

Isolasi Bakteri Selulolitik Pendegradasi Limbah Jerami Padi di Lahan Gambut

Hapsoh¹, Wawan¹, Isna Rahma Dini¹ dan Dwiora²

¹ Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Riau

² Mahasiswa Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Riau

Kampus Bina Widya KM.12,5 Panam Pekanbaru 28293

*Penulis korespondensi: email: hapsodhin@yahoo.co.id

ABSTRAK

Lahan gambut merupakan lahan yang dapat dimanfaatkan untuk usaha budidaya tanaman perkebunan maupun tanaman pangan. Beberapa lahan gambut dangkal di Provinsi Riau telah dilakukan usaha budidaya padi. Pada pasca panen padi yang dilakukan akan menghasilkan limbah jerami yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan organik dalam pembuatan pupuk organik dengan bantuan bakteri dekomposer seperti bakteri selulolitik. Perombakan jerami padi menjadi pupuk organik oleh bakteri selulolitik di lahan gambut memiliki kelemahan yaitu sulitnya bakteri tersebut mendekomposisi jerami di lahan gambut yang disebabkan karena pH tanah gambut yang masam. Oleh karena itu, dilakukan isolasi bakteri selulolitik pendegradasi limbah jerami padi yang dibudidayakan di lahan gambut sehingga diperoleh bakteri selulolitik yang tahan asam. Bakteri selulolitik tersebut nantinya dapat dimanfaatkan untuk mendekomposisi jerami padi maupun bahan organik lainnya yang berasal dari lahan gambut. Berdasarkan hasil isolasi dan pengamatan morfologi secara mikroskopis melalui pewarnaan Gram diperoleh sebanyak tujuh isolat di antaranya yaitu tiga isolat berbentuk kokus Gram negatif, satu isolat berbentuk kokus Gram positif, dan tiga berbentuk basil Gram negatif. Selanjutnya dilakukan pengukuran indeks selulolitik untuk mengetahui kemampuan bakteri dalam menghasilkan enzim selulase melalui zona bening yang terbentuk di sekitar koloni. Berdasarkan hasil pengamatan, indeks selulolitik yang dihasilkan oleh tujuh isolat di antaranya yaitu 0,5; 0,67; 1,33; 1,5; 2; 2; dan yang tertinggi sebesar 4 yang diperoleh dari bakteri berbentuk basil Gram negatif.

Kata kunci: lahan gambut, jerami padi, bakteri selulolitik, indeks selulolitik

PENDAHULUAN

Lahan gambut merupakan lahan dengan tanah jenuh air, terbentuk dari endapan yang berasal dari penumpukkan sisa-sisa jaringan tumbuhan masa lampau yang melapuk. Indonesia adalah negara yang memiliki lahan gambut terluas diantara negara tropis yang tersebar terutama di Sumatera, Kalimantan, dan Papua (Badan Besar Litbang SDLP, 2013). Provinsi Riau merupakan salah satu provinsi di Sumatera yang memiliki lahan gambut yang cukup luas. Menurut BBSDLP (2011), lahan gambut di Riau memiliki luas sekitar 3,867 juta ha atau sekitar 43,62% dari luas Provinsi Riau. Selain arealnya yang luas, lahan gambut memiliki karakteristik yang sangat berbeda dengan lahan mineral.

Karakteristik lahan gambut ditentukan oleh kandungan, ketebalan, dan jenis mineral pada substratum (di dasar gambut), serta tingkat dekomposisi gambut. Berbeda dengan tanah mineral, bagian yang aktif dari tanah gambut yaitu fase cairnya, bukan berasal dari padatan yang terdiri dari sisa tanaman. Fase cair dari gambut terdiri dari asam-asam organik alifatik maupun aromatik yang memiliki gugus fungsional seperti karboksil, hidroksil dan amina. Asam-asam organik terbentuk dari hasil dekomposisi bahan organik dan dalam kondisi alami sering jenuh air sehingga menyebabkan aerasinya buruk. Selain itu, sebagai akibat dari tingginya asam organik, maka reaksi tanah pada umumnya masam.

