-organik di dalam tanah sangat diperlukan bakteri sebagai sumber energi untuk melakukan metabolisme dan perbanyakan sel. Berdasarkan Tabel 5, lokasi C memiliki kandungan C-Organik yang paling tinggi. Tingginya nilai C dapat dapat menyebabkan proses penguraian akan semakin lama. Hal ini dikarenakan aktivitas bakteri yang berbeda-beda. Kecepatan dan tingkat aktivitas pada bakteri pendegradasi tidak sama dan dipengaruhi oleh faktor lingkungan, kondisi bahan yang didegradasi atau kompleks enzim yang dihasilkan bakteri itu sendiri (Nurmayani, 2009; Meryandini, *et al*., 2009).

Kandungan unsur hara N tertinggi terdapat pada lokasi C (Tabel 5). Ini disebabkan adanya bakteri seperti bakteri *Corynebacterium*, dan *Pseudomonas* yang mampu mendegradasi unsur hara N, dan dipengaruhi oleh bahan-bahan organik dari serasah-serasah pada daerah tersebut. Ketersediaan unsur hara N yang cukup, dapat menyebabkan tumbuhan menjadi subur dan eksudat tumbuhan akan lebih banyak dikeluarkan ke dalam tanah, sehingga bakteri pendegradasi selulosa yang memanfaatkan eksudat serasah pada daerah tersebut juga akan lebih banyak (Sumarsih, 2003).

Lokasi C merupakan daerah dengan kandungan P tertinggi (Tabel 5). Hal ini dikarenakan kondisi lingkungan yang mendukung hidupnya bakteri pengurai unsur hara P. Jenis bakteri yang berperan dalam penguraian unsur hara P yakni *Pseudomonas* dan *Corynebacterium* (Sutiknowati, 2009). *Pseudomonas* dan *Corynebacterium* merupakan mikroba tanah yang mempunyai kemampuan melarutkan P tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman, membantu penyediaan hara bagi tanaman, dan membantu dekomposisi bahan organik (Widawati dan Suliasih, 2006).

DAFTAR PUSAKA

Blum, L.K.; Mills, A.L.; Zieman, J.C., dan Zieman, R.T., 1988, Abundance of Bacteria and Fungi in Seagrass and Mangrove Detritus, *Marine Ecology Progress Series*, vol. 42, no. 3, hal. 73-78

Cowan, S.T., Steel, K.J., Barrow, G.I., Feltham, R.K.A., 1993*, Cowan and Steel's Manual for The Identification of Medical Bacteria 3rd Edition*, Cambridge University Press, Australia

Glickman, M. H.; Rubin, D. M.; Fried, V. A.; dan Finley, D., 1998, The Regulatory Particle of the Saccharomyces Cerevisiae Proteasome, *Mol Cell Boil*, vol. 18, no. 6, hal. 3149-3162

Goenadi, D.H dan Saraswati, R., 1993, Kemampuan Melarutkan Fosfat dari Beberapa Isolat Bakteri Pelarut Fosfat, *Menara Perkebunan* , vol. 61, no. 3, hal. 160-166

Hartanto, J., 2009. *Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri pelarut Fosfat Pada Tanah Sulfat Masam Di Kawasan Pesisir Hutan Mangrove Peniti Kalimantan Barat*, Skripsi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, universitas Tanjungpura, Pontianak

Holt, J.G.; Krig, N.R.; Sneath, P.; Staley, J. and Williams, S., 1994, *Bergeys Manual Of Determinative Bacteriology 9th Edition*, Lipincott Williams and Wilkins Company : Philadelphia USA

Hyde, D.K., Aung, S., Jeewon, R., Pointing, B.S., 2009, Diversity and Abundance of Nematode-Trapping Fungi frnm Decaying Litter in Terrestrial Freshwater and Mangrove Habitats, *Journal Biodiversity Conservasy*, vol. 18, no. 6, hal. 1695-1714

Indriani, Y., 2008, *Produksi dan Laju Dekomposisi Serasah Daun Mangrove Api-Api (Avicennia Marina Forssk.Vierh) di Desa Lontar, Kecamatan Kemiri, Kabupaten Tanggerang , Provinsi Banten*, Skripsi, Institut pertanian Bogor, Bogor

Meryandini, A; W. Widosari; B. Maranatha; T. C. Sunarti; N. Rachmania; H. Satria, 2009, Isolasi Bakteri Selulolitik dan Karakterisasi Enzimnya, *Makara*, Sains, vol. 13, No. 1, hal. 33-38

Nurmayani, D, 2009, *Isolasi dan Uji Potensi Mikroorganisme Selulolitik Asal Tanah Gambut dan Kayu Sedang Melapuk Dalam Mendekomposisikan Kayu*, Skripsi, Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan

Pohan, S.M., 2009, *Populasi Organisme Tanah pada Daerah Aplikasi Limbah cair Pabrik Kelapa*

Sawit PT. Amal Tani Langkat, Departemen Ilmu Tanah, Skripsi, Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara Medan

Salisbury, F. B dan Ross, C. W., 1995*, Fisiologi Tumbuhan*, Jilid 1, Edisi ke 4, ITB Bandung, Bandung

Suliasih dan Rahmat, 2007, Aktivitas Fosfatase dan Pelarutan Kalsium Fosfat oleh Beberapa Bakteri Pelarut Fosfat, *Biodiversitas*, vol. 8, no. 1, hal: 23-26

Sumarsih, S., 2003. *Mikrobiologi Dasar*. Universitas Pembangunan Nasional Veteran, Yogyakarta.

Sutiknowati, L, I., 2009, Kelimpahan Bakteri Fosfat Di Padang Lamun Teluk Banten, *Oseanologi dan Limnologi*, vol. 36, no. 1, hal. 21-35

Taha, S.M., S.A.Z. Mahmoud, A. Halim El Damaty and A.M. Abd. El. Hafez. 1969. Activity of phosphate dissolcing bacteria in egyption soils. *Plant and Soil XXXI*, vol. 31, no.1, hal. 35-55

Thierdhani, F.D., 2009, *Komposisi Vegetasi dan Produksi Serasah Hutan Mangrove di Kawasan Muara Sungai Peniti*, Skripsi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, universitas Tanjungpura, Pontianak

Widawati, S. dan Suliasih, 2006, Populasi Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) di Cikaniki, Gunung Botol, dan Ciptarasa, serta Kemampuannya Melarutkan P Terikat di Media Pikovskaya Padat, *Biodiversitas*, vol. 7, no. 2, hal. 109-113

Waluyo, L., 2008, *Teknik Metode Dasar Mikrobiologi*, Universitas Muhamadiyah Malang Press, Malang