

**UJI KARAKTERISTIK ENZIM ENDO- β -1,4-GLUKANASE, EKSO- β -1,4-
GLUKANASE DAN β -GLUKOSIDASE PADA FUNGI *Aspergillus niger*
DAN KINETIKA ENZIM CAMPURAN**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan
Teknik Kimia Fakultas Teknik**

Oleh:

DEA APRILIYANTIKA KARINTIANA

D 500 130 017

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**UJI KARAKTERISTIK ENZIM ENDO- β -1,4-GLUKANASE, EKSO- β -1,4-
GLUKANASE DAN β -GLUKOSIDASE PADA FUNGI *Aspergillus niger*
DAN KINETIKA ENZIM CAMPURAN**

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

DEA APRILIYANTIKA KARINTIANA

D 500 130 017

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Hamid Abdillah, ST., MT

NIDN. 0608057402

HALAMAN PENGESAHAN

**UJI KARAKTERISTIK ENZIM ENDO- β -1,4-GLUKANASE, EKSO- β -1,4-GLUKANASE DAN β -GLUKOSIDASE PADA FUNGI *Aspergillus niger*
DAN KINETIKA ENZIM CAMPURAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

DEA APRILIYANTIKA KARINTIANA

D 500 130 017

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada hari Selasa, 17 Januari 2017

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

- 1. Hamid Abdillah, ST., MT**
(Ketua Dewan Penguji)
- 2. Dr. Ir. AM Fuadi, MT**
(Anggota I Dewan Penguji)
- 3. Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D**
(Anggota II Dewan Penguji)



(.....)
(.....)
(.....)



Dekan Fakultas Teknik
Ir. H. Sri Sunarsono, M.T., Ph.D
NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta , 21 Juli 2018

Penulis


DEA APRILIYANTIKA KARINTIANA
D500130017

UJI KARAKTERISTIK ENZIM ENDO- β -1,4-GLUKANASE, EKSO- β -1,4-GLUKANASE DAN β -GLUKOSIDASE PADA FUNGI *Aspergillus niger* DAN KINETIKA ENZIM CAMPURAN

Abstrak

Selulase merupakan sekelompok enzim yang memecah selulosa menjadi monomer glukosa yang diperoleh dari enzim endo- β -1,4-glukanase, ekso- β -1,4-glukanase dan β -glukosidase yang diproduksi oleh fungi ataupun yeast. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui karakteristik enzim endo- β -1,4-glukanase, ekso- β -1,4-glukanase dan β -glukosidase yang dihasilkan oleh *Aspergillus niger* L-76 dan *Aspergillus niger* 6114 dengan variasi substrat yaitu CMC, Avicel, dan Arbutin serta uji karakteristik *Aspergillus niger* untuk mendapatkan produktivitas tertingginya yaitu *Aspergillus niger* L-76 yang akan digabungkan dengan yeast yang didapat yaitu *Debaryomyces hansenni*. Strain *Aspergillus niger* L-76 yang memiliki kandungan dalam produksi enzim tertinggi 4 hari yaitu 0,0592 units/ml yang akan dicampur dengan *Debaryomyces hansenni* yaitu 0,2650212 units/ml untuk diuji kinetika reaksi campuran fungi dan yeast dengan perbandingan 1:1,1:2, dan 2:1. Enzim campuran tertinggi yang dihasilkan pada perbandingan 2:1 dengan variasi substrat CMC 0,3; 0,4;0,5;0,6;0,7;0,8;0,9; dan 1 g/L memiliki parameter kinetika enzim Vmax sebesar 0,200080032 g/L dan Km sebesar 1,589636 L/g.

Kata Kunci : Fungi *Aspergillus niger*, Selulase, CMC, Avicel, Arbutin.

