

PENAPISAN KHAMIR SELULOLITIK DAN XILANOLITIK DALAM MENDUKUNG PEMBENTUKAN BIOETANOL

Rahayuni Bahati¹, Suhartono¹, dan I Made Sudiana²

¹ Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Jakarta, Jl. Pemuda No 10, Rawamangun 13220.

² LIPI CSC Jl. Raya Bogor KM. 46, Cibinong, Jawa Barat

Corresponding author : hayuni.rb@gmail.com

Abstract

Awareness of the impact of fossil fuels and limited fuel stocks has encourage to find alternative energy sources such as bioethanol. In this research biomass lignocelluloses (cellulose and xylan) used by yeast to produce bioethanol through hydrolysis and fermentation. The objective of this research is to discover yeast isolates that have cellulolytic and xylanolytic ability and its potential to form bioethanol. 43 yeast isolates isolated from leaf, litter, and soil at Mekongga and Papilia Sulawesi, which are collections of LIPI Microbiology Culture Collection. Selection of yeast isolates using substrate medium Azurine Cross Linked (AZCL) for xylanolytic yeast and cellulolytic index measured by congo red method. Enzyme activity measured by DNS method. Ethanol concentration was measured using Gas Chromatography. PL.1.W.9 give highest cellulase activity at CMC and straw medium of 3.947 (mmol glucose/H) and 9.822 (mmol glucose/H) and PL.1.W.2 at filter paper medium of 3,958 (mmol glucose/H). PL.1.W.9 give highest xylanase activity at straw medium of 5,409 (mmol glucose/H) and Ple.6.DP.4 at filter paper medium of 2,411 (mmol glucose/H). PL.1.W.2 isolates produced the highest ethanol concentration in the medium straw and filter paper medium of 1.84% and 1.37%.

Keywords

Yeast, Cellulose, Xylan, Cellulolitik, Xylanolitik, Bioethanol

Abstrak

Kesadaran akan dampak bahan bakar dan keterbatasan bahan bakar fosil memicu dicarinya sumber energi alternatif contohnya bioetanol. Pada penelitian ini biomasa lignoselulosa (selulosa dan xilan) menggunakan khamir untuk memproduksi etanol melalui proses hidrolisis dan fermentasi. Tujuan dari penelitian ini untuk memperoleh isolat khamir yang memiliki kemampuan selulolitik dan xilanolitik dalam mendukung pembentukan bioetanol. 43 isolat khamir merupakan koleksi dari LIPI MC yang diisolasi dari daun, serasah dan tanah Mekongga serta Papilia Sulawesi. Seleksi isolat khamir menggunakan medium substrat Azurine Cross Linked (AZCL) untuk kemampuan xilanolitik dan metode congo red untuk kemampuan selulolitik. Aktivitas enzim diukur menggunakan metode DNS. Konsentrasi etanol diukur menggunakan Gas Cromatography. PL.1.W.9 merupakan isolat dengan aktivitas selulolitik tertinggi pada medium CMC dan medium Jerami sebesar 3.947 (mmol glukosa/Jam) dan 9.822 (mmol glukosa/Jam) serta PL.1.W.2 pada medium kertas saring sebesar 5,409 (mmol glukosa/Jam). PL.1.W.9 merupakan isolat dengan aktivitas xilanase tertinggi pada medium jerami sebesar 5,409 (mmol glukosa/Jam) dan Ple.6.DP.4 pada medium kertas saring sebesar 2,411 (mmol glukosa/Jam). Isolat PL.1.W.2 menghasilkan etanol tertinggi pada medium jerami dan kertas saring sebesar 1.84% dan 1.37%.

Kata Kunci

Khamir, Selulosa, Xilan, Selulase, Xilanase, Etanol, Sulawesi

1. Pendahuluan

Berdasarkan atas estimasi yang dilakukan oleh para ahli geologi diperkirakan stok minyak bumi dunia pada tahun 2004 adalah sekitar 1.27 triliun barrel, dan gas bumi sekitar 1.830 triliun m³. Dengan konsumsi minyak bumi sekitar 85 juta barrel per hari, dan gas

bumi sekitar 78 juta m³, maka stok minyak bumi akan habis setelah 40 tahun dan gas bumi sekitar 64 tahun. Disamping tidak terbarukan minyak bumi menyebabkan kerusakan lingkungan dan berpengaruh terhadap kesehatan manusia akibat gas buang

yang ditimbulkan (Meng *et al.*, 2009). Keadaan ini mendorong untuk dicarinya sumber energi alternatif seperti etanol. Etanol yang dapat diproduksi dari biomassa merupakan bioetanol (*biofuel*), diperoleh dari fermentasi lignoselulosa [1]. Lignoselulosa terdiri dari lignin, hemiselulosa (yang sebagian besar xilan) dan selulosa [2].