Tingkat asam organik pada lahan gambut yang tinggi mengakibatkan lahan gambut digolongkan sebagai lahan marginal, dimana lahan gambut memiliki ketersediaan unsur hara baik



makro maupun mikro yang rendah, basa-basa dan kejenuhan basa yang rendah, dan kemasaman tanah yang tinggi dengan kisaran pH 3,0-4,5 (Agus dan Subiksa, 2008). Kondisi pada lahan gambut tersebut menyebabkan tanaman sering kali mengalami defisiensi unsur hara dan tanaman sulit untuk tumbuh yang mengakibatkan produktivitas tanaman di lahan gambut menjadi rendah.

Produktivitas tanaman yang rendah menyebabkan pemanfaatan lahan gambut sebagai lahan perkebunan sering kali diterapkannya pembuatan drainase dan penambahan ameliorant serta pupuk anorganik. Penambahan amelioran dan pupuk anorganik dapat mengatasi masalah kesuburan dan kimia tanah gambut, namun sering kali reklamasi lahan gambut dengan pembuatan saluran drainase, akan mengakibatkan kadar air akan segera menurun diikuti dengan mengkerutnya volume tanah sehingga permukaan tanah akan mengalami penurunan (subsiden). Subsiden juga disebabkan karena terjadinya proses dekomposisi bahan organik dan melepaskan CO₂. Subsiden yang berlanjut akan menyebabkan sebaran tanah gambut mengalami degradasi tanah.

Salah satu cara untuk mencegah terjadinya degradasi tanah gambut adalah dengan adanya pemberian bahan organik yang berasal dari sisa tanaman seperti jerami padi. Jerami padi merupakan sisa hasil panen dan sumber bahan organik yang ketersediaannya cukup melimpah setelah kegiatan panen dilakukan. Pengembalian sisa tanaman ini kelahan usaha tani akan memberikan manfaat ganda dalam usaha konservasi dan peningkatan status kesuburan tanah gambut.

Limbah pertanian yang berperan sebagai sumber bahan organik atau pupuk organik yang berasal dari jerami padi yang ditambahkan dapat berfungsi sebagai sumber unsur hara bagi tanaman. Sedangkan sisa bahan organik yang belum terdekomposisi diharapkan mampu menggantikan kehilangan bahan gambut yang terdekomposisi. Dengan cara demikian, di satu sisi unsur hara dapat tersedia sehingga produktivitas tanaman dapat ditingkatkan, di sisi lain subsidensi dapat diminimalisir. Namun persoalannya, sifat gambut alami yang memiliki reaksi tanah masam, maka biota (umumnya bakteri selulolitik) yang berkembang sangat terbatas, sehingga proses dekomposisi berjalan lambat. Lambatnya proses dekomposisi tentu saja disertai dengan lambatnya pelepasan unsur hara sehingga tidak mampu memenuhi kebutuhan unsur hara yang cukup tinggi dalam waktu singkat.

Peningkatan dekomposisi jerami padi oleh bakteri dapat dilakukan dengan mengisolasi mikrob (bakteri) dari limbah jerami tersebut dan selanjutnya ditingkatkan pertumbuhannya. Bakteri yang berasal dari jerami padi yang telah diisolasi dan selanjutnya dikarakterisasi, sehingga diharapkan mampu mendekomposisi limbah jerami padi di lahan gambut tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk Mendapatkan bakteri selulolitik yang berasal dari jerami padi yang ada di lahan gambut dan mengetahui karakteristik bakteri selulolitik yang berpotensi sebagai dekomposer selulosa dan mampu bertahan dikondisi lahan gambut.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian Universitas Riau, Kampus Bina Widya KM 12,5 Kelurahan Simpang Baru, Kecamatan Tampan, Pekanbaru.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini di antaranya yaitu jerami padi, *Carboxymethyl Cellulose* (CMC), *Nutrient Agar* (NA), agar *swallow grow*, urea, medium gula (sukrosa, glukosa, manitol, maltosa), *Nutrient gelatin*, *Methyl red-Voges Prouskauer* (MR-VP), MgSO₄.7H₂O, K₂HPO₄, FeSO₄.7H₂O, CaCl₂.2H₂O, ekstrak khamir, NH₄NO₃, KH₂PO₄, agar-agar bakto, reagen kovac's, reagen barrit A, reagen barrit B, spritus, alkohol 70%, kristal violet, safranin, iodin, *decoloration solution*, indikator *phenol red*, merah kongo, H₂O₂ 3%, NaCl, aquades dan minyak imersi.