Abstract

Cellulase is a group of enzymes that break down cellulose into glucose monomers obtained from endo- β -1,4-glukanase enzymes, ekso- β -1,4-glukanase and β -glucosidase produced by fungi or yeast. The purpose of this research is to know the characteristics of endo- β -1,4-glukanase enzyme, ekso- β -1,4-glukanase and β -glucosidase produced by *Aspergillus niger* L-76 and *Aspergillus niger* 6114 with substrate variation ie CMC, Avicel , and Arbutin and *Aspergillus niger* characteristics test to get the highest productivity of *Aspergillus niger* L-76 which will be combined with yeast obtained by *Debaryomyces hansenni*. *Aspergillus niger* l-76 strain that has content in the highest 4 days enzyme production is 0.0592 units / ml which will be mixed with *Debaryomyces hansenni* is 0.2650212 units / ml to test the reaction kinetics of fungi and yeast mixture with a ratio of 1: 1.1 : 2, and 2: 1. The highest mixed enzyme produced in a 2: 1 ratio with CMC substrate variation of 0.3; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9; and 1 g / L has an enzyme Vmax enzyme parameter of 0.200080032 g / L and Km of 1,589636 L / g.

Keywords : Fungi *Aspergillus niger*, Cellulase, CMC, Avicel, Arbutin.

1. PENDAHULUAN

Limbah pertanian umumnya merupakan sumber selulosa yang murah dan penghasil berbagai jenis produk yang bermanfaat dalam proses industri salah satunya adalah enzim selulase. Produksi enzim selulase dari limbah pertanian secara ekonomi lebih menguntungkan. Sekam padi merupakan limbah pertanian yang ketersediaannya sangat melimpah di Indonesia. Jika dilihat dari segi ekonomisnya tentu lebih murah dan ramah lingkungan. Kandungan sekam padi terdiri dari beberapa komponen utama yaitu 50% selulosa, 25-30% lignin, 15-20% silica, dan kadar air 9,02% (Irvan dkk, 2013).

Selulase adalah sekelompok enzim yang memecah selulosa menjadi monomer glukosa. Enzim selulase dihasilkan oleh mikroorganisme yang diinkubasi dalam substrat yang diperkaya dengan nutrisi pendukung seperti nitrogen dan fosfat. Mikroorganisme berperan sebagai pemecah selulosa yang terdapat dalam substrat. Penggunaan mikroorganisme untuk menghasilkan enzim telah banyak dilakukan, hal ini karena produksi enzim secara tradisional yang diperoleh dari tumbuh-tumbuhan dan hewan memiliki beberapa kelemahan yaitu memerlukan biaya yang tinggi dan produksi enzim yang terbatas (Irmawati, 2011).

Enzim selulase yang berasal dari hasil samping bakteri dan fungi (jamur) dibedakan dalam tiga kelas yaitu endo- β -1,4-glukonase, ekso- β -1,4-glukonase dan β -glukosidase, dimana endo- β -1,4-glukonase menjadi enzim yang paling efisien. Salah satu mikroorganisme utama yang dapat memproduksi selulase adalah jamur. Jamur berfilamen seperti *Trichoderma* dan *Aspergillus* adalah penghasil enzim selulase dan *crude enzyme* secara komersial (Javed, Khan, & Siddiq, 2005).

Fermentasi adalah proses baik secara aerob maupun anaerob yang menghasilkan berbagai produk yang melibatkan aktivitas mikroba terkontrol. Fermentasi yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem fermentasi padat dengan menggunakan sekam padi. Manfaat sistem fermentasi padat adalah murah dari segi biaya serta substratnya mudah didapat, diantaranya produk pertanian dan industri makanan. Sistem fermentasi padat cocok untuk pengembangan fungi dan tidak cocok untuk kultur bakteri karena membutuhkan air yang lebih banyak (Tanyildizi, *et.al.*, 2007).

2. METODE

Enzim selulase dibedakan dalam tiga kelas yaitu endo- β -1,4-glukonase, ekso- β -1,4-glukonase dan β -glukosidase. Untuk endo- β -1,4-glukonase menggunakan substrat CMC, ekso- β -1,4-glukonase dengan substrat avicel, dan β -glukosidase dengan substrat arbutin. Pada fermentasi padat untuk *Aspergillus niger* menggunakan sekam padi.

Alat yang digunakan pada pengujian fungi antara lain cawan petri, Erlenmeyer, gelas beker, gelas ukur, hot plate, incubator, kaca arloji, karet hisap, penangas air, pengaduk kaca, pH meter, pipet tetes, pipet ukur, pipet volume, spektrofotometer, tabung reaksi, kawat ose, thermometer.