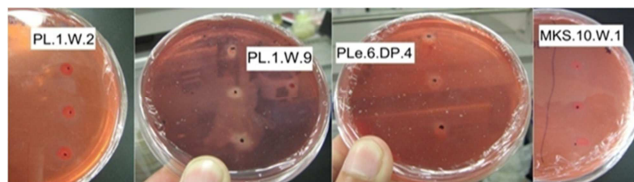
Selulase adalah kelompok enzim yang mengkatalisis degradasi selulosa yang dibangun oleh struktur ikatan β -1, 4 glukosa. Terdapat tiga enzim yang termasuk dalam kelompok enzim selulase, yaitu *endo-1,4- β -glucanase*, *exo-1,4- β -glucanase*, *β -D-glucosidase* yang memecah ikatan selulosa secara acak [3]. Xilanase adalah enzim yang dapat digunakan untuk menghidrolisis xilan (hemiselulosa) menjadi gula xilosa. Enzim xilanase terdiri dari kompleks enzim endoxilanase, eksoxilanase dan *β -xylosidase* [4].

2. Metodologi Penelitian

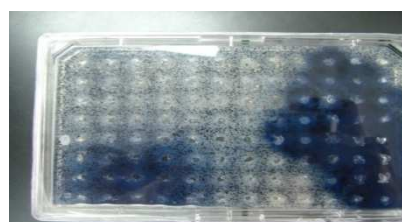
Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan adalah tabung reaksi bertutup Pyrex® IWAKI ukuran 10 mL, mikropipet pipetpal, *Laminar Air Flow* Sanyo Bio Clean Bench, *bioshaker incubator* BR-23 FP, gunting, rak tabung reaksi, *Hot plate* IKA RH Basic 2, gelas kimia 100mL Pyrex® IWAKI, *autoclave* Tommy SX-500, inkubator Sanyo, Hot Air Rapid Drying Oven ISUZU, cawan petri, spatula, labu erlenmeyer 250mL Pyrex® IWAKI, gelas ukur 100mL, neraca Sartorius, tabung falcon 40mL, bunsen, spektrofotometer Mapada v-1100d, kuvet, botol sampel, *microtube* Axygen, tabung Eppendorf 1,5 mL, sentrifugator H-15 FR Kokusan, botol aquades, lemari es SHARP, *microplate*, *eplicator*, pH meter Accument basic AB 15, *Eppendorf Centrifuge* 5415 R, *vortex* Shibasta TTM-1 dan *Shimadzu Gas Chromatography* (GC-14B; Kolom atau Fasa diam: porapak Q 80%; detektor FID; dengan gas pembakar O₂; Fase

gerak gas N₂; ukuran kolom 3m x 3mm I.D; suhu kolom, injektor dan detektor masing-masing sebesar 170°C).



Gambar 1. Zona Bening 4 Isolat terbaik. Uji kemampuan selulolitik menggunakan metode congo red

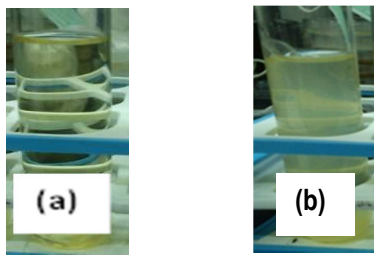


Gambar 2. Pengujian Kemampuan Selulolitik dan Xilanolitik Menggunakan Medium Substrat AZCL

Bahan yang digunakan adalah isolat khamir yang diisolasi dari daun, serasah serta tanah Papalia dan Mekongga Sulawesi, *aquadest* Indigo, CMC BD Company, DNS Sigma, alkohol 70%, K₂HPO₄ Merck, KH₂PO₄ Merck, (NH₄)₂SO₄ Merck, MgSO₄.7H₂O Merck, ekstrak khamir USB, glukosa C.V Prima Darmala, agar Oxoid, FeCl₃.6H₂O Merck, MnSO₄ Merck, NaCl 0.1N, jerami sawah LIPI CSC, kertas saring, Substrat AZCL Megazyme (*Xylan*, *He-Cellulose*, *Xyloglucan* dan *Debranched Arabinan*), *Bakteriological Peptone* USB dan *Potato Dextrose Agar* Pronadisa.

