

Aktivitas Selulase dan Xilanase dari Komplek Enzim Lignoselulolitik Termostabil Hasil Penguraian Batang Pisang

Fatria Isrami^a, Agustina L.N. Aminin^{a*}

^a Biochemistry Laboratory, Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang

* Corresponding author: agustina.aminin@live.undip.ac.id

Article Info

Keywords:
banana stems,
cellulase, xylanase,
an enzyme complex
lignoselulolitik

Kata Kunci:
batang pisang,
selulase, xilanase,
kompleks enzim
lignoselulolitik

Abstract

Research on the degradation of banana stems using a thermostable lignocellulolytic enzyme complex to produce sugars has been done. The objective of this study was to obtain a derivative starter (St) from a consortium of microbial compost starter (So) on banana stem media, to obtain cellulase and partial pure xylanase with ammonium sulfate, to get cellulase and xylanase specific activity data. The result of fermentation on banana stems using a consortium of microbial compost starter (So) produced a good derivative starter (St) hence it could be used continuously and the resulting reduction sugar was higher. From this study, it was obtained the cellulase and partial pure xylanase ammonium. The highest specific cellulase activity was found in fraction 2 of 180 U / mg protein and for xylanase was in fraction 3 of 202 U / mg protein.

Abstrak

Penelitian tentang degradasi batang pisang menggunakan kompleks enzim lignoselulolitik termostabil untuk memproduksi gula telah dilakukan. Tujuan penelitian ini mendapatkan starter turunan (St) dari konsorsium mikroba starter kompos (So) pada media batang pisang, memperoleh selulase dan xilanase murni parsial dengan amonium sulfat, mendapatkan data aktivitas spesifik selulase dan xilanase. Hasil fermentasi pada batang pisang menggunakan konsorsium mikroba starter kompos (So) menghasilkan starter turunan (St) yang baik sehingga dapat digunakan secara kontinyu serta gula reduksi yang dihasilkan lebih tinggi. Diperoleh selulase dan xilanase murni parsial amonium. Didapatkan pula aktivitas spesifik selulase tertinggi pada fraksi 2 sebesar 180 U/mg protein dan untuk xilanase berada pada fraksi 3 sebesar 202 U/mg protein.

1. Pendahuluan

Energi alternatif adalah energi yang digunakan dengan tujuan untuk menggantikan bahan bakar seperti minyak bumi dan batu bara sering disebut sebagai bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil ini terbentuk dari hewan dan tumbuhan yang mati ratusan juta tahun lalu. Pembentukan bahan bakar ini membutuhkan waktu sangat lama. Apabila kita tidak berhemat, bahan bakar tersebut akan habis. Penggunaan energi alternatif merupakan salah satu cara menghemat persediaan bahan bakar fosil. Biomassa dapat menjadi sumber energi alternatif berupa etanol sebagai pengganti bahan bakar fosil, karena mengandung selulosa dan

hemiselulosa. Penggunaan biomassa sebagai sumber energi merupakan hal menguntungkan yaitu, dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan karena sifatnya yang dapat diperbaharui (*renewable*), relatif tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara dan juga dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya hutan dan pertanian. Dengan demikian Indonesia memiliki potensi yang cukup besar dalam pengembangan teknologi konversi biomassa menjadi produk yang memiliki nilai tambah. Salah satu biomassa yang cukup melimpah di Indonesia adalah batang pisang yang banyak mengandung lignoselulosa.

Lignoselulosa merupakan komponen utama tanaman yang menggambarkan jumlah sumber bahan organik yang dapat diperbaharui. Lignoselulosa terdiri dari selulosa, hemiselulosa, lignin dan beberapa bahan ekstraktif lain [1]. Batang pisang merupakan limbah industri pertanian mengandung air dan mineral serta serat. Serat batang pisang mengandung 63% selulosa, 20% hemiselulosa dan 5% lignin [2]. Lignoselulosa dalam batang pisang ini dapat didegradasi oleh enzim lignoselulolitik. Enzim lignoselulolitik adalah kelompok besar enzim yang merupakan protein ekstraseluler yaitu selulase, hemiselulase, lignin peroksidase, mangan peroksidase dan lakase.