Alat yang akan digunakan antara lain : *box ice*, *blue ice*, *soil moisture tester*, Enkas, autoklaf, mikroskop, oven, *hotplate*, *refrigerator*, *vortex*, spektrofotometer, timbangan analitik, pH meter, *orbital shaker*, pipet micro, sentrifugasi, rak tabung, kantong plastik, kain steril, cawan petri, tabung reaksi, mikropipet 1 ml, *erlenmeyer*, *beaker glass*, gelas ukur, botol alkohol, kaca objek, jarum

tanam bulat (ose), jarum tanam tajam, pipet tetes, kain kasa, benang, lampu bunsen, batang pengaduk, spatula, spatel, pinset, kapas, jangka sorong, kamera digital, spidol dan tissue.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu deskriptif. Metode deskriptif dilakukan pada isolasi bakteri selulotik yang terdapat pada jerami padi kemudian dilakukan identifikasi dan karakterisasi morfologi, fisiologi, dan biokimia bakteri selulotik. Sedangkan dalam penentuan lokasi pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling*.

Hasil penelitian dipaparkan secara deskriptif berdasarkan tahapan penelitian yang dilakukan dan uji kemampuan tahan pH rendah, sedangkan data yang diperoleh dari hasil identifikasi mikrob merupakan data kualitatif yang kemudian dipaparkan secara kualitatif.

Pelaksanaan Penelitian

Survei Lapangan dan Penentuan Lokasi Sampel

Survei dilakukan bertujuan untuk mengetahui kondisi lokasi tempat pengambilan sampel. Kegiatan karakterisasi lahan gambut dilakukan dengan cara mengukur kedalaman gambut dengan menggunakan bor gambut yang panjangnya 5m, mengukur luas lahan pengambilan sampel, dan pengukuran temperatur lokasi pengambilan sampel jerami padi dengan menggunakan termometer digital.

Penetapan lokasi sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling*, dimana lokasi pengambilan sampel adalah Desa Langsung Permai, Kecamatan Bunga Raya, Kabupaten Siak Sri Indra Pura, pengambilan sampel diharapkan memperoleh jenis bakteri selulotik

Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan cara sampel diambil tiga titik dari setiap tempat pengambilan sampel dimana titik sampel ditentukan dengan metode acak yang kemudian dikompositkan. Sampel yang diambil adalah jerami padi setengah melapuk.

Pengambilan sampel dilakukan secara manual dengan mengambil secara langsung menggunakan tangan. Jerami padi yang telah diambil kemudian dimasukkan kedalam kain steril berwarna putih dan diberi label kemudian sampel jerami padi dibawa ke Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Riau.

Isolasi, Purifikasi dan Pengamatan Morfologi Isolat

Sebanyak 1 g jerami padi dilarutkan ke dalam 9 ml larutan fisiologis steril dan dihomogenkan dengan menggunakan *vortex* selama 2 menit. Dengan kegiatan yang sama, 1 ml suspensi dipindahkan ke dalam 9 ml larutan fisiologis yang kedua (10^{-1}). Selanjutnya, dilakukan pengenceran sampai 10^{-7} . Pengenceran 10^{-5} - 10^{-7} , diinokulasikan sebanyak 100 μ l ke media NA. Isolat diinkubasi selama \pm 3 hari pada suhu kamar. Isolat yang telah tumbuh dipurifikasi dengan cara memisahkan isolat tunggal dari koloni yang terbentuk ke dalam media NA baru.

Keberhasilan purifikasi isolat ditandai dengan terlihatnya koloni tunggal dari seragamnya warna, bentuk, tepian dan elevasi isolat. Isolat murni yang diperoleh kemudian dikoleksi di dalam agar miring yang berisi media NA.

Pewarnaan Gram Bakteri

Sebanyak 1 ose isolat difiksasi pada kaca objek yang telah ditetesi dengan 3 tetes KH_2PO_4 . Preparat olesan bakteri yang telah difiksasi panas digenangi dengan ungu kristal dan diamkan selama 1 menit. Selanjutnya dibilas dengan akuades mengalir dan ditiriskan. Selanjutnya digenangi dengan iodium Gram dan diamkan selama 1 menit, dibilas dengan akuades mengalir dan ditiriskan. Teteskan 95% etanol (*decoloration solution*) selama 30 detik sampai pewarna ungu kristal pada preparat tidak terbilas lagi dan dicuci dengan akuades sampai warna olesan menjadi bening. Olesan digenangi kembali dengan larutan safranin selama 1 menit, dibilas dengan akuades dan ditiriskan sampai kering. Bakteri yang telah diwarnai diamati di bawah mikroskop medan terang dengan

perbesaran 1000-2000 x (Cappucino & Sherman 1983). Bakteri gram positif berwarna ungu, sedangkan bakteri gram negatif berwarna merah.

Uji Kualitatif Selulolitik

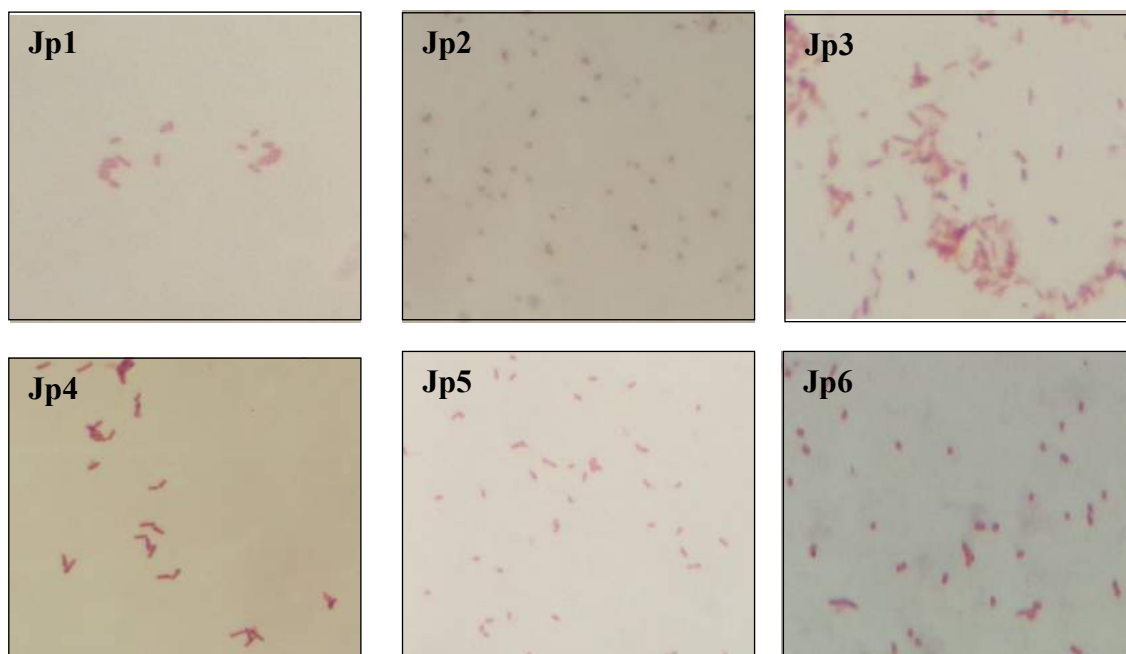
Uji kualitatif dilakukan dengan metode pewarnaan merah kongo 0,1%. Isolat ditotolkan pada media agar-agar CMC. Bakteri diinkubasi selama 5 hari pada suhu 37°C/suhu kamar. Kemudian dilakukan uji aktivitas bakteri dengan menambahkan merah kongo 0,1% sebanyak 15 ml dan didiamkan selama 30-60 menit. Setelah itu dibilas sebanyak 2-3 kali dengan 15 ml NaCl 1 M dan didiamkan selama 15 menit (Chasana *et al.*, 2013). Selanjutnya diameter zona bening dan koloni yang terbentuk diukur menggunakan jangka sorong. Uji aktivitas selulase dilihat dari indeks selulase yang terbentuk. Indeks selulolitik merupakan nisbah antara diameter zona bening dengan diameter koloni. Semakin besar indeks selulolitik yang dihasilkan maka semakin besar enzim yang dihasilkan oleh isolat bakteri tersebut. Indeks selulolitik atau indeks aktivitas selulase (IAS) diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Kader & Omar 1998):