Sedangkan bahan yang digunakan dalam pengujian fungi antara lain agar, alkohol 70%, aquadest, arbutin, asam asetat, avicel, CaCl_2 , CMC, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, congo red, DNS, FeSO_4 , fungi *Aspergillus niger*, glukosa, HCl, KNa tartrat, KH_2PO_4 , media PDA, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, NaCl, NaOH, natrium sitrat, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, sodium sulfit, urea, yeast extract, $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

2.1 Prosedur penelitian

2.1.1 Persiapan Bahan Baku

Tahap awal dalam percobaan ini yaitu melakukan pembenihan fungi *Aspergillus niger* yang sudah disediakan dengan menggunakan media PDA. Kemudian diremajakan dengan mengambil biakan fungi tersebut dengan kawat ose didalam cawan petri secara zig-zag. Setelah itu diinokulasi pada suhu $\pm 30^\circ\text{C}$ selama 4 hari. Dan mempersiapkan cellobiose blank untuk pengujian selanjutnya.

2.1.2 Uji warna Congo Red

Fungi yang sudah diremajakan, kemudian didiamkan dalam waktu yang singkat. Ambil agar yang berisi fungi tersebut dengan dipotong ± 1 cm lalu dipindahkan diatas cawan petri yang berisi agar yang sudah dicampur dengan substrat CMC, avicel, dan arbutin, kemudian disimpan selama 2 hari, 3 hari, dan 4 hari dalam inkubator.

Sampel yang sudah disimpan, diambil dan di uji warna dengan congo red 2% dengan direndam agar tersebut dengan congo red selama 10 menit, setelah itu dibilas dengan menggunakan NaCl selama 5 menit. Penampakan agar yang sudah diwarnai diamati dan diukur diameter yang berwarna orange atau bening.

2.1.3 Fermentasi

Pretreatment substrat sekam padi yaitu sekam padi dihancurkan dan discreening dengan ukuran 40 mesh, lalu diproses awal dengan NaOH 2% selama 2 jam. Lalu sekam padi dibilas dengan air untuk dan dinetralkan dengan HCl encer hingga pH netral. Sekam padi dikeringkan didalam oven pada temperature 60°C.

Sekam padi diatur supaya mempunyai kadar air 75%, direndam dengan nutrisi mendels yaitu dengan nutrisi komposisi makro $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 1,4 g; KH_2PO_4 2 g; CaCl_2 0,3 g/ml; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,3 g/ml; Urea 0,8 g/ml dan komposisi mikro FeSO_4 2,5 g; $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0,98 g; $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 1,76 g; $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 1,83 g yang dilarutkan dalam 495 ml aquadest dan 5 mL HCl pekat sebanyak 1 mL. Ambil strain fungi *Aspergillus niger* pada PDA seluas 1 cm dan masukkan kedalam Erlenmeyer yang berisikan sekam padi dan nutrisi. Kemudian di inkubasi pada pH 5,5 temperatur 35°C selama 4 hari dan 5 hari.

2.1.4 Uji Kandungan

Terdapat 3 uji kandungan dengan berbagai substrat yaitu CMC, Avicel, dan Arbutin dengan cara yang sama yaitu membuat larutan substrat dengan 2% CMC, 2% Avicel, dan 15Mm Arbutin yang dilarutkan dalam larutan buffer 0,05M dengan pH 4,8. Lalu membuat larutan 0,05M buffer sitrat pH 4,8 dan membuat larutan DNS berupa DNS 1g; Kna tatarat 18,2g; NaOH 1g; Na_2SO_3 1g dalam 100ml aquadest untuk persiapan dalam pengujian.

Untuk mengukur standar glukosa terlebih dahulu membuat larutan standar glukosa dan untuk membuat sampel enzim yaitu enzim hasil fermentasi diambil 1ml dalam tabung reaksi. Lalu tambahkan 1ml larutan substrat dan diinkubasi pada 50°C selama 30 menit. Setelah diinkubasi, tambahkan 3ml larutan DNS. Panaskan dalam air mendidih 5 selama menit lalu dinginkan .Ukur pada 540nm dengan spektrofotometer.

Untuk membuat 3ml larutan DNS, panaskan dalam air mendidih 5 menit lalu dinginkan. Ukur pada 540nm dengan spektrofotometer. Membuat enzyme blank dengan 1ml sitrat buffer dan 1ml enzim dimasukkan dalam tabung reaksi dan diinkubasi pada 50°C selama 30 menit. Tambahkan 3ml larutan DNS dan panaskan dalam air mendidih 5 menit lalu dinginkan. Ukur pada 540nm dengan spektrofotometer.

