

**PENGARUH SUHU DAN pH TERHADAP AKTIVITAS ENZIM XILANASE  
DARI *Trichoderma viride* YANG DITUMBUHKAN PADA MEDIA TONGKOL  
JAGUNG**

**SKRIPSI**

**Oleh :**

**AFIF CHONITA PURWANTI**

**NIM. 11620005**



**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
2015**

**PENGARUH SUHU DAN pH TERHADAP AKTIVITAS ENZIM XILANASE  
DARI *Trichoderma viride* YANG DITUMBUHKAN PADA MEDIA TONGKOL  
JAGUNG**

**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada:  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Biologi**

**Oleh :  
AFIF CHONI TA PURWANTI  
NIM. 11620005**

**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
2015**

**PENGARUH SUHU DAN pH TERHADAP AKTIVITAS ENZIM XILANASE  
DARI *Trichoderma viride* YANG DITUMBUHKAN PADA MEDIA TONGKOL  
JAGUNG**

**SKRIPSI**

Oleh :

**AFIF CHONITA PURWANTI**

**NIM. 11620005**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji :

Tanggal : 18 November 2015

Dosen Pembimbing I,



Dr. Retno Susilowati, M.Si  
NIP. 19671113 199402 2 001

Dosen Pembimbing II,



Umayyatus Syarifah, M.A  
NIP. 19820925 200901 2 005

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Biologi



Dr. Evika Sandi Savitri, M.P  
NIP. 19741018 200312 2 002

**PENGARUH SUHU DAN pH TERHADAP AKTIVITAS ENZIM XILANASE  
DARI *Trichoderma viride* YANG DITUMBUHKAN PADA MEDIA TONGKOL  
JAGUNG**

**SKRIPSI**

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Tanggal : 18 November 2015**

Penguji Utama:	<u>Ir. Liliek Haranie AR, M.P</u> NIP. 19620901 199803 2 001	
Ketua Penguji:	<u>Dr. Hj Ulfah Utami, M.Si</u> NIP. 19650509 199903 2 002	
Sekretaris Penguji:	<u>Dr. Retno Susilowati, M.Si</u> NIP. 19671113 199402 2 001	
Anggota Penguji:	<u>Umayatus Syarifah, M.A</u> NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Biologi



Dr. Erika Sandi Savitri, M.P  
NIP. 19741018 200312 2 002

## PERTANYAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Afif Chonita Purwanti

NIM : 11620005

Jurusan : Biologi

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul penelitian : Pengaruh Suhu dan pH Terhadap Aktivitas Enzim Xilanase dari  
*Trichoderma viride* yang Ditumbuhkan pada Media Tongkol  
Jagung

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 18 November 2015

Yang membuat pernyataan,



Afif Chonita Purwanti

NIM. 11620005

## MOTTO

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٥﴾ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٦﴾

“ Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan...” ,

“ Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan...”

(QS. Al-Insyirah [94]: 5-6)



## Lembar Persembahan

Segala puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat serta Hidayah-Nya kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang syafaatnya selalu hamba nantikan.

Dengan setulus hati ku persembahkan karya ini kepada:

Kedua orang tuaku Bapak Mohammad Najam dan Ibu Rini Astuti yang telah mencurahkan segala kasih sayangnya, dan dengan kesabaran serta keikhlasannya selalu menasehati, memotivasi, dan mendo'akan agar di berikan kelancaran dalam menuntut ilmu.

Nenekku tersayang Ibu Siti Amonah, Tanteku Dwi Susanti, Adik-adikku Zahraa Izati Arifah, Exy, Silvi, dan keluarga besarku yang selalu memberikan dorongan semangat, serta doanya agar tidak mudah putus asa.

Dosen pembimbing Dr. Retno Susilowati, M.Si dan Umayatus Syarifah M.A yang selalu memberikan saran dan nasehat dalam menyusun skripsi.

Keluarga besar PPDU Al-fadholi, terima kasih untuk dapat menimba ilmu agama selama menempuh studi di Malang.

Mas viga yang senantiasa memberikan semangat, nasehat, serta waktunya selama menuntut ilmu di Malang ini.

Teman-Teman seperjuangan di Laboratorium mikrobiologi yang tersayang Lusi, Arsinta, Ifa, Mument, Atik, Rinda, Risa, Aiz, Tyas, Yanti, Weni, Hasan, Fitri, Yudrik, Vina, Pipit terima kasih untuk semangat dan bantuannya selama ini.

Semua teman-teman biologi angkatan 2011 khususnya yang tercinta Icha, Ihda, Hesty, Ariek, Fira, Kunti, Dyah, Sari, dan yang lainnya yang tidak dapat disebutkan satu-persatu terima kasih atas motivasinya tetaplah berjuang menggapai cita-cita kalian.

Masih banyak orang-orang yang sangat berarti dalam hidup semoga silaturahmi diantara kita tetap terjaga.



## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarokatuh*

Syukur *Alhamdulillah* penulis haturkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “ Pengaruh Suhu dan pH Terhadap Aktivitas Enzim Xilanase dari *Trichoderma viride* yang Ditumbuhkan pada Media Tongkol jagung “ ini. Shalawat serta salam tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabatnya.

Penulis juga haturkan ucapan terima kasih seiring doa dan harapan *Jazakumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si, selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Evika Sandi Savitri, M.P, selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Retno Susilowati, M.Si, selaku Dosen Pembimbing Biologi yang telah sabar memberikan bimbingan dan arahan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.



5. Umayyatus Syarifah, M.A, selaku Dosen Pembimbing Agama yang telah memberikan bimbingan serta pandangan sains dari perspektif Islam sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Segenap sivitas akademika Jurusan Biologi, terutama seluruh Bapak atau Ibu Dosen, terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.
7. Kedua orang tua penulis Bapak Najam dan Ibu Rini serta adik zahraa tercinta yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, serta dorongan semangat menuntut ilmu kepada penulis selama ini.
8. Seluruh teman-teman Biologi angkatan 2011 terima kasih atas kerja sama, motivasi, serta bantuannya selama menempuh studi di Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
9. Semua pihak yang turut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik berupa materil maupun moril.

Semoga Allah SWT memberikan balasan atas bantuan dan pemikirannya.

Sebagai akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca. *Amin Ya Robbal 'Alamiin.*

*Wassalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh*

Malang, 18 November 2015

Penulis

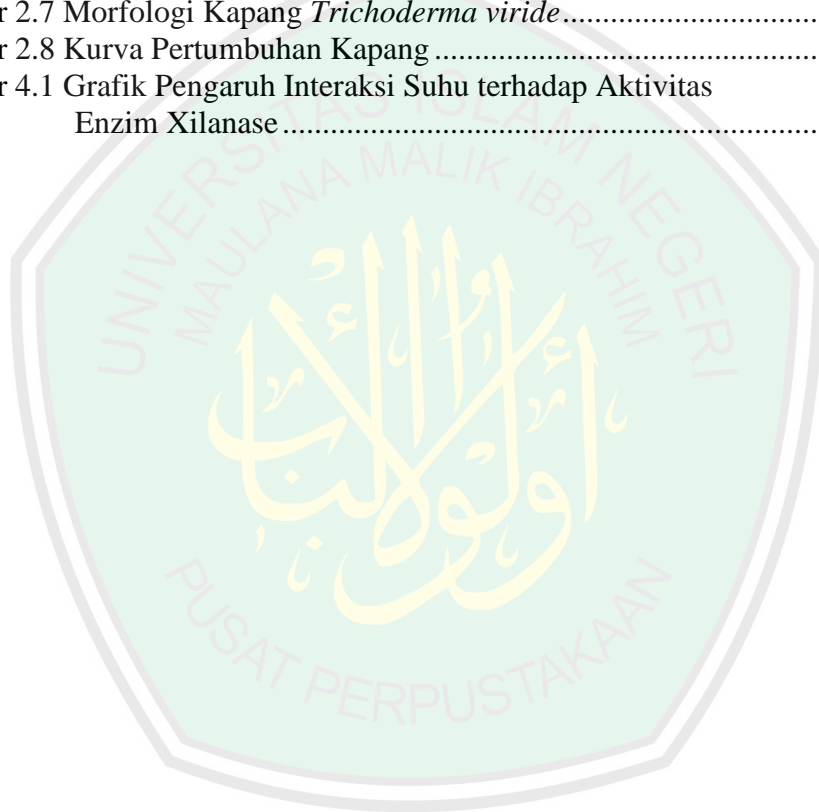
## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>HALAMAN PENGAJUAN</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>ABSTRAK</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
مستخلص البحث .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	8
1.3. Tujuan Penelitian .....	8
1.4. Manfaat Penelitian .....	9
1.5. Batasan Masalah .....	9
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Nutrisi Tongkol Jagung .....	10
2.2. Xilan. ....	13
2.3. Enzim Xilanase .....	16
2.4. Pemanfaatan Enzim Xilanase .....	19
2.5. Mikroorganisme Penghasil Enzim Xilanase .....	23
2.6. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Aktivitas Enzim .....	26
2.7. Pertumbuhan Mikroorganisme .....	31
2.8. Penentuan Aktivitas Enzim Xilanase .....	33
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1. Rancangan Penelitian .....	34
3.2. Waktu dan Tempat .....	35
3.3. Variabel Penelitian .....	35
3.3.1 Variabel Bebas .....	35
3.3.2 Variabel Terikat .....	35
3.4. Alat dan Bahan .....	35

3.4.1 Alat .....	35
3.4.2 Bahan.....	36
3.5. Prosedur Penelitian.....	36
3.5.1 Sterilisasi Alat dan Bahan .....	36
3.5.2 Pembuatan Media PDA .....	36
3.5.3 Pengembangbiakan Kapang <i>Trichoderma viride</i> .....	37
3.5.4 Persiapan Bahan Baku.....	37
3.5.5 Delignifikasi Sampel .....	37
3.5.6 Pembuatan Media Pertumbuhan Kapang .....	38
3.5.7 Pembuatan Kurva Pertumbuhan <i>Trichoderma viride</i> .....	38
3.5.8 Pembuatan Media Inokulum .....	39
3.5.9 Produksi Enzim Xilanase .....	39
3.5.10 Ekstraksi Enzim Xilanase.....	40
3.5.11 Pembuatan Kurva Standar Xilosa dengan Metode DNS.....	40
3.5.12 Uji Aktivitas Xilanase .....	41
3.6. Analisis Data .....	42
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Pengaruh Suhu dan pH terhadap Aktivitas Enzim Xilanase.....	43
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1. Kesimpulan .....	55
5.2. Saran.....	55
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	56
<b>LAMPIRAN</b> .....	62

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jagung dan Tongkol Jagung .....	11
Gambar 2.2 Struktur Xilan.....	14
Gambar 2.3 Alur Proses Perubahan dari D- Xylopyranose Menjadi D-Xylose.....	15
Gambar 2.4 Struktur Xilan Tumbuhan dan Lokasi Pemecahan Xilan oleh Xilanase.....	17
Gambar 2.5 Hidrolisis Xilan Menjadi Xilosa .....	18
Gambar 2.6 Pemecahan Ikatan Xylose-Xylose dalam Rantai Xilan.....	21
Gambar 2.7 Morfologi Kapang <i>Trichoderma viride</i> .....	25
Gambar 2.8 Kurva Pertumbuhan Kapang .....	32
Gambar 4.1 Grafik Pengaruh Interaksi Suhu terhadap Aktivitas Enzim Xilanase .....	45



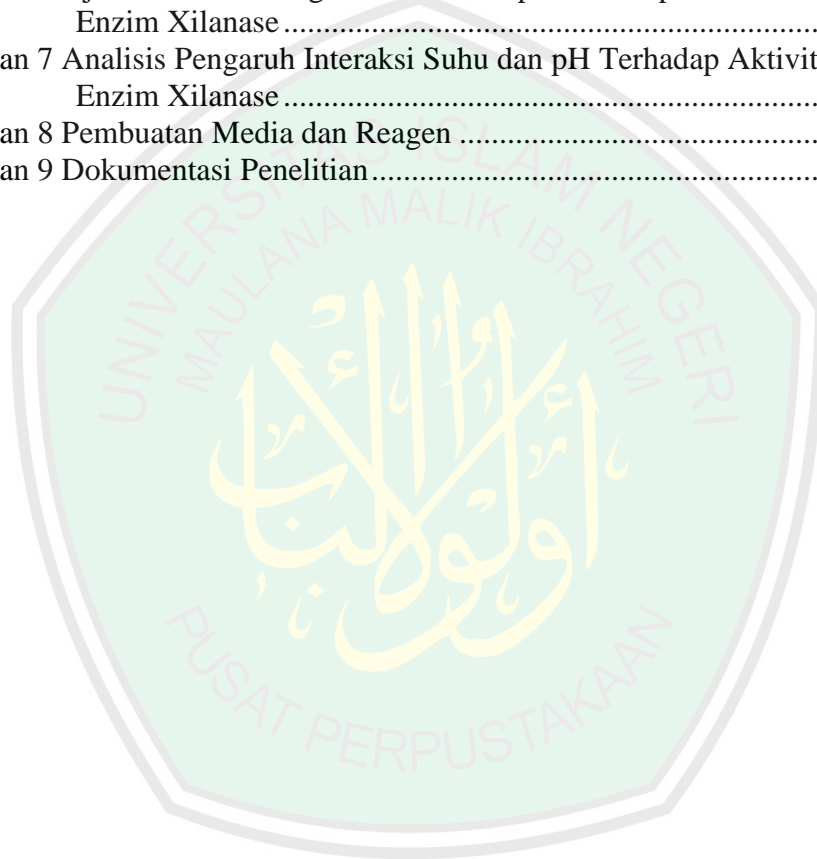
## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kombinasi Perlakuan Suhu dan pH .....	34
Tabel 3.2 Komposisi Media Pertumbuhan Kapang .....	38
Tabel 4.1 Hasil ANOVA Pengaruh Suhu, pH, dan Interaksi Keduanya terhadap Aktivitas Enzim Xilanase .....	43
Tabel 4.2 Uji DMRT Pengaruh Interaksi Suhu dan pH terhadap Aktivitas Enzim Xilanase.....	44



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kurva Pertumbuhan <i>Trichoderma viride</i> Pada Media Tongkol jagung .....	62
Lampiran 2 Data Absorbansi Sampel .....	63
Lampiran 3 Grafik Kurva Standart Xilosa .....	64
Lampiran 4 Data Konsentrasi Xilosa Sampel .....	65
Lampiran 5 Data Aktivitas Enzim Xilanase.....	66
Lampiran 6 Uji Normalitas Pengaruh Suhu dan pH terhadap Aktivitas Enzim Xilanase .....	67
Lampiran 7 Analisis Pengaruh Interaksi Suhu dan pH Terhadap Aktivitas Enzim Xilanase .....	68
Lampiran 8 Pembuatan Media dan Reagen .....	71
Lampiran 9 Dokumentasi Penelitian.....	74



## ABSTRAK

Purwanti, Afif Chonita. 2015. **Pengaruh Suhu dan pH terhadap Aktivitas Enzim Xilanase dari *Trichoderma viride* yang Ditumbuhkan pada Media Tongkol Jagung.** Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing : (I) Dr. Retno Susilowati M.Si. (II) Umayatus Syarifah, M.A

**Kata Kunci :** Suhu, pH, Enzim Xilanase, *Trichoderma viride*

Industri enzim telah berkembang pesat dan menempati posisi penting dalam bidang industri, salah satunya enzim xilanase. Xilanase merupakan enzim ekstraseluler yang mempunyai kemampuan menghidrolisis xilan menjadi xilosa. *Trichoderma viride* mampu menghasilkan enzim endo-1,4- $\beta$ -xilanase yang dapat mendegradasi xilan. Tongkol jagung dapat dimanfaatkan sebagai media produksi enzim xilanase dari *Trichoderma viride*. Untuk memaksimalkan aktivitas enzim xilanase dari *Trichoderma viride* perlu dilakukan optimalisasi dengan mengkombinasikan beberapa variabel yang dapat mempengaruhi aktivitas enzim diantaranya suhu, pH, konsentrasi enzim, konsentrasi substrat, aktivator, dan inhibitor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan pH terhadap aktivitas enzim xilanase dari *Trichoderma viride* yang ditumbuhkan pada media tongkol jagung.

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama dengan variasi suhu 50°C, 60°C, dan 70°C sedangkan faktor kedua dengan variasi pH 4, 5, dan 6. Masing-masing faktor dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan *Analysis Of Variance* (ANOVA). Apabila perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter maka dilanjutkan dengan Uji Duncan Multiple Test (DMRT) pada taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu dan pH berpengaruh terhadap aktivitas enzim xilanase dari *Trichoderma viride* yang ditumbuhkan pada media tongkol jagung. Aktivitas enzim xilanase tertinggi diperoleh dari perlakuan suhu 60°C pada pH 6 dengan nilai aktivitas enzim xilanase sebesar 34,71 U/ml. Sedangkan aktivitas enzim xilanase terendah diperoleh dari perlakuan suhu 70°C pada pH 4 dengan nilai aktivitas enzim xilanase sebesar 7,06 U/ml.



## ABSTRACT

Purwanti, Afif Chonita. 2015. **The Effects of Temperature and pH on Xylanase Enzyme Activity of the *Trichoderma viride* Grown on Corn Cob Media**. Thesis. Department of Biology, Faculty of Science and Technology of the State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor : (I) Dr. Retno Susilowati M.Si. (II) Umaiatus Syarifah, M.A.

**Keywords :** Temperature, pH, Enzyme Xylanase, *Trichoderma viride*

The enzyme industry has been growing rapidly and occupies an important position in the field of industry, one of the xylanase enzyme. Xylanase is an extracellular enzyme that has the ability to hydrolyze xylan into xylose. *Trichoderma viride* able to produce the enzyme endo-1,4- $\beta$ -xylanase can degrade xylan. Corn cobs can be used as a medium for the production of the enzyme xylanase from *Trichoderma viride*. To maximize the activity of the enzyme xylanase from *Trichoderma viride* optimization needs to be done by combining some of the variables that can affect the activity of enzymes such as temperature, pH, enzyme concentration, substrate concentration, activators and inhibitors. The purpose of this research was to examine the effect of temperature and pH on the activity of xylanase enzyme of *Trichoderma viride* grown on corn cob media.

This study uses a completely randomized factorial design with two factors. The first factor with temperature variations 50°C, 60°C, and 70°C the second factor to the variation of pH 4, 5, and 6. The researcher performed 3 times repetition for each factor. The data were analyzed by *Analysis Of Variance* (ANOVA). If treatment significantly affected the parameters than it would be followed by *Duncan's Multiple Test* (DMRT) at 5%.

The results showed that the temperature and pH affect the activity of the enzyme xylanase from *Trichoderma viride* were grown on corn cob media. The highest xylanase activity of the enzyme obtained from 60°C temperature treatment at pH 6 with xylanase enzyme activity of 34,71 U/ml. While the activity of xylanase enzyme obtained from the lowest temperature treatment 70°C at pH 4 with the value of the xylanase enzyme activity of 7,06 U/ml.

## مستخلص البحث

فورة انتي، عفيف جونيتا. 2015. تأثير درجة الحرارة ودرجة الحموضة على نشاط "انزيم خلائاسي" من تريجوردمي فيريدي نمت على وسيلة كوز الذرة، البحث الجامعي، قسم علم الحياة، كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانج. المشرفة الأولى: الدكتور رطنو سوسلوواتي الماجستير، والمشرفة الثانية: عمية الشريفة الماجستير.

الكلمات الأساسية: درجة الحرارة، ودرجة الحموضة، "انزيم خلائاسي" تريجوردمي فيريدي.

ان الإنزيمات الصناعية تنمو بسرعة وموقعا مهما في مجال الصناعة واحد منها هي "انزيم خلائاسي". واما "انزيم خلائاسي" هو انزيم خارج الخلية الذي لديه كفاءة يتحلل "خلان" فضارت "خلوكسا". و ان تريجوردمي فيريدي يحصل انزيم اوندو  $\beta$  1,4 - "خلاناسي" يتحلل خلان. واما كوز الذرة يفيد وسيلة لإنتاج "انزيم خلائاسي" من " تريجوردمي فيريدي. ولتحقق أقصى قدر من النشاط "انزيم خلائاسي" من " تريجوردمي فيريدي نحتاج ان نعمل الأمثالا بمجموعة متغيرات الذين يأترون نشاطا انزيم ومنها درجة الحرارة، درجة الحموضة، تركيز انزيم، تركيز الركيزة، المنشطات والمناخ. واما الأهداف المرجوة في هئا البحث وهي لمعرفة آثارا درجة الحرارة ودرجة الحموضة على نشاط "انزيم خلائاسي" من تريجوردمي فيريدي نمت على وسيلة كوز الذرة. واما التخطيط المستخدم في هذا البحث وهو باستخدام تصميم العشوائية (RAL) بأسلوب عاملان. واما العوامل الأول هو باستخدام درجة الحرارة المتنوعة حوالي  $50^{\circ}\text{C}$ ،  $60^{\circ}\text{C}$  و  $70^{\circ}\text{C}$  و اما العامل الثاني بدرجة الحموضة حوالي 4، 5 و 6. ولكل العوامل تكرر ثلاثة تكرارا. واما البيانات المحسولة باستخدام تحليل ANOVA و اذا هذا الإجراءات الآتي تؤثر على مقدار فتلتحق باختبار دونجان اختبار متعددة على خشبة المشرححوالة 5%. واما النتائج من هذا البحث تدل على ان درجة الحرارة ودرجة الحموضة تؤثر على نشاط انزيم خلائاسي " تريجوردمي فيريدي نمت على وسيلة كوز الذرة. واما النشاط من "انزيم خلائاسي" الأعلى الذي يحصل من الإجراء درجة الحرارة حوالي  $60^{\circ}\text{C}$  في درجة الحموضة حوالي 6 بقيمة من نشاط انزيم خلائاسي " حوالي 34,71 U/ml . واما النشاط من "انزيم خلائاسي" الأدنى الذي يحصل من الإجراء درجة الحرارة حوالي  $70^{\circ}\text{C}$  في درجة الحموضة حوالي 4 بقيمة من نشاط انزيم خلائاسي " حوالي 7,06 U/ml.

## ABSTRAK

Purwanti, Afif Chonita. 2015. **Pengaruh Suhu dan pH Terhadap Aktivitas Enzim Xilanase dari *Trichoderma viride* yang Ditumbuhkan pada Media Tongkol Jagung**. Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing : (I) Dr. Retno Susilowati M.Si. (II) Umayyatus Syarifah, M.A

**Kata Kunci** : Suhu, pH, Enzim Xilanase, *Trichoderma viride*

Industri enzim telah berkembang pesat dan menempati posisi penting dalam bidang industri, salah satunya enzim xilanase. Xilanase merupakan enzim ekstraseluler yang mempunyai kemampuan menghidrolisis xilan menjadi xilosa. *Trichoderma viride* mampu menghasilkan enzim endo-1,4- $\beta$ -xilanase yang dapat mendegradasi xilan. Tongkol jagung dapat dimanfaatkan sebagai media produksi enzim xilanase dari *Trichoderma viride*. Untuk memaksimalkan aktivitas enzim xilanase dari *Trichoderma viride* perlu dilakukan optimalisasi dengan mengkombinasikan beberapa variabel yang dapat mempengaruhi aktivitas enzim diantaranya suhu, pH, konsentrasi enzim, konsentrasi substrat, aktivator, dan inhibitor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu dan pH terhadap aktivitas enzim xilanase dari *Trichoderma viride* yang ditumbuhkan pada media tongkol jagung.

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama dengan variasi suhu 50°C, 60°C, dan 70°C sedangkan faktor kedua dengan variasi pH 4, 5, dan 6. Masing-masing faktor dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan *Analysis Of Variance* (ANOVA). Apabila perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter maka dilanjutkan dengan Uji Duncan Multiple Test (DMRT) pada taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu dan pH berpengaruh terhadap aktivitas enzim xilanase dari *Trichoderma viride* yang ditumbuhkan pada media tongkol jagung. Aktivitas enzim xilanase tertinggi diperoleh dari perlakuan suhu 60°C pada pH 6 dengan nilai aktivitas enzim xilanase sebesar 34,71 U/ml. Sedangkan aktivitas enzim xilanase terendah diperoleh dari perlakuan suhu 70°C pada pH 4 dengan nilai aktivitas enzim xilanase sebesar 7,06 U/ml.

## ABSTRACT

Purwanti, Afif Chonita. 2015. **The Effects of Temperature and pH on Xylanase Enzyme Activity of the *Trichoderma viride* Grown on Corn Cob Media**. Thesis. Department of Biology, Faculty of Science and Technology of the State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor : (I) Dr. Retno Susilowati M.Si. (II) Umaiatus Syarifah, M.A.

**Keywords :** Temperature, pH, Enzyme Xylanase, *Trichoderma viride*

The enzyme industry has been growing rapidly and occupies an important position in the field of industry, one of the xylanase enzyme. Xylanase is an extracellular enzyme that has the ability to hydrolyze xylan into xylose. *Trichoderma viride* able to produce the enzyme endo-1,4- $\beta$ -xylanase can degrade xylan. Corn cobs can be used as a medium for the production of the enzyme xylanase from *Trichoderma viride*. To maximize the activity of the enzyme xylanase from *Trichoderma viride* optimization needs to be done by combining some of the variables that can affect the activity of enzymes such as temperature, pH, enzyme concentration, substrate concentration, activators and inhibitors. The purpose of this research was to examine the effect of temperature and pH on the activity of xylanase enzyme of *Trichoderma viride* grown on corn cob media.

This study uses a completely randomized factorial design with two factors. The first factor with temperature variations 50°C, 60°C, and 70°C the second factor to the variation of pH 4, 5, and 6. The researcher performed 3 times repetition for each factor. The data were analyzed by *Analysis Of Variance* (ANOVA). If treatment significantly affected the parameters than it would be followed by *Duncan's Multiple Test* (DMRT) at 5%.

The results showed that the temperature and pH affect the activity of the enzyme xylanase from *Trichoderma viride* were grown on corn cob media. The highest xylanase activity of the enzyme obtained from 60°C temperature treatment at pH 6 with xylanase enzyme activity of 34,71 U/ml. While the activity of xylanase enzyme obtained from the lowest temperature treatment 70°C at pH 4 with the value of the xylanase enzyme activity of 7,06 U/ml.

## مستخلص البحث

فورة انتي، عفيف جونيتا. ٢٠١٥. تأثير درجة الحرارة ودرجة الحموضة على نشاط "انزيم خلائاسي" من تريجوردمي فيريدي نمت على وسيلة كوز الذرة، البحث الجامعي، قسم علم الحياة، كلية العلوم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانج. المشرفة الأولى: الدكتور رطنو سوسلوواتي الماجستير، والمشرفة الثانية: عمية الشريفة الماجستير.

الكلمات الأساسية: درجة الحرارة، ودرجة الحموضة، "انزيم خلائاسي" تريجوردمي فيريدي.

ان الإنزيمات الصناعية تنمو بسرعة وموقعا مهما في مجال الصناعة واحد منها هي "انزيم خلائاسي". واما "انزيم خلائاسي" هو انزيم خارج الخلية الذي لديه كفاءة يتحلل "خلان" فصارت "خلوكسا". و ان تريجوردمي فيريدي يحصل انزيم اوندو  $\beta$  1,4 - "خلاناسي" يتحلل خلان. واما كوز الذرة يفيد وسيلة لإنتاج "انزيم خلائاسي" من " تريجوردمي فيريدي. ولتحقق أقصى قدر من النشاط "انزيم خلائاسي" من " تريجوردمي فيريدي نحتاج ان نعمل الأمثالا بمجموعة متغرات الذين يأترون نشاطا انزيم ومنها درجة الحرارة، درجة الحموضة، تركيز انزيم، تركيز الركيزة، المنشطات والمناخ. واما الأهداف المرجوة في هثا البحث وهي لمعرفة آثارا درجة الحرارة ودرجة الحموضة على نشاط "انزيم خلائاسي" من تريجوردمي فيريدي نمت على وسيلة كوز الذرة.

واما التخطيط المستخدم في هذا البحث وهو باستخدام تصميم العشوائية (RAL) بأسلوب عاملان. واما الوامل الأول هو باستخدام درجة الحرارة المتنوعة حوالي  $50^{\circ}\text{C}$ ،  $60^{\circ}\text{C}$  و  $70^{\circ}\text{C}$  و اما العامل الثاني بدرجة الحموضة حوالي ٤، ٥ و ٦. ولكل العوامل تكرر ثلاثة تكرارا. واما البيانات المحسولة باستخدام تحليل ANOVA واذا هذا الإجراءات الآتي تؤثر على مقدار فتلتحق بإختبار دونجان اختبار متعددة على خشبة المشرححوالة ٥%. واما النتائج من هذا البحث تدل على ان درجة الحرارة ودرجة الحموضة تؤثر على نشاط انزيم خلائاسي " تريجوردمي فيريدي نمت على وسيلة كوز الذرة. واما النشاط من "انزيم خلائاسي" الأعلى الذي يحصل من الإجراء درجة الحرارة حوالي  $60^{\circ}\text{C}$  في درجة الحموضة حوالي ٦ بقيمة من نشاط انزيم خلائاسي " حوالي  $34,71 \text{ U/ml}$ . واما النشاط من "انزيم خلائاسي" الأدنى الذي يحصل من الإجراء درجة الحرارة حوالي  $70^{\circ}\text{C}$  في درجة الحموضة حوالي ٤ بقيمة من نشاط انزيم خلائاسي " حوالي  $7,06 \text{ U/ml}$ .

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Industri enzim telah berkembang pesat dan menempati posisi penting dalam bidang industri. Beberapa pengamatan yang telah dilakukan membuktikan bahwa penggunaan enzim semakin meningkat dari tahun ke tahun mencapai 10-15% (Mufarrikha dkk, 2014). Kesadaran masyarakat terhadap masalah lingkungan yang semakin tinggi serta adanya tekanan dari para ahli dan pecinta lingkungan menjadikan teknologi enzim sebagai salah satu alternatif untuk menggantikan berbagai proses kimiawi yang tidak ramah lingkungan dalam bidang industri. Enzim merupakan katalisator pilihan yang diharapkan dapat mengurangi dampak pencemaran dan pemborosan energi karena reaksinya tidak membutuhkan energi tinggi, bersifat spesifik, dan tidak beracun (Yuneta dan Putra, 2010).

Penggunaan enzim dalam bioteknologi modern semakin berkembang dengan cepat. Banyak industri-industri yang telah memanfaatkan kerja enzim, meliputi industri pangan dan non pangan (Yuneta dan Putra, 2010). Salah satu jenis enzim yang memiliki nilai komersial tinggi dalam bidang industri adalah enzim xilanase (Wahyudi dkk, 2010). Enzim xilanase diperlukan oleh beberapa industri antara lain industri pangan, pakan ternak, pemutih bubuk kertas atau pulp, dan biokonversi lignoselulosa untuk bahan bakar (Kim *et al.*, 2000; Rifaat *et al.*, 2005 dalam Susilowati dkk, 2012).



Xilanase merupakan enzim ekstraseluler yang mempunyai kemampuan menghidrolisis xilan (hemiselulosa) menjadi xilosa (Susilowati dkk, 2012). Xilanase dapat dihasilkan oleh sejumlah mikroorganisme melalui proses fermentasi. Jenis mikroorganisme yang sudah umum menghasilkan xilanase ialah golongan kapang dan bakteri. Meskipun enzim yang dihasilkan oleh golongan bakteri memiliki ketahanan pada temperatur yang lebih tinggi dibanding kapang, namun aktivitas xilanase dari golongan kapang jauh lebih tinggi dari bakteri (Budiman dan Setyawan, 2010). Menurut Nurnawati dkk (2014) produksi xilanase pada kapang lebih tinggi dibandingkan bakteri yaitu 4-400 U/ml dengan menggunakan berbagai substrat.

Kapang penghasil xilanase diantaranya *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp., *Aureobasidium* sp., *Bipolaris sorokinana*, *Cryptococcus flavus*., *Fusarium oxysporum*, *Gloeophyllum trabeum*, *Humicola grisea*, *Myrothecium verrucaria*, *Neurospora crassa*, dan *Penicillium* sp. (Richana, 2002). Kapang yang banyak dipublikasikan sebagai penghasil xilanase berasal dari golongan *Aspergillus* dan *Trichoderma* (Trismilah dan Waltam, 2009).

*Trichoderma viride* merupakan salah satu jenis kapang yang paling banyak ditemukan diantara jenisnya dan dapat digunakan dalam proses produksi xilanase (Windari dkk, 2014). Kelebihan *Trichoderma viride* dibandingkan dengan jenis kapang lainnya, yaitu dapat tumbuh cepat di berbagai substrat, mampu berkembang biak pada kondisi pH asam (3,5-6,5) (Sulistyaningtyas, 2013), dan dapat tumbuh maksimum pada temperatur 50°-60°C (Laziba dkk, 2013). Galur *Trichoderma* bukan hanya penghasil terbaik dari enzim selulase, tetapi penghasil enzim hemiselulosa



yang efisien dan juga diketahui menghasilkan semua enzim xilanolitik (Wahyudi dkk, 2010). Menurut Arnata (2009) *Trichoderma viride* selain mampu memproduksi enzim selulase, juga dapat menghasilkan enzim endo-1,4- $\beta$ -xilanase yang dapat mendegradasi xilan.

Produksi xilanase oleh mikroorganisme memerlukan substrat sebagai penginduksi yaitu xilan (Susilowati dkk, 2012). Xilan termasuk jenis hemiselulosa, kelompok polisakarida terbesar setelah selulosa dan merupakan salah satu komponen terbesar penyusun struktur dinding sel, 20-40% berat kering tanaman (Annamalai dkk, 2009 dalam Prima, 2012). Xilan memiliki struktur yang bervariasi pada berbagai tumbuhan. Namun, secara umum xilan tersusun dari kerangka dasar residu 1,4-D-xilopiranosil (gula pereduksi dengan lima atom karbon) yang rantai sampingnya tersubstitusi dengan gugus asetil, 4-O-metil-D-glukuronosil dan  $\alpha$ -arabinofuranosil (Habibi dan Vignon, 2005 dalam Kurrataa'yun, 2014).

Limbah tongkol jagung merupakan limbah berlignoselulosa yang sulit terdegradasi secara alami di alam. Jumlah tongkol jagung semakin meningkat seiring dengan peningkatan jagung sebagai salah satu komoditas pertanian pangan utama Indonesia (Kurrataa'yun, 2014). Menurut Salupi (2014) sejauh ini pemanfaatan produk samping tongkol jagung hanya dibakar atau dijadikan bahan baku kerajinan. Pemanfaatan ini belum sepenuhnya mengatasi permasalahan produk samping tongkol jagung.

Tongkol jagung memiliki kandungan xilan paling tinggi yaitu dapat mencapai 40% dibandingkan limbah pertanian lignoselulosa lainnya seperti bagas tebu 9,6%,

*oat hulls* 12,3%, sekam 6,3%, jerami padi 22%, dan kulit biji kapas 10,2% (Septiningrum dan Apriana, 2011). Menurut Irawadi (1991) dalam Resita (2006) tongkol jagung mengandung selulosa 40%, hemiselulosa 36%, lignin 16%. Tingginya kadar xilan dalam tongkol jagung dapat dimanfaatkan diantaranya sebagai sumber karbon dalam medium kultivasi mikroba penghasil xilanase (Setyawati, 2006). Menurut Septiningrum dan Apriana (2011) tongkol jagung mempunyai prospek sebagai bahan baku industri maupun pengolahan berbasis xilan, seperti medium dalam memproduksi xilanase, furfural dan xylitol.

Segala penciptaan Allah SWT di muka bumi ini baik peristiwa alam yang terjadi di dalamnya pasti terdapat petunjuk, ilmu maupun manfaat tersendiri dan kewajiban manusia sebagai kholifah untuk mempelajarinya. Sebagaimana firman Allah SWT dalam al Quran surat az-Zumar [39] : 21,

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنْبِيعَ فِي الْأَرْضِ ثُمَّ نُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا  
مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ ثُمَّ يَهْبِجُ فَتَرْهُ مُصْفَرًّا ثُمَّ يَجْعَلُهُ حُطَمًا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَذِكْرًا لِأُولِي  
الْأَلْبَابِ

Artinya: “Apakah kamu tidak memperhatikan, bahwa sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, maka diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air itu tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, lalu ia menjadi kering lalu kamu melihatnya kekuning-kuningan, kemudian dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal.”

Berdasarkan ayat di atas lafad *زرعا* bermakna tumbuhan yang bermacam-macam warnanya merah, kuning, biru, hijau, dan putih (al-Qurthubi, 2009),

sedangkan lafad *مختلفا ألوانه* bermakna antara hijau, putih, merah, kuning, dan bentuknya pun beragam, seperti gandum, tepung, dan biji-bijian (al-Jazairi, 2009). Ayat ini secara tersirat menjelaskan bahwa Allah SWT menumbuhkan tanaman yang bermacam-macam jenisnya supaya manusia dapat memikirkan dan mengambil pelajaran yang tersimpan di dalamnya. Salah satunya adalah tanaman hasil pertanian berupa jagung yang dapat menghasilkan limbah tongkol jagung.

Pengembangan bioteknologi diharapkan mampu mengatasi permasalahan limbah berlignoselulosa dengan adanya pemanfaatan mikroba penghasil enzim ekstraseluler yang mampu mendegradasi bahan berlignoselulosa menjadi gula sederhana. Potensi yang besar ini harus dapat dimanfaatkan secara optimal, sebagaimana juga Allah SWT telah berfirman dalam al Quran surat ali-Imron [3] : 191,

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ  
وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

*Artinya : (Yaitu) orang-orang yang mengingat Allah berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): “ Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha sudi Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka.*

Berdasarkan ayat di atas lafad *بطلا هذا ما خلقت ربنا* bermakna bahwa Allah SWT tidak menciptakan sesuatu semuanya ini dengan sia-sia, akan tetapi semuanya akan bermanfaat jika dikelola dengan baik (Abdullah, 2004). Ayat ini secara tersirat menjelaskan bahwa segala ciptaan Allah SWT tiada yang sia-sia, termasuk

memanfaatkan limbah tongkol jagung sebagai substrat kapang *Trichoderma viride* dalam menghasilkan enzim xilanase. Aktivitas enzim yang dihasilkan dapat bermanfaat bagi alam dan manusia sendiri.

Aktivitas enzim dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, suhu, pH, konsentrasi enzim, konsentrasi substrat, pengaruh aktivator, inhibitor, dan untuk memaksimalkan aktivitas enzim xilanase ini maka perlu dilakukan optimalisasi aktivitas enzim xilanase dari kapang xilanolitik dengan mengkombinasikan beberapa variabel yang dapat mempengaruhi aktivitas enzim tersebut (Rumiris dkk, 2012). Menurut Godfrey dan Reichelt (1983) dalam Nareswari (2007) faktor yang sangat diperhatikan pada enzim yang akan diaplikasikan dalam industri dan akan mempengaruhi kestabilannya ialah suhu dan pH.

Suhu sangat mempengaruhi aktivitas enzim karena enzim adalah rangkaian asam amino yang konformasinya berkaitan erat dengan suhu lingkungannya. Aktivitas tertinggi enzim akan dicapai apabila direaksikan pada suhu optimum. Reaksi enzimatik yang terjadi di bawah suhu optimum akan menyebabkan kakunya struktur protein, sehingga digesti substrat tidak optimal menyebabkan aktivitas turun. Suhu di atas suhu optimum menyebabkan rusaknya struktur lipatan protein karena proses denaturasi, sehingga aktivitas enzim turun (Prima, 2012).

Beberapa penelitian telah melaporkan bahwa aktivitas optimum xilanase berkisar antara suhu 50°C-75°C (Prima, 2012). Penelitian yang dilakukan oleh Fortkamp dan Knop (2014) menunjukkan produksi xilanase oleh *Trichoderma viride* menggunakan kulit nanas dengan kisaran suhu dari 25°C-75°C menghasilkan

aktivitas optimum pada suhu 50°C sebesar 31,77 U/ml. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Gomes dkk (2006) menunjukkan produksi xilanase oleh *Trichoderma viride* dengan substrat dedak gandum menghasilkan aktivitas optimum enzim xilanase pada suhu 55°C sebesar 26,04 U/ml. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Ardian dkk (2014) menunjukkan xilanase dari *Trichoderma viride* menghasilkan kestabilan paling tinggi saat enzim diinkubasi pada suhu 60°C. Hal ini berarti menunjukkan bahwa xilanase yang dihasilkan oleh mikroba memiliki karakteristik suhu optimum yang beragam pada substrat yang berbeda-beda (Setyawati, 2006).

Selain suhu, aktivitas enzim juga dipengaruhi oleh pH. Derajat keasaman (pH) sangat berkaitan dengan keberadaan ion hidrogen. Konsentrasi ion hidrogen sangat mempengaruhi aktivitas enzim, karena enzim aktif apabila asam amino yang merupakan sisi aktif enzim berada dalam keadaan ionisasi tepat. pH terlalu asam atau terlalu basa akan menyebabkan enzim terdenaturasi sehingga enzim tidak aktif (Prima, 2012).

Aktivitas enzim xilanase yang bersumber dari jamur bekerja efektif pada pH optimum yaitu 4-6 (Richana, 2002). Penelitian yang dilakukan oleh Putri dkk (2013) menunjukkan aktivitas xilanase dari *Trichoderma viride* dengan inducer klobot jagung pada variasi pH 4, 5, dan 6 menghasilkan kestabilan paling tinggi saat enzim diinkubasi pada pH 5. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Soliman dkk (2012) produksi xilanase oleh *Trichoderma viride* menggunakan substrat kulit gandum menghasilkan aktivitas optimum enzim xilanase pada pH 5,5 sebesar 22,02 U/ml. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Fortkamp dan Knop (2014) menunjukkan

produksi xilanase oleh *Trichoderma viride* menggunakan kulit nanas menghasilkan aktivitas optimum pada pH 6-6,5. Hal ini berarti menunjukkan bahwa karakteristik enzim xilanase memiliki kisaran pH optimum yang luas pada substrat yang berbeda-beda (Nurnawati dkk, 2014), dimana menurut Kulp (1975) dalam Resita (2006) pH optimum enzim yang sama dapat bervariasi tergantung pada substratnya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat diketahui bahwa xilanase yang dihasilkan oleh mikroba memiliki karakteristik suhu optimum dan pH optimum yang lebih beragam pada berbagai substrat, dimana hal tersebut akan mempengaruhi aktivitas enzim xilanase yang dihasilkan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh suhu dan pH terhadap aktivitas enzim xilanase dari *Trichoderma viride* yang ditumbuhkan pada media tongkol jagung, sehingga aktivitas enzim xilanase yang didapatkan maksimal dan dapat diaplikasikan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh suhu dan pH terhadap aktivitas enzim xilanase dari *Trichoderma viride* yang ditumbuhkan pada media tongkol jagung ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu dan pH terhadap aktivitas enzim xilanase dari *Trichoderma viride* yang ditumbuhkan pada media tongkol jagung.



#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dalam penelitian ini adalah :

1. Meningkatkan nilai ekonomis limbah tongkol jagung sebagai substrat pertumbuhan kapang dalam memproduksi enzim xilanase.
2. Memberikan informasi suhu dan pH optimum terhadap aktivitas enzim xilanase dari *Trichoderma viride* yang ditumbuhkan dalam media tongkol jagung.
3. Memberikan sumber informasi untuk penelitian selanjutnya, dalam mengembangkan *Trichoderma viride* sebagai agen penghasil enzim xilanase yang lebih menguntungkan.

#### 1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Kapang yang digunakan yaitu *Trichoderma viride* strain 1223 hasil koleksi dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang yang diisolasi dari tanah pertanian.
2. Tongkol jagung yang digunakan berasal dari penggilingan jagung di Blitar.
3. Parameter yang dianalisis adalah suhu dan pH terhadap aktivitas enzim xilanase dengan menggunakan media tongkol jagung.
4. Suhu inkubasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah 50°C, 60°C, dan 70°C dan pH yang digunakan dalam penelitian ini adalah 4, 5, dan 6.



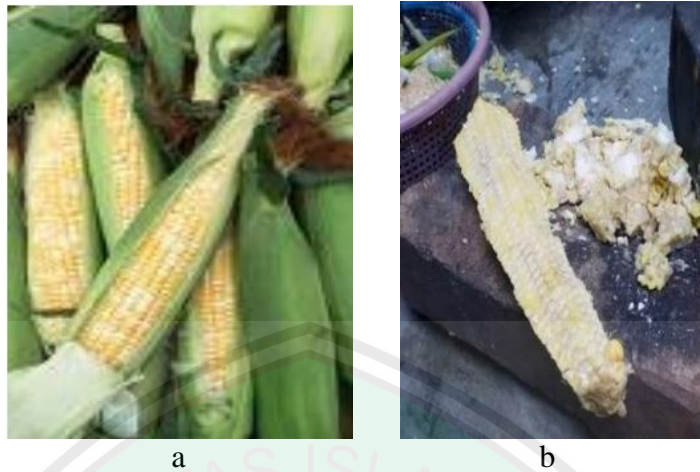
## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Nutrisi Tongkol Jagung**

Jagung termasuk komoditas strategis dalam pembangunan pertanian dan perekonomian Indonesia, mengingat komoditas ini mempunyai fungsi multiguna, baik untuk pangan maupun pakan. Penggunaan jagung untuk pakan telah mencapai 50% dari total kebutuhan. Sebagai bahan pangan yang mengandung 70% pati, 10% protein, dan 5% lemak, jagung mempunyai potensi besar untuk dikembangkan menjadi beragam macam produk (Resita, 2006).

Produksi jagung Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan, pada tahun 2008 produksi jagung sebesar 16,34 juta ton sedangkan pada tahun 2013 sebesar 18,8 juta ton. Meningkatnya produksi jagung seiring dengan meningkatnya produk samping yang dihasilkan seperti tongkol jagung. Bobot tongkol jagung sekitar  $\pm 30\%$  dari bobot total yang besarnya dipengaruhi oleh varietas jagungnya, sedangkan sisanya adalah kulit dan biji jagung. Berdasarkan produksi jagung tahun 2013 jika dikonversikan terhadap bobot tongkol jagung maka ketersediaan produk samping tongkol jagung sebesar 5,6 juta ton (Koswara, 1991 dalam Salupi, 2014). Selama ini pemanfaatan tongkol jagung umumnya hanya sebagai bahan bakar untuk broiler dan pakan ternak (Putri, 2008). Kebanyakan tongkol jagung ini dibakar atau langsung dibuang sehingga menjadi salah satu sumber sampah dan mencemari lingkungan (Ilmi dan Kuswytasari, 2013).



**Gambar 2.1** (a) Jagung, (b) Tongkol Jagung (Widianti, 2010)

Allah SWT menciptakan alam dan isinya termasuk tumbuh-tumbuhan dengan tidak ada yang sia-sia. Manusia diberikan kesempatan yang seluas-luasnya untuk dapat mengambil manfaat dari tumbuhan tersebut. Sebagaimana firman Allah SWT dalam al Quran surat al-An'am [6] : 99,

وَهُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا مَخْرُجًا مِنْهُ حَبًّا مُتَرَاكِبًا وَمِنَ النَّخْلِ مِنْ طَلْعِهَا قِنْوَانٌ دَانِيَةٌ وَجَنَّاتٍ مِنْ أَعْنَابٍ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُشْتَبِهًا وَغَيْرَ مُتَشَبِهٍ أَنْظِرُوا إِلَى ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ وَيَنْعِهِ إِنَّ فِي ذَلِكُمْ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يُؤْمِنُونَ ﴿٩٩﴾

*Artinya : “Dan Dialah yang menurunkan air hujan dari langit, lalu Kami tumbuhkan tumbuh-tumbuhan itu tanaman yang menghijau. Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan Kami keluarkan dari tanaman yang menghijau itu butir yang banyak; dan dari mayang korma mengurai tangkai-tangkai yang menjulai, dan kebun-kebun anggur, dan (kami keluarkan pula) zaitun dan delima yang serupa dan yang tidak serupa. Perhatikanlah buahnya di waktu pohonnya berbuah dan (perhatikan pulalah) kematangannya. Sesungguhnya pada yang demikian itu ada tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi orang-orang yang beriman.*

Berdasarkan ayat di atas lafad *فأخرجنا به نبتا كل شئ* bermakna kami mengeluarkan dengannya sesuatu yang menjadikan lainnya berkembang (ath-Thabari, 2008).

Sedangkan lafad *خضرا* bermakna tanaman yang menghijau (al-Jazairi, 2007). Menurut al-Qurthubi (2008) yang dimaksud tanaman yang menghijau adalah *qumh*, *sult* (nama jenis gandum), jagung, padi dan biji-bijian lainnya. Ayat ini secara tersirat menjelaskan bahwa penciptaan berbagai macam tanaman yang ada di bumi ini merupakan tanda-tanda dari kekuasaan Allah SWT agar manusia dapat memikirkan manfaatnya. Salah satunya adalah memanfaatkan limbah tongkol jagung hasil pertanian dari tanaman jagung menjadi produk yang dapat dimanfaatkan dan ramah lingkungan.

Tongkol jagung merupakan produk samping pertanian yang secara kimiawi mengandung lignin, hemiselulosa, dan selulosa. Berdasarkan komposisi gulanya, hemiselulosa diklasifikasikan sebagai xilan, manan, arabinosilan, dan arabinan (Salupi, 2014). Menurut Maynard dan Loosli (1993) dalam Setyawati (2006) komposisi kimia tongkol jagung terdiri dari 35,5% serat kasar, 2,5% protein, 0,12% kalsium, 0,04% fosfor dan zat-zat lainnya sebesar 38,16%. Tongkol jagung mengandung selulosa 40%, hemiselulosa 36%, lignin 16%, serta zat-zat lainnya sebesar 6%. Dengan komposisi kimia seperti ini maka tongkol jagung dapat digunakan sebagai sumber energi, bahan pakan ternak dan sebagai sumber karbon bagi pertumbuhan mikroorganisme (Resita, 2006).

Tongkol jagung memiliki kandungan xilan paling tinggi yaitu dapat mencapai 40% dibandingkan limbah pertanian lignoselulosa lainnya seperti bagas tebu 9,6%, *oat hulls* 12,3%, sekam 6,3%, jerami padi 22%, dan kulit biji kapas 10,2% (Septiningrum dan Apriana, 2011). Tingginya kadar xilan dalam tongkol jagung

dapat dimanfaatkan diantaranya sebagai sumber karbon dalam medium kultivasi mikroba penghasil xilanase (Setyawati, 2006).

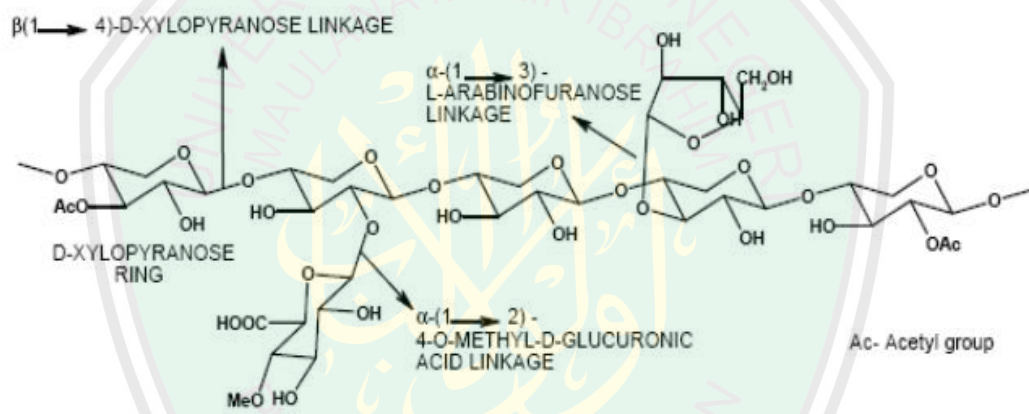
Menurut Septiningrum dan Apriana (2011) xilan dari tongkol jagung akan berperan sebagai induser untuk produksi enzim dengan harapan produksi xilanase meningkat. Selain itu, tongkol jagung mengandung karbon cukup tinggi karena mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin, disamping itu mengandung pula nitrogen sehingga kebutuhan nitrogen untuk aktivitas mikroba dapat terpenuhi. Oleh karena itu, tongkol jagung mempunyai prospek sebagai bahan baku industri maupun pengolahan berbasis xilan, seperti produksi xilanase, furfural dan xylitol.

Struktur xilan tongkol jagung berupa arabinoglukuronoxilan, terdiri atas asam 4-O-metil- $\beta$ -D-glukuronik, L-arabinofuranosa, dan D-xilosa dengan komposisi masing-masing komponen tersebut adalah 2:7:19 (Ebringerova *et al.*, 1994 dalam Kurrataa'yun, 2014) atau mengandung sekitar 7% asam glukuronat, 25% arabinosa, dan sekitar 68% xilosa. Struktur xilan dari tongkol jagung ini berbeda dengan *oat spelt xylan* dan *birch wood xylan*. Komposisi kimia *oat spelt xylan* mengandung 15% asam glukunorat, 10% arabinosa, dan 75% xilosa, sedangkan komposisi kimia *birch wood xylan* mengandung 90% xilosa dan mengandung sedikit gugus cabang (Setyawati, 2006).

## **2.2 Xilan**

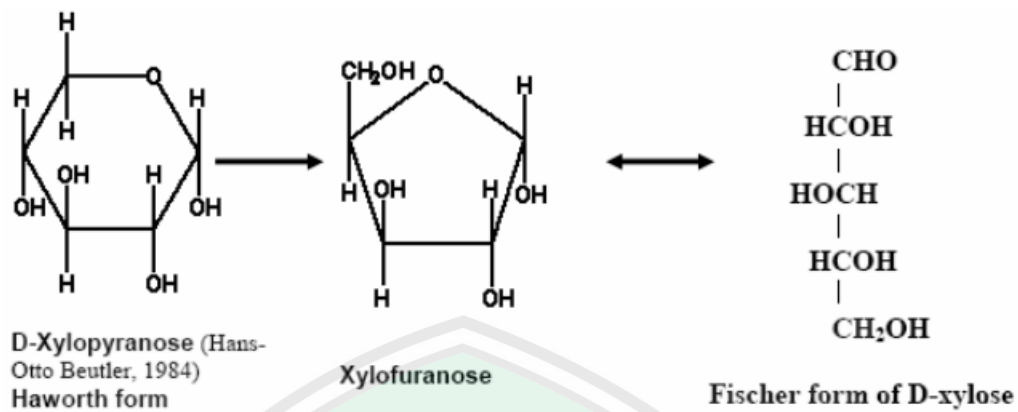
Xilan merupakan komponen terbesar penyusun hemiselulosa sel tanaman dan termasuk polisakarida paling berlimpah di alam setelah selulosa, yaitu menyusun 20-30% komposisi dinding sel tanaman (Kubata *et al.*, 1994; Saha, 2002; Subramaniyan

dan Prema, 2002 dalam Nareswari, 2007). Xilan memiliki struktur yang bervariasi pada berbagai tumbuhan. Namun secara umum xilan tersusun dari kerangka dasar residu 1,4-D-xilopiranosil (gula pereduksi dengan lima atom karbon) yang rantai sampingnya tersubstitusi dengan gugus asetil, 4-O-metil-D-glukuronosil dan  $\alpha$ -arabinofuranosil (Habibi dan Vignon, 2005 dalam Kurrataa'yun, 2014). Menurut Putri (2008) rantai utama xilan terdiri atas kerangka yang mengandung unit-unit ikatan glikosida  $\beta$ -1,4-D-xilopiranososa.



**Gambar 2.2** Struktur Xilan (Lachke, 2002 dalam Widianti, 2010)

Dari struktur xilan terlihat adanya cincin D-Xylopyranose yang akan diubah menjadi xylofuranose. Cincin xylofuranose yang terbuka membentuk D-Xylose. Alur proses perubahan dari D- Xylopyranose menjadi D-Xylose ditampilkan pada gambar 2.3 (Widianti, 2010) :



**Gambar 2.3** Alur Proses Perubahan dari D- Xylopyranose menjadi D-Xylose (Rangaswamy, 2003 dalam Widianti, 2010)

Xilan dapat diperoleh dari berbagai limbah pertanian berlignoselulosa. Beberapa sumber xilan yang paling berpotensi diantaranya jerami, sorgum, tebu, sekam, batang, dan tongkol jagung. Struktur xilan pada berbagai tumbuhan berbeda. Klasifikasi xilan sering dilakukan berdasarkan rantai substitusinya (Ebringerova, 2005; Seldmeyer, 2011 dalam Setyawati, 2006), yaitu :

- a. Homoxilan, yaitu polisakarida linier yang umumnya terdapat pada rumput laut.
- b. Glukuronoxilan, yaitu xilan yang dapat terasetilasi sebagian dan memiliki unit yang tersubstitusi dengan alfa-(1→2)-4-O-metil-D-glukopiranosil acid uronic (MeGlcUA). Xilan tersebut banyak dijumpai pada tumbuhan berkulit keras, tergantung dari perlakuan yang diberikan ketika proses ekstraksi xilan.
- c. Arabino (glukuronoxilan) memiliki substitusi  $\alpha$ -(1→3)-L-arabinofuranosil (ArbF) uronic yang dekat MeGlcUA. Jenis ini terdapat pada tumbuhan yang berkayu lunak (softwood).



- d. Arabinoxilan dengan substitusi dengan kerangka  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)-D-xilapiranosida pada posisi karbon 2 atau 3; dan ArbF yang teresterisasi parsial dengan asam fenolik. Tipe ini sering dijumpai pada endosperma berpati dan lapisan luar kulit sereal.
- e. (Glukurono) arabinoxilan dapat tersubstitusi dengan unit ArbF, terasetilasi dan teresterisasi dengan asam ferulik. Tipe ini banyak dijumpai pada jaringan berlignin rumput-rumputan dan sereal.
- f. Heteroxilan tersubstitusi dengan berbagai mono atau oligosakarida dan dijumpai pada kuli padi, biji dan getah.

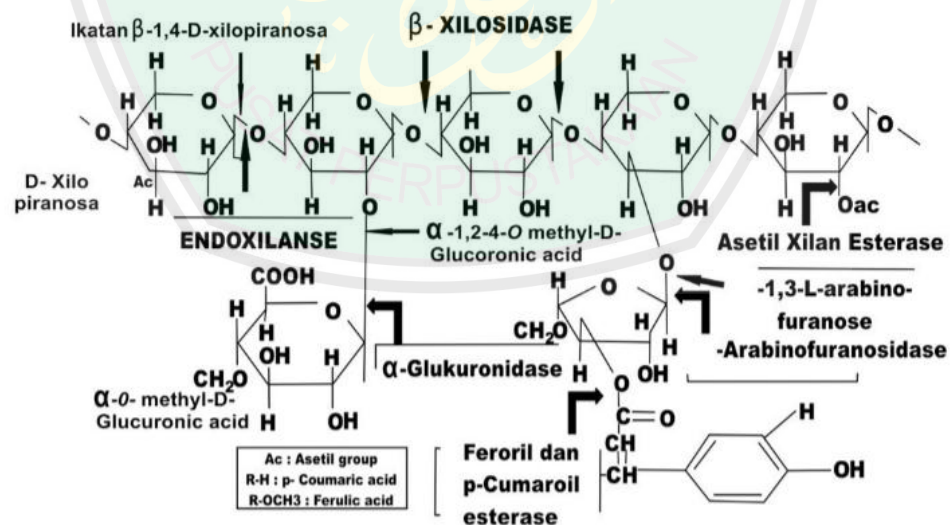
Variasi struktur xilan dibutuhkan untuk penggunaan xilan yang bervariasi pada berbagai aplikasinya. Berbagai aplikasi xilan telah digunakan sebagai polimer kertas, bahan kosmetik, *biofuel*, dan telah digunakan pada bidang farmasi dan bidang industri pangan. Lapisan pada xilan memiliki permeabilitas yang rendah terhadap oksigen, sehingga xilan memiliki potensi aplikasi pada pengemasan makanan dan bidang farmasi. Aplikasi tersebut dilakukan dengan bantuan agen penghidrolisis xilan, yaitu xilanase (Yang *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 2001 dalam Setyawati, 2006).

