

Biokonversi Jerami Padi Menjadi Gula Fermentasi Menggunakan Konsorsium Termofilik Kompos

Melly Wahyuningsih, Purbowatiningrum R. Sarjono, ¹Agustina L. N. Aminin

Department of Chemistry, Faculty of Science and Mathematics,
Diponegoro University, Semarang, Indonesia

¹Corresponding author: agustina_lna@undip.ac.id

ABSTRAK

Penelitian melaporkan degradasi jerami padi dalam memproduksi gula pereduksi menggunakan konsorsium mikroba kompos fase termofilik dan kompleks ekstraseluler lignoselulolitik. Penelitian ini bertujuan memperoleh data sistem fermentasi paling efektif dalam mendegradasi jerami padi untuk menghasilkan gula pereduksi menggunakan kompos fase termofilik pada suhu 50°C selama 48 jam dari sistem fermentasi cair, semipadat, dan padat, memperoleh data kadar gula pereduksi tertinggi hasil degradasi jerami padi menggunakan kompos fase termofilik pada suhu 50°C selama 48 jam, memperoleh data aktivitas dan keragaman kompleks lignoselulolitik hasil fermentasi jerami padi yang diuji terhadap substrat CMC, xilan, dan jerami padi. Metode yang dilakukan adalah penentuan sistem fermentasi jerami padi (sistem cair, semipadat, dan padat), penentuan waktu optimum degradasi jerami padi dilihat dari profil kadar gula pereduksi, isolasi kompleks enzim lignoselulolitik, dan uji aktivitas kompleks enzim lignoselulolitik terhadap CMC, xilan, dan jerami padi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem fermentasi padat lebih baik dibanding sistem fermentasi cair maupun semipadat dalam menghasilkan gula pereduksi. Kadar gula pereduksi tertinggi dihasilkan pada jam ke-32 sebesar 0,624 mg/mL dan kompleks enzim lignoselulolitik mengandung selulase, xilanase, dan enzim-enzim pendegradasi lignin.

Kata kunci: jerami padi, kompos termofilik, kompleks lignoselulolitik

PENDAHULUAN

Biomassa lignoselulosa dapat dimanfaatkan sebagai sumber penghasil gula pereduksi seperti glukosa, xilosa, dan maltosa (Kim dkk., 2010). Jerami padi yang termasuk biomassa lignoselulosa mengandung 41,3% selulosa, 20,4% hemiselulosa, dan 12,1% lignin (Kumar dkk., 2008). Jerami padi tersebut dapat dimanfaatkan sebagai penghasil glukosa dan xilosa (Kim dkk., 2010). Degradasi jerami padi perlu dilakukan untuk menghancurkan lignin dan memecah polisakarida (Jurado dkk., 2009).

Degradasi lignoselulosa dapat dilakukan secara kimia, fisika, dan mikrobiologis. Larutan alkali dan asam digunakan untuk degradasi lignoselulosa secara kimia (Yoswathana dkk., 2010). Penggunaan metode kimia kurang efektif karena proses delignifikasi dan sakarifikasi dilakukan secara terpisah. Degradasi secara fisika dilakukan dengan penggilingan, irradiasi, dan proses termal. Penggunaan metode fisika teknologi yang tinggi (Taherzadeh dan Karimi, 2008). Degradasi lignoselulosa secara mikrobiologis dilakukan dengan memanfaatkan

aktivitas mikroba. Beberapa mikroba memiliki aktivitas untuk mengurai lignin, misalnya jamur pelapuk putih. Jamur tersebut dapat menghasilkan enzim lignin peroksidase, mangan peroksidase, dan *laccase* (Ohkuma, 2001). Lu dkk. (2010) melakukan studi delignifikasi bagase menggunakan jamur tunggal *Pycnoporus sanguine*. Degradasi lignoselulosa secara mikrobiologis ramah lingkungan (Gozan dkk., 2007). Penggunaan mikroba tunggal untuk mendegradasi lignoselulosa kurang efektif karena hanya senyawa tertentu saja dari penyusun lignoselulosa yang dapat diurai oleh mikroba. Oleh karena itu, diperlukan metode lain untuk proses degradasi jerami padi, yaitu degradasi jerami padi menggunakan konsorsium mikroba.

Kompos fase termofilik merupakan salah satu sumber konsorsium mikroba. Konsorsium mikroba termofilik menghasilkan aktivitas hidrolitik yang lebih signifikan dibanding dengan penggunaan jamur tunggal atau satu jenis mikroba. Penggunaan konsorsium mikroba tersebut menunjukkan interaksi sinergis yang kuat dalam sekresi enzim hidrolitik (Zambare dkk., 2011). Mikroba pendegradasi lignoselulosa

seperti bakteri kelompok *Bacillus sp.* (Hong dkk., 2007) dan jamur kelompok *Zygomycota* (Hultman, 2009) ditemukan pada kompos fase termofilik.

Degradasi lignoselulosa secara mikrobiologis melalui proses fermentasi. Fermentasi dapat dilakukan menggunakan sistem cair, semipadat, dan padat. Sistem fermentasi cair secara umum menggunakan substrat terlarut dan mikroba yang mudah tumbuh adalah kelompok bakteri seperti *Candida utilis* (Raimbault, 1998). Sistem fermentasi semipadat umumnya menggunakan substrat padat dan mampu menumbuhkan mikroba dari kelompok bakteri dan jamur (Nigam dan Pandey, 2009). Sistem fermentasi padat menggunakan substrat yang tidak larut dalam air, mikroba dari kelompok jamur dan khamir tumbuh baik pada fermentasi menggunakan sistem padat (Manpreet dkk., 2005).

Penggunaan konsorsium kompos fase termofilik sebagai *starter* mikroba diharapkan mampu menghasilkan kompleks enzim lignoselulolitik termostabil yang dapat mendegradasi lignoselulosa pada jerami padi. Degradasi lignoselulosa jerami padi ditunjukkan dengan kadar gula pereduksi yang dihasilkan selama proses fermentasi jerami padi pada suhu 50°C selama 48 jam menggunakan sistem fermentasi paling efektif. Pengukuran kadar gula pereduksi dilakukan dengan metode dinitrosalisilat (DNS) dan dilakukan uji aktivitas kompleks enzim lignoselulolitik hasil fermentasi jerami padi terhadap *Carboxymethylcellulose* (CMC), xilan, dan jerami padi.

METODE PENELITIAN

Metodologi

Bahan yang digunakan, yaitu jerami padi, kompos fase termofilik suhu 57°C (Desa Tegalrejo, Klaten), akuades, *Oat Spelt Xylan* (Sigma aldrich, p.a), Pepton (Conda, p.a), Ekstrak Ragi (Conda, p.a), semua bahan yang mempunyai spesifikasi p.a dari Merck: K_2HPO_4 , $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, K/Na-tartrat, NaOH, Fenol, Na_2SO_3 , Asam 3,5-Dinitrosalisilat, *Carboxymethylcellulose*, Glukosa, Xilosa, NaH_2PO_4 , $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$.

Cara Kerja

Preparasi Suspensi Kompos Fase Termofilik Sebagai Starter Mikroba

Sebanyak 10 gram kompos fase termofilik disuspensikan ke dalam 90 mL akuades steril. Suspensi kompos kemudian disaring menggunakan kertas saring steril. Filtrat hasil penyaringan digunakan sebagai *starter* mikroba (Salar dan Aneja, 2007).

Penentuan Sistem Fermentasi Paling Efektif dalam Mendegradasi Jerami Padi Menggunakan Kompos Fase Termofilik

Fermentasi sistem cair dilakukan dengan cara 2 gram jerami padi steril ditambahkan 10 mL media pengaya (berisi ekstrak ragi, pepton, KH_2PO_4 , dan $MgSO_4 \cdot 7H_2O$), 200 μ L suspensi kompos, dan akuades steril hingga volumenya 40 mL. Kultur diinkubasi pada suhu 50°C dengan kecepatan 50 rpm selama 48 jam. Fermentasi sistem semipadat dan sistem padat dilakukan seperti fermentasi sistem cair. Penambahan akuades steril pada sistem semipadat hingga volume media mencapai 25 mL dan penambahan akuades steril pada sistem fermentasi padat hingga volume media mencapai 17 mL. Kultur hasil fermentasi jerami padi disaring dan filtratnya digunakan untuk pengukuran kadar gula pereduksi. Pengukuran kadar gula pereduksi dilakukan dengan penambahan reagen DNS pada filtrat. Absorbansi campuran diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada $\lambda = 490$ nm.

Penentuan Waktu Optimum Degradasi Jerami Padi Menggunakan Kompos Fase Termofilik Dengan Sistem Fermentasi Paling Efektif

1. Pengkulturan Suspensi Kompos Fase Termofilik Ke Dalam Media Jerami Padi

Sebanyak 10 mL suspensi kompos ditambahkan ke dalam 20 gram media jerami padi yang telah berisi 125 mL media pengaya. Kultur diinkubasi pada suhu 50°C dengan kecepatan 50 rpm. Setiap 2 jam dilakukan pengambilan 1 gram sampel kultur hingga jam ke-48.

2. Pengukuran Kadar Gula Pereduksi Dengan Metode Dinitrosalisilat (DNS)

Sampel padatan disuspensikan dengan 2 mL akuades steril, kemudian disaring menggunakan kertas saring steril. Filtrat hasil penyaringan ditambahkan dengan reagen DNS dan absorbansi campuran diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada $\lambda = 490$ nm.

Isolasi Kompleks Enzim Lignoselulolitik Hasil Fermentasi Jerami Padi pada Waktu Optimum

Sebanyak 25 mL buffer fosfat pH 7,0 ditambahkan ke dalam media hasil fermentasi jerami padi pada waktu oprimum. Buffer ditambahkan pada keadaan dingin (4°C) sambil dilakukan pengadukan. Kultur kemudian disaring menggunakan kertas saring steril dan filtratnya disentrifugasi dengan kecepatan 5000 rpm selama 25 menit. Supernatan yang diperoleh merupakan ekstrak kasar kompleks enzim lignoselulolitik (Wongwilaiwalin dkk., 2010).

Uji Aktivitas Ekstrak Kasar Kompleks Enzim Lignoselulolitik

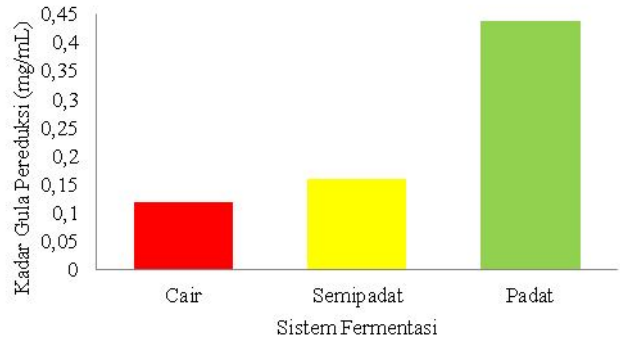
Aktivitas ekstrak kasar kompleks enzim lignoselulolitik diuji terhadap 500 μ L CMC 1% (w/v), 500 μ L *oat spelt xilan* 1% (w/v), 0,1 gram jerami padi dalam 500 μ L buffer fosfat pH 7,0. Sebanyak 500 μ L ekstrak kasar kompleks enzim lignoselulolitik ditambahkan pada masing-masing substrat (Zambare dkk., 2011). Campuran diinkubasi pada suhu 50°C dengan variasi waktu inkubasi selama 1 jam dan 3 jam. Campuran hasil inkubasi kemudian ditambahkan dengan reagen DNS, kemudin absorbansi campuran diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada $\lambda = 490$ nm untuk mengetahui kadar gula pereduksi yang dihasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem Fermentasi Paling Efektif Dalam Mendegradasi Jerami Padi Menggunakan Kompos Fase Termofilik

Sistem fermentasi paling efektif dalam mendegradasi jerami padi ditentukan melalui pengulturan suspensi kompos fase termofilik pada media jerami padi dengan sistem fermentasi cair, fermentasi semipadat, dan fermentasi padat. Perbedaan dari ketiga sistem terletak pada kadar air dari masing-masing sistem fermentasi, sedangkan jumlah substrat jerami padi, jumlah media pengaya, dan jumlah suspensi kompos fase

termofilik yang ditambahkan pada masing-masing sistem adalah sama.