Dalam pembuatan produksi enzim jumlah besar caranya sama dengan uji kandungan akan tetapi menggunakan takaran 1 liter. Setelah mendapatkan uji produksi tertinggi, dilakukan uji gabungan fungi dengan produksi tertinggi dengan yeast produksi tertinggi yaitu *Aspergillus niger* L-76 dengan yeast *Debaryomyces hansenni*.

2.1.5 Uji Kinetika gabungan fungi *Aspergillus niger* L-76 dengan yeast *Debaryomyces hansenni*.

Aspergillus niger L-76 di gabung dengan yeast *Debaryomyces hansenni* diambil dengan perbandingan yeast: fungi 1:1, 1:2, 2:1. Uji kinetika reaksi enzim gabungan menggunakan substrat CMC dengan variasi konsentrasi 0,1g; 0,2g; 0,3g; 0,4g; 0,5g; 0,6g; 0,7g; 0,8g; 0,9g; 1g.

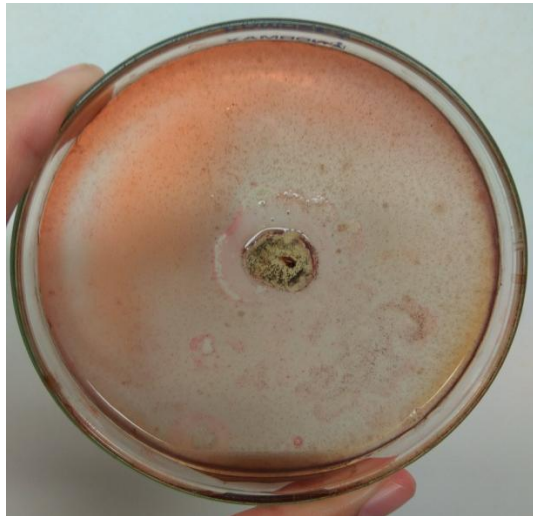
3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pengujian enzim endo- β -1,4-glukanase, ekso- β -1,4-glukanase, dan β -glukosidase pada *Aspergillus niger* yaitu uji warna dengan congo red, uji kandungan enzim terhadap *Aspergillus niger* dan produktivitas tertinggi yang dihasilkan *Aspergillus niger*, dan uji gabungan fungi *Aspergillus niger* dengan yeast *Debaryomyces hansenni* untuk mendapatkan hasil glukosa tertinggi

3.1 Pengaruh Uji Warna Congo Red Terhadap Waktu Lamanya Inkubasi.

Tahap awal untuk melakukan uji warna congo red yaitu menyiapkan 2 strain fungi *Aspergillus niger* yaitu *A. niger* L-76 dan *A. niger* 6114. Congo red merupakan indikator pada rentang pH 3 – 5,2. Pada pewarnaan sampel yang menggunakan congo red akan bereaksi cepat dengan agar substrat sehingga dihasilkan warna oranye yang dapat membedakan diameter dalam dari fungi dan diameter luar dari enzim tersebut.

Pembilasan warna congo red dengan menggunakan NaCl agar congo red tidak terikat oleh selulosa, sehingga dihasilkan diameter yang ada dalam agar substrat.