### **2.3 Enzim Xilanase**

Enzim adalah molekul biopolimer yang tersusun dari serangkaian asam amino dalam komposisi dan susunan rantai yang teratur dan tetap. Enzim memegang peranan penting dalam berbagai reaksi di dalam sel. Sebagai protein, enzim diproduksi dan digunakan oleh sel hidup untuk mengkatalisis reaksi antara lain konversi energi dan metabolisme pertahanan sel (Richana, 2002).

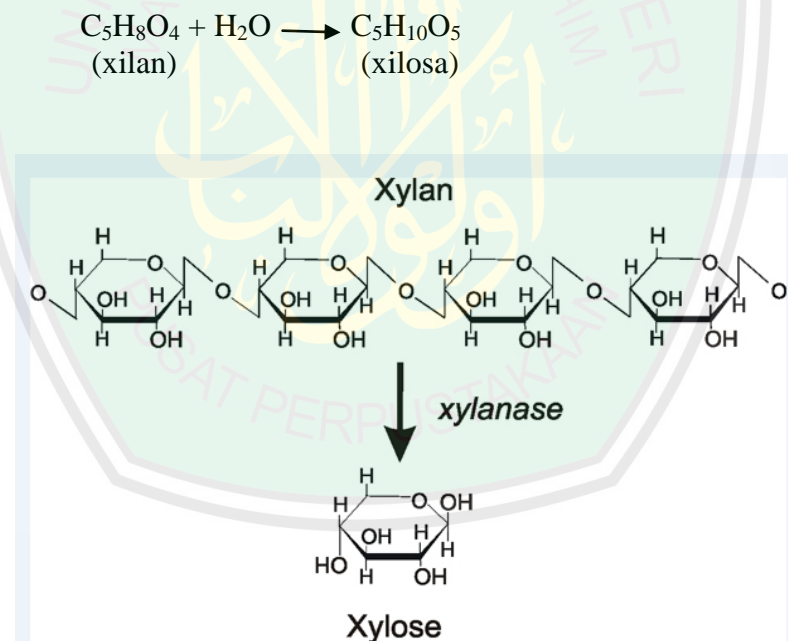


Xilanase merupakan kelompok enzim yang memiliki kemampuan menghidrolisis hemiselulosa dalam hal ini ialah xilan atau polimer dari xilosa. Xilanase umumnya merupakan protein kecil dengan berat molekul 15.000-30.000 Dalton, aktif pada suhu 55°C dengan pH 9. Pada suhu 60°C dan pH normal, xilanase lebih stabil (Richana, 2002). Berdasarkan struktur xilan terdapat tiga kelompok utama enzim yang dapat menghidrolisis xilan. Kelompok pertama yaitu enzim yang memotong rantai utama xilan, yaitu endo-1,4- $\beta$ -xilanase yang memotong ikatan bagian dalam polimer xilan. Kelompok kedua yaitu 1,4- $\beta$ -xilosidase memutus sebagian kecil oligosakarida menjadi xilosa. Kelompok ketiga yaitu enzim yang memotong rantai samping, antara lain  $\alpha$ -L-arabinofuranosidase,  $\alpha$ -D-glukuronidase, galaktosidase, asetil xilan, dan asam feruli esterase (Subramaniyan dan Prema, 2002 dalam Kurrataa'yun, 2014).



**Gambar 2.4** Struktur Xilan Tumbuhan dan Lokasi Pemecahan Xilan oleh Xilanase (Shallom dan Shoham, 2003 dalam Kurrataa'yun, 2014)

Xilanase mampu menghidrolisis xilan menjadi gula xilosa (Pangesti dkk, 2012). Hidrolisis xilan dapat terjadi melalui hidrolisis enzimatik. Reaksi hidrolisis xilan menjadi xilosa dapat dilihat pada Gambar 2.5. Besarnya hidrolisis xilan dipengaruhi oleh jumlah enzim yang diabsorpsi pada permukaan xilan, kinerja enzim pendegradasi xilan dan adanya substansi lain. Hidrolisis xilan terjadi dengan memutuskan ikatan silang  $\beta$ -1,4-glikosida antara rantai yang satu dengan rantai yang lainnya sehingga terjadi pemecahan xilan menjadi xilosa yang lebih pendek dengan memutus ikatannya sampai menjadi monomer xilosa (Sholihah, 2010). Reaksi hidrolisis xilan menjadi xilose (Budiman dan Setyawan, 2010) :



**Gambar 2.5** Hidrolisis Xilan Menjadi Xilosa (Mulyani, 2010)

Gambar di atas adalah reaksi hidrolisa xilan beberapa sumber karbon yang sering digunakan adalah molasses, serelia, pati, glukosa, dan laktosa. Produksi enzim xilanaase sebagai sumber karbon adalah xilan. Xilam dengan aktivitas xilanase yang

dihasilkan oleh mikroorganisme akan terhidrolisis menjadi xilosa. Hemiselulosa xilan merupakan polimer xilosa yang berikatan  $\beta$ -1,4 dengan jumlah monomer 150-200 unit. Rantai xilan bercabang dan strukturnya tidak terbentuk kristal sehingga lebih mudah dimasuki pelarut dibandingkan dengan selulosa (Budiman dan Setyawan, 2010).

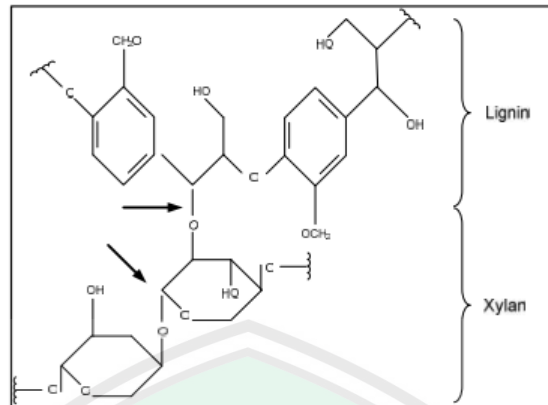
#### **2.4 Pemanfaatan Enzim Xilanase**

Enzim xilanase merupakan produk bioteknologi yang memiliki banyak kegunaan baik di bidang pangan maupun non pangan. Beberapa kegunaan enzim xilanase antara lain (Setyawati, 2006) :

##### **1. Proses Pembuatan Kertas**

Pada pembuatan kertas, xilanase digunakan untuk menghilangkan hemiselulosa dalam proses *bleaching*. Enzim ini sebagai pengganti cara kimia sehingga pencemaran racun limbah kimia akan dihindari dan lebih murah. Bahan baku kayu pembuat kertas setelah melalui proses digester dan pencucian, sebenarnya masih dalam keadaan kotor (derajat putihnya rendah). Untuk menghasilkan kertas yang bermutu tinggi perlu dilakukan proses pemutihan. Proses pemutihan bertujuan untuk menghilangkan lignin, hemiselulosa penyebab warna coklat dan zat ekstraktif yang dikandung dari hasil pencucian dan penyaringan. Pemutihan konvensional merupakan proses yang melibatkan senyawa khlor murni yang ditempatkan pada awal proses pemutihan. Penggunaan khlor sebagai bahan pemutih pulp mulai banyak ditinggalkan karena buangnya yang mengandung khlor organik berupa dioksin dan furan yang berbahaya dan beracun bagi manusia dan sekitarnya (Richana, 2002).

Penggantian penggunaan khlorin untuk pemutihan kertas telah memberikan peluang untuk aplikasi bioteknologi. Xilanase merupakan enzim yang dapat menghidrolisis ikatan xylose-xylose dalam rantai xilan dan hanya melarutkan sebagian fraksi dari sejumlah xilan yang terdapat dalam pulp. Xilanase mempunyai pengaruh yang baik terhadap serat pulp dalam proses pemutihan, dimana xilanase ini dapat mendegradasi ikatan xilan pada sisa lignin yang sulit dihilangkan selama pemutihan kimia pada pulp kraft. Sumber xilanase diantaranya diperoleh dari jamur. Sumber xilanase yang berasal dari jamur mengandung selulase,  $\beta$ -glukosidase, dan xylosidase. Dalam proses pemutihan pulp, xilanase berfungsi sebagai fasilitator proses pemutihan, artinya enzim tersebut tidak memutihkan tetapi mempermudah proses pemutihan dengan jalan modifikasi struktur serat sehingga mudah dimasuki oleh bahan kimia pemutih. Aksi xilanase dalam proses pemutihan yaitu memecahkan ikatan xylose-xylose dalam rantai xilan sehingga mengakibatkan pecahnya ikatan antara sisa lignin dengan karbohidrat. Berdasarkan mekanisme kerja xilanase, ikatan kompleks lignin-karbohidrat yaitu ikatan-ikatan xilan pada sisi lignin menjadi mudah untuk dihilangkan pada tahapan pemutihan selanjutnya. (Tjahjono dan Sudarmin, 2008).



**Gambar 2.6** Pemecahan Ikatan Xilose-Xilose dalam Rantai Xilan (Harianto dkk, 2009)

## 2. Pembuatan Gula Xilosa

Xilanase juga dapat digunakan untuk menghidrolisis xilan (hemiselulosa) menjadi gula xilosa. Gula xilosa banyak digunakan untuk konsumsi penderita diabetes. Di Malaysia gula xilosa banyak digunakan untuk campuran pasta gigi karena dapat berfungsi memperkuat gusi. Dengan beragamnya kegunaan gula xilosa maka perlu adanya inovasi kearah produksi xilosa tersebut. Adakalanya untuk memproses gula xilosa belum diminati karena kurang ekonomis mengingat kandungan xilan sangat rendah dibandingkan selulosa. Namun demikian, perlu dipertimbangkan untuk melakukan proses multienzim sehingga hasilnya tidak hanya xilosa saja (dari xilan) tetapi juga glukosa (dari selulosa dan oligosakarida lainnya). Sedangkan adanya teknologi baru seperti teknologi membran, dimana dapat memisahkan komponen sesuai ukuran molekul maupun berat molekul maka dapat dilakukan fraksinasi glukosa dan xilosa dengan mudah (Richana, 2002).

### 3. Pembuatan Makanan Ternak

Van Paridon *et al.*, (1992) dalam Richana (2002) telah melakukan penelitian pemanfaatan xilanase untuk campuran makanan ayam broiler, dengan melihat pengaruhnya terhadap berat yang dicapai dan efisiensi konversi makanan serta hubungannya dengan viskositas pencernaan. Hal yang sama juga dilakukan oleh Bedford dan Classen (1992) dalam Richana (2002), yang melaporkan bahwa campuran ayam broiler dengan xilanase yang berasal dari *Trichoderma longibrachiatum* ternyata mampu mengurangi viskositas pencernaan, sehingga meningkatkan pencapaian berat dan efisiensi konversi makanan.

### 4. Proses Industri Makanan dan Minuman

Xilanase dapat juga digunakan untuk menjernihkan jus, ekstraksi kopi, minyak nabati, pati, dan flavor. Kombinasi xilanase dengan selulase dan pektinase dapat digunakan untuk penjernihan jus dan likuifikasi buah dan sayuran (Wong dan Saddler, 1993 dalam Setyawati, 2006).

### 5. Peningkatan Kualitas Roti

Efisiensi xilanase dalam perbaikan roti yang telah dilakukan, yaitu xilanase yang berasal dari *Aspergillus niger var awamori* yang ditambahkan ke dalam adonan roti menghasilkan kenaikan volume spesifik roti dan untuk lebih meningkatkan kualitas roti maka perlu dilakukan kombinasi penambahan amilase dan xilanase (Maat *et al.*, 1992 dalam Setyawati, 2006).

## 2.5 Mikroorganisme Penghasil Enzim Xilanase

Jenis mikroorganisme yang sudah umum menghasilkan xilanase ialah golongan kapang dan bakteri. Enzim xilanase dapat dihasilkan oleh bakteri dan kapang melalui proses fermentasi. Adapun kapang yang banyak dipublikasikan sebagai penghasil xilanase berasal dari golongan *Aspergillus* dan *Trichoderma*. Sedangkan golongan bakteri yang diketahui mampu menghasilkan xilanase adalah *Bacillus*, dan *Clostridium* (Trismilah dan Waltam, 2009).

Meskipun enzim yang dihasilkan oleh golongan bakteri memiliki ketahanan yang lebih tinggi dibanding kapang, namun aktifitas xilanase dari golongan kapang jauh lebih tinggi dari bakteri. Disamping itu, level produksi yang tinggi dan kemudahan dalam kultivasi membuat kapang lebih banyak digunakan dalam produksi enzim skala industri (Bergquist *et al.*, 2002 dalam Budiman dan Setyawan, 2010). Produksi xilanase pada kapang lebih tinggi dibandingkan bakteri yaitu 4-400 U/ml dengan menggunakan berbagai substrat (Nurnawati dkk, 2014).

Salah satu kapang yang dapat menghasilkan xilanase adalah *Trichoderma viride* melalui fermentasi (Sukmana dkk, 2014). Kelebihan *Trichoderma viride* dibandingkan dengan jenis kapang lainnya, yaitu dapat tumbuh cepat di berbagai substrat, mampu berkembang biak pada pH asam (3,5-6,5) (Sulistyaningtyas, 2013), dan dapat tumbuh maksimum pada temperatur 50°-60°C (Laziba, 2013). Menurut Resita (2006) biakan kapang *Trichoderma viride* diinkubasi pada suhu kamar selama 7 hari.



Keberadaan mikroorganisme di muka bumi ini, khususnya kapang atau nama lainnya cendawan merupakan salah satu tanda-tanda kebesaran Allah SWT. Sebagaimana sabda Rasulullah SAW yang diriwayatkan oleh (Imam Bukhori, hadits no. 1868):

الْكَمَّاءُ مِنَ الْمَنِّ وَ مَاؤُهَا شِفَاءٌ لِلْعَيْنِ

*Artinya: Cendawan termasuk anugerah, dan airnya dapat menyembuhkan (sakit) mata (HR. Bukhori) (An-Najjar, 2010).*

Berdasarkan hadits di atas Rasulullah menyebutkan *Kam'ah* sebagai “*Manna*” mengandung makna bahwa jamur itu tumbuh karena keistimewaan dan *minnah* (anugerah) dari Allah SWT, karena ia tidak ditanam dan tidak membutuhkan perawatan. Karena itu, *Kam'ah* merupakan *minnah* dari Allah SWT yang tidak membutuhkan benih atau penyiraman. Manusia tidak perlu bersusah payah menancapkan benih dan memeliharanya. Manusia hanya perlu mengambil dan mengumpulkannya. Karena itulah Rasulullah SAW. menyebut *Kam'ah* sebagai “*manna*” atau anugerah (An-Najjar, 2010). Hadits di atas secara tersirat menjelaskan bahwa mikroorganisme yang dapat dimanfaatkan dengan baik salah satunya yaitu kapang atau jamur, yang apabila dikelola dengan baik dapat menghasilkan enzim xilanase yang mempunyai banyak manfaat bagi alam dan kehidupan manusia.

*Trichoderma viride* merupakan salah satu jenis kapang yang paling banyak ditemukan diantara jenisnya dan dapat digunakan dalam proses produksi xilanase (Windari dkk, 2014). Menurut Sari dkk (2008) kemampuan kapang *Trichoderma*

*viride* dalam mendegradasi komponen polisakarida menjadi gula dibantu dengan enzim yang dimilikinya seperti enzim xilanase.

Klasifikasi *Trichoderma viride* menurut Domsch dan Gams (1972) dalam Resita (2006) adalah sebagai berikut :

Kingdom Fungi

Divisi Thallophyta

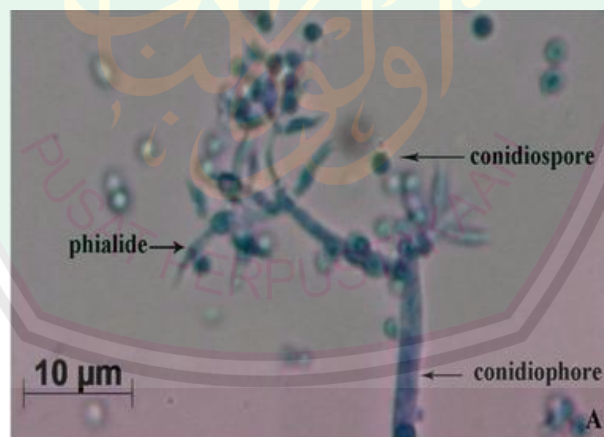
Class Deuteromycetes

Ordo Moniliales

Famili Moniliales

Genus *Trichoderma*

Species *Trichoderma viride*



**Gambar 2.7** Morfologi Kapang *Trichoderma viride* (Neethu dkk, 2012)

*Trichoderma viride* adalah kapang tanah yang dikenal luas di berbagai daerah. Habitatnya mulai dari belahan bumi utara, daerah Pegunungan Alpen, hingga ke daerah tropis. Kapang ini juga ditemui pada sungai tercemar, daerah perairan, laut asin, rawa-rawa, dan padang pasir (Domsch dan Gams, 1972 dalam Resita, 2006).

Morfologi *Trichoderma viride* adalah miselium bersepta, konidiofor bercabang banyak, ujung percabangannya merupakan sterigma, membentuk konidia bulat atau oval, berwarna hijau terang, dan berbentuk bola-bola berlendir serta mampu tumbuh linear hingga sepanjang 100-150 mm (Frazier dan Westhoff, 1977 dalam Resita, 2006). Kultur koloninya berwarna putih, kekuningan, hijau, seiring dengan masa inkubasi, bersifat mesofil dengan suhu tumbuh 25-30 °C dan suhu optimum 50-60°C, aerob, dapat menggunakan berbagai komponen makanan dari sederhana sampai kompleks. Pertumbuhannya cepat pada medium sederhana, dan memiliki kisaran pH asam (3,5-6,5) dan tidak membutuhkan nutrisi tambahan untuk pertumbuhannya (Alexopoulos dan Mims, 1979 dalam Widiati, 1998).

*Trichoderma viride* selain mampu memproduksi enzim selulase, juga dapat menghasilkan enzim endo-1,4- $\beta$ -xilanas yang dapat mendegradasi xilan. Berat molekul xilanas yang dihasilkan *Trichoderma viride* adalah sebesar 22.000 dalton. *Trichoderma* mampu secara simultan melakukan proses detoksifikasi dan produksi enzim secara simultan pada hidrolisat asam yang mengandung senyawa-senyawa inhibitor seperti furfural dan HMF. Kapang ini juga mampu memetabolisme gula dari golongan pentose maupun heksosa dan tidak terlalu sensitif terhadap material-material lignoselulosik (Arnata, 2009).

## **2.6 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Aktivitas Enzim**

Kemampuan enzim dalam mempercepat reaksi dipengaruhi beberapa faktor yang menyebabkan enzim dapat bekerja dengan optimal dan efisien. Faktor-faktor

utama yang mempengaruhi aktivitas enzim xilanase adalah suhu, pH, konsentrasi enzim, konsentrasi substrat, pengaruh inhibitor dan aktivator (Sukmana, 2014) :

### 1. Suhu

Suhu pada media fermentasi salah satu faktor yang berpengaruh dalam produksi enzim. Enzim adalah suatu protein, maka kenaikan suhu dapat menyebabkan terjadinya proses denaturasi, sehingga bagian aktif enzim akan terganggu dan dengan demikian aktivitas enzim menjadi berkurang dan kecepatan reaksinya pun akan menurun (Poedjiadi dan Supriyanti, 2006).