Gambar 1. Grafik kadar gula pereduksi hasil degradasi jerami padi pada sistem yang berbeda

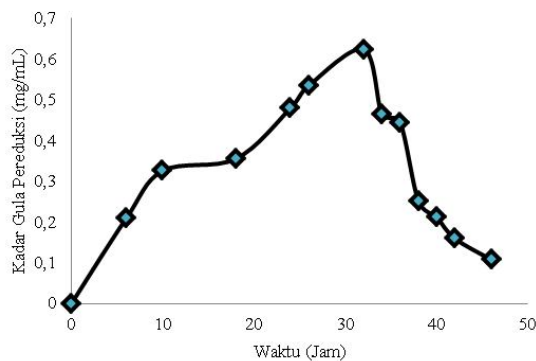
Kadar gula pereduksi yang terbentuk selama proses fermentasi pada ketiga sistem fermentasi dapat dilihat pada gambar 1. Berdasarkan gambar 1, sistem fermentasi padat menghasilkan kadar gula pereduksi paling tinggi dibandingkan dengan kadar gula pereduksi yang diperoleh dari fermentasi jerami padi menggunakan sistem fermentasi cair dan sistem fermentasi semipadat. Kadar gula pereduksi hasil fermentasi jerami padi menggunakan sistem fermentasi padat sebesar 0,439 mg/mL, sedangkan kadar gula pereduksi hasil fermentasi jerami padi menggunakan sistem fermentasi cair sebesar 0,119 mg/mL dan kadar gula pereduksi hasil fermentasi jerami padi menggunakan sistem fermentasi semipadat sebesar 0,161 mg/mL.

Pertumbuhan mikroba kompos fase termofilik pada sistem fermentasi cair, fermentasi semipadat, dan fermentasi padat telah terlihat pada jam ke-48. Selama proses fermentasi berlangsung, pertumbuhan jamur ditandai dengan tampaknya benang-benang hifa berwarna putih pada permukaan media fermentasi. Konsorsium mikroba yang berasal dari kompos fase termofilik, khususnya jamur diduga memiliki peran yang signifikan untuk mendegradasi jerami padi dengan cara memproduksi enzim lignoselulolitik. Kadar gula pereduksi yang dihasilkan selama proses fermentasi jerami padi menggunakan sistem fermentasi padat lebih tinggi dibandingkan dengan kadar gula pereduksi yang dihasilkan dari fermentasi jerami padi menggunakan sistem fermentasi cair dan sistem fermentasi semipadat. Hal ini menunjukkan bahwa enzim lignoselulolitik khususnya dari

kelompok jamur banyak dihasilkan pada fermentasi jerami padi menggunakan sistem fermentasi padat. Menurut Raimbault (1998) kelompok jamur merupakan mikroba yang tumbuh paling baik pada sistem fermentasi padat. Berdasarkan hasil penelitian jamur mampu tumbuh dengan baik pada sistem fermentasi padat. Jamur mengambil nutrisi yang terkandung pada media dengan cara difusi melalui hifa. Sistem fermentasi padat mendukung hifa jamur melekat dengan baik pada substrat jerami padi, sehingga proses difusi nutrisi berlangsung optimal. Hifa jamur tidak mampu melekat dengan baik pada substrat jerami padi yang difermentasi dengan sistem fermentasi cair dan semipadat, sehingga difusi nutrisi melalui hifa tidak optimal. Hal ini karena kandungan air pada kedua sistem tersebut lebih banyak dibanding kandungan air pada sistem fermentasi padat.

Waktu Optimum Degradasi Jerami Padi Berdasarkan Profil Kadar Gula Pereduksi

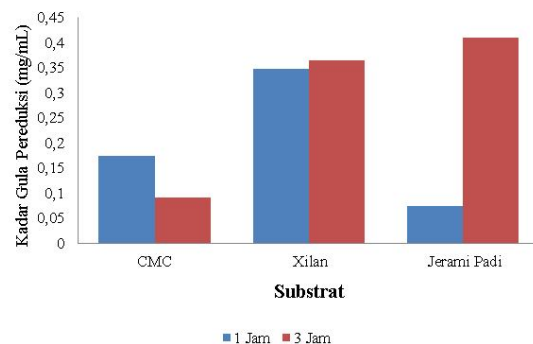
Data yang diperoleh pada penentuan waktu optimum degradasi jerami padi ditunjukkan dari profil gula pereduksi hasil pengulturan suspensi kompos fase termofilik pada media jerami padi sistem fermentasi padat. Berdasarkan gambar 2, profil gula pereduksi yang diperoleh mengalami peningkatan dan penurunan yang cukup tajam. Kadar gula pereduksi dari jam ke-0 hingga jam ke-32 mengalami peningkatan, setelah melewati jam ke-32 kadar gula pereduksi mengalami penurunan. Kadar gula pereduksi tertinggi dihasilkan pada jam ke-32 yaitu sebesar 0,624 mg/mL yang ditunjukkan dengan puncak tertinggi pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik profil kadar gula pereduksi selama degradasi jerami padi