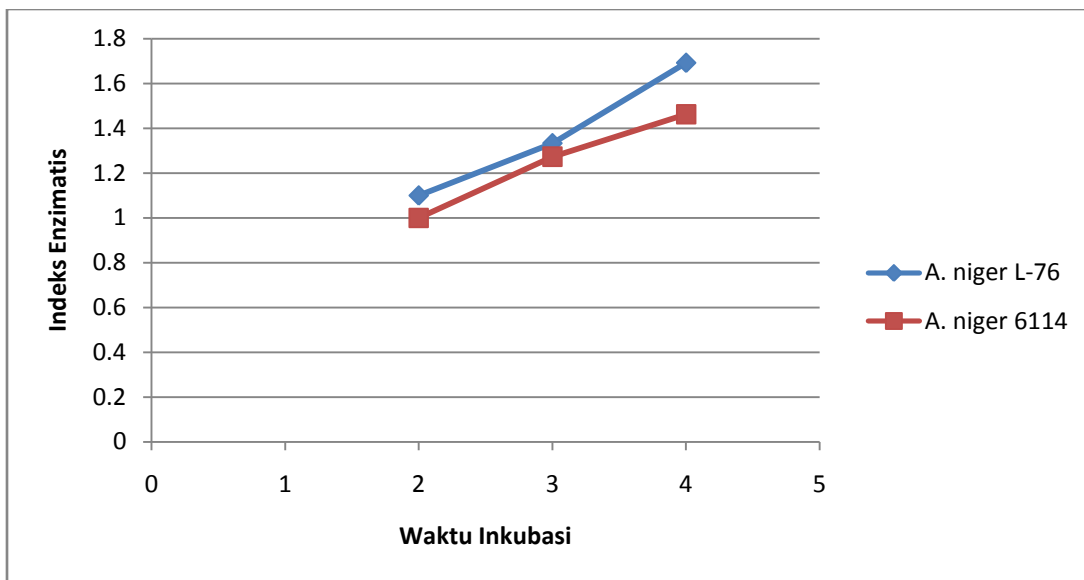


Gambar 1. Hasil pewarnaan congo red pada *A. niger* L-76.

Dari hasil uji pewarnaan congo red untuk menghasilkan kandungan enzim didapatkan grafik hasil dengan indeks enzimatis.

Tabel 1. Indeks enzimatis 2 strain fungi *Aspergillus niger* dengan substrat CMC.

Strain	Diameter koloni fungi, D_k (cm)			Diameter koloni fungi, D_p (cm)			Indeks enzimatis (IE) = D_p/D_k		
	2 hari	3 hari	4 hari	2 hari	3 hari	4 hari	2 hari	3 hari	4 hari
<i>Aspergillus niger</i> L-76	1	1,2	1,3	1,1	1,6	2,2	1,1	1,333333	1,692308
<i>Aspergillus niger</i> 6114	1	1,1	1,3	1	1,4	1,9	1	1,272727	1,461538

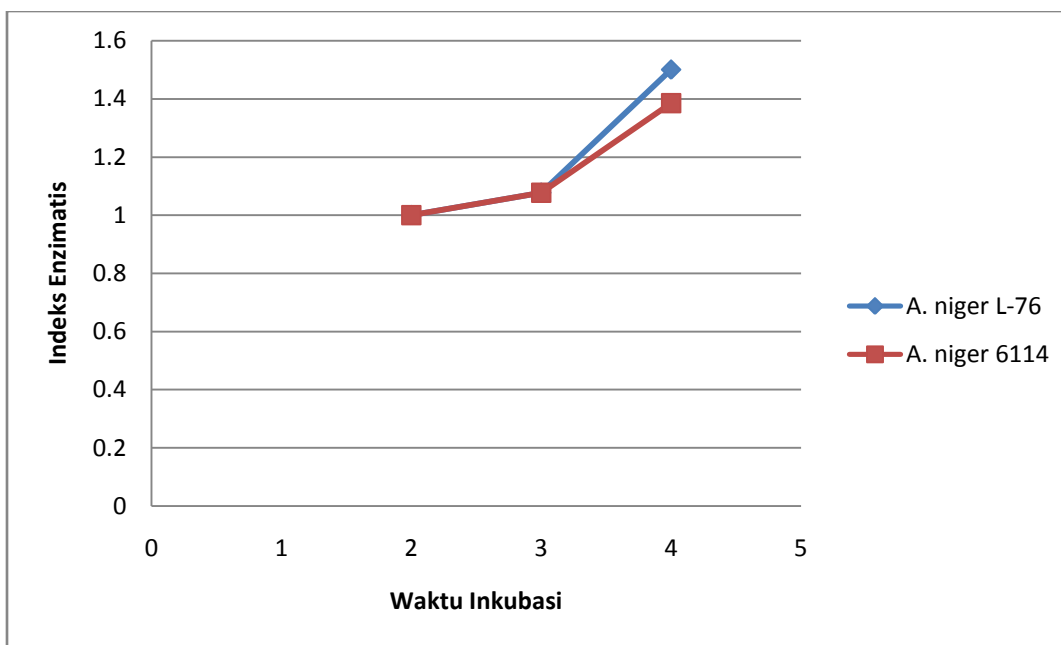


Gambar 2. Grafik hubungan antara waktu inkubasi dengan indeks enzimatis pada uji warna congo red dengan substrat CMC.