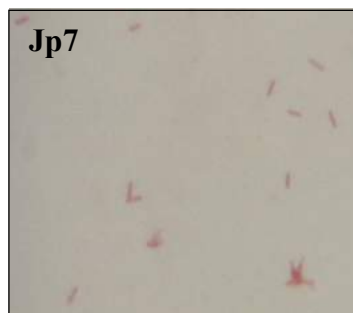
$$\text{Indeks selulolitik} = \frac{\text{diameter zona bening (mm)} - \text{diameter koloni (mm)}}{\text{diameter koloni (mm)}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mikrob selulolitik merupakan mikroba yang mampu mendegradasi selulosa. Menurut Nur dan Harmin (2007) bahwa bakteri tersebut dapat mendegradasi selulosa karena menghasilkan enzim dengan spesifikasi berbeda yang saling bekerjasama. Enzim tersebut akan menghidrolisis ikatan (1,4)- β -D-glukosa pada selulosa. Hidrolisis sempurna selulosa akan menghasilkan monomer selulosa yaitu glukosa dan hidrolisis tak sempurna akan menghasilkan disakarida dari selulosa yang disebut selobiosa.

Berdasarkan hasil isolasi dan pengamatan morfologi secara mikroskopis melalui pewarnaan Gram diperoleh sebanyak tujuh isolat di antaranya yaitu tiga isolat berbentuk kokus Gram negatif, satu isolat berbentuk kokus Gram positif, dan tiga basil Gram negatif yang dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1.





Gambar 1. Hasil pewarnaan koloni isolat jerami padi

Tabel 1. Data hasil pewarnaan gram koloni

Isolat	Gram	Bentuk koloni
Jp 1	Negatif	Kokus
Jp 2	Positif	Kokus
Jp 3	Negatif	Basil
Jp 4	Negatif	Basil
Jp 5	Negatif	Kokus
Jp 6	Negatif	Kokus
Jp 7	Negatif	Basil

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa bakteri yang berasal dari jerami padi banyak berbentuk kokus dan Gram negatif. Hal ini sejalan dengan pernyataan Ogimoto dan Imal (1981) yang menyatakan bahwa sebagian besar bakteri selulolitik berbentuk *coccus* yang memperlihatkan struktur dinding sel Gram-positif dan berbentuk *bacil* yang memperlihatkan tipe struktur dinding sel Gram-negatif. Struktur dinding sel bakteri memiliki peran khusus dalam integritas seluler, bentuk dan stabilitas fisiologis. Sel bakteri Gram-positif mempunyai dinding sel tebal yang terdiri dari suatu jaringan multilayer peptidoglikan (sekitar 30-70% dari bobot total dinding sel) yang terikat oleh membran bagian dalam. Sel bakteri Gram-negatif mempunyai dinding sel relatif tipis dari peptidoglikan yang terisi diantara dua membran (<10% dari bobot total dinding sel).

Uji Kualitatif Selulolitik

Uji kualitatif selulolitik dilakukan untuk melihat kemampuan bakteri dalam mendegradasi selulosa di dalam media. Hal ini dinyatakan dalam bentuk pengukuran indeks selulolitik. Hasil uji dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Indeks Selulolitik Isolat Jerami Padi

Isolat	Diameter koloni	Diameter zona bening	Nilai indeks selulolitik
Isolat 1	-	-	-
Isolat 2	3 mm	7 mm	1,33
Isolat 3	2 mm	5 mm	1,5
Isolat 4	3 mm	5 mm	0,67
Isolat 5	2 mm	6 mm	2
Isolat 6	2 mm	6 mm	2
Isolat 7	7 mm	35 mm	4

Uji kualitatif selulase yang dihasilkan oleh tujuh isolat tersebut ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar zona koloni pada media agar-agar yang mengandung selulosa. Teather dan Wood (1982), melakukan penapisan secara cepat mikrob selulolitik dengan cara

pengukuran indeks zona bening. Luas zona bening yang dihasilkan bergantung pada konsentrasi CMC dan agar-agar yang digunakan. Semakin banyak CMC dan agar-agar yang diberikan maka akan menyebabkan pori-pori mengecil sehingga enzim selulase yang disekresikan lebih sulit melewati pori-pori tersebut dan mengakibatkan terhambatnya proses degradasi (Hankin & Anagnostakis 1997). Zverlova *et al.* (2003) menyatakan bahwa diameter zona bening umumnya berukuran lebih besar dibandingkan dengan diameter koloni, karena enzim selulase disekresikan ke lingkungan sekitarnya oleh bakteri pendegradasi selulosa.