Prosedur Penelitian

Isolat khamir diperoleh dari LIPI Microbiology Culture Collection (LIPIMC) yang belum diidentifikasi. Isolat diremajakan dengan memindahkan dari biakan medium agar miring



Gambar 3. Pertumbuhan Biomassa Khamir. Khamir ditumbuhkan pada medium CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*) diinkubasi selama 7 hari pada suhu 28°C. (1) Media CMC tanpa isolat khamir sebagai kontrol, (2) Media CMC dengan isolat khamir.

ke medium YPD (*Yeast Peptone Dextrose*) pada cawan petri dengan metode cawan gores (*streak plate method*). Isolat kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama empat hari.

Pengujian kemampuan selulolitik khamir digunakan medium CMC (*Carboxymethyl Cellulose*). Selanjutnya dilakukan uji zona bening untuk mengetahui ada atau tidaknya aktivitas enzim selulase dari khamir. Uji zona bening dilakukan dengan menggunakan larutan *Congo red* 1M sebagai larutan uji dan NaCl 0,1N steril sebagai larutan pencuci.

Pengujian kemampuan xilanolitik dari khamir digunakan medium 100mL PDA (*Potato Dextrose Agar*) yang ditambahkan 0.05gram substrat AZCL (*Xylan, He-Cellulose* dan *Xyloglucan*). Isolat khamir diinokulasikan kedalam medium AZCL, kemudian diinkubasi pada suhu 30°C diamati selama 7 x 24 jam hingga terbentuk warna biru pada medium AZCL.

Isolat-isolat khamir diinokulasikan kedalam 5mL medium cair YPD, kemudian diinkubasi dalam inkubator *bioshaker* dengan kecepatan 120 rpm pada suhu 30°C selama 3 x 24 jam. Medium YPD cair sebanyak 1.5mL yang mengandung isolat khamir dipindahkan ke dalam tabung *ependorf* kemudian

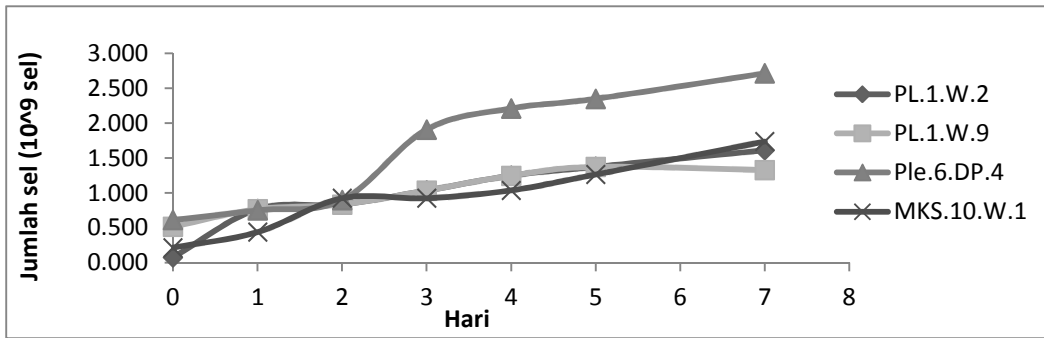
disentrifugasi pada kecepatan 6000 rpm dan suhu 4°C selama 5 menit. *Pellet* yang merupakan isolat khamir dilarutkan dengan aquades steril kemudian dipindahkan ke dalam 50mL medium CMC cair dalam tabung reaksi 100mL. Tabung-tabung reaksi ini kemudian diinkubasi dalam *bioshaker* pada suhu 30°C.

Pengukuran biomassa khamir berdasarkan metode kerapatan optik (*optical density*) menggunakan spektrofotometer (Spectronic, Genesis 20) pada panjang gelombang 600nm. Pengukuran ini dilakukan setiap pengambilan sampel biomassa khamir setiap 24 jam.

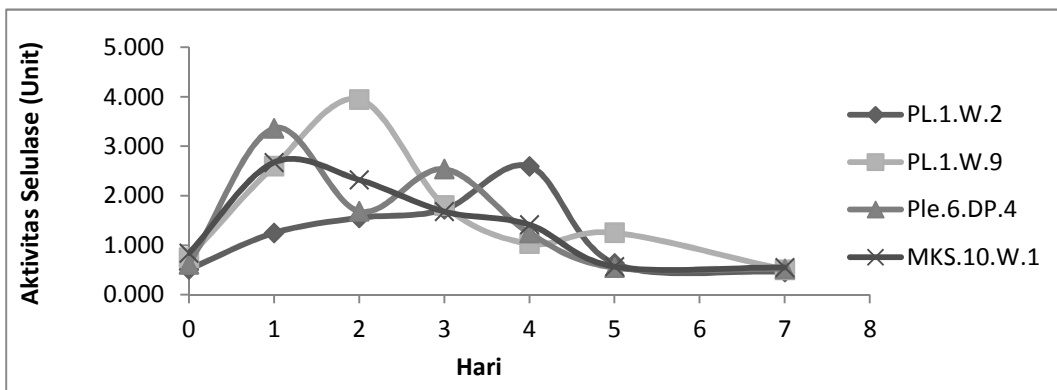
Pengukuran aktivitas enzim dilakukan menggunakan metode DNS. Metode DNS merupakan metode umum yang digunakan dalam pengujian gula reduksi yang dihasilkan oleh aktivitas enzim selulase dan xilanase. Substrat yang digunakan adalah CMC 1% (*carboxymethyl cellulose*) untuk uji aktivitas selulase dan xilan 1% untuk uji aktivitas xilanase. Pereaksi DNS (*dinitrosalicylic acid*) dibuat dengan melarutkan 1g DNS di dalam 100mL akuades, ditambah 12,5mL NaOH 2N. Aktivitas enzim diukur selama 7 hari.

Pada proses pengujian pembentukan etanol ini medium uji yang digunakan adalah medium kertas saring dan medium jerami. Sebanyak 1mL biomassa fungi dipipet ke dalam tabung *ependorf* steril kemudian disentrifus pada kecepatan 6000 rpm selama 25 menit pada suhu 4°C, setelah itu supernatannya dipipet sebanyak 500µL dan dimasukkan kedalam tabung *ependorf* yang telah ditambahkan dengan 500µL etil asetat. Tabung *ependorf* kemudian divortex dan disentrifuse pada kecepatan 6000 rpm selama 25 menit pada suhu 4°C, supernatan yang diperoleh diukur kadar etanolnya dengan *Gas Chromatography* (GC).

Isolat ditumbuhkan dalam keadaan murni dan campuran yaitu dengan menambahkan khamir fermentatif *Saccharomyces cerevisiae*.



Gambar 4. Grafik Jumlah Sel Isolat Khamir Terpilih Pada Medium CMC. Sumbu X menyatakan Hari diukurnya pertumbuhan khamir. Sumbu Y menyatakan jumlah sel khamir. Garis biru menunjukkan kode isolat PL.1.W.2. Garis merah menunjukkan kode isolat PL.1.W.9. Garis hijau menunjukkan kode isolat Ple.6.DP.4. Garis ungu menunjukkan kode isolat MKS.10.W.1.



Gambar 5. Grafik Aktivitas Enzim Selulase Empat Isolat Khamir Terpilih Pada Medium CMC. Sumbu X menyatakan Hari diukurnya aktivitas enzim selulase. Sumbu Y menyatakan Aktivitas enzim(Unit). Garis biru menunjukkan kode isolat PL.1.W.2. Garis merah menunjukkan kode isolat PL.1.W.9. Garis hijau menunjukkan kode isolat Ple.6.DP.4. Garis ungu menunjukkan kode isolat MKS.10.W.1.

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah ditumbuhkan pada medium CMC, diberi larutan congo red dan dibilas dengan NaCl),1N maka akan terlihat zona bening (gambar 1). Indeks selulolitik merupakan hasil bagi dari diameter zona bening dengan diameter koloni khamir (tabel 1). Congo red hanya dapat berikatan dengan polisakarida yang memiliki ikatan β-glukosida [5]. Substrat selulosa yang telah terhidrolisis menjadi glukosa oleh enzim endoglukonase yang dimiliki isolat khamir tidak dapat berikatan dengan congo red sehingga terbentuklah zona bening. Seleksi menggunakan medium substrat AZCL isolat ditumbuhkan pada medium AZCL-HeCellulose, AZCL-Xylan dan AZCL-Xyloglucan selama 7 hari dan dilihat terbentuknya serta perubahan warna biru

pada medium (gambar 2). Dari hasil pengamatan diperoleh empat isolat yang memiliki kemampuan selulolitik dan xilanolitik terbaik.