Suhu memainkan peranan yang sangat penting dalam reaksi enzimatik. Ketika suhu bertambah sampai suhu optimum, kecepatan reaksi enzim naik karena energi kinetik bertambah. Bertambahnya energi kinetik akan mempercepat gerak baik enzim maupun substrat. Hal ini akan memperbesar peluang enzim dan substrat bereaksi. Ketika suhu lebih tinggi dari suhu optimum, protein berubah konformasi sehingga gugus reaktif terhambat, menyebabkan enzim terdenaturasi. Suhu yang tidak sesuai substrat dapat berubah konformasinya, sehingga substrat tidak dapat masuk ke dalam sisi aktif enzim (Rumiris dkk, 2012).

Variasi struktur xilan pada tumbuhan mengakibatkan adanya perbedaan karakteristik enzim yang bertanggungjawab terhadap hidrolisis xilan. Xilanase dengan karakteristik tertentu diproduksi oleh spesies yang berlainan pada substrat berbeda (Nurnawati dkk, 2014). Xilanase yang dihasilkan oleh mikroba memiliki karakteristik suhu optimum yang beragam (Setyawati, 2006). Beberapa penelitian telah melaporkan bahwa aktivitas optimum xilanase berkisar antara suhu 50°C-75°C

(Prima, 2012). Penelitian yang dilakukan oleh Gomes dkk (2006) menunjukkan produksi xilanase oleh *Trichoderma viride* dengan substrat dedak gandum menghasilkan aktivitas optimum enzim xilanase pada suhu 55°C sebesar 26,04 U/ml. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Ardian dkk (2014) menunjukkan xilanase dari *Trichoderma viride* menghasilkan kestabilan paling tinggi saat enzim diinkubasi pada suhu 60°C.

## 2. pH

pH berpengaruh terhadap aktivitas enzim dalam mengkatalis suatu reaksi. Hal ini disebabkan konsentrasi ion hidrogen mempengaruhi struktur dimensi enzim dan aktivitasnya. Setiap enzim memiliki pH optimum di mana pada pH tersebut struktur tiga dimensinya paling efektif dalam mengikat substrat. Bila konsentrasi ion hidrogen berubah dari konsentrasi optimal, aktivitas enzim secara progresif hilang sampai pada akhirnya enzim menjadi tidak fungsional (Lehninger, 1993). Selain itu, pH rendah atau tinggi menyebabkan enzim terdenaturasi yang mengakibatkan menurunnya aktivitas enzim (Poedjiadi dan Supriyanti, 2006).

pH optimum enzim yang sama dapat bervariasi tergantung pada substratnya. Bahkan pada substrat yang sama, pH optimum dipengaruhi tipe *assay* yang digunakan (Kulp, 1975 dalam Resita, 2006). Xilanase dengan karakteristik tertentu diproduksi oleh spesies yang berlainan pada substrat berbeda (Nurnawati dkk, 2014). Menurut Setyawati (2006) karakter pada enzim xilanase ada yang ditemukan memiliki kisaran pH optimum yang luas. Kisaran pH luas yang dimiliki enzim xilanase dapat terdiri dari beberapa enzim yang bekerja sama dalam menghidrolisis

xilan secara total. Aktivitas enzim xilanase yang bersumber dari jamur bekerja efektif pada pH 4-6 (Richana, 2002). Penelitian yang dilakukan oleh Soliman dkk (2012) produksi xilanase oleh *Trichoderma viride* menggunakan substrat kulit gandum menghasilkan aktivitas optimum enzim xilanase pada pH 5,5 sebesar 22,02 U/ml. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Fortkamp dan Knop (2014) menunjukkan produksi xilanase oleh *Trichoderma viride* menggunakan kulit nanas menghasilkan aktivitas optimum pada pH 6-6,5.

### 3. Konsentrasi Enzim

Seperti pada katalis lain, kecepatan suatu reaksi yang menggunakan enzim tergantung pada konsentrasi enzim tersebut. Pada konsentrasi substrat tertentu, kecepatan reaksi bertambah dengan bertambahnya konsentrasi enzim (Poedjiadi dan Supriyanti, 2006).

### 4. Konsentrasi Substrat

Pada konsentrasi substrat rendah, bagian aktif enzim ini hanya menampung substrat sedikit. Bila konsentrasi substrat diperbesar, makin banyak substrat yang dapat berhubungan dengan enzim pada bagian aktif tersebut. Dengan demikian konsentrasi kompleks enzim substrat makin besar dan hal ini menyebabkan makin besar kecepatan reaksi. Pada suatu batas konsentrasi substrat tertentu, semua bagian aktif telah dipenuhi oleh substrat atau telah jenuh dengan substrat. Dalam hal ini, bertambah besarnya konsentrasi substrat tidak menyebabkan bertambah besarnya konsentrasi kompleks enzim tersebut, sehingga jumlah hasil reaksinya pun tidak bertambah besar (Poedjiadi dan Supriyanti, 2006).

## 5. Pengaruh Inhibitor dan Aktivator

Kerja enzim dapat terhalang oleh zat lain. Zat yang dapat menghambat kerja enzim disebut inhibitor. Ketika inhibitor berikatan dengan enzim maka akan menyebabkan penurunan kecepatan reaksi enzimatik. Zat penghambat atau inhibitor dapat menghambat kerja enzim untuk sementara atau secara tetap. Inhibitor (hambatan) enzim dibagi menjadi dua, yaitu inhibitor reversibel dan inhibitor ireversibel (Poedjiadi dan Supriyanti, 2006).

### A. Hambatan Reversibel

Hambatan reversibel dapat berupa hambatan bersaing dan hambatan tidak bersaing (Poedjiadi dan Supriyanti, 2006) :

#### 1. Hambatan Bersaing

Hambatan ini disebabkan adanya molekul (inhibitor) yang mirip dengan substrat, sehingga terjadi persaingan antara inhibitor dengan substrat terhadap bagian aktif enzim. Inhibitor tersebut bersaing menghalangi terbentuknya kompleks enzim substrat (ES) dengan cara membentuk kompleks inhibitor (EI) (Poedjiadi dan Supriyanti, 2006).

#### 2. Hambatan Tidak Bersaing

Hambatan ini tidak dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi substrat dan inhibitor. Dalam hal ini inhibitor dapat bergabung dengan bagian enzim di luar bagian aktif. Penggabungan inhibitor dengan enzim bebas menghasilkan kompleks enzim inhibitor (EI), sedangkan penggabungan inhibitor dengan kompleks enzim substrat (ES) menghasilkan kompleks ESI (enzim substrat inhibitor). Baik kompleks EI



maupun ESI bersifat inaktif (kedua kompleks tersebut tidak dapat menghasilkan hasil reaksi yang diharapkan) (Poedjiadi dan Supriyanti, 2006).

#### B. Hambatan Ireversibel

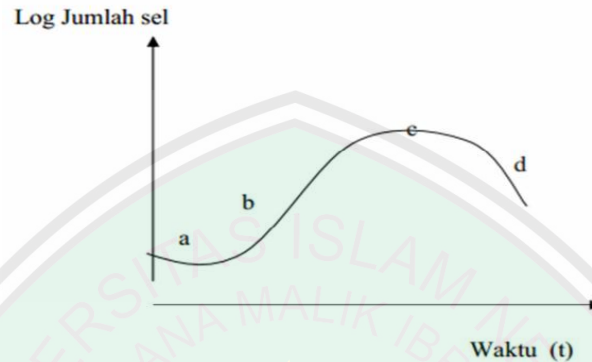
Hambatan ireversibel terjadi karena inhibitor menggabungkan diri pada luar sisi aktif enzim, sehingga bentuk enzim berubah dan sisi aktif enzim tidak dapat berfungsi. Hal ini menyebabkan substrat tidak dapat masuk ke sisi aktif enzim. Hambatan ireversibel bersifat tetap dan tidak dapat dipengaruhi oleh konsentrasi substrat (Poedjiadi dan Supriyanti, 2006).

Selain inhibitor, terdapat juga aktivator yang mempengaruhi kerja enzim. Aktivator merupakan molekul yang mempermudah enzim berikatan dengan substratnya. Adanya aktivator yang berikatan dengan enzim dapat menyebabkan kenaikan kecepatan reaksi enzim (Whittaker, 1994).

### **2.7 Pertumbuhan Mikroorganisme**

Kurva pertumbuhan merupakan kurva yang menggambarkan fase pertumbuhan dari mikroorganisme dan pembuatannya bertujuan untuk mengetahui waktu panen paling baik dalam proses fermentasi (Atmaja, 2013). Kurva pertumbuhan kapang mempunyai beberapa fase, antara lain; (a) fase lag, yaitu fase penyesuaian sel-sel dengan lingkungan; (b) fase eksponensial, yaitu fase perbanyakan jumlah sel, aktivitas sel sangat meningkat dan fase ini merupakan fase yang penting bagi kehidupan kapang. Enzim yang dihasilkan kapang juga diproduksi pada saat fase eksponensial; (c) fase stasioner, yaitu fase dimana jumlah sel yang bertambah dan jumlah sel yang mati relatif seimbang. Pada fase ini senyawa metabolit sekunder

diproduksi; (d) fase kematian dipercepat, yaitu fase dimana jumlah sel-sel yang mati lebih banyak daripada sel-sel yang masih hidup. Kurva pertumbuhan suatu kapang dapat dilihat pada gambar berikut (Sa'adah dkk, 2010) :



**Gambar 2.8** Kurva Pertumbuhan Kapang

Keterangan: a. Fase lag b. Fase eksponensial c. Fase stasioner d. Fase kematian  
(Gandjar, 2006 dalam Sa'adah dkk, 2010)

Kapang mempunyai masa pertumbuhan yang bervariasi, dalam aktivitas metabolismenya kapang memiliki beberapa fase dalam pertumbuhannya. Aktivitas metabolisme akan menurun setelah kapang melewati fase puncak pertumbuhannya. Fase-fase pertumbuhan tersebut sangat berpengaruh terhadap enzim yang dihasilkan kapang untuk membantu dalam mencerna makanannya. Pemanenan enzim dapat dilakukan pada fase eksponensial pada pola kurva pertumbuhannya (Gandjar *et al.*, 2006 dalam Oktavia dkk, 2014). Menurut Sulistyanyngtyas dkk (2013) produksi enzim efektif dilakukan pada fase eksponensial karena pada fase ini pertumbuhan biomasa sesuai dengan perhitungan logaritma dan pada saat ini kapang sangat efektif mensintesis enzim untuk memenuhi kebutuhan hidupnya.

## 2.8 Penentuan Aktivitas Enzim Xilanase

Aktivitas enzim xilanase menyatakan seberapa besar kemampuan enzim xilanase dalam menguraikan atau mengkonversi xilan menjadi produknya yaitu xilosa. Aktivitas xilanase dinyatakan dalam satuan internasional yaitu U/ml. Satu unit merupakan jumlah enzim yang dibutuhkan untuk memecah xilan menjadi 1  $\mu\text{mol}$  xilosa per menit pada kondisi pengujian. Metode yang digunakan adalah metode DNS (Budiman dan Setyawan, 2010).

Prinsip uji aktivitas xilanase dengan metode asam dinitrosalisilat (DNS) didasarkan pada kadar xilosa yang dilepaskan dari substrat (xilan) pada reaksi enzimatik. Reaksi enzimatik dihentikan dengan pemanasan pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$ . Reagen DNS yang terdiri dari KNa tartrat akan bereaksi dengan xilosa hasil reaksi enzimatik dan membentuk kompleks berwarna orange hingga coklat. Absorbansi diukur dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 540 nm (Miller, 1990 dalam Prima, 2012).

Aktivitas enzim dihitung dengan menggunakan rumus (Prima, 2012) :

$$\text{Aktivitas xilanase (U/ml)} = \frac{C \times 1000 \times p}{v \times \text{BM} \times t}$$

Keterangan : C = Konsentrasi xilosa

V = Volume sampel (ml)

p = pengenceran

t = Waktu inkubasi (menit)

BM xilosa = 150 (g/mol)

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial yang terdiri dari 2 faktor. Masing-masing faktor dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

a. Faktor pertama : suhu (T)

T1 : Suhu 50°C

T2 : Suhu 60°C

T3 : Suhu 70°C

b. Faktor kedua : pH (P)

P1 : pH 4

P2 : pH 5

P3 : pH 6

Berdasarkan kedua faktor tersebut diperoleh kombinasi perlakuan, sebagai berikut :

**Tabel 3.1** Kombinasi Perlakuan Suhu dan pH

Suhu (T) \ pH (P)	T1	T2	T3
P1	P1T1	P1T2	P1T3
P2	P2T1	P2T2	P2T3
P3	P3T1	P3T2	P3T3

### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini akan dilaksanakan pada bulan Mei-September 2015, di Laboratorium Mikrobiologi dan Genetika Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

### **3.3 Variabel Penelitian**

Variabel dalam penelitian ini terdiri dari 2 macam yaitu variabel bebas dan variabel terikat.

#### **3.3.1 Variabel Bebas**

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perlakuan suhu (50°C, 60°C, dan 70°C) dan perlakuan pH (4, 5, dan 6).

#### **3.3.2 Variabel Terikat**

Variabel terikat adalah variabel yang diukur berupa nilai aktivitas enzim xilanase pada media xilan.

### **3.4 Alat dan Bahan**

#### **3.4.1 Alat**

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah : oven, blender, ayakan 80 mesh, neraca analitik, inkubator, *shaker incubator*, LAF (*Laminar Air Flow*), spektrofotometer, autoklaf, *centrifuge*, *hot plate*, *water bath*, tabung sentrifugasi, kertas saring, kertas whatman no 1, kertas pH, pH meter, *vortex*, mikropipet, *blue tip*, kuvet, tabung reaksi, rak tabung, pipet tetes, cawan petri, gelas ukur, gelas beker, gelas arloji, erlenmeyer, *magnetic stirrer*, spatula, pengaduk gelas, corong gelas,

botol flakon, lemari pendingin, penangas air, bak plastik, jarum ose, bunsen, pisau, dan korek api.

### **3.4.2 Bahan**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kapang *Trichoderma viride* strain 1223 hasil koleksi dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang, tongkol jagung yang didapatkan dari penggilingan jagung di Blitar,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $KH_2PO_4$ ,  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ ,  $FeSO_4$ ,  $MnSO_4$ , *Yeast extract*, PDA (*Potato Dextrose Agar*), xilan, aquades, larutan 0,1% *tween* 80, larutan NaOCl 1%, HCl 1 M, NaOH 1 M, reagen DNS, KNa Tartrat 40%, xilosa, ekstrak enzim xilanase, alkohol 70%, spirtus, alumunium foil, plastik wrap, plastik ¼ kg, kertas label, kapas steril, kassa, karet, dan tisu.

## **3.5 Prosedur Penelitian**

### **3.5.1 Sterilisasi Alat dan Bahan**

Sterilisasi alat dan bahan dilakukan dengan cara membungkus alat-alat (hanya alat yang bisa dibungkus) dengan alumunium foil, kertas dan kemudian dimasukkan ke dalam plastik. Selanjutnya dilakukan sterilisasi dengan dimasukkan ke dalam autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit.

### **3.5.2 Pembuatan Media PDA**

Pembuatan media PDA dilakukan dengan cara mencampurkan PDA sebanyak 3,9 gram kedalam 100 ml aquades. Selanjutnya campuran tersebut dipanaskan dan diaduk sampai homogen. Larutan PDA dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian

disterilisasi dalam autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm (Arnata, 2009).

### **3.5.3 Pengembangbiakan Kapang *Trichoderma viride***

Pengembangbiakan kapang *Trichoderma viride* dilakukan pada media PDA miring dengan bantuan jarum ose dan api bunsen di dalam LAF. Biakan kapang *Trichoderma viride* diinkubasi pada suhu kamar selama 7 hari (Resita, 2006).

### **3.5.4 Persiapan Bahan Baku**

Bahan baku yang digunakan sebagai substrat berupa tongkol jagung sebanyak 3 kg yang sebelumnya dicuci kemudian dipotong kecil-kecil dan dikeringkan pada suhu 105°C selama 6 jam (Sutarno dkk, 2010). Setelah kering tongkol jagung dihancurkan dengan alat penggiling hingga menjadi bubuk dan diayak dengan ayakan 80 mesh (Salupi, 2014). Hasil ayakan digunakan sebagai bahan baku substrat.

### **3.5.5 Delignifikasi Sampel**

Tahap ini dilakukan untuk menghasilkan xilan tongkol jagung dengan kadar lignin yang rendah. Proses delignifikasi dilakukan dengan merendam bubuk tongkol jagung sebanyak 100 gram dimasukkan ke dalam bak plastik dan direndam dalam larutan NaOCl 1% dengan perbandingan (1:5) selama 5 jam pada suhu ruang. Setelah 5 jam, sampel dibilas dengan aquades dan disaring sampai pH netral (7). Sampel berupa padatan kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 50°C selama 48 jam (Agustina, 2000 dalam Setyawati, 2006).



### 3.5.6 Pembuatan Media Pertumbuhan Kapang

Media pertumbuhan merupakan larutan nutrisi untuk menyediakan unsur-unsur yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroba agar dapat meningkatkan produksi enzim. Komponen media pertumbuhan terdiri dari (Fauzan, 2009 dalam Astutik dkk, 2011) :

**Tabel 3.2** Komposisi Media Pertumbuhan Kapang

Komponen	Komposisi g/l aquades
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	1
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1,5
CaCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	0,2
FeSO <sub>4</sub>	0,2
MnSO <sub>4</sub>	0,2
<i>Yeast extract</i>	2

Semua komponen media pertumbuhan tersebut kemudian dilarutkan dalam 100 ml aquades dalam erlenmeyer, dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* dan dipanaskan sampai larut, kemudian disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C tekanan 1 atm selama 15 menit (Nareswari, 2007).

### 3.5.7 Pembuatan Kurva Pertumbuhan *Trichoderma viride*

Sebanyak 12 buah erlenmeyer masing-masing diisi dengan 5 gram substrat tongkol jagung dan 25 ml media pertumbuhan kemudian disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C tekanan 15 psi selama 15 menit. Selanjutnya, sebanyak 12 buah

erlenmeyer tersebut masing-masing ditambahkan 10 ml inokulum kapang *Trichoderma viride*, kemudian diinkubasi menggunakan *shaker incubator* dengan kecepatan 175 rpm pada suhu ruang. Selanjutnya sampel diambil tiap 24 jam sekali selama kurun waktu 12 hari untuk diukur berat keringnya (Atmaja, 2013). Pengukuran pertumbuhan kapang *Trichoderma viride* dilakukan dengan mengukur berat kering sel. Miselia yang diperoleh diletakkan pada kertas saring dan dikeringkan dengan oven selama 24 jam pada suhu 100°C, kemudian ditimbang sehingga diperoleh berat kering sel. Hubungan antara berat kering sel dengan waktu pengambilan sampel digunakan untuk membuat kurva pertumbuhan (Pangesti, 2012).

### **3.5.8 Pembuatan Media Inokulum**

Substrat yang telah digiling halus ditimbang sebanyak 20 gram, kemudian ditambahkan 100 ml media pertumbuhan. Campuran tersebut dihomogenkan dan disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit kemudian didinginkan.

### **3.5.9 Produksi Enzim Xilanase**

Spora biakan murni *Trichoderma viride* dari media agar miring disuspensikan dalam 10 ml larutan 0,1% *tween* 80, dilakukan pelepasan spora menggunakan jarum inokulasi. Kemudian tabung *divortex* untuk memisahkan gumpalan spora dan untuk mendapatkan suspensi homogen. Suspensi dari kapang *Trichoderma viride* diambil sebanyak 10 ml dan diinokulasikan ke dalam media inokulum (substrat + media pertumbuhan) yang telah disterilkan secara terpisah, kemudian diinkubasi pada *shaker incubator* dengan kecepatan 175 rpm pada suhu ruang selama 6 hari (Astutik dkk, 2011).

### 3.5.10 Ekstraksi Enzim Xilanase

Enzim yang dihasilkan dari fermentasi dipanen dengan cara menambahkan 100 ml larutan 0,1% *tween* 80, di kocok dengan *shaker incubator* pada kecepatan 175 rpm selama 135 menit pada suhu ruang (Hidayat dan Ika, 2010), kemudian disentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 30 menit pada suhu 4°C. Supernatan yang terbentuk merupakan ekstrak enzim kasar yang digunakan dalam uji aktivitas xilanase (Astutik dkk, 2011). Supernatan hasil sentrifugasi disimpan dalam kulkas pada suhu 4°C (Anggarawati, 2012).