Konversi biomassa dapat dilakukan secara fisik, kimia, mikrobiologi, dan enzimatik. Secara Fisik dilakukan dengan penggilingan, iradiasi, dan proses termal, namun metode fisik membutuhkan biaya dan energi yang tinggi [3]. Secara kimia biasanya menggunakan larutan alkali dan asam dimana penggunaan metode kimia kurang ramah lingkungan dan dapat menimbulkan korosi. Secara Mikrobiologi dilakukan dengan memanfaatkan aktivitas mikroba. Penggunaan mikroba untuk mendegradasi lignoselulosa kurang efektif karena produk glukosa yang dihasilkan digunakan sebagai makanan oleh mikroba itu sendiri serta waktu yang dibutuhkan untuk mendegradasi lama.

Secara enzimatik cukup efektif tapi memiliki kekurangan mahal harga enzim saat ini, perlu dilakukan produksi enzim dengan cara mudah dan murah. Pemanfaatan 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 konversi lignoselulosa, dengan menggunakan konsorsium mikroba. Konsorsium mikroba mampu menghasilkan lebih banyak enzim dibandingkan dengan mikroba tunggal [4].

Produksi kompleks enzim lignoselulolitik dari substrat batang pisang dengan menggunakan konsorsium kompos termofilik. Konsorsium kompos termofilik ini belum spesifik mengurai batang pisang. Oleh karena itu diperlukan optimasi degradasi batang pisang dengan menggunakan starter turunan. Starter turunan adalah kultur yang mengandung konsorsium mikroba yang telah beradaptasi dengan baik pada substrat batang pisang. Jenriani juga telah berhasil mengisolasi kompleks enzim lignoselulolitik dalam bentuk ekstrak kasar dan diuji aktivitasnya terhadap batang pisang, CMC, dan xilan, jumlahnya gula pereduksi yang dihasilkan pada substrat batang pisang oleh ekstrak kasar sebesar 0,383 mg/mL, pada selulase 0,403 mg/mL, dan xilanase sebesar 0,162 mg/mL. Jumlah gula pereduksi yang dihasilkan rendah sehingga butuh pemurnian agar menghasilkan kadar gula pereduksi lebih tinggi.

2. Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah konsorsium bakteri kompos termofilik, batang pisang, pepton, yeast, K_2HPO_4 , $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, akuadest steril, buffer fosfat, amonium sulfat, EDTA, $BaCl_2$, Reagen 3,5-Dinitrosalicilik acid (DNS), Carboxy Methyl Cellulose (CMC), Xilan, Larutan Glukosa, Larutan Xilosa, $MnSO_4$, H_2O_2 , NaH_2PO_4 , $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$, Na_2CO_3 , NaOH, $CuSO_4$, folin cialteu.

Preparasi Suspensi Kompos sebagai Starter Mikroba (S_0)

Sebanyak 20 gram kompos termofilik disuspensikan ke dalam 100 mL akuades steril. Suspensi kompos kemudian disaring menggunakan kertas saring steril. filtrat hasil penyaringan digunakan sebagai starter mikroba.

Pembuatan Kultur starter Turunan (St)

Pengambilan 2 gram serat batang pisang yang telah halus. Kemudian dilakukan penambahan 10 mL media pengangaya dan 200 μ L suspensi kompos. Penambahan aquadest steril hingga 17 mL. Selanjutnya dilakukan penginkubasian pada suhu 55° selama 140 jam. Setelah itu dilakukan penyaringan dengan kertas saring untuk mendapatkan filtrat.

Isolasi dan Produksi Kompleks Enzim lignoselulolitik

Pengambilan 20 serbuk batang pisang. Lalu dilakukan penambahan 125mL media pengaya dan 5 mL starter turunan (St). Setelah itu penginkubasian pada suhu 55° selama 140 jam. Lalu dilakukan pengadukan dan penyaringan dengan kertas saring untuk mendapatkan filtrat. Filtrat yang didapat disentrifuse dengan kecepatan 5000 rpm selama 20 menit. Kemudian diperoleh filtrat merupakan ekstrak kasar dari kompleks enzim lignoselulolitik.