Dari gambar 2 dapat dilihat hubungan antara waktu inkubasi dengan indeks enzimatis terhadap *Aspergillus niger* L-76 dan *Aspergillus niger* 6114, semakin lama waktu inkubasi yang dilakukan maka semakin tinggi nilai indeks enzimatis yang dihasilkan. Untuk substrat CMC indeks enzimatis yang dihasilkan selama 2 hari untuk *Aspergillus niger* L-76 yaitu 1,1; selama 3 hari yaitu 1,333333; selama 4 hari yaitu 1,692308. Sedangkan *Aspergillus niger* 6114 selama 2 hari yaitu 1; 3 hari yaitu 1,272727; 4 hari yaitu 1,461538.

Tabel 2. Indeks enzimatis 2 strain fungi *Aspergillus niger* dengan substrat Avicel.

Strain	Diameter koloni fungi, D_k (cm)			Diameter koloni fungi, D_p (cm)			Indeks enzimatis (IE) = D_p/D_k		
	2 hari	3 hari	4 hari	2 hari	3 hari	4 hari	2 hari	3 hari	4 hari
<i>Aspergillus niger</i> L-76	1	1,3	1	1	1,4	1,5	1	1.076923	1,5
<i>Aspergillus niger</i> 6114	1	1,3	1,3	1	1,4	1,8	1	1.076923	1,384615

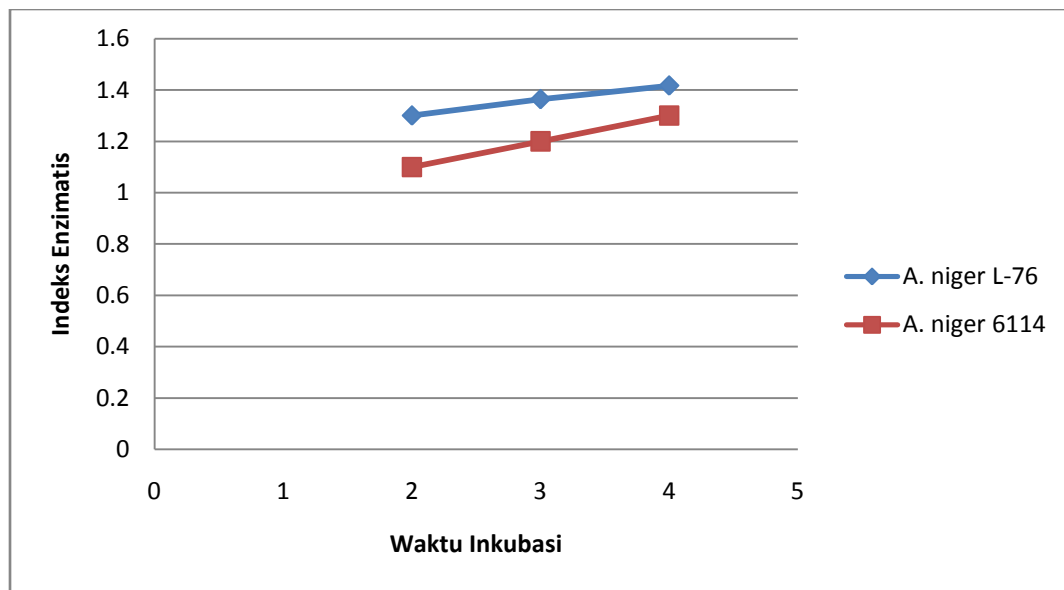


Gambar 3. Grafik hubungan antara waktu inkubasi dengan indeks enzimatis pada uji warna congo red dengan substrat Avicel.

Dari gambar 3, sama halnya dengan gambar 2. Hubungan antara waktu inkubasi dengan indeks enzimatis terhadap *Aspergillus niger* L-76 dan *Aspergillus niger* 6114, semakin lama waktu inkubasi yang dilakukan maka semakin tinggi nilai indeks enzimatis yang dihasilkan. Untuk substrat avicel, indeks enzimatis yang dihasilkan *Aspergillus niger* L-76 selama 2 hari yaitu 1; 3 hari yaitu 1,076923; 4 hari yaitu 1,5. Sedangkan *Aspergillus niger* 6114 selama 2 hari yaitu 1; 3 hari yaitu 1,076923; 4 hari 1,384615.

Tabel 3. Indeks enzimatis 2 strain fungi *Aspergillus niger* dengan substrat Arbutin.

Strain	Diameter koloni fungi, D _k (cm)			Diameter koloni fungi, D _p (cm)			Indeks enzimatis (IE) = D _p / D _k		
	2 hari	3 hari	4 hari	2 hari	3 hari	4 hari	2 hari	3 hari	4 hari
<i>Aspergillus niger</i> L-76	1	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	1,1	1,363636	1,416667
<i>Aspergillus niger</i> 6114	1	1	1	1,1	1,2	1,3	1,1	1,2	1,3



Gambar 4. Grafik hubungan antara waktu inkubasi dengan indeks enzimatis pada uji warna congo red dengan substrat Arbutin.

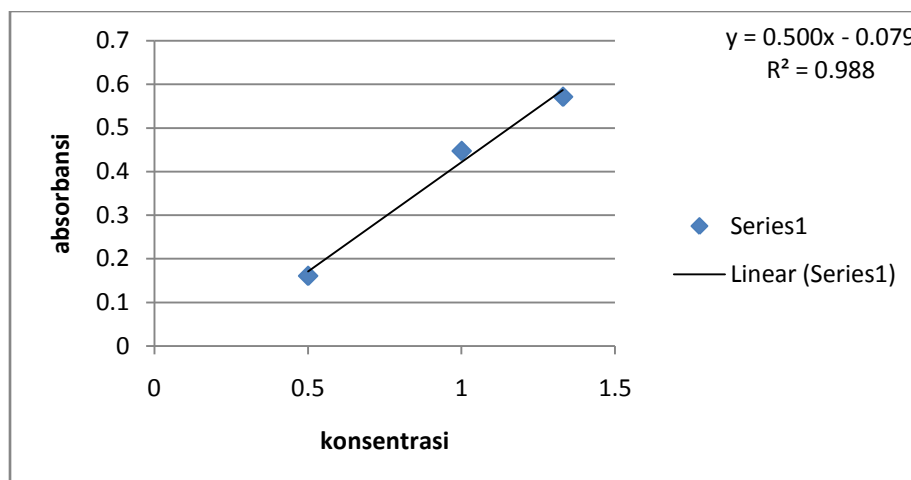
Dari gambar 4, sama pula dengan gambar 2 dan gambar 3. Untuk substrat arbutin, didapatkan indeks enzimatis terhadap *Aspergillus niger* L-76 selama 2 hari yaitu 1,3; 3 hari yaitu 1,363636; 4 hari yaitu 1,416667. Sedangkan *Aspergillus niger* 6114 selama 2 hari yaitu 1,1; 3 hari yaitu 1,2; 4 hari yaitu 1,3.

3.2 Kurva Standar Glukosa

Analisis kandungan enzim selulase dilakukan dengan metode DNS. Analisis metode DNS merupakan analisis untuk menentukan kadar gula reduksi yang dihasilkan dari aktivitas enzim. Kadar gula reduksi ditentukan dengan membuat kurva standar glukosa untuk mengetahui konsentrasi larutan dengan nilai absorbansinya. Kurva standar menggunakan larutan glukosa dipilih karena glukosa termasuk gula reduksi yang dihasilkan dari hidrolisis selulosa oleh enzim selulase.

Tabel 4. Larutan Standar Glukosa.

Sampel	Absorbansi 540nm
Standar 1:1,5	0,571
Standar 1:2	0,447
Standar 1:4	0,161



Gambar 5. Grafik kurva standar glukosa.

Untuk menghitung nilai aktivitas enzim yang terdapat pada sampel dan untuk menghitung nilai konsentrasi enzim, didapatkan grafik diatas dengan persamaan $y = 0,500x - 0,079$.

3.3 Pengaruh Uji Kandungan Enzim endo- β -1,4-glukanase, ekso- β -1,4-glukanase, dan β -glukosidase terhadap Waktu Lamanya Inkubasi.

Pada penelitian ini produksi enzim dari jamur *Aspergillus niger* dilakukan dengan fermentasi pada media cair karena media cair memiliki beberapa kelebihan antara lain jenis dan konsentrasi komponene dapat diatur dan kondisi yang optimum untuk pertumbuhan dapat dikontrol. Sumber nutrisi yang diperlukan oleh jamur terdiri dari unsure C, N dan mineral dengan perbandingan tertentu. Pada fermentasi ini dilakukan selama 4 hari dan 5 hari serta produktivitas tertinggi selama 4 hari dengan fermentasi padat menggunakan sekam padi. Dalam uji kandungan menggunakan metode DNS dan diukur absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer 540 nm.

Tabel 5. Hasil perhitungan uji kandungan pada substrat.

Uji Kandungan	Aktivitas (units/ml)								
	CMC			Avicel			Arbutin		
	4 hari	5 hari	Produksi 4 hari	4 hari	5 hari	Produksi 4 hari	4 hari	5 hari	Produksi 4 hari
Enzim sampel L-76	0,02886	0,0074	0,0592	0,01025	0,00562	0,0231476	0,0085192	0,0031484	0,0088896

Enzim sampel 6114	0,016 28	0,002 22	0,0421 8	0,008 6	0,005 29	0,01951 012	0,00648 2	0,00259 28	0,00685 24
-------------------------	-------------	-------------	-------------	------------	-------------	----------------	--------------	---------------	---------------

Dari tabel diatas didapatkan hasil perhitungan kandungan tiap-tiap substrat. Hasil data tertinggi yang dihasilkan pada substrat CMC pada produksi 4 hari CMC yaitu 0,0592 *units/ml* yang diperoleh dari *A. niger* L-76. Hal ini disebabkan karena enzim dari *A. niger* L-76 pada CMC mampu memecah selulosa agar dapat menghasilkan glukosa. Dibanding dengan substrat avicel dan arbutin karena struktur avicel dan arbutin sulit dihidrolisis selulase sehingga nilai konsentrasi yang didapat lebih rendah.

Untuk produksi 4 hari, hasil data tertinggi yang dihasilkan pada substrat CMC yaitu 0.0088896 *units/ml* yang diperoleh *A. niger* L-76. Maka dari itu, untuk melakukan uji penggabungan dengan yeast menggunakan *A. niger* L-76.

4 PENUTUP

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

- 4.2 Nilai indeks tertinggi fungi didapatkan pada *Aspergillus niger* L-76 dengan substrat CMC selama 4 hari sebesar 1,69230
- 4.3 Kadar glukosa tertinggi terjadi pada variasi substrat 50 g, dimana semakin banyak konsentrasi substrat yang digunakan maka semakin tinggi kadar glukosa yang dihasilkan.
- 4.4 Kadar glukosa tertinggi terjadi pada jamur *Aspergillus niger* L-76 daripada 6114 dimana, enzim selulase yang dihasilkan jamur *Aspergillus niger* memiliki kemampuan yang tinggi dalam memecahkan ikatan pada struktur selulosa.
- 4.5 Harga Konstanta *Michaelis Menten* (K_m) pada uji gabungan yaitu sebesar 1,589636 L/g dengan V_{max} 0,200080032 g/L.menit dalam perbandingan 2:1.

DAFTAR PUSTAKA

- Irvan, Trisakti, B., Hasbi., C.N, dan Widiarti, E., 2013. Pengomposan Sekam Padi Menggunakan *Slurry* Dari Fermentasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit, *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(4), 6-7.
- Irmawati. 2011. Optimalisasi Kerja Enzim Selulase dari Jamur *Aspergillus niger* dengan Menggunakan Substrat Ampas Rumput Laut. Jurusan Kimia. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Javed, M. M., Khan, T. S., & Siddiq, Z. (2005). Cotton Saccharifying Activity of Cellulases Produced by Co-culture of *Aspergillus niger* and *Trichoderma viride*, 1(3), 241–245.
- M.S., Tanyildizi, Dursun, Özer & Murat, Elibol. (2007). Production of Bacterial α -amylase by *B. amyloliquefaciens* Under Solid Substrate Fermentation. *Biochemical Engineering Journal*. 37(3), 294-297.