Profil gula pereduksi dari jam ke-0 hingga jam ke-18 mengalami peningkatan, pada waktu tersebut konsorsium mikroba kompos fase termofilik berada pada fase *lag*. Selama fase *lag* mikroba beradaptasi dengan lingkungan media fermentasi, pada fase ini terjadi peningkatan massa sel mikroba, tetapi pertumbuhan mikroba masih sedikit karena masih beradaptasi dengan lingkungan media yang baru. Setelah jam ke-18 hingga jam ke-32, mikroba berada pada fase *log*. Fase *log* merupakan kondisi saat jumlah sel mikroba melipatganda, sehingga sel mikroba berada dalam jumlah yang lebih banyak daripada fase pertumbuhan awal.. Pertumbuhan mikroba mencapai kondisi optimum pada fase *log*. Pertambahan mikroba tersebut meningkatkan laju degradasi jerami padi, sehingga kadar gula pereduksi yang merupakan produk degradasi jerami padi semakin tinggi. Jam ke-32 merupakan waktu optimum untuk menghasilkan kadar gula pereduksi tertinggi. Fase setelah melewati jam ke-32 merupakan fase kematian (*death phase*) mikroba. Selama fase kematian pertumbuhan mikroba mengalami penurunan, ketersediaan nutrisi untuk pertumbuhan mikroba semakin berkurang, sehingga banyak sel mikroba yang mengalami kematian. Hal ini menyebabkan laju degradasi jerami padi menurun, sehingga kadar gula pereduksi yang dihasilkan menurun tajam. Berdasarkan data profil kadar gula pereduksi (Gambar 2), maka proses fermentasi jerami padi oleh konsorsium mikroba kompos fase termofilik dihentikan pada saat kadar gula pereduksi tertinggi dicapai, yaitu pada jam ke-32.

Aktivitas Kompleks Ekstraseluler Lignoselulolitik



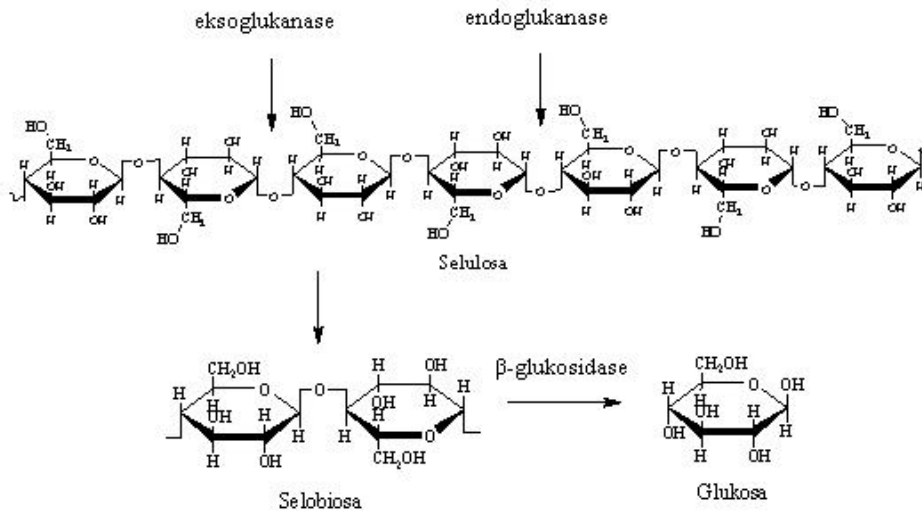
Gambar 3. Grafik uji aktivitas kompleks ekstraseluler lignoselulolitik pada CMC, xilan, dan jerami padi

Berdasarkan gambar 3, reaksi enzimatik antara kompleks ekstraseluler lignoselulolitik dengan CMC pada jam ke-1 kadar gula pereduksi yang dihasilkan lebih tinggi, dibandingkan kadar gula pereduksi yang dihasilkan pada jam ke-3. Kadar gula pereduksi yang dihasilkan dari reaksi enzimatik antara kompleks ekstraseluler lignoselulolitik dengan xilan pada jam ke-1 dan jam ke-3 mengalami peningkatan. Namun, kadar gula pereduksi yang dihasilkan tidak berbeda secara signifikan. Kadar gula pereduksi hasil reaksi enzimatik antara kompleks ekstraseluler lignoselulolitik dengan jerami padi pada jam ke-1 dan jam ke-3 semakin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu inkubasi.