Fraksinasi Kompleks Enzim Lignoselulolitik

Amonium sulfat yang dibutuhkan ditimbang sesuai dengan tingkat kejenuhan. Selanjutnya amonium sulfat ditambahkan kedalam ekstrak kasar kompleks enzim lignoselulolitik sedikit demi sedikit sambil diaduk dengan menggunakan magnetik stirer. Setelah amonium sulfat larut maka dilakukan pendiaman selama satu malam (24 jam) dalam kondisi dingin. Selanjutnya campuran tersebut disentrifuse dengan kecepatan 5000 rpm selama 25 menit. Endapan dipisahkan disuspensi dengan buffer fosfat 0,05 M pH 7. Endapan tersebut merupakan fraksi pemurnian amonium sulfat. Setelah itu filtrat hasil pemurnian dilanjutkan dengan perlakuan yang sama untuk mendapatkan fraksi berikutnya. Pengelompokan fraksi berdasarkan tingkat kejenuhan yaitu F1(0-20%), F2(20-40%), F3(40-60%), F4(60-80%), F5(80-100%).

Dialisis Kompleks Enzim Lignoselulolitik

Pertama-tama membran selofan direbus selama 30 menit dengan larutan EDTA, kemudian dicuci dengan aquadest dan bufer fosfat. Selanjutnya salah satu ujung

selofan diikat dengan benang kemudian dalam selofan diisi kompleks enzim lignoselulolitik dimasukkan ke dalam masing-masing membran selofan yang berbeda. Dialisis ini dilakukan dengan merendam kantong selofan ke dalam buffer fosfat (0,0005 M) dan diaduk menggunakan magnetic stirrer. Pada setiap satu jam buffer diganti hingga kandungan amonium sulfat tidak lagi ada didalam selofan. Uji kandungan amonium sulfat ini menggunakan BaCl₂ pada buffer di luar membran tidak menghasilkan endapan putih lagi, dan kemudian hasil dialisis diukur aktivitasnya.

Uji Aktivitas Selulase

Pengambilan 0,5 mL CMC dari) 0,1 gram CMC dalam 10 mL buffer fosfat pH 7 untuk tiap fraksi (fraksi 1 hingga fraksi 5). Kemudian masing-masing ditambahkan 0,5 mL kompleks enzim lignoselulolitik. Selanjutnya penambahan 1 mL reagen DNS dan pemanasan selama 5 menit. Kemudian pengenceran larutan hingga 10 mL dan pengukuran absorbansinya pada panjang gelombang 488nm.

Uji Aktivitas Xilanase

Pengambilan 0,5 mL xilan dari 0,1 gram xilan dalam 10 mL buffer fosfat pH 7 untuk tiap fraksi (fraksi 1 hingga 5). Kemudian ditambahkan 0,5 mL kompleks enzim lignoselulolitik. Selanjutnya dilakukan penginkubasian pada 50°C selama 1 jam. Selanjutnya penambahan 1 mL reagen DNS dan pemanasan selama 5 menit. Kemudian pengenceran larutan hingga 10 mL dan pengukuran absorbansinya pada panjang gelombang 488 nm.

Penentuan Kadar protein dengan Metode Lowry

Sebanyak 0,1 mL larutan protein enzim hasil fraksinasi dan dialisis ditambah dengan larutan lowry C, di inkubasi pada suhu optimum selama 30 menit. Selanjutnya ditambah dengan 0,2 mL lowry D dan diinkubasi selama 10 menit pada suhu kamar, kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang optimum.

3. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan Kultur Starter Turunan

Pembuatan kultur ini bertujuan untuk mendapatkan starter turunan (St) dari starter mikroba kompos (S₀). St yang dihasilkan dari sistem fermentasi padat ini sangat bermanfaat karena dapat digunakan secara kontinyu. Pada substrat batang pisang ditambah aquadest, media pengaya, dan suspensi kompos sebagai S₀. Kemudian di inkubasi pada suhu 55°C selama 140 jam dan terakhir dilakukan penyaringan untuk mendapatkan filtrat yang akan digunakan dalam proses selanjutnya.

Kapasitas degradasi lignoselulosa dapat dilihat dari kadar gula pereduksi yang dihasilkan selama proses pengkultur. Pengukuran kadar gula pereduksi pada kultur St batang pisang diukur dengan metode DNS pada $\lambda = 440 \text{ nm}$.