Isolat khamir ditumbuhkan pada medium CMC cair. Pengukuran biomassa khamir digunakan metode kerapatan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 600nm. Pertumbuhan biomassa pada isolat khamir ditandai dengan perubahan medium cair dari bening menjadi keruh (gambar 3). Dari hasil pengukuran (gambar 4) semua isolat khamir yang diuji mampu tumbuh dalam medium dengan substrat CMC sebagai sumber karbon. Pengukuran aktivitas enzim selulase dan xilanase dilakukan dengan menggunakan metode DNS

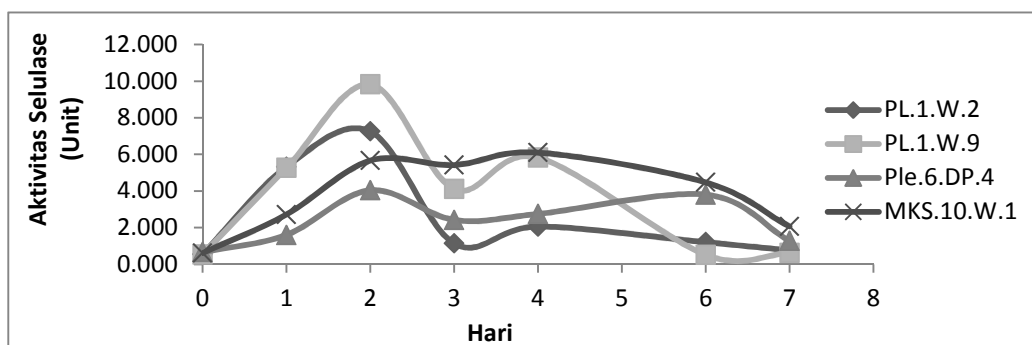
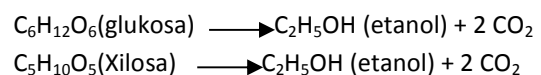
(*Dinitrosalicylic acid*) pada medium CMC, jerami dan kertas saring cair. Metode DNS merupakan metode yang digunakan untuk mengukur banyaknya gula reduksi yang terbentuk dari hasil hidrolisis substrat selulosa dan xilan oleh enzim selulase serta xilanase. DNS atau *3,5-Dinitrosalicylic acid* merupakan suatu senyawa aromatik yang bereaksi dengan gula reduksi dan membentuk molekul *3-amino-5-nitrosalicylic acid* yang menyerap cahaya pada panjang gelombang 540nm. Warna kuning yang menjadi oranye-merah menunjukkan adanya sejumlah glukosa hasil dari aktivitas enzim selulase.

Hasil pengujian aktivitas enzim selulolitik pada medium CMC cair (gambar 5) aktivitas selulase tertinggi dimiliki oleh isolat PL.1.W.9 sebesar 3,947 (mmol glukosa/jam). Hasil uji aktivitas selulase pada medium jerami (gambar 6), aktivitas selulase tertinggi dimiliki oleh isolat PL.1.W.9 sebesar 9,822 (mmol glukosa/jam). Hasil uji aktivitas selulase pada medium kertas saring (gambar 7) aktivitas selulase tertinggi dimiliki oleh isolat PL.1.W.2 sebesar 3,958 (mmol glukosa/jam).

xilanase tertinggi pada medium kertas (gambar 9), dimiliki oleh isolat Ple.6.DP.4 sebesar 2,411 (mmol glukosa/jam), diikuti isolat PL.1.W.2 sebesar 2,205 (mmol glukosa/jam).

Uji pembentukan etanol menggunakan medium jerami dan kertas saring. Pengujian etanol dilakukan dengan membandingkan kadar etanol yang dihasilkan oleh kultur tunggal khamir selulolitik dengan kultur campuran khamir selulolitik dan *S.cerevisiae*. Sebelum digunakan untuk membentuk etanol, isolat-isolat pada substrat jerami dan kertas harus terlebih dahulu melakukan proses hidrolisis oleh *enzymatic hydrolase* yaitu hidrolisis menggunakan enzim selulase.