Indeks selulolitik akan semakin besar jika zona koloni bakteri jauh lebih kecil dibandingkan dengan zona bening. Besarnya zona koloni yang tumbuh pada media pengujian ini diketahui karena penambahan glukosa pada media pertumbuhannya. Glukosa merupakan salah satu nutrisi dalam pertumbuhan bakteri sebagai sumber karbon. Penggunaan glukosa dalam jumlah kecil untuk memproduksi enzim selulase berfungsi sebagai sumber energi bagi isolat untuk menunjang pertumbuhannya sehingga dapat beraktivitas lebih baik dalam menghidrolisis selulosa amorf maupun kristal (Fikrinda *et al.* 2001).

Glukosa dalam konsentrasi rendah memang diperlukan pada tahap awal periode pertumbuhan, sedangkan dalam jumlah besar dapat menghambat pembentukan enzim selulase (Purwadaria 1998; Rickard *et al.* 1989). Selama ada glukosa pada media, maka enzim selulase belum dapat disintesis oleh bakteri. Sintesis berbagai enzim yang berfungsi sebagai katabolisme direpresi bila sel ditumbuhkan pada media yang mengandung glukosa (Madigan *et al.* 2009). Oleh sebab itulah, zona koloni yang dihasilkan oleh bakteri tersebut cukup besar karena bakteri mendapatkan nutrisi yang cukup banyak untuk pertumbuhannya di media agar. Akan tetapi, penambahan glukosa sebaiknya diberikan kepada bakteri yang ditumbuhkan pada media cair CMC yang nantinya dapat membantu bakteri tersebut dalam menguraikan selulosa pada limbah pertanian.

Laju degradasi perombakan selulosa oleh mikroba selulolitik dipengaruhi oleh keadaan lingkungan pada saat proses degradasi. Faktor-faktor yang mempengaruhi antara lain adalah kandungan zat yang dibutuhkan oleh mikroorganisme terutama yang esensial yang digunakan baik pada saat pertumbuhan mikroorganisme atau pembentukan enzim. Faktor lain yang mempengaruhi adalah pH dan suhu optimum yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dan aktivitas enzim selulase. Adanya produk metabolit baik primer atau sekunder yang dapat mempengaruhi kerja enzim dalam mendegradasi selulosa. Adanya selobiosa dalam jumlah banyak juga mempengaruhi kerja enzim. Hal ini karena selobiosa adalah inhibitor terkuat dalam proses degradasi (Ahmed *et al.*, 2001).

Penguraian selulosa dari limbah pertanian sebenarnya dapat dilakukan secara alami pada limbah jerami tersebut namun waktu yang dibutuhkan untuk menjadi kompos membutuhkan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu, pemanfaatan mikroba selulolitik yang telah diisolasi diharapkan mampu memberikan beberapa keuntungan diantaranya dapat mempercepat terurainya bahan limbah organik pada pembuatan kompos.

Setiap bakteri mempunyai strategi yang berbeda-beda dalam mendegradasi selulosa yang dipengaruhi oleh karakteristik bakteri tersebut (Jeschu, 1995). Besar hasil akhir yang diperoleh pada proses degradasi tergantung kepada beberapa faktor yaitu pH, akses terhadap karbon (kecocokan konformasi enzim dengan substrat), reaksi redok yang terjadi, konsentrasi produk. Dan untuk mengoptimalkan hasil yang diperoleh maka diperlukan pengetahuan tentang genetika mikroorganisme yang digunakan, enzimatik, dan termodinamika dalam mekanisme aliran karbon (*carbon flow*).