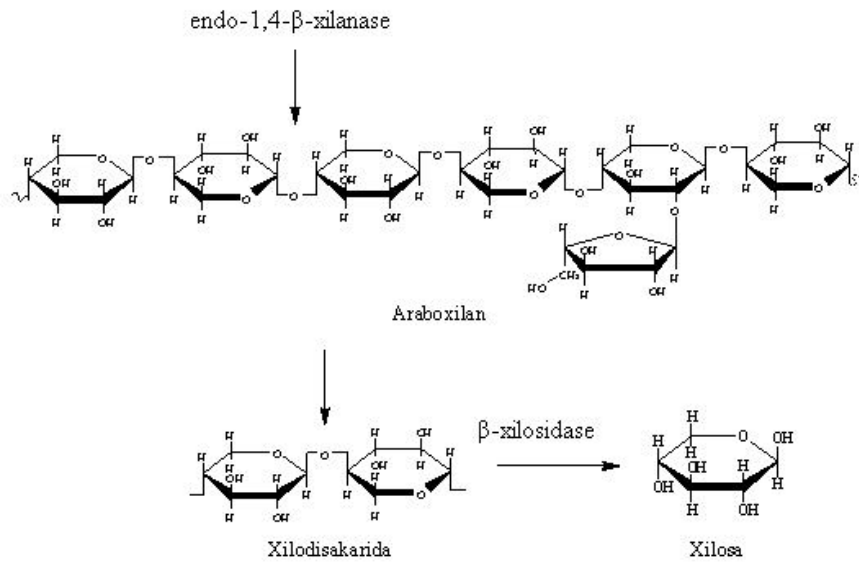
Kompleks ekstraseluler lignoselulolitik memiliki aktivitas dalam mendegradasi selulosa. Gula pereduksi yang dihasilkan dari reaksi enzimatik antara kompleks ekstraseluler lignoselulolitik dengan CMC menunjukkan bahwa pada enzim lignoselulolitik yang telah diisolasi dari kultur jerami padi mengandung selulase yang dapat menghidrolisis ikatan β -1,4-glikosida pada selulosa. Hidrolisis ikatan β -1,4-glikosida pada selulosa dilakukan oleh enzim selulase yang berbeda, yaitu endoglukanase, eksoglukanase, dan β -glukosidase. Enzim-enzim selulase tersebut bekerja secara sinergis untuk

menghidrolisis selulosa. Waktu inkubasi CMC dengan enzim yang semakin lama mengakibatkan penurunan kadar gula pereduksi yang terbentuk karena terjadi mekanisme inhibisi balik (*feedback inhibition*). Glukosa merupakan inhibitor enzim selulolitik, sehingga terjadi mekanisme inhibisi balik. Glukosa tersebut terbentuk selama proses hidrolisis selulosa secara enzimatik. Peningkatan konsentrasi glukosa menyebabkan menurunnya aktivitas enzimatik. Menurut Chang dkk. (2011) glukosa yang terbentuk selama sakarifikasi biomassa dapat menyebabkan laju reaksi hidrolisis selulosa menurun karena glukosa merupakan inhibitor selulase.

Aktivitas kompleks ekstraseluler lignoselulolitik dalam menghidrolisis lignoselulosa selain ditunjukkan pada CMC, ditunjukkan pula pada xilan. Kadar gula pereduksi yang terbentuk dari reaksi enzimatik antara kompleks ekstraseluler lignoselulolitik dengan xilan menunjukkan pada kompleks ekstraseluler lignoselulolitik yang diisolasi dari hasil pengulturan suspensi kompos fase termofilik pada media jerami padi mengandung xilanase yang dapat menghidrolisis ikatan β -1,4 pada xilan. Berdasarkan hasil penelitian, waktu inkubasi xilan dengan enzim yang semakin lama mampu menghasilkan kadar xilosa yang semakin tinggi.