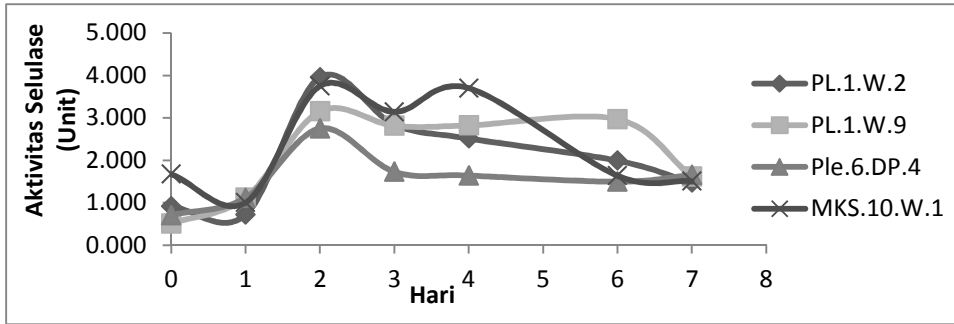
Proses hidrolisis harus dilakukan karena sumber karbon yang terdapat disubstrat jerami dan kertas tersebut berupa polisakarida dengan bobot molekul besar seperti selulosa yang tidak dapat langsung diubah menjadi etanol. Hasil hidrolisis polisakarida berupa gula sederhana, yang kemudian diubah menjadi etanol oleh isolat-isolat khamir yang memiliki enzim invertase melalui proses fermentasi.



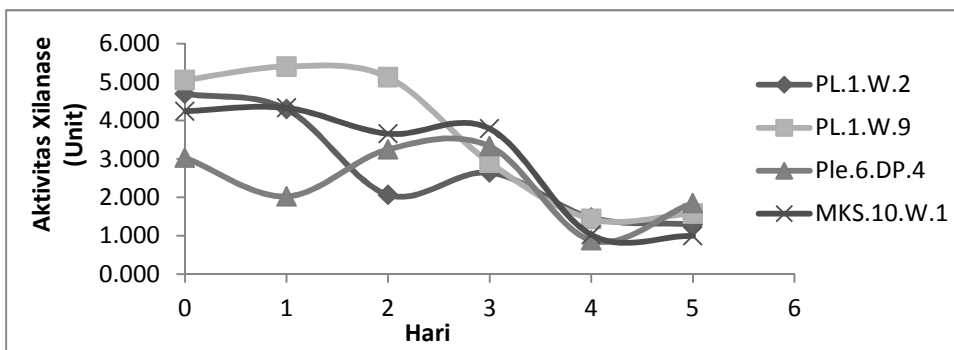
Gambar 6. Grafik Aktivitas Enzim Selulase Empat Isolat Khamir Terpilih Pada Medium Jerami. Sumbu X menyatakan Hari diukurnya aktivitas enzim selulase. Sumbu Y menyatakan Aktivitas enzim(Unit). Garis biru menunjukkan kode isolat PL.1.W.2. Garis merah menunjukkan kode isolat PL.1.W.9. Garis hijau menunjukkan kode isolat Ple.6.DP.4. Garis ungu menunjukkan kode isolat MKS.10.W.1.

Berdasarkan hasil pengukuran (gambar 8) aktivitas xilanase tertinggi pada medium jerami dimiliki oleh isolat PL.1.W.9 sebesar 5,409 (mmol glukosa/jam). Aktivitas enzim

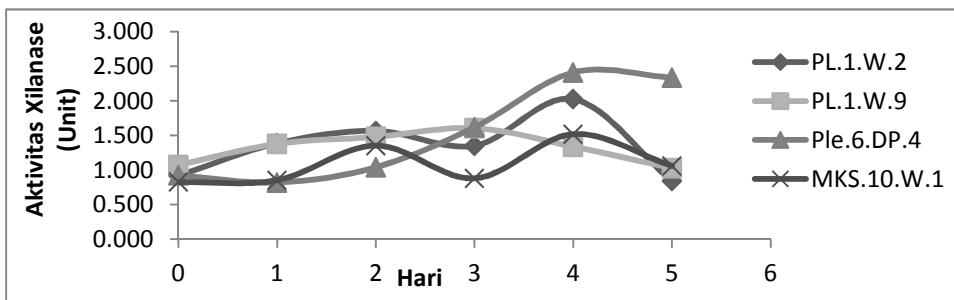
Dari hasil pengukuran (Gambar 19), diketahui bahwa perlakuan pada isolat non-agitasi menghasilkan kadar etanol lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan agitasi. Hal ini



Gambar 7. Grafik Aktivitas Enzim Selulase Empat Isolat Khamir Terpilih Pada Medium Kertas Saring. Sumbu X menyatakan Hari diukurnya aktivitas enzim selulase. Sumbu Y menyatakan Aktivitas enzim(Unit). Garis biru menunjukkan kode isolat PL.1.W.2. Garis merah menunjukkan kode isolat PL.1.W.9. Garis hijau menunjukkan kode isolat Ple.6.DP.4. Garis ungu menunjukkan kode isolat



Gambar 8. Grafik Aktivitas Enzim Xilanase Empat Isolat Khamir Terpilih Pada Medium Jerami. Sumbu X menyatakan Hari diukurnya aktivitas enzim xilanase. Sumbu Y menyatakan Aktivitas enzim(Unit). Garis biru menunjukkan kode isolat PL.1.W.2. Garis merah menunjukkan kode isolat PL.1.W.9. Garis hijau menunjukkan kode isolat Ple.6.DP.4. Garis ungu menunjukkan kode isolat MKS.10.W.1.