Selain memanfaatkan mikroba secara langsung, kecepatan perombakan penguraian limbah pertanian juga dapat dilakukan produksi enzim selulase yang diekskresikan oleh mikroba selulolitik. Hal ini didasarkan karena enzim selulase merupakan produk metabolit primer ekstraseluler bakteri yang dikeluarkan oleh bakteri untuk membantu bakteri tersebut dalam menguraikan molekul biopolimer menjadi molekul sederhana. Dengan begitu, enzim selulase yang telah diproduksi tersebut akan menghidrolisis secara cepat selulosa yang terdapat di dalam limbah pertanian menjadi kompos atau pupuk organik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa dalam jerami padi mengandung mikroba selulolitik yang dapat berperan dalam pembuatan kompos dengan menguraikan limbah hasil pertanian. Dari isolasi yang telah dilakukan pada media selektif selulosa (1% CMC) maka diperoleh sebanyak tujuh isolat selulolitik. Hal ini terlihat dari indeks selulolitik dari uji kualitatif yang dilakukan. Indeks selulolitik merupakan dasar pengujian mikroba selulolitik yang mampu menguraikan selulosa pada media agar selulosa. Indeks selulolitik yang dihasilkan oleh tujuh isolat di antaranya yaitu 0,5; 0,67; 1,33; 1,5; 2; 2; dan yang tertinggi sebesar 4 yang diperoleh dari bakteri berbentuk basil Gram negatif. Isolat tersebut merupakan isolat yang diketahui sebagai isolat yang mampu menghasilkan enzim selulase ekstraseluler dan nantinya dapat digunakan sebagai dekomposer pengurai limbah pertanian dalam pembuatan kompos.

Saran

Pada penguraian limbah nantinya perlu dilakukan uji optimasi bakteri yang akan digunakan dalam penguraian bahan organik menjadi kompos.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F. dan I G.M. Subiksa. 2008. Lahan Gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan. Balai Penelitian Tanah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor. 36 hal.
- Ahmed Z, Banu H, Rahman M, Akhter FM, Haque MS. 2001. Microbial activity on the degradation lignocellulosic polysaccharides. *J Biol Sci* 1: 993-997.
- Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian (BBSDLP). 2011. Peta Lahan Gambut Indonesia, Skala 1:250.000. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian (BBSDLP). 2013. Atlas Arah Pengelolaan Lahan Gambut Terdegradasi, Skala 1:250.000. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Cappucino JG, Sherman N. 1983. Microbiology: A Laboratory Manual. Wesley: Addison.
- Fikrinda, Anas I, Purwadaria T, Santosa DA. 2001. Identifikasi ekstremozim selulase isolat bakteri dari ekosistem air hitam. *Hayati* 8: 5-10.
- Hadioetomo, R. S. 1993. Mikrobiologi Dasar dalam Praktek Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium. PT. Gramedia. Jakarta.
- Jeschu, L. 1995. Celulaze de origine microbiana. *St. cerc. Biochim.* 38:65-78.
- Kader AJ, Omar O. 1998. Isolation of cellulolytic fungi from Sayap-Kinabalu Park, Sabah. Serawak. *J Biodiversity Bio-Conserv (ARBEC)*: 1-6.
- Madigan MT, Martinko JM, Parker J. 2000. *Brock Biology of Microorganisms*. London: Prentice-Hall International (UK) Limited. hlm 991.
- Nur, H. S., A. Meryandini, dan Hamim. 2008. Pemanfaatan Bakteri Selulolitik dan Xilalolitik yang Polinase untuk Dekomposisi Jerami Padi. *J. Tanah Tropis* Vol. 14 No. 1.
- Hankin L, Anagnostakis SL. 1997. Solid media containing carboxymethylcellulose to detect Cx cellulase activity of microorganisms. *J Gen Microbiol* 98: 109-115.
- Ogimoto, K. dan S. Imai. 1981. Atlas of Rumen Microbiology. JSSP, Tokyo
- Purwadaria MBT. 1998. Purification and characterisation of a *Cellulomonas* cellulase complex [disertasi]. New South Wales: University of New South Wales.
- Rickard PAD, Ghani BA, Lucas RJ, Dunn NW. 1989. Kinetic properties and contribution to cellulose saccharification of a cloned *Pseudomonas* β -glucosidase. *Aust J Biotechnol* 31:43-49.
- Teather RM, Wood PJ. 1982. Use of congo red polysaccharide interactions in enumeration and characterization of cellulolytic bacteria from the bovine rumen. *Appl Environ Microbiol* 43:777-780.
- Zverlova VV, Holl W, and Schwarz H. 2003. Enzymes for digestion of cellulose and other polysaccharides in the gut of longhorn beetle larvae, *Rhagium inquisitor* L. (Col., Cerambycidae). *Inter Biodet Biodeg.* 51:175-179.