### 3.5.11 Pembuatan Kurva Standar Xilosa dengan Metode DNS

Kurva standar xilosa dibuat dengan membuat larutan stok xilosa standar 1000 ppm (100 mg xilosa / 100 ml aquades). Kemudian diencerkan hingga didapatkan larutan xilosa dengan konsentrasi 0 ppm, 200 ppm, 400 ppm, 600 ppm, 800 ppm, dan 1000 ppm dari larutan stok (Prima, 2012). Setelah itu diambil 1 ml dari masing-masing konsentrasi dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Kemudian ditambahkan ke dalam tabung reaksi 1 ml reagen DNS dan dihomogenkan. Ditutup mulut tabung dengan aluminium foil dan dipanaskan dalam air mendidih selama 15 menit sampai larutan berwarna merah-coklat. Kemudian ditambahkan 1 ml larutan KNa Tartrat 40%. Tabung reaksi didinginkan dan ditambahkan dengan aquades hingga volumenya menjadi 10 ml dan dihomogenkan. Selanjutnya diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm (Setyawati, 2006).

### 3.5.12 Uji Aktivitas Xilanase

Pada metode ini xilan digunakan sebagai substrat. Sebanyak 1 ml xilan 0,8 % (b/v) ditambah 1 ml enzim ekstrak kasar dari *Trichoderma viride* kemudian dihomogenkan dan diinkubasi sesuai dengan variasi suhu dan pH yang telah ditetapkan selama 60 menit. Variasi suhu yang ditetapkan adalah 50°C, 60°C, dan 70°C. Sedangkan variasi pH yang ditetapkan adalah 4, 5, dan 6. Reaksi dihentikan dengan menambahkan 1 ml reagen DNS kemudian dihomogenkan. Ditutup mulut tabung reaksi dengan aluminium foil dan dipanaskan dalam air mendidih selama 15 menit sampai larutan berwarna merah-coklat. Kemudian ditambahkan 1 ml KNa Tartrat 40%. Tabung reaksi didinginkan dan ditambahkan dengan aquades hingga volumenya menjadi 10 ml dan dihomogenkan (Susilowati dkk, 2012). Selanjutnya diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 540 nm. Besarnya kadar gula pereduksi dihitung sebagai xilosa berdasarkan kurva standar hubungan antara absorbansi dan kadar larutan xilosa standar. Kontrol yang digunakan adalah enzim ekstrak kasar yang telah diinaktivasi terlebih dahulu kemudian direaksikan dengan substrat dan blanko yang digunakan adalah aquades. Kontrol dan blanko mendapatkan perlakuan yang sama seperti sampel (Prima, 2012).

Aktivitas xilanase dinyatakan dalam satuan internasional yaitu U/ml. Satu unit merupakan jumlah enzim yang dibutuhkan untuk memecah xilan menjadi 1  $\mu\text{mol}$  gula pereduksi per menit pada kondisi pengujian. Aktivitas enzim dihitung dengan menggunakan rumus (Prima, 2012) :

$$\text{Aktivitas xilanase (U/ml)} = \frac{C \times 1000 \times p}{v \times \text{BM} \times t}$$

Keterangan : C = Konsentrasi xilosa

V = Volume sampel (ml)

p = pengenceran

t = Waktu inkubasi (menit)

BM xilosa = 150 (g/mol)

Dari rumus absorbansi xilosa sampel, kemudian dimasukkan kedalam persamaan yang didapat dari kurva standar xilosa untuk mendapatkan konsentrasi xilosa sampel.

### 3.6 Analisis Data

Untuk mengetahui pengaruh suhu dan pH terhadap besarnya nilai aktivitas xilanase, digunakan rancangan penelitian berupa rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial. Data pengaruh suhu dan pH terhadap aktivitas xilanase dianalisis dengan menggunakan *Analysis Of Variance* (ANOVA). Apabila perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter maka dilanjutkan dengan *Uji Duncan Multiple Test* (DMRT).

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.

#### 4.1 Pengaruh Suhu dan pH terhadap Aktivitas Enzim Xilanase

Berdasarkan penelitian telah yang dilakukan, untuk mengetahui adanya pengaruh suhu, pH dan interaksi keduanya terhadap aktivitas enzim xilanase dari *Trichoderma viride* yang ditumbuhkan pada media tongkol jagung data yang diperoleh dianalisis statistik menggunakan ANOVA yang sebagaimana disajikan pada tabel 4.1 sebagai berikut :

**Tabel 4.1** Hasil ANOVA Pengaruh Suhu, pH, dan Interaksi Keduanya terhadap Aktivitas Enzim Xilanase dari *Trichoderma viride* yang Ditumbuhkan pada Media Tongkol Jagung.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F <sub>hitung</sub>	F <sub>tabel 5%</sub>
Perlakuan	8	2481,135	310,149	41,90*	2,51
Suhu	2	77,187	38,593	5,21*	3,55
pH	2	2232,499	1116,249	150,84*	3,55
Suhu*pH	4	171,449	42,862	5,79*	2,93
Galat	18	133,205	7,400		
Total	26	2614,340			

**Keterangan :** (\*)  $F_{hitung} > F_{tabel 5\%}$  artinya terdapat perbedaan nyata

Hasil analisis statistik menggunakan ANOVA pada tabel 4.1 menunjukkan bahwa nilai dari  $F_{hitung} (5,79) > F_{tabel 5\%} (2,93)$  yang berarti ada pengaruh interaksi suhu dan pH terhadap aktivitas enzim xilanase dari *Trichoderma viride* yang ditumbuhkan pada media tongkol jagung. Selanjutnya, untuk mengetahui perlakuan yang terbaik dari masing-masing perlakuan dilakukan uji lanjut menggunakan Uji

*Duncan Multiple Test* (DMRT). Adapun hasil uji lanjutnya disajikan pada tabel 4.2 dan gambar 4.3:

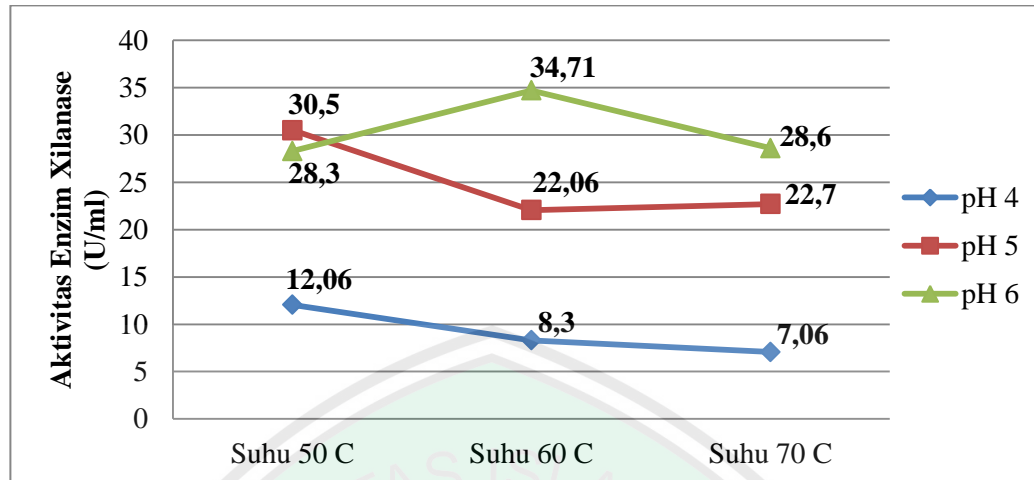
**Tabel 4.2** Uji DMRT Pengaruh Interaksi Suhu dan pH terhadap Aktivitas Enzim Xilanase dari *Trichoderma viride* yang Ditumbuhkan pada Media Tongkol Jagung.

No	Suhu	pH	Aktivitas Enzim U/ml	Notasi
1	50°C	4	12,06 ± 3,61	b
2		5	30,5 ± 1,95	de
3		6	28,3 ± 2,60	d
4	60°C	4	8,3 ± 4,48	ab
5		5	22,06 ± 1,98	c
6		6	34,71 ± 1,31	e
7	70°C	4	7,06 ± 2,21	a
8		5	22,7 ± 2,48	c
9		6	28,6 ± 2,46	d

**Keterangan :** Angka yang didampingi notasi huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata

Hasil uji Duncan pada tabel 4.2 menunjukkan bahwa aktivitas tertinggi enzim xilanase dari *Trichoderma viride* yang ditumbuhkan pada media tongkol jagung ditunjukkan pada perlakuan interaksi suhu 60°C dan pH 6 dengan aktivitas enzim terbesar 34,71 U/ml. Hasil ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan suhu 50°C pada pH 5 dengan nilai aktivitas enzim xilanase sebesar 30,5 U/ml. Sedangkan, aktivitas enzim xilanase yang terendah diperoleh pada perlakuan suhu 70°C pH 4 dengan nilai aktivitas sebesar 7,06 U/ml. Hasil ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan suhu 60°C pH 4 dengan nilai aktivitas enzim xilanase sebesar 8,3 U/ml.





**Gambar 4.1** Grafik Pengaruh Interaksi Suhu dan pH terhadap Aktivitas Enzim Xilanase dari *Trichoderma viride* yang Ditumbuhkan pada Media Tongkol Jagung.

Grafik pada gambar 4.3 di atas menunjukkan bahwa aktivitas enzim xilanase dari *Trichoderma viride* untuk perlakuan pH 4 terus mengalami penurunan dari suhu 50°C sampai 70°C. Pada suhu 50°C aktivitas enzim sebesar 12,06 U/ml, kemudian mengalami penurunan pada suhu 60°C dan 70°C dengan nilai aktivitas enzim berturut-turut sebesar 8,3 U/ml dan 7,06 U/ml. Hal ini dikarenakan kenaikan suhu yang semakin besar menyebabkan jumlah enzim yang terdenaturasi semakin banyak sehingga semakin sedikit enzim yang dapat berikatan dengan substrat pada sisi aktifnya (Mulyani, 2010). Menurut Putri dkk (2013) pada suhu 70°C xilanase tidak stabil sehingga terjadi penurunan aktivitas yang disebabkan karena struktur xilanase rusak akibat proses denaturasi. Denaturasi tersebut dapat menyebabkan perubahan konformasi dari enzim sehingga jumlah substrat yang dapat diikat oleh sisi aktif enzim semakin berkurang dan aktivitas enzimnya akan menurun. Selain karena suhu, faktor yang juga mempengaruhi aktivitas enzim adalah pH. Hal ini disebabkan pada

pH yang sangat asam (dalam hal ini pH 4) aktivitasnya sangat kecil yang menunjukkan gugus fungsional pada sisi aktif enzim terganggu dengan adanya ion  $H^+$  yang berlebihan sehingga kompleks enzim substrat tidak terbentuk. Adanya kelebihan  $H^+$  berpengaruh juga terhadap perubahan konformasi xilanase secara keseluruhan, tepatnya pada gugus R asam amino. Akibatnya, gugus R tersebut pada kondisi rendah terjadi protonasi. Hal inilah yang menyebabkan perubahan konformasi protein, sehingga mengakibatkan aktivitas xilanase menurun (Mulyani, 2010).

Menurut Poedjiadi dan Supriyanti (2006) peningkatan suhu pada reaksi enzim mempunyai dua pengaruh yaitu peningkatan suhu dapat meningkatkan laju reaksi atau peningkatan suhu dapat meningkatkan laju inaktivasi enzim. Semua enzim bekerja dalam rentang suhu tertentu pada tiap jenis organisme. Secara umum setiap peningkatan suhu sebesar  $10^{\circ}C$  diatas suhu minimum akan menyebabkan aktivitas enzim meningkat sebanyak dua kali lipat hingga mencapai kondisi optimum, namun laju inaktivasi akan meningkat 64 kali lipat.

Aktivitas enzim xilanase dari *Trichoderma viride* untuk perlakuan pH 5 menunjukkan terjadi peningkatan aktivitas enzim pada suhu  $50^{\circ}C$ ,  $60^{\circ}C$  dan  $70^{\circ}C$  dengan aktivitas sebesar 30,5 U/ml, 22,06 U/ml dan 22,7 U/ml apabila dibandingkan dengan aktivitas enzim yang dihasilkan pada perlakuan pH 4, meskipun seiring dengan bertambahnya suhu aktivitas enzim mulai menurun pada suhu  $60^{\circ}C$  dan  $70^{\circ}C$ . Hal ini di karenakan kenaikan pH dari pH 4 ke pH 5 dapat mempengaruhi aktivitas enzim, dimana menurut (Habibie dkk, 2014) perubahan pH dapat mempengaruhi tingkat ionisasi terhadap gugus pemberi dan penerima proton pada sisi katalitik

enzim. Selain itu, menurunnya aktivitas enzim pada suhu 60°C dan 70°C dikarenakan peningkatan suhu berpengaruh terhadap perubahan konformasi substrat sehingga sisi reaktif substrat mengalami hambatan untuk memasuki sisi aktif enzim dan menyebabkan turunya aktivitas enzim.

Aktivitas enzim xilanase dari *Trichoderma viride* untuk perlakuan pH 6 mengalami peningkatan aktivitas enzim seiring dengan meningkatnya suhu dan mencapai aktivitas optimum pada suhu 60°C dengan nilai aktivitas enzim sebesar 34,71 U/ml. Hal ini dikarenakan bertambahnya suhu hingga suhu optimum dapat meningkatkan energi kinetik. Bertambahnya energi kinetik akan mempercepat gerak vibrasi, translasi, dan rotasi baik enzim maupun substrat, sehingga memperbesar peluang enzim dan substrat bereaksi. Tumbukan yang sering terjadi pada enzim dan substrat akan mempermudah terbentuknya kompleks enzim substrat sehingga produk yang terbentuk juga semakin banyak (Palmer, 1991 dalam Setyawati, 2006). Selain suhu faktor yang mempengaruhi aktivitas enzim adalah pH, dimana aktivitas enzim terus meningkat dari pH 4 hingga mencapai pH optimum (dalam hal ini pH 6). Hal ini dikarenakan pada kondisi pH optimum tersebut enzim memiliki konformasi sisi aktif yang sesuai dengan substrat sehingga dapat membentuk kompleks enzim-substrat yang tepat dan menghasilkan produk secara maksimal (Habibie dkk, 2014).

Sedangkan aktivitas enzim xilanase yang berada di bawah suhu optimum terjadi pada suhu 50°C dengan nilai aktivitas enzim hanya 28,3 U/ml. Hal ini dikarenakan pada suhu tersebut xilanase belum aktif sehingga xilosa yang terbentuk juga sedikit. Belum aktifnya xilanase dimungkinkan karena pada suhu rendah tersebut

energi aktivasi yang diperlukan untuk terjadinya suatu reaksi enzimatik belum terpenuhi (Mulyani, 2010). Selanjutnya aktivitas enzim xilanase yang berada di atas suhu optimum terjadi pada suhu 70°C dengan nilai aktivitas enzim hanya 28,6 U/ml. Hal ini dikarenakan kenaikan suhu menyebabkan turunnya aktivitas xilanase yang mana ini terjadi karena enzim merupakan suatu protein yang dapat terdenaturasi pada suhu tinggi. Denaturasi adalah perubahan konformasi enzim akibat adanya perenggangan ikatan hidrogen yang bersifat reversibel pada struktur tersier xilanase. Perenggangan tersebut akan mempengaruhi sisi aktif enzim xilanase untuk berikatan dengan substrat, sehingga kompleks enzim substrat yang terbentuk sedikit dan produk xilosa yang dihasilkan sedikit (Mulyani dkk, 2009). Selain suhu, terjadinya perubahan nilai pH sangat mempengaruhi kerja enzim karena perubahan pH menyebabkan terjadinya perubahan pada daerah katalitik dan konformasi dari enzim, dimana sifat ionik dari gugus karboksil dan gugus amino enzim tersebut mudah dipengaruhi oleh pH (Pelczar dan Chan, 1986).

Temperatur lingkungan yang meningkat di sekitar enzim dapat menyebabkan putusannya ikatan hidrogen, ikatan ion atau interaksi hidrofobik sehingga struktur tersier enzim berubah dan mengakibatkan aktivitas enzim menurun (Whittaker, 1994). Menurut Septiningrum dan Moeis (2009) adanya perbedaan aktivitas enzim terhadap suhu dan pH optimum dapat terjadi karena adanya perbedaan interaksi kimia yang terjadi pada protein. Interaksi kimia tersebut menyebabkan perubahan konformasi protein yang berpengaruh terhadap stabilitas dan aktivitas suatu protein. Stabilitas dan aktivitas enzim ditentukan oleh konformasi tiga dimensinya yang

dipengaruhi oleh struktur tersier protein. Terdapat empat jenis interaksi yang menstabilkan struktur tersebut pada suhu, pH, dan konsentrasi ion normal antara lain ikatan hidrogen, gaya tarik ionik, interaksi hidrofobik, dan jembatan kovalen.

Berdasarkan hasil uraian tabel 4.2 dan gambar 4.1 diatas menunjukkan bahwa aktivitas enzim xilanase yang tertinggi diperoleh pada perlakuan suhu 60°C dimana aktivitas enzim meningkat dari pH 4, pH 5 dan mencapai optimum pada pH 6 dengan nilai aktivitas enzim xilanasenya sebesar 34,71 U/ml. Tingginya aktivitas xilanase pada suhu optimum 60°C ini dikarenakan bertambahnya suhu sampai dengan suhu optimum menyebabkan terjadinya kenaikan kecepatan reaksi enzim karena bertambahnya energi kinetik yang mempercepat gerak enzim dan substrat. Energi tersebut akan menaikkan benturan antara molekul-molekul sehingga memperbesar peluang keduanya untuk bereaksi membentuk kompleks enzim substrat yang lebih stabil dan produk yang terbentuk juga akan semakin banyak sehingga aktivitas enzim bertambah (Mulyani dkk, 2009).

Selain suhu, pH juga berpengaruh terhadap aktivitas enzim karena perubahan pH pada skala deviasi kecil (dalam hal ini pH 4 dan pH 5) menyebabkan turunnya aktivitas enzim sehubungan dengan perubahan ionisasi gugus-gugus fungsionalnya karena pada hakekatnya enzim adalah protein yang dapat mengadakan ionisasi (mengikat) dan melepaskan proton atau ion hidrogen pada gugus amino, karboksil, dan gugus fungsional lainnya (Mulyani dkk, 2009). Tingginya aktivitas xilanase pada pH optimum 6 ini disebabkan karena pada pH 6 tersebut enzim mempunyai muatan yang mendukung kestabilan struktur enzim, yang mana menurut Richana (2002)

aktivitas enzim xilanase yang bersumber dari jamur bekerja efektif pada pH 4-6. Menurut Mulyani (2010) pada pH optimum akan terbentuk  $H^+$  dan  $OH^-$  yang tepat untuk reaksi enzimatik dalam membentuk produk sehingga pada pH optimum tersebut, xilanase dapat menghasilkan produk xilosa dengan konsentrasi tinggi. Menurut Habibie dkk (2014) pada kondisi pH optimum tersebut enzim memiliki konformasi sisi aktif yang sesuai dengan substrat sehingga dapat membentuk kompleks enzim-substrat yang tepat dan menghasilkan produk secara maksimal. Hal ini menyebabkan pada suhu dan pH yang sesuai ini tumbukan antara enzim dan substrat terjadi sangat efektif dan akan mempermudah terbentuknya kompleks enzim substrat sehingga produk yang terbentuk semakin banyak dan menghasilkan nilai aktivitas enzim yang tinggi.

Aktivitas enzim xilanase yang terendah terjadi pada perlakuan suhu  $70^{\circ}C$  pH 4 dengan nilai aktivitas sebesar 7,06 U/ml, meskipun pada pH 5 dan pH 6 aktivitas enzimnya meningkat. Hal ini dikarenakan reaksi enzimatik yang terjadi diatas suhu optimum (dalam hal ini suhu  $70^{\circ}C$ ) akan menyebabkan meningkatnya energi termodinamik, sehingga tumbukan antara enzim dan substrat meningkat, akan tetapi tidak mencapai kondisi optimum karena dengan meningkatnya suhu struktur bangun tiga dimensi enzim akan berubah secara bertahap dan akan merusak struktur protein (denaturasi). Kenaikan suhu melebihi suhu optimum menyebabkan semakin besar deformasi struktur tiga dimensi enzim dan substrat sulit untuk berikatan secara tepat pada situs aktif molekul enzim. Hal tersebut akan mengakibatkan aktivitas enzim



turun karena tidak terbentuk kompleks enzim substrat, sehingga konsentrasi produk rendah (Sadikin, 2002).

Selain itu, menurut Pelczar dan Chan (1986) aktivitas xilanase di bawah dan di atas nilai pH optimum menunjukkan aktivitas rendah. Hal tersebut disebabkan oleh perubahan struktur tiga dimensi enzim, sehingga xilan tidak dapat berikatan dengan sisi aktif xilanase. Aktivitas enzim terendah terjadi pada pH 4 dimana pH tersebut lebih rendah dari pH optimumnya yaitu pada pH 6. Menurut Mulyani (2010) pada pH terlalu rendah (asam) terdapat kelebihan  $H^+$  yang akan mempengaruhi reaksi enzim xilanase dan substrat xilan, sehingga kecepatan reaksi enzimatik antara keduanya untuk menghasilkan produk xilosa akan berkurang. Adanya kelebihan  $H^+$  menyebabkan terhadap perubahan konformasi xilanase secara keseluruhan sehingga mengakibatkan aktivitas xilanase menurun. Habibie dkk (2014) menambahkan bahwa pada kondisi pH yang kurang optimal, enzim akan mengalami perubahan konformasi yang menyebabkan enzim mengalami perubahan struktur dan kehilangan aktivitasnya. Hal ini menyebabkan pada suhu dan pH yang aktivitasnya rendah ini, enzim mulai kehilangan aktivitasnya disebabkan sisi konformasi aktif enzim terganggu dan terjadi denaturasi.

Penelitian yang dilakukan oleh Fortkamp dan Knop (2014) menunjukkan produksi xilanase oleh *Trichoderma viride* menggunakan kulit nanas dengan kisaran suhu dari 25°C-75°C menghasilkan aktivitas optimum pada suhu 50°C dan pH 6-6,5 sebesar 31,77 U/ml. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Gomes dkk (2006) menunjukkan produksi xilanase oleh *Trichoderma viride* dengan substrat dedak



gandum menghasilkan aktivitas optimum enzim xilanase pada suhu 55°C dan pH 5,5 sebesar 26,04 U/ml. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa aktivitas optimum enzim xilanase dari *Trichoderma viride* diperoleh dari interaksi perlakuan suhu 60°C pada pH 6 dengan nilai aktivitas enzim xilanase sebesar 34,71 U/ml. Hal ini menunjukkan bahwa xilanase yang dihasilkan oleh mikroba memiliki karakteristik suhu optimum dan pH optimum yang lebih beragam pada berbagai substrat, dimana hal tersebut akan mempengaruhi aktivitas enzim xilanase yang dihasilkan. Menurut Nurnawati dkk (2014) xilanase dengan karakteristik tertentu diproduksi oleh spesies yang berlainan pada substrat berbeda. Karakter xilanase tersebut unik, yaitu memiliki aktivitas pada rentang suhu dan pH yang luas (Kurrataa'yun, 2014).

Hasil penelitian ini menunjukkan aktivitas enzim xilanase dari *Trichoderma viride* yang ditumbuhkan pada media tongkol jagung menghasilkan aktivitas enzim yang lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa penelitian yang telah disebutkan. Hal ini dikarenakan substrat yang digunakan, dimana penggunaan substrat yang tepat juga merupakan salah satu faktor tingginya nilai aktivitas enzim. Menurut Suprihatin (2010) dalam industri fermentasi dibutuhkan substrat yang murah, mudah didapat serta penggunaannya efisien. Selain itu yang terpenting substrat yang digunakan harus dapat memenuhi kebutuhan senyawa karbon bagi kelangsungan hidup mikroorganisme. Salah satu substrat yang cukup potensial untuk digunakan adalah tongkol jagung. Tongkol jagung memiliki kandungan xilan paling tinggi dibandingkan limbah pertanian lignoselulosa lainnya. Tingginya kadar xilan dalam

tongkol jagung dapat dimanfaatkan diantaranya sebagai sumber karbon dalam medium kultivasi mikroba penghasil xilanase (Setyawati, 2006).

Nilai aktivitas enzim xilanase pada setiap kapang berbeda-beda. Hal ini menunjukkan bahwa kapang merupakan mikroorganisme yang sangat bervariasi dalam potensinya memanfaatkan nutrisi dari substrat maupun kemampuan metabolismenya. Hal ini sesuai dengan firman Allah SWT dalam al Quran surat al-Furqan [25] : 2,

الَّذِي لَهُ مُلْكُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَلَمْ يَتَّخِذْ وَلَدًا وَلَمْ يَكُن لَّهُ شَرِيكٌ فِي الْمُلْكِ وَخَلَقَ كُلَّ شَيْءٍ فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا

*Artinya : “yang kepunyaan-Nya-lah kerajaan langit dan bumi, dan Dia tidak mempunyai anak, dan tidak ada sekutu baginya dalam kekuasaan(Nya), dan Dia telah menciptakan segala sesuatu, dan Dia menetapkan ukuran-ukurannya dengan serapi-rapinya.*

Berdasarkan ayat diatas lafad *فَقَدَرَهُ تَقْدِيرًا* bermakna menetapkan segala sesuatu dari apa yang diciptakan-Nya sesuai dengan hikmah yang diinginkan-Nya dan bukan karena nafsu dan kelalaian, melainkan segala sesuatu berjalan dengan ketentuan-Nya (al-Qurthubi, 2009). Ayat ini secara tersirat menjelaskan bahwa Allah SWT menciptakan segala sesuatu dengan menetapkan ukuran dan kadarnya masing-masing dengan serapi-rapinya tanpa ada kesalahan di dalamnya, tidak perlu ada penambahan atau pengurangan walaupun dengan alasan untuk suatu hikmah atau mashlahat. Seperti halnya enzim ekstraseluler yang dihasilkan oleh setiap kapang. Setiap kapang xilanolitik memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam menghasilkan enzim dan

kemampuannya mendegradasi xilan sesuai dengan jenis dan karakteristik kapang tersebut.

Keberadaan enzim dan potensinya tersebut merupakan sebuah fenomena alam yang menunjukkan tanda-tanda kebesaran Allah SWT bagi manusia yang mau berfikir. Sebagaimana firman Allah SWT dalam al Quran surat al-Hijr [15] : 20,

وَجَعَلْنَا لَكُمْ فِيهَا مَعِيشَةً وَمَنْ لَسْتُمْ لَهُ بِرَازِقِينَ ﴿٢٠﴾

*Artinya : dan Kami telah menjadikan untukmu di bumi keperluan-keperluan hidup, dan (kami menciptakan pula) makhluk-makhluk yang kamu sekali-kali bukan pemberi rezeki kepadanya.*

Menurut asy-Syuyuti (2010) ayat di atas menjelaskan bahwa Allah SWT menjadikan keperluan-keperluan manusia berupa buah-buahan dan biji-bijian sebagai rezeki bagi makhluknya. Ayat tersebut secara tersirat menjelaskan bahwa rezeki yang diberikan Allah SWT kepada makhluk ciptaan-Nya sangatlah lengkap, termasuk enzim untuk membantu memenuhi kebutuhan hidup setiap makhluk ciptaan Allah SWT. Salah satu enzim tersebut adalah xilanase, dimana enzim tersebut dapat dihasilkan dari kapang *Trichoderma viride* yang ditumbuhkan pada media tongkol jagung.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh suhu dan pH terhadap aktivitas enzim xilanase dari *Trichoderma viride* yang ditumbuhkan pada media tongkol jagung. Aktivitas enzim xilanase tertinggi diperoleh pada perlakuan suhu 60°C dan pH 6 dengan aktivitas enzimnya sebesar 34,71 U/ml. Sedangkan aktivitas enzim xilanase terendah diperoleh pada perlakuan suhu 70°C dan pH 4 dengan aktivitas enzimnya sebesar 7,06 U/ml.

#### 5.2 Saran

1. Bagi peneliti selanjutnya, perlu diteliti lebih lanjut mengenai aktivitas dari masing-masing komponen enzim xilanase (aktivitas  $\beta$ -xilosidase, eksoxilanase, dan endoxilanase) dari kapang *Trichoderma viride* yang ditumbuhkan pada media tongkol jagung.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan menambahkan variabel yang diamati, diantaranya konsentrasi enzim, konsentrasi substrat, aktivator, dan inhibitor.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah bin Muhammad bin ‘Abdurrahman bin Ishaq Alu Syaikh. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 2*. Jakarta: Tim Pustaka Imam Asy-Syafi’i
- An-Najjar, Zaghلول. 2010. *Buku Induk Mukjizat Ilmiah Hadits Nabi*. Jakarta: Zaman
- Anggarawati, Desi. 2012. Aktivitas Enzim Selulase Isolat SGS 2609 BBP4B-KP Menggunakan Substrat Limbah Pengolahan Rumput Laut Yang Dipretreatment Dengan Asam. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia
- Ardian, A., Roosdiana, A., dan Sutrisno. 2014. Pengaruh Suhu Dan Lama Penyimpanan Terhadap Kestabilan Aktivitas Xilanase Diamobilisasi Dalam Pasir Laut. *Kimia Student Journal*. 2 (1) : 386-392
- Arnata, I.W. 2009. Pengembangan Alternatif Teknologi Bioproses Pembuatan Bioetanol Dari Ubi Kayu Menggunakan *Trichoderma viride*, *Aspergillus niger*, Dan *Saccharomyces cerevisiae*. Skripsi. Bogor : Institut Pertanian Bogor
- Astutik, R.P., Kuswytasari, N.D., dan Shovitri, M. 2011. Uji Aktivitas Enzim Selulase Dan Xilanase Isolat Kapang Tanah Wonorejo Surabaya. *Jurnal Biologi*. 1 (1) : 1-13
- Ath-Thabari, Abu Ja’far Muhammad bin Jarir. 2008. *Tafsir Ath-Thabari*. Jakarta: Pustaka Azzam
- Atmaja, D.W., Wuryanti, dan Anam, K. 2013. Isolasi, Purifikasi Dan Karakterisasi Amilase Dari *Trichoderma viride* FNCC 6013. *Chem Info*. 1 (1) : 85-93
- Budiman, A., dan Setyawan, S. 2010. Pengaruh Konsentrasi Substrat, Lama inkubasi Dan pH Dalam Proses Isolasi Enzim Xylanase Dengan Menggunakan Media Jerami Padi. *Jurnal Teknik Kimia*. 11 (1) : 1-11
- Fawzya, Y.N., Prima, R.E., dan Mangunwardoyo, W. 2013. Produksi Dan Karakterisasi Xilanase Dari Isolat Bakteri M-13.2A Asal Air Laut Manado. *JPB Kelautan dan Perikanan*. 8 (1) : 55-64
- Fortkamp, D., dan Knob, A. 2014. High xilanase production by *Trichoderma viride* using pineapple peel as substrate and its application in pulp biobleaching. *African Journal of Biotechnology*. 13 (22) : 2248-2259
- Girindra, A. 1986. *Biokimia 1*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama

- Gomes, I., Shaheen, M., Rahman, S.R., dan Gomes, D.J. 2006. Comparative Studies on Production of Cell Wall-Degrading Hydrolases by *Trichoderma reesei* and *Trichoderma viride* in Submerged and Solid-State Cultivations. *Bangladesh J Microbiol.* 23 (2) : 149-155
- Habibie, F.M., Wardani, A.K., dan Nurcholis, M. 2014. Isolasi Dan Identifikasi Molekuler Mikroorganisme Termofilik Penghasil Xilanase Dari Lumpur Panas Lapindo. 2 (4) : 231-238
- Hariato, F., Padil, dan Yelmida. 2009. Pembuatan Nitroselulosa Dari Selulosa- $\alpha$  Pelepah Sawit Hasil Pemurnian Dengan Enzim Xylanase (Variasi Konsentrasi Asam Nitrat Dan Rasio Asam Penitrasi). *Laporan Penelitian Hibah Stranas Batch II.* Riau: Universitas Riau
- Hidayat, H., dan Ika W.H.M. 2010. Produksi Xilosa Dari Jerami Padi Oleh Enzim Xilanase. *Jurnal Teknik Kimia.* 1 (1) : 1-5
- Ilmi, I.M., dan Kuswytasari, N.D. 2013. Aktifitas Enzim Lingnin Peroksidase oleh *Gliomastix* sp. T3.7 pada Limbah Bonggol Jagung dengan Berbagai pH dan Suhu. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits.* 2 (1) : 38-42
- Jazairi, Syaikh Abu Bakar Jabir. 2007. Tafsir Al-Aisar. Jakarta: Darus Sunnah
- Jazairi, Syaikh Abu Bakar Jabir. 2009. Tafsir Al-Aisar. Jakarta: Darus Sunnah
- Kurrataa'yun. 2014. Pencirian Xilanase Dari Xilanolitik XJ18 Yang Menghasilkan Xilobiosa Dari Xilan Tongkol Jagung. *Skripsi.* Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Laziba, D., Sutrisno, dan Suratmo. 2013. Optimasi Amobilisasi Xilanase Dari *Trichoderma viride* Pada Matriks Pasir Laut. *Kimia Student Journal.* 2 (1) : 456-462
- Lehninger, A.L. 1993. *Dasar-Dasar Biokimia Jilid 1.* Jakarta: Erlangga
- Mulyani, N.S., Asy'ari, M., dan Presetiyoningsih, H. 2009. Penentuan Konsentrasi Optimum Oat Spelt Xylan Pada Produksi Xilanase Dari *Aspergillus niger* Dalam Media PDB (*Potato Dextrose Broth*). *J. Kim. Sains dan Apl.* XII (1) : 1-9
- Mulyani, N.S. 2010. Penentuan Temperatur dan pH Optimum Pada Uji Aktivitas Xilanase Hasil Isolasi Dari *Aspergillus niger* dengan Menggunakan Media



Pertumbuhan Sekam Padi. *Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*. Semarang: UNDIP

- Mufarrikha, I., Roosdiana, A., dan Prasetyawan, S. 2014. Optimasi Kondisi Produksi Pektinase Dari *Aspergillus niger*. *Kimia Student Journal*. 2 (1) : 393-399
- Nareswari, Ajeng. 2007. Enzim Xilanase *Bacillus licheniformis* AQ1 : Pemekatan, Studi Termostabilitas, Dan Zimogram. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Neethu, K., Rubeena, M., Sajith, S., Sreedevi, S., Priji, P., Unni, K.N., Josh, S.M.K, Jisha, V.N., Pradeep, S., dan Benjamin, S. 2012. A novel strain of *Trichoderma viride* shows complete lignocellulolytic activities. *Advances in Bioscience and Biotechnology*. 1 (3) : 1160-1166
- Nurnawati, E., Margino, S., Martani, E., dan Sarto. 2014. Isolasi Skrining Dan Identifikasi Jamur Xilanolitik Lokal Yang Berpotensi Sebagai Agenasia Pemutih Pulp Yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*. 21 (3) : 317-322
- Oktavia, Y., Andhikawati, A., Nurhayati, T., dan Tarman, K. 2014. Karakterisasi Enzim Kasar Selulase Kapang Endofit Dari Lamun. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 6 (1) : 209-218
- Pangesti, N.W.I., Pangastuti, A., dan Retnaningtyas, N.E. 2012. Pengaruh penambahan molase pada produksi enzim xilanase oleh fungi *Aspergillus niger* dengan substrat jerami padi. *Bioteknologi*. 9 (2) : 41-48
- Pelczar, M.J. dan E.C.S. Chan. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Jakarta: UI Press
- Poedjiadi, A dan Supriyanti, T. 2006. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta: UI Press
- Prima, R.E. 2012. Produksi Dan Karakterisasi Ekstrak Kasar Xilanase Dari *Acinetobacter baumannii* M-13.2A. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia
- Putri, S.K.W., Sutrisno, dan Indahyanti, E. 2013. Pengaruh pH dan Temperatur Terhadap Kestabilan Aktivitas Xilanase Dari *Trichoderma viride*. *Kimia Student Journal*. 2 (1) : 317-323
- Putri, E.N. 2008. Produksi Xilitol Dari Hidrolisat Tongkol Jagung Oleh Khamir Penghasil Enzim *Xylose Reductase* (XR). *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia



- Qurthubi, Syaikh Imam. 2008. *Tafsir Al-Qurthubi*. Jakarta: Pustaka Azzam
- Qurthubi, Syaikh Imam. 2009. *Tafsir Al-Qurthubi*. Jakarta: Pustaka Azzam
- Resita, E.T. 2006. Produksi Selo-oligosakarida Dari Fraksi Selulosa Tongkol Jagung oleh Selulase *Trichoderma viride*. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Richana, Nur. 2002. Produksi dan Prospek Enzim Xilanase dalam Pengembangan Bioindustri di Indonesia. *Buletin Agro Bio*. 5 (1) : 29-36
- Rumiris, M., Devi, S., dan Dahliaty, A. 2012. Optimalisasi Suhu Produksi Enzim Selulase dari Bakteri Selulolitik yang diisolasi Dari Sungai Siak. *Jurnal Kimia*. 7 (1) : 1-7
- Sa'adah, Zulfadus, dan Ika S.N. 2010. Produksi Enzim Selulase oleh *Aspergillus niger* Menggunakan Substrat Jerami dengan Sistem Fermentasi Padat. *Thesis*. Semarang: Universitas Diponegoro
- Sadikin, M. 2002. *Biokimia Enzim*. Jakarta: Widya Medika
- Salupi, Wida. 2014. Produksi Xilooligosakarida Dari Tongkol Jagung Menggunakan Bakteri Aktinomisetes. *Skripsi*. Bogor : Institut Pertanian Bogor
- Sari, I.M., Noverita, dan Yulneriwarni. 2008. Pemanfaatan Jerami Padi Dan Alang-alang Dalam Fermentasi Etanol Menggunakan Kapang *Trichoderma viride* Dan Khamir *Saccharomyces cerevisiae*. *Vis Vitaslis*. 1 (2) : 55-62
- Septiningrum, K dan Apriana P, C. 2011. Produksi Xilanase Dari Tongkol Jagung Dengan Sistem Bioproses Menggunakan *Bacillus Circulans* Untuk Pra-Pemutihan Pulp. *Jurnal Riset Industri*. 5 (1) : 87-97
- Septiningrum, K., dan Moeis, M.R. 2009. Isolasi Dan Karakterisasi Xilanase Dari *Bacillus circulans*. *BS*. 44 (1) : 31-40
- Setyawati, Inda. 2006. Produksi Dan Karakterisasi Xilanase Mikroba Yang Diisolasi Dari Tongkol Jagung. *Skripsi*. Bogor : Intitut Pertanian Bogor
- Sholihah, D.M. 2010. Pengaruh Pemurnian Enzim Dan Penambahan Ion  $Ca^{2+}$  Terhadap Aktivitas Xilanase Dari *Aspergillus niger*. *Skripsi*. Malang: Universitas Brawijaya
- Soliman, M.H., Abdel, Sherief, A.D., dan El-Tanash, B.A. 2012. Production of Xylanase by *Aspergillus niger* and *Trichoderma viride* using Some

Agriculture Residues. *International Journal of Agricultural Research*. 7 (1) : 46-57

Sukmana, M.E.S., dan Roosdiana, A. 2014. Pengaruh Suhu Dan Lama Penyimpanan Terhadap Kestabilan Enzim Xilanase Dari *Trichoderma viride*. *Kimia Student Journal*. 2 (1) : 340-34

Sulistyaningtyas, A.S., Prasetyawan, S., dan Sutrisno. 2013. Pengaruh Penambahan Ion Fe<sup>3+</sup> Terhadap Aktivitas Xilanase Dari *Trichoderma viride*. *Kimia Student Journal*. 2 (2) : 470-476

Suprihatin. 2010. *Teknologi Fermentasi*. Surabaya: UNESA Press

Susilowati, P.E., Raharjo, S., Kurniawati, D., Rahim, R., Sumarlin, dan Ardiansyah. 2012. Produksi Xilanase dari Isolat Sumber Air Panas Sonai, Sulawesi Tenggara, menggunakan Limbah Pertanian. *Jurnal Natur Indonesia*. 14 (3) : 199-204

Sutarno, R.J., Zaharah, T.A., dan Idiawati, N. 2010. Hidrolisis Enzimatik Selulosa Dari Ampas Sagu Menggunakan Campuran Selulase Dari *Trichoderma reesei* Dan *Aspergillus niger*. *JKK*. 2 (1) : 52-57

Syuyuti, J.A, dan Al-Imam, A.B. 2010. *Tafsir Al-Jalalain*. Surabaya: Pustaka elBA

Tjahjono, J., dan Sudarmin. 2008. Pengaruh Xilanase Pada Perlakuan Awal Pemutihan Terhadap Kualitas Pulp. *Berita Selulosa*. 43 (2) : 62-68

Trismilah dan Waltam, D.R. 2009. Produksi Xilanase Menggunakan Media Limbah Pertanian Dan Perkebunan. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 10 (2) : 137-144

Wahyudi, P., Suwahyono, U., Mulyati, S. 2010. Pertumbuhan *Trichoderma harzianum* Pada Medium Yang Mengandung Xilan. *Jurnal Penerapan Teknologi*. 1 (1) : 1-7

Whittaker, J.R. 1994. *Principles of Enzymology for The Food*. Second Edition. New York: Marcek Dekker Inc

Widianti, Laeli. 2010. Pengaruh Urea Pada Biokonversi Xilosa Menjadi Xilitol Dari Hidrolisat Hemiselulosa Limbah Tanaman Jagung (*Zea mays*) Oleh *Debaryomyces hansenii*. *Skripsi*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret

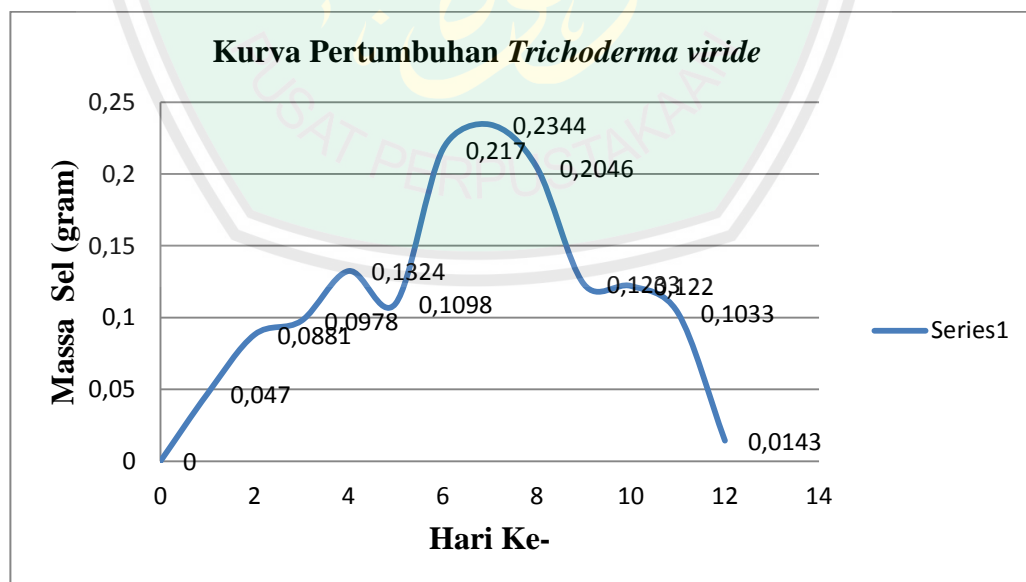
- Widiati, W.R. 1998. Pengaruh Perlakuan Amoniasi dan Fermentasi oleh Kapang *Trichoderma viride* Terhadap Kualitas Limbah Pucuk Tebu. *Skripsi*. Semarang: Universitas Diponegoro
- Windari, H.A.S., Sutrisno., dan Roosdiana, A. 2014. Penentuan Waktu Optimum Produksi Xilanase *Trichoderma viride* Menggunakan Substrat Kulit Kedelai Dan Kulit Kacang Hijau Melalui Fermentasi Semi Padat. *Kimia Student Journal*. 1 (1) : 85-912
- Yuneta, R., dan Putra, S.R. 2010. Pengaruh Suhu pada Lipase dari Bakteri *Bacillus subtilis*. *Prosiding Kimia FMIPA*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember



## LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Kurva Pertumbuhan *Trichoderma viride* Pada Media Tongkol Jagung

Hari ke -	Massa sel (gram)
0	0
1	0,0470
2	0,0881
3	0,0978
4	0,1324
5	0,1098
6	0,2170
7	0,2344
8	0,2046
9	0,1233
10	0,1220
11	0,1033
12	0,0143

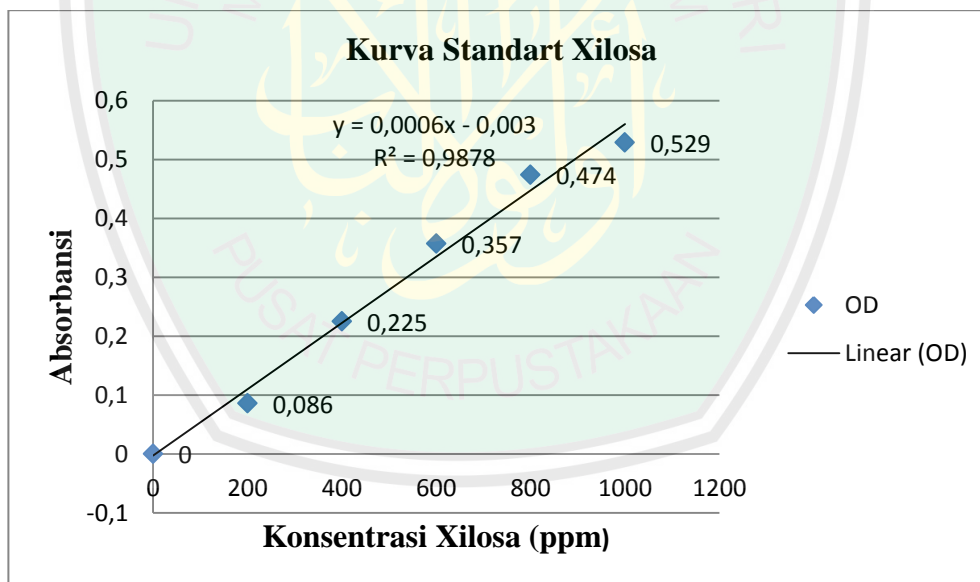


**Lampiran 2. Data Absorbansi Sampel**

Perlakuan		Ulangan			Rata-rata
Suhu	pH	I	II	III	
50°C	4	0,046	0,057	0,084	0,062
	5	0,173	0,162	0,152	0,162
	6	0,163	0,154	0,135	0,150
60°C	4	0,068	0,039	0,020	0,042
	5	0,108	0,129	0,113	0,116
	6	0,185	0,178	0,192	0,185
70°C	4	0,03	0,049	0,027	0,035
	5	0,136	0,111	0,114	0,120
	6	0,149	0,167	0,141	0,152

### Lampiran 3. Grafik Kurva Standart Xilosa

No.	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	0	0
2	200	0,086
3	400	0,225
4	600	0,357
5	800	0,474
6	1000	0,529



**Lampiran 4.** Data Konsentrasi Xilosa Sampel

Perlakuan		Ulangan			Rata-rata
Suhu	pH	I	II	III	
50°C	4	81,6	100	145	108,8
	5	293,3	275	258,3	275,5
	6	276,6	261,6	230	256,06
60°C	4	118,3	70	38,3	75,5
	5	185	220	193,3	199,4
	6	313,3	301,6	325	313,3
70°C	4	55	86,6	50	63,8
	5	231,6	190	195	205,5
	6	253,3	283,3	240	258,8



**Lampiran 5.** Data Aktivitas Enzim Xilanase (U/ml)

$$\text{Aktivitas xilanase (U/ml)} = \text{konsentrasi xilosa sampel} \times \frac{1000}{v \times t \times BM}$$

Perlakuan		Ulangan			Rata-rata
Suhu	pH	I	II	III	
50°C	4	9,04	11,08	16,07	12,06
	5	32,5	30,4	28,6	30,5
	6	30,6	29	25,5	28,3
60°C	4	13,1	7,7	4,2	8,3
	5	20,5	24,3	21,4	22,06
	6	34,7	33,4	36,03	34,71
70°C	4	6,09	9,6	5,5	7,06
	5	25,6	21,06	21,6	22,7
	6	28,08	31,41	26,6	28,6

**Lampiran 6.** Uji Normalitas Pengaruh Suhu dan pH terhadap Aktivitas Enzim

Xilanase

**One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test**

		Suhu	pH	Aktivitas enzim xilanase
N		27	27	27
Normal Parameters <sup>a</sup>	Mean	2.00	2.00	21.6170
	Std. Deviation	.832	.832	10.02754
Most Extreme Differences	Absolute	.219	.219	.132
	Positive	.219	.219	.113
	Negative	-.219	-.219	-.132
Kolmogorov-Smirnov Z		1.136	1.136	.687
Asymp. Sig. (2-tailed)		.151	.151	.733
a. Test distribution is Normal.				

**Lampiran 7.** Analisis Pengaruh Interaksi Suhu dan pH Terhadap Aktivitas Enzim Xilanase

**Tests of Between-Subjects Effects**

Dependent Variable : Data

Source	Type III Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model (Perlakuan)	2481.135 <sup>a</sup>	8	310.142	41.909	.000
Intercept (Faktor Koreksi)	12617.000	1	12617.000	1.705E3	.000
Suhu	77.187	2	38.594	5.215	.016
pH	2232.499	2	1116.249	150.839	.000
Suhu * pH	171.449	4	42.862	5.792	.004
Error (Galat)	133.205	18	7.400		
Total	15231.340	27			
Corrected Total	2614.340	26			

**Post Hoc Test****Suhu**

Duncan

Suhu	N	Subset	
		1	2
70°C	9	19.5044	
60°C	9	21.7033	21.7033
50°C	9		23.6433
Sig.		.104	.148

**Post Hoc Test****pH**

Duncan

pH	N	Subset		
		1	2	3
4	9	9.1533		
5	9		25.1067	
6	9			30.5911
Sig.		1.000	1.000	1.000

## ANOVA

Data

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2481.135	8	310.142	41.909	.000
Within Groups	133.205	18	7.400		
Total	2614.340	26			

Post Hoc Test

data

Duncan

Perlakuan (Suhu & pH)	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
70° C & 4	3	7.0633				
60° C & 4	3	8.3333	8.3333			
50° C & 4	3		12.0633			
60° C & 5	3			22.0667		
70° C & 5	3			22.7533		
50° C & 6	3				28.3667	
70° C & 6	3				28.6967	
50° C & 5	3				30.5000	30.5000
60° C & 6	3					34.7100
Sig.		.575	.110	.761	.376	.074
Means for groups in homogeneous subsets are displayed						

**Lampiran 8. Pembuatan Media dan Reagen**

1. Pembuatan media PDA dalam 100 ml aquades

Diketahui: PDA 39 gram/l

$$\frac{39 \text{ gram}}{1000 \text{ ml}} = \frac{a \text{ gram}}{100 \text{ ml}}$$

$$\frac{3900 \text{ gram.ml}}{1000 \text{ ml}} = a \text{ gram}$$

$$3,9 \text{ gram} = a \text{ gram}$$

2. Pembuatan NaOH 1 N

No	Bahan	Jumlah
1	NaOH	1 gram
2	Aquades	250 ml

3. Pembuatan Larutan NaOCl 1%

No	Bahan	Jumlah
1	NaOCl	125 ml
2	Aquades	1500 ml

4. Pembuatan Larutan Tween 80 0,1%

No	Bahan	Jumlah
1	Tween 80	0,5 ml
2	Aquades	500 ml

5. Pembuatan Reagen DNS

No	Bahan	Jumlah
1	DNS	1 gram
2	Phenol	0,2 gram
3	Natrium Sulfit	0,05 gram
4	NaOH	1 gram

5	Aquades	100 ml
---	---------	--------

6. Pembuatan Reagen KNa Tartrat

No	Bahan	Jumlah
1	KNa Tartrat	40 gram
2	Aquades	100 ml

7. Pembuatan larutan stok xilosa standart 1000 ppm (100 mg / 100 ml)

No	Bahan	Jumlah
1	Xilosa	400 mg
2	Aquades	400 ml

a. Membuat konsentrasi 200 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 100 \text{ ml} \times 200 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ ml} \times 200 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 20 \text{ ml}$$

Jadi untuk membuat konsentrasi 200 ppm, diambil 20 ml larutan stok xilosa + aquades 80 ml.

b. Membuat konsentrasi 400 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 100 \text{ ml} \times 400 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ ml} \times 400 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 40 \text{ ml}$$

Jadi untuk membuat konsentrasi 400 ppm, diambil 40 ml larutan stok xilosa + aquades 60 ml.



- c. Membuat konsentrasi 600 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 100 \text{ ml} \times 600 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ ml} \times 600 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 60 \text{ ml}$$

Jadi untuk membuat konsentrasi 600 ppm, diambil 60 ml larutan stok xilosa + aquades 40 ml.

- d. Membuat konsentrasi 800 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 100 \text{ ml} \times 800 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{100 \text{ ml} \times 800 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 80 \text{ ml}$$

Jadi untuk membuat konsentrasi 800 ppm, diambil 80 ml larutan stok xilosa + aquades 20 ml.

- e. Membuat konsentrasi 1000 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 100 \text{ ml} \times 1000 \text{ ppm}$$




$$V_1 = \frac{100 \text{ ml} \times 1000 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

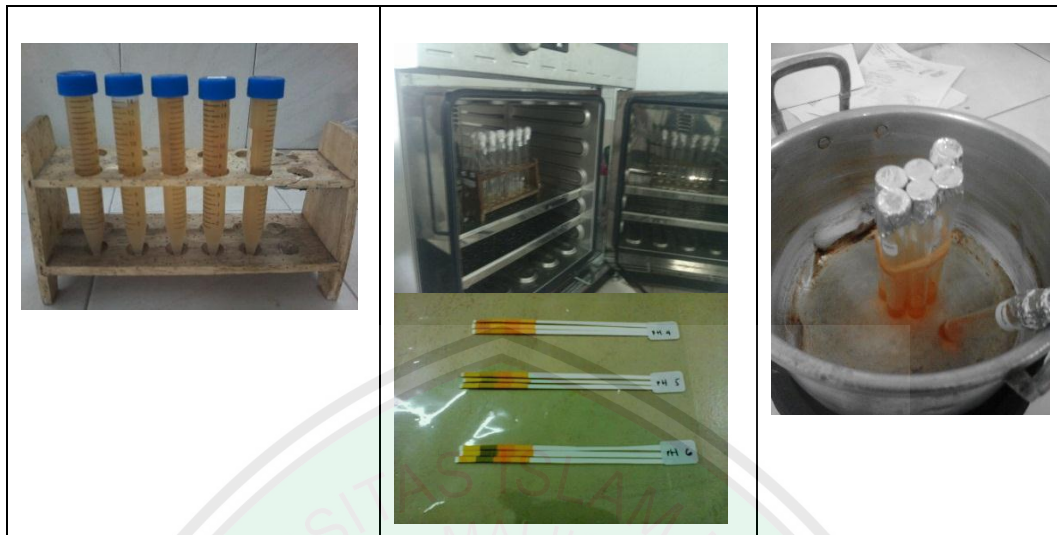
$$V_1 = 100 \text{ ml}$$

Jadi untuk membuat konsentrasi 1000 ppm, diambil 100 ml larutan stok xilosa (tidak ditambah aquades).

**Lampiran 9. Dokumentasi Penelitian**

a. Tongkol jagung yang sudah diperkecil ukurannya.	b. Tongkol jagung setelah dioven dengan suhu 105°C selama 6 jam.	
		
c. Tongkol jagung setelah digiling dengan ayakan 80 mesh.	d. Delignifikasi (tongkol jagung dicampur dengan larutan NaOCl 1%).	e. Isolat kapang <i>Trichoderma viride</i> .
		

<p>f. Pembuatan kurva pertumbuhan <i>Trichoderma viride</i> pada media tongkol jagung.</p>	<p>g. <i>Trichoderma viride</i> yang ditumbuhkan pada media tongkol jagung.</p>	<p>h. Pemisahan supernatan ekstrak enzim kasar menggunakan sentrifugasi dingin.</p>
		
<p>i. Ekstrak enzim xilanase kasar dari kapang <i>Trichoderma viride</i>.</p>	<p>j. Perlakuan variasi suhu dan pH enzim xilanase menggunakan inkubator.</p>	<p>k. Suspensi (enzim ekstrak kasar, xilan, reagen DNS) yang dipanaskan dalam air mendidih di atas kompor.</p>



l. Sampel yang akan diuji kadar xilosanya.

m. Pengukuran kadar xilosa dan absorbansi sampel aktivitas enzim menggunakan spektrofotometer.









KEMENTERIAN AGAMA RI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Gajayana No. 50 Malang Telp. (0341) 558933 Fax. (0341) 558933

**BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**

Nama : Afif Chonita Purwanti  
NIM : 11620005  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Biologi  
Judul Skripsi : Pengaruh Suhu dan pH terhadap Aktivitas Enzim Xilanase dari *Trichoderma viride* yang Ditumbuhkan Pada Media Tongkol Jagung  
Pembimbing I : Dr. Retno Susilowati, M.Si

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	20 Januari 2015	Pengajuan Judul Skripsi	1.
2.	27 Februari 2015	Konsultasi BAB I	2.
3.	17 Maret 2015	Konsultasi BAB II	3.
4.	27 Maret 2015	Konsultasi BAB III	4.
5.	15 April 2015	Revisi BAB I, II, dan III	5.
6.	22 April 2015	Seminar Proposal	6.
7.	12 Mei 2015	Revisi BAB I, II, dan III	7.
8.	9 September 2015	Konsultasi BAB VI dan V	8.
9.	29 Oktober 2015	Revisi BAB VI dan V	9.
10.	9 November 2015	Konsultasi BAB I, II, III, IV dan V	10.
11.	17 November 2015	Revisi BAB I, II, III, IV dan V	11.
12.	18 November 2015	ACC Keseluruhan	12.

Malang, 18 November 2015  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Biologi

**Dr. Evika Sandi Savitri, M.P**  
NIP. 19741018 200312 2 002



KEMENTERIAN AGAMA RI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
Jl. Gajayana No. 50 Malang Telp. (0341) 558933 Fax. (0341) 558933

**BUKTI KONSULTASI SKRIPSI**

Nama : Afif Chonita Purwanti  
NIM : 11620005  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Biologi  
Judul Skripsi : Pengaruh Suhu dan pH terhadap Aktivitas Enzim Xilanase dari *Trichoderma viride* yang Ditumbuhkan Pada Media Tongkol Jagung  
Pembimbing II : Umayyatus Syarifah, M.A

No	Tanggal	Hal	Tanda Tangan
1.	25 Februari 2015	Konsultasi BAB I Agama	1. /
2.	11 Maret 2015	Revisi BAB I Agama	2. /
3.	22 Maret 2015	Konsultasi BAB II, III Agama	3. /
4.	5 April 2015	Revisi BAB II dan III Agama	4. /
5.	23 September 2015	Konsultasi BAB IV dan V Agama	5. /
6.	10 Oktober 2015	Revisi BAB IV dan V Agama	6. /
7.	9 November 2015	Konsultasi BAB I, II, III, IV dan V Agama	7. /
8.	10 November 2015	ACC BAB I, II, III, IV dan V Agama	8. /

Malang, 12 November 2015  
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Biologi

  
  
Dr. Evika Sandi Savitri, M.P  
NIP. 19741018 200312 2 002