Grafik Aktivitas Enzim Xilanase Empat Isolat Khamir Terpilih Pada Medium Kertas Saring. Sumbu X menyatakan Hari diukurnya aktivitas enzim xilanase. Sumbu Y menyatakan Aktivitas enzim(Unit). Garis biru menunjukkan kode isolat PL.1.W.2. Garis merah menunjukkan kode isolat PL.1.W.9. Garis hijau menunjukkan kode isolat Ple.6.DP.4. Garis ungu menunjukkan kode isolat MKS.10.W.1.

Tabel 1. Indeks Selulolitik Khamir Penghasil Selulase.

NO	Kode Isolat	IS	DI	DB	NO	Kode Isolat	IS	DI	DB
1	PL.3.DP.6	1,36	0,50	0,68	23	Ple.6.DP.4	1,33	0,30	0,40
2	PL.1.W.2	2,28	0,36	0,82	24	PL.1.W.9	1,62	0,42	0,68
3	PL.3.DP.5	2,00	0,20	0,40	25	PL.3.W.6	1,49	0,35	0,52
4	Ple.3.W.2	1,89	0,28	0,52	26	PL.1.F.6	1,66	0,35	0,58
5	PL.3.W.10	1,33	0,30	0,40	27	MKL.6.W.4	1,25	0,40	0,50
6	MKL.7.W.3	1,47	0,36	0,53	28	MKL.6.W.1	1,17	0,60	0,70
7	Ple.2.V.2	3,00	0,10	0,30	29	MKL.6.DP.1	2,00	0,10	0,20
8	PL.3.DP.9	1,43	0,58	0,83	30	Ple.3.W.1.Y	1,57	0,35	0,55
9	PL.1.F.2	1,34	0,58	0,78	31	10-790	1,67	0,30	0,50
10	Ple.3.W.5	2,00	0,20	0,40	32	MKL.6.DP.2	1,20	0,50	0,60
11	PL.1.W.8	1,91	0,22	0,42	33	PL.2.W.1	1,33	0,30	0,40
12	PL.1.F.1	1,46	0,56	0,82	34	MKL.7.W.4	1,25	0,40	0,50
13	PL.4.W.8	1,50	0,20	0,30	35	MKL.6.W.2	1,50	0,40	0,60
14	PL.1.W.4	1,85	0,33	0,60	36	MKS.10.W.1	1,40	0,50	0,70
15	PL.1.W.1	1,41	0,44	0,62	37	MKL.5.W.2	1,25	0,40	0,50
16	Ple.3.W.3	1,62	0,26	0,42	38	PL.3.DP.3	1,29	0,35	0,45
17	PL.4.W.2	1,67	0,24	0,40	39	MKL.8.W.2	1,20	0,50	0,60
18	PL.4.W.5	1,56	0,36	0,56	40	57-18	1,31	0,32	0,42
19	Ple.6.DP.1	1,81	0,32	0,58	41	10-850	1,50	0,20	0,30
20	PL.3.W.12	1,38	0,32	0,44	42	Ple.3.W.1	1,33	0,30	0,40
21	PL.3.W.7	1,67	0,30	0,50	43	10-805	1,25	0,40	0,50
22	Ple.4.V.2	2,02	0,36	0,72					

Tabel 2. Hasil Uji Etanol Pada Hari Ke-5

Isolat	Konsentrasi Etanol (%)	
	Jerami	Kertas Saring
PL.1.W.2	0,18	0,30
PL.1.W.9	0,21	0,15
Ple.6.DP.4	0,57	0,49
10-1052	0,23	0,17
PL.1.W.2 (S)	1,04	1,07
PL.1.W.9 (S)	0,61	0,98
Ple.6.DP.4 (S)	0,58	0,91
10-1052 (S)	0,90	1,16