Gambar 4. Hidrolisis selulosa oleh selulase



Gambar 5. Hidrolisis xilan oleh xilanase

Aktivitas kompleks ekstraseluler lignoselulolitik, selain diuji pada CMC dan xilan juga diuji pada jerami padi. Jerami padi mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa dan hemiselulosa pada jerami padi terlindung oleh keberadaan lignin, sehingga selulosa dan hemiselulosa sulit dihidrolisis oleh enzim selulase dan xilanase. Hal tersebut ditunjukkan oleh kadar gula pereduksi yang dihasilkan dari reaksi enzimatik antara kompleks ekstraseluler lignoselulolitik dengan jerami padi pada waktu inkubasi 1 jam lebih kecil dibandingkan kadar gula pereduksi hasil reaksi enzimatik antara kompleks ekstraseluler lignoselulolitik dengan CMC maupun xilan. Namun, inkubasi antara kompleks ekstraseluler lignoselulolitik dengan jerami padi yang semakin lama mampu meningkatkan kadar gula pereduksi yang terbentuk. Kadar gula pereduksi yang terbentuk dari reaksi enzimatik antara kompleks ekstraseluler lignoselulolitik dengan jerami padi pada waktu inkubasi 3 jam lebih tinggi daripada kadar gula pereduksi hasil reaksi enzimatik antara kompleks ekstraseluler lignoselulolitik terhadap CMC maupun terhadap xilan dengan waktu inkubasi yang sama. Peningkatan kadar gula pereduksi tersebut disebabkan proses delignifikasi jerami padi oleh kompleks ekstraseluler lignoselulolitik, sehingga selulosa dan hemiselulosa jerami padi lebih mudah dihidrolisis oleh enzim selulase dan xilanase

yang terkandung pada kompleks ekstraseluler lignoselulolitik.

Kompleks ekstraseluler lignoselulolitik yang diisolasi dari fermentasi jerami padi menggunakan konsorsium kompos fase termofilik diduga mengandung enzim-enzim pendegradasi lignin, seperti *laccase*, lignin peroksidase (LiP), dan mangan peroksidase (MnP) yang mampu mendelignifikasi jerami padi. Lignin memiliki struktur yang kuat dan tahan terhadap reaksi hidrolisis. Hal ini disebabkan antara unit penyusun lignin membentuk ikatan aril-alkil, ikatan alkil-alkil, dan ikatan eter. Ikatan-ikatan tersebut tidak reaktif, tetapi dapat bereaksi auto-oksidasi dengan senyawa peroksida melalui mekanisme reaksi pemecahan homolitik, sehingga enzim-enzim pendegradasi lignin memecah struktur lignin melalui pembentukan senyawa radikal. Lignin peroksidase mengkatalisis oksidasi struktur fenolik lignin melalui pelepasan satu elektron membentuk radikal fenoksil dengan aktivator reaksi senyawa H_2O_2 . Mangan peroksidase mengkatalisis oksidasi struktur fenolik lignin dengan aktivator Mn^{2+} . Ion Mn^{2+} dioksidasi menjadi Mn^{3+} , ion Mn^{3+} kemudian mengoksidasi struktur fenolik menjadi radikal fenoksil. *Laccase* mengkatalisis oksidasi struktur fenolik lignin melalui pembentukan radikal fenoksil, kemudian *laccase* mereduksi O_2 menjadi H_2O . Selain terjadi pemecahan struktur fenolik, pada degradasi lignin terjadi juga

pemecahan struktur non fenolik lignin. Lignin peroksidase dan *laccase* mampu mengkatalisis reaksi oksidasi struktur non fenolik lignin.

Enzim selulase dan xilanase yang terdapat pada kompleks ekstraseluler lignoselulolitik lebih mudah menghidrolisis selulosa dan hemiselulosa pada jerami padi menjadi gula pereduksi karena adanya proses delignifikasi. Kompleks ekstraseluler lignoselulolitik tersebut berinteraksi secara sinergis dalam mendegradasi lignoselulosa, khususnya dalam mendelignifikasi serta menghidrolisis selulosa dan hemiselulosa pada jerami padi. Hal tersebut menunjukkan bahwa kompleks ekstraseluler lignoselulolitik yang dihasilkan oleh konsorsium kompos fase termofilik yang dikulturkan pada media jerami padi efektif digunakan untuk mendegradasi jerami padi karena mengandung selulase, xilanase, dan enzim-enzim pendegradasi lignin.