Tabel 1: Perbandingan kadar gula pereduksi pada kultur dengan jenis- jenis starter

Subtrat Starter Pereduksi	Kadar gula (mg/mL)	
	KS ₀	KSt
S. Batang P	0,162	11,6
S. CMC	0,383	1,7
S. Xilan	0,404	3,9

Pada tabel 1 di atas menunjukkan bahwa kapasitas gula pereduksi pada kultur S₀ dan St memiliki perbedaan yang signifikan. Kadar gula pereduksi pada jam 140 untuk St jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kadar gula pereduksi di jam yang sama untu S₀.

Kadar gula pereduksi yang diperoleh dihasilkan dari aktivitas mikroba yang tumbuh pada batang pisang, media pengaya yang terkandung dalam media berfungsi sebagai nutrisi awal bagi mikroba, karena lebih mudah dicerna oleh mikroba sehingga jumlah mikroba yang dihasilkan tinggi. Sedangkan untuk substrat CMC dan xilan dilakukan untuk menguji aktivitas selulase dan xilanase dari enzim lignoselulolitik mengasilkan gula pereduksi. Kadar gula pereduksi yang dihasilkan oleh KSt lebih tinggi bila dibandingkan kadar gula pereduksi oleh KS₀. Hal ini menunjukkan bahwa konsorsium mikroba termofilik memproduksi enzim-enzim untuk mendegradasi batang pisang lebih tinggi.

Isolasi dan Pemurnian Komplek Enzim Lignoselulolitik

Hasil fermentasi dari media batang pisang dengan starter turunan (St) ditunjukkan dengan tumbuhnya jamur pelapuk putih yang tumbuh dengan cepat dan banyak pada suhu 55°C selama 140 jam. Kemudian hasil fermentasi tersebut diisolasi dengan tujuan untuk memisahkan kompleks enzim lignoselulolitik dari pengotor-pengotor. Hasil kultur starter turunan (St) dilakukan penambahan buffer fosfat pH 7 agar mempertahankan pH. Kemudian dilakukan pengadukan agar larutan homogen dan penyaringan untuk mendapatkan filtrat. Filtrat yang didapat disentrifuse yang bertujuan untuk memisahkan endapan dan filtrat. Filtrat ini merupakan ekstrak kasar yang mengandung kompleks enzim lignoselulolitik seperti selulase [5], Xilanase [6], yang akan digunakan pada proses pemurnian.

Pemurnian bertingkat dengan amonium sulfat merupakan salah satu metode pemurnian awal pada enzim. Keuntungan menggunakan amonium sulfat antara lain dengan keadaan jenuh, molaritasnya yang cukup tinggi dapat mengendapkan sebagian besar protein, memiliki kerapatan yang tinggi sehingga tidak cukup besar mengganggu protein yang mengendap karena sentrifugasi, dan dalam larutan amonium sulfat sebagian besar protein terlindungi dari denaturasi. Filtrat hasil sentrifuse yang berupa ekstrak kasar kompleks enzim lignoselulolitik diendapkan dengan amonium sulfat, pengendapan dilakukan dengan variasi tingkat kejenuhan F1(0-20%), F2(20-40%), F3(40-60%), F4(60-80%), F5(80-100%).

Proses isolasi kompleks enzim lignoselulolitik diketahui kadar protein dari masing-masing fraksi yang ditunjukkan oleh tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2: kadar protein pada masing-masing fraksi

Fraksi	kadar protein (mg/mL)
F1	0,270
F2	0,257
F3	0,343
F4	0,310
F5	0,257

Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa kadar protein pada F3 tertinggi yaitu sebesar 0,343 mg/mL dibanding dengan fraksi-fraksi lainnya. Perbedaan isoelektrik pada protein mempengaruhi perbedaan kadar protein dimana didasarkan atas perbedaan asam-amino penyusunan. Pada kondisi dibawah titik isoelektriknya, gugus karboksilat dari molekul protein terprotonasi sehingga protein memiliki muatan positif. Hal tersebut dapat berakibat pada peningkatan gaya tolak menolak antara molekul protein sehingga antar molekul protein saling terpisah. Kondisi ini menyebabkan interaksi anatara molekul protein dengan pelarut terjadi peningkatan, sehingga kelarutan semakin meningkat. Sebaliknya pada kondisi diatas titik isoelektrik terjadi peningkatan muatan negatif pada molekul protein. Hal ini berakibat pada penurunan interaksi antara melekul protein dengan pelarut [7].

Pengendapan dengan garam menggunakan prinsip salting out dimana kelarutan protein akan berkurang pada konsentrasi garam yang tinggi. Konsentrasi garam yang meningkat mengakibatkan air akan lepas dari protein yang menyebabkan terjadinya ikatan hidrifobik dari satu protein dengan protein yang lain menghasilkan endapan [8]. Pengendapan protein dilakukan selama 24 jam selama proses ini protein akan beragregasi, tetapi tidak semuanya akan langsung mengendap. Pemisahan supernatan dan endapan protein dilakukan dengan sentrifugasi. Endapan tersebut dilarutkan dalam buffer fosfat 0,05 M pH 7.

Setelah didapatkan hasil fraksinasi untuk setiap fraksi maka dilakukan dengan proses dialisis. Dialisis merupakan proses pemisahan atau menghilangkan molekul garam amonium sulfat dan ion-ion pengganggu lainnya yang berpengaruh terhadap kestabilan molekul protein enzim selama penyimpanan, dimana molekul molekul kecil (garam amonum sulfat) dan ion ion akan melewati pori-pori selaput semipermeable dan keluar dari selofan.

Proses dialisis ini dilakukan dengan cara memasukan masing masing hasil farksinasi yang ditambahkan buffer fosfat kedalam kantung selofan. Selanjutnya masing-masing kantung selofan dimasukan kedalam larutan buffer fosfat yang memiliki konsentrasi 100-1000 kali lebih rendah daripada konsentrasi buffer yang berada didalam kantung sehingga molekul yang berukuran kecil seperti garam ataupun ion pengganggu lainnya akan melewati pori-pori membran selofan sampai konsentrasi didalam dan

diluarkantung mencapai nilai yang sama (kesetimbangan).

Pada proses dialisis diharapkan keberadaan amonium sulfat pada hasil tiap-tiap fraksinasi sudah bebas dari amonium sulfat yang akan mengganggu aktivitas enzim. Oleh karena itu perlu dilakukan uji dengan menambahkan $BaCl_2$ kedalam larutan bffer yang berada diluar kantung selofan.

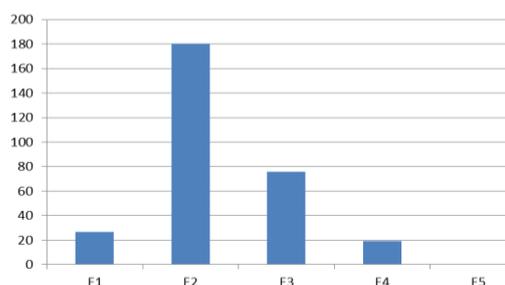
Endapan putih yang timbul adalah endapan $BaSO_4$ yang bewarna putih. Garam $BaSO_4$ memiliki tingkat kelarutan yang rendah dalam pelarut air sehingga akan tampak sebagai endapan putih. Pengujian menggunakan $BaCl_2$ ini dilakukan sampai endapan putih yang berada diluar kantung dialisi sudah tidak terbentuk lagi.

Aktivitas Selulase

Selulase adalah enzim yang dapat menghidrolisis ikatan β 1,4 glikosidik pada selulosa menjadi glukosa. Endoglukanase memotong ikatan internal rantai selulosa secara acak, sehingga menghasilkan oligo sakarida. Eksoglukanase (selebiodrolase) memecah rantai akhir selulosa dan oligosakarida menjadi selebiosa. Selebiosa dihidrolisis lebih lanjut oleh β -glukosidase menjadi glukosa.

Uji aktivitas selulase bertujuan untuk menunjukan peran selulase dalam proses degradasi selulosa pada batang pisang. CMC digunakan sebagai subtrat dari enzim selulase. Satu unit aktivitas enzim selulase di definisikan kemampuan enzim selulase yang dapat menghasilkan 1 mg/mL glukosa pada kondisi optimum [9]. Jumlah gula pereduksi (glukosa) yang terbentuk menunjukan besarnya aktivitas selulase, dan banyaknya glukosa dapat ditentukan dengan menggunakan metode DNS (Dinitrosalicylik acid) berdasarkan kurva standar glukosa. Prinsip dari metode ini adalah glukosa yang memiliki gugus aldehid akan mengalami oksidasi dan 3,5- Dinitrosalicylik acid (DNS) akan mengalami reduksi menjadi 3-amino-5nitrosalicylik acid [10].

Aktivitas Spesifik selulase adalah satu unit aktivitas selulase per miligram protein [11]. Penentuan aktivitas spesifik selulase menggambarkan kemurnian dari fraksi-fraksi enzim yang dihasilkan. Fraksi enzim yang menghasilkan aktivitas spesifik yang tinggi maka akan memiliki aktivitas spesifik yang tinggi maka akan memiliki kemurnian tinggi.



Gambar 3. Aktivitas Spesifik Selulase masing-masing Fraksi

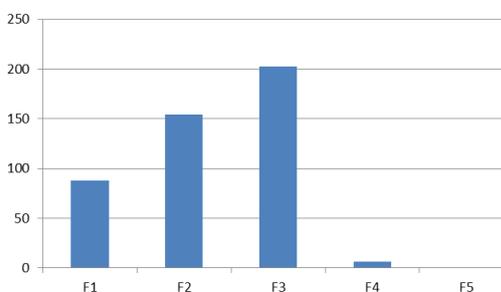
Berdasarkan gambar 3 dapat diketahui bahwa fraksi enzim yang memiliki aktivitas spesifik tertinggi ialah pada F2 (20–40%) sebesar 180 U/mg protein. Hasil tersebut menunjukkan bahwa enzim selulase pada F2 (20–40%) memiliki kemurnian tertinggi dibanding fraksi-fraksi yang lain. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa protein pada F2 (20–40%) sebagian besar merupakan enzim selulase. Pada F5 memiliki Protein total sebesar 0,257 mg/mL, tetapi tidak menunjukkan adanya aktivitas enzim selulase. Hal ini dikarenakan komponen yang ada bukan merupakan protein enzim melainkan protein non enzim. Dimana protein non enzim dapat berasal dari komponen yang ada dalam media yang berasal dari batang Pisang . Protein kasar pada batang pisang kira-kira sebesar 4,81%.

Aktivitas Xilanase

Xilanase adalah enzim yang menghidrolisis ikatan β 1,4 glikosidik pada xilan menjadi xilosa [1]. Endo 1,4 β xilanase menghidrolisis xilan menjadi xilooligosakarida dan xilosa. Xilooligosakarida dihidrolisis lebih lanjut oleh β -xilosidase menjadi xilosa. Uji aktivitas xilanase bertujuan untuk menunjukan peran xilanase dalam mendegradasi xilanase. Prinsip penentuan aktivitas xilanase hidrolisis xilan menjadi xilosa, sehingga jumlah xilosa menunjukkan besarnya aktivitas xilanase [12].

Xilosa yang terbentuk dari rekasi enzimatik antara xilanase dengan ikatan xilan menunjukkan bahwa pada kompleks enzim lignoselulolitik yang diisolasi dari kultur jerami mengandung xilanase. Satu unit aktivitas xilanase didefinisikan sebagai aktivitas enzim xilanase yang dapat membentuk 1 mg/mL xilosa pada kondisi optimum . Jumlah xilosa yang terbentuk menunjukkan besar aktivitas xilanase, dan banyaknya xilosa yang dapat dihitung dengan menggunakan metode DNS berdasarkan kurva standar xilosa.

Defenisi aktivitas spesifik xilanase adalah unit aktivitas enzim per miligram protein. Nilai aktivitas spesifik ini dapat digunakan sebagai ukuran besarnya kemurnian enzim hasil isolasi [11]. Aktivitas spesifik enzim dipengaruhi oleh besarnya aktivitas enzim dan kadar protein total pada fraksi



Gambar 4. Aktivitas spesifik xilanase masing-masing fraksi

Berdasarkan gambar 4 ditunjukan bahwa aktivitas spesifik tertinggi adalah xilanase pada F3 (40–60%), yaitu sebesar 202 U/mg protein. Hal ini menunjukan bahwa tingkat kemurnian xilanase tertinggi pada F3

(40–60%) dibandingkan fraksi-fraksi lainnya. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa protein F3 (40–60%) sebagian besar merupakan enzim xilanase. Pada F5 memiliki Protein total sebesar 0,257 mg/mL, tetapi tidak menunjukkan adanya aktivitas enzim xilanase. Hal ini dikarenakan komponen yang ada bukan merupakan protein enzim melainkan protein non enzim. Dimana protein non enzim dapat berasal dari komponen yang ada dalam media yang berasal dari batang pisang. Protein kasar pada batang pisang kira-kira sebesar 4,81%.

4. Kesimpulan

Fermentasi pada batang pisang menggunakan konsorsium mikroba starter kompos (S₀) menghasilkan starter turunan (St) yang baik sehingga dapat digunakan secara kontinyu serta gula reduksi yang dihasilkan lebih tinggi. Didapatkan selulase dan xilanase murni parsial dengan amonium sulfat hasil kompleks enzim lignoselulolitik dengan substrat batang pisang. Didapatkan aktivitas spesifik selulase tertinggi pada fraksi 2 sebesar 180 U/mg protein dan untuk xilanase berada pada fraksi 3 sebesar 202 U/mg protein.

5. Daftar Pustaka

- [1] Mehdi Dashtban, Heidi Schraft, Wensheng Qin, Fungal bioconversion of lignocellulosic residues; opportunities & perspectives, *International journal of biological sciences*, 5, 6, (2009) 578
- [2] Andestian Wijaya, Pengembangan Teknologi Papan Komposit Dari Limbah Batang Pisang (*Musa Sp.*): Sifat Fisis Dan Mekanis Papan Pada Berbagai Tingkat Asetilasi, Fakultas Kehutanan, IPB, Bogor
- [3] Mohammad J Taherzadeh, Keikhosro Karimi, Pretreatment of lignocellulosic wastes to improve ethanol and biogas production: a review, *International journal of molecular sciences*, 9, 9, (2008) 1621-1651 <http://dx.doi.org/10.3390/ijms9091621>
- [4] Sabine Peters, Stefanie Koschinsky, Frank Schwieger, Christoph C Tebbe, Succession of microbial communities during hot composting as detected by PCR-single-strand-conformation polymorphism-based genetic profiles of small-subunit rRNA genes, *Applied and environmental microbiology*, 66, 3, (2000) 930-936 <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.66.3.930-936.2000>
- [5] Vasudeo Zambare, Archana Zambare, Kasiviswanath Muthukumarappan, Lew P Christopher, Biochemical characterization of thermophilic lignocellulose degrading enzymes and their potential for biomass bioprocessing, *International Journal of Energy and Environment*, 2, 1, (2011) 99-112
- [6] Cristóbal Noé Aguilar, Antonio Aguilera-Carbo, Armando Robledo, Janeth Ventura, Ruth Belmares, Diego Martinez, Raul Rodríguez-Herrera, Juan Contreras, Production of antioxidant nutraceuticals by solid-state cultures of pomegranate (*Punica granatum*) peel and creosote bush (*Larrea tridentata*) leaves, *Food Technology and Biotechnology*, 46, 2, (2008) 218

- [7] Valerie Kinsella, *Surveys 2. Eight State-of-the-Art Articles on Key Areas in Language Teaching*. Cambridge Language Teaching Surveys, ERIC, 1982.
- [8] Eleanor LV Harris, S Angal, *Protein purification methods*, IRL Press at Oxford University Press, 1989.
- [9] F. G. Winarno, *Kimia Pangan dan Gizi*, Penerbit Gramedia, Jakarta, 1992.
- [10] Gail Lorenz Miller, Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar, *Analytical chemistry*, 31, 3, (1959) 426-428 <http://dx.doi.org/10.1021/ac60147a030>
- [11] Albert L. Lehninger, *Dasar-dasar biokimia*, Erlangga, Jakarta, 2000.
- [12] A. Sunna, G. Antranikian, Xylanolytic Enzymes from Fungi and Bacteria, *Critical Reviews in Biotechnology*, 17, 1, (1997) 39-67 10.3109/07388559709146606