Tabel 3. Hasil Uji Etanol Pada Hari Ke-10

Isolat	Konsentrasi Etanol (%)	
	Jerami	Kertas Saring
PL.1.W.2	0,26	0,43
PL.1.W.9	0,29	0,22
Ple.6.DP.4	0,92	0,73
10-1052	0,38	0,25
PL.1.W.2 (S)	1,84	1,37
PL.1.W.9 (S)	0,92	0,87
Ple.6.DP.4 (S)	1,37	1,08
10-1052 (S)	0,75	1,31

disebabkan

Karena pada lima hari pertama tiap isolat melakukan proses hidrolisis untuk menghasilkan glukosa. Proses agitasi membantu isolat khamir untuk memperbanyak sel dan memproduksi enzim selulase untuk menghidrolisis selulosa. Sedangkan pada lima hari kedua, inkubasi dilakukan tanpa proses agitasi yang menyebabkan keterbatasan udara yang membuat isolat melakukan proses fermentasi untuk menghasilkan etanol.

Hasil pengukuran kadar etanol (tabel 2 dan 3), diperoleh bahwa kadar etanol dari isolat yang dicampur dengan *Saccharomyces cerevisiae* lebih tinggi dibandingkan dengan kadar etanol dari isolat murni. Pada medium jerami konsentrasi etanol tertinggi dimiliki isolat PL.1.W.2 menghasilkan etanol sebesar 0,26% sedangkan pada *mix culture* menghasilkan etanol sebesar 1,83% kadar etanol mengalami kenaikan sebesar 1,57%. Sedangkan pada medium kertas isolat PL.1.W.2 menghasilkan etanol sebesar 0,43% sedangkan untuk *mix culture* mampu menghasilkan etanol sebesar 1,37% kadar etanol mengalami kenaikan sebesar 0,94%. Kenaikan konsentrasi etanol pada *mix culture* menunjukkan *Saccharomyces cerevisiae* yang

digunakan terbukti mampu menghasilkan etanol dengan proses fermentasi [6].

4. Kesimpulan

Dari 43 isolat khamir yang diseleksi, diperoleh empat isolat dengan kemampuan selulolitik dan xilanolitik tertinggi yaitu PL.1.W.9; PL.1.W.2; Ple.6.DP.4 dan MKS.10.W.1. Tiap isolat terseleksi memberikan aktivitas enzim yang tinggi pada medium dengan substrat organik (jerami dan daun bambu). Konsentrasi etanol tertinggi pada medium jerami dimiliki isolat PL.1.W.2 sebesar 0,26% (*single culture*) dan 1,83% (*mix culture*) sedangkan pada medium kertas saring isolat PL.1.W.2 sebesar 0,43% (*single culture*) dan 1,37% (*mix culture*).

5. Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada Prof. I Made Sudiana, M.Sc serta pihak LIPI yang telah bersedia memberikan tempat dan sarana penelitian, Dr. Suhartono, M.Kes selaku dosen pembimbing 1. Serta semua pihak yang telah membantu dalam penelitian dan penyelesaian jurnal ini baik secara langsung ataupun tidak.

Daftar Pustaka

- [1] Meng xiang, Jianming Yang, Xin Xu, Lei Zhang, Qingjuan Nie, Mo Xian. 2009. Biodiesel production from oleaginous microorganisms. *Renewable Energy*. 34:1-5.
- [2] Sorensen, H.R., Pedersen, S., Vikso-Nielsen, A., Meyer, A.S., 2005. Efficiencies of designed enzyme combinations in releasing arabinose and xylose from wheat arabinoxylan in an industrial ethanol fermentation residue. *Enzyme and Microbial Technology*. 36:773-784.
- [3] Malherbe S, Cloete TE (2003). Lignocellulose biodegradation: fundamentals and applications: A review. *Environ. Sci. Biotechnol*. 1:105-114.
- [4] Gomes, D.J., J. Gomes, W. Steiner. 1994. Factors influencing the induction of endo-xylanase by *Thermoascus aurantiacus*. *Journal of Biotechnology*. 33:87-94.
- [5] Teather, R. M. dan Petter J. Wood. 1981. Use of Congo Red-Polysaccharide Interactions in Enumeration and Characterization of Cellulolytic Bacteria from the Bovine Rumen. *Applied and Environmental Microbiology*, Apr. 1982, p. 777-780.
- [6] Elevri, P. A., Putra, R. S., 2006. Produksi Etanol Menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* Yang Diamobilisasi Dengan Agar Batang. *Akta Kimindo* Vol. 1 No. 2 April 2006: 105-114.