KESIMPULAN

1. Fermentasi jerami padi menggunakan kompos fase termofilik menunjukkan sistem fermentasi padat paling efektif dalam menghasilkan gula pereduksi.
2. Kadar gula pereduksi tertinggi hasil fermentasi jerami padi menggunakan kompos fase termofilik pada suhu 50°C selama 48 jam sebesar 0,624 mg/mL yang diperoleh pada jam ke-32.
3. Kompleks enzim lignoselulolitik hasil fermentasi jerami padi mengandung selulase, xilanase, dan enzim-enzim pendegradasi lignin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chang, K., Thitikorn-amorn, J., Chen, S., Hsieh, J., Ratanakhanokchai, K., Huang, P., Lin, T., dan Chen, S., 2011, Improving the remaining activity of lignocellulolytic enzymes by membrane entrapment, *J. Biortech*, 102, 519-523.
- [2] Gozan, M., Samsuri, M., Siti, F., Bambang, P., dan Nasikin, M., 2007, Sakarifikasi Dan Fermentasi Bagas Menjadi Etanol Menggunakan Enzim Selulase Dan Enzim Selobiase, *J.Tek.*, ISSN 0215-1685.
- [3] Hong, S.T., Chang, G., dan Ho, K., 2007, Characterization of Facultative Thermophilic Microbial Community of Composts by ARDRA, *Taiwania*, 52, 117-126.
- [4] Hultman, J., 2009, *Microbial diversity in the municipal composting process and development of detection methods*, Academic Dissertation in Environmental Ecology, University of Helsinki, Finland.
- [5] Jurado, M., Prieto, A., Martínez-Alcalá, A., Martínez, A.T., dan Martínez, M.J., 2009, Laccase detoxification of steam-exploded wheat straw for second generation bioethanol, *J. Biortech.*, 100, 6378-6384.
- [6] Kim, J.H., Block, D.E., dan Shoemaker, S.P., 2010, Conversion of rice straw to bio-based chemicals: an intrgrated process using *Lactobacillus brevis*, *J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 86, 1375-1385.
- [7] Kumar, A., Gaind, S., dan Nain, L., 2008, Evaluation of thermophilic fungal consortium for paddy straw composting, *Biodegradation*, 19, 395-402.
- [8] Lu, C., Wang, H., Luo, Y., dan Guo, L., 2010, An efficient system for pre-delignification of gramineous biofuel feedstock *in vitro*: Application of laccase from *Pycnoporus sanguineus* H275, *J.Procbio.*, 45, 1141-1147.
- [9] Manpreet, S., Sawraj, S., Sachin, D., Pankaj, S., dan Banerjee, U.C., 2005, Influence of process parameters on the production of metabolites in solid-state fermentation, *Mal. J. Microbiol.*, 1, 1-9.
- [10] Nigam, P.S., dan Pandey, A., 2009, *Biotechnology for agro-industrial residues utilisation*, Spinger.
- [11] Ohkuma, M., Maeda, Y., Johjima, T., dan Kudo, T., 2001, Lignin degradation and roles of white rot fungi: study on an efficient symbiotic system in fungus-growing termites and its application to bioremediation, *RIKEN Review*, 42, 39-42.
- [12] Raimbault, M., 1998, General and microbiological aspects of solid substrate fermentation, *EJB*, 1, 1-3.
- [13] Salar, R.K., dan Aneja, K.R., 2007, Significance of thermophilic fungi in mushroom compost preparation: effect and growth and yield of *Agaricus bisporus* (Lange) Sing, *J. Agricultural Technol.*, 3, 241-253.
- [14] Taherzadeh, M.J., dan Karimi, K., 2008, Pretreatment of lignocellulosic wastes to

- improve ethanol and biogas production: a review, *Int. J. Mol. Sci.*, 9, 1621-1651.
- [15] Wongwilaiwalin, S., Rattanachomsri, U., Laothanachareon, T., Eurwilaichitr, L., Igarashi, Y., dan Champreda, V., 2010, Analysis of a thermophilic lignocellulose degrading microbial consortium and multi-species lignocellulolytic enzyme system, *J. Enzymictec.*, 47, 283-290.
- [16] Yoswathana, N., Phuriphit, P., Treyawutthiwat, P., dan Eshtiaghi, M.N., 2010, Bioethanol production from rice straw, *Energy Rec. J.*, 1, 26-31.
- [17] Zambare, V., Zambare, A., Muthukumarappan, K., Christopher, L.P., 2011, Biochemical characterization of thermophilic lignocelluloses degrading enzymes and their potential for biomass bioprocessing, *IJJE*, 2, 99-112.