LAPORAN PENELITIAN
PENELITIAN DASAR (LITSAR) UNIVERSITAS PADJADJARAN

DEGRADASI ENZIMATIK SELULOSA DARI BATANG POHON PISANG UNTUK PRODUKSI GLUKOSA DENGAN BANTUAN AKTIVITAS SELULOLITIK *Trichoderma viride*

Oleh:

Ketua : Dian Siti Kamara, M.Si.
Anggota : 1. Saadah Diana Rachman, M.Si.
2. Shabarni Gaffar, M.Si.

Dibiayai oleh Dana DIPA Universitas Padjadjaran
Tahun Anggaran 2007
Berdasarkan SPK No.: 251D/J06.14.LP/PL/2007
Tanggal 2 April 2007

LEMBAGA PENELITIAN
UNIVERSITAS PADJADJARAN

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PADJADJARAN
NOVEMBER 2006

LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR PENELITIAN DASAR (LITSAR) UNPAD
SUMBER DANA DIPA UNPAD
TAHUN ANGGARAN 2007

a. Judul penelitian	:	Degradasi Enzimatik Selulosa dari Batang Pohon Pisang untuk Produksi Glukosa dengan Bantuan Aktivitas Selulolitik *Trichoderma viride*
b. Bidang ilmu	:	MIPA
c. Kategori penelitian	:	I
1. Ketua Peneliti		
a. Nama lengkap dan gelar	:	Dra. Dian Siti Kamara, M.Si.
b. Jenis kelamin	:	Perempuan
c. Golongan, pangkat dan NIP	:	III C, Penata, 131 929 820
d. Jabatan fungsional	:	Lektor
e. Jabatan struktural	:	-
f. Fakultas/Jurusan	:	MIPA/Kimia
g. Pusat penelitian	:	Laboratorium Biokimia
2. Jumlah anggota peneliti	:	2 Orang
a. Nama anggota peneliti I	:	Saadah D. Rachman, M.Si. NIP: 131 567 025
b. Nama anggota peneliti II	:	Shabarni Gaffar, M.Si. NIP: 132 313 560
3. Lokasi penelitian	:	Laboratorium Biokimia
4. Kerjasama dengan Institusi Lain		
a. Nama institusi	:	-
b. Alamat	:	-
c. Telepon/Fax./e-mail	:	-
5. Lama Penelitian	:	10 bulan
6. Biaya yang diperlukan		
a. Sumber dari Unpad	:	Rp. 5.000.000,00
b. Sumber lain	:	Rp. -
Jumlah	:	Rp. 5.000.000,00 (lima juta rupiah)

Bandung, 15 November 2007

Mengetahui,
Dekan Fakultas MIPA

Ketua Peneliti

Prof. Dr. Husein H. Bahti
NIP. 130 367 261

Dra. Dian S. Kamara, M.Si.
NIP. 131 929 820

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Padjadjaran

Prof. Oekan S. Abdoelah, M.A., Ph.D.
NIP. 130 937 900

ABSTRAK

Selulosa adalah karbohidrat paling melimpah di alam, namun pemanfaatannya belum optimum. Selulosa terdiri atas monomer glukosa yang dihubungkan dengan ikatan β-1,4-glikosida. Dengan menghidrolisis ikatan glikosida, dapat diperoleh glukosa, yang kemudian dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti produksi bioetanol. Salah satu masalah pada hidrolisis selulosa adalah keberadaan lignin dan hemiselulosa yang menjadi penghambat bagi hidrolisis selulosa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan efisiensi degradasi enzimatik selolosa dari batang pohon pisang oleh kapang *Trichoderma viride*. Optimasi hidrolisis selulosa dilakukan dengan memvariasikan pH awal, suhu, ukuran partikel, konsentrasi substrat, dan waktu inkubasi. Kami juga menentukan pengaruh preparasi substrat menggunakan natrium hidroksida dan delignifikasi dengan menggunakan jamur *white rot*, *Phanerocheate chrysosporium,* terhadap hidrolisis selulosa. Preparasi dengan menggunakan natrium hidroksida dilakukan dengan menggunakan autoclave selama satu jam, sedangkan preparasi dengan jamur *white rot* dilakukan dengan menginkubasi substrat selama dua hari dengan jamur tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH awal, suhu, ukuran partikel, konsentrasi substrat, dan waktu inkubasi optimum masing-masing adalah 5,0, 50°C, 100 mesh, 6% (w/v) dan 8 hari. Diantara preparasi substrat yang dilakukan, preparasi dengan menggunakan natrium hidroksida adalah preparasi terbaik yang menghasilkan konsentrasi glukosa tertinggi.

Kata kunci: Selulosa, selulase, glukosa, *Trichoderma viride*

ABSTRACT

Cellulose is the most abundant carbohydrate in nature, but its utilization is not optimum. Cellulose consists of glucose monomers linked by β-1,4-glycoside bonds. By hydrolyzing the glycoside bond, we can get the glucose which can be used for various purposes such as bioethanol production. One of problems in hydrolysis of cellulose is the presence of lignin and hemicellulose which make barrier for cellulose hydrolysis. The objective of this research is to investigate the enzymatic degradation efficiency of cellulose from banana trunk by *Trichoderma viride*. Optimization of cellulose hydrolysis was done by varying initial pH, temperature, particle size, substrate concentration and incubation time. We also determine the effect of substrate pretreatment using sodium hydroxide and delignification using the white rot fungi, *Phanerocheate chrysosporium* on hydrolysis of cellulose. Pretreatment using sodium hydroxide was done using autoclave for one hour, and pretreatment using white rot fungi was done by incubating the substrate with the fungi for two days. The results of this research showed that the optimum initial pH, temperature, particle size, substrate concentration and incubation time are 5.0, 50°C, 100 mesh, 6% (w/v) and 8 days, respectively. Among the substrate pretreatment done, the sodium hydroxide pretreatment is the best pretreatment resulting the highest glucose concentration.

Keywords: Cellolose, cellulase, glucose, *Trichoderma viride*

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah S.W.T. semata, Tuhan pemilik segala ilmu pengetahuan. Shalawat serta salam semoga tetap tercurah kepada nabi Muhammad S.A.W., keluarga, sahabat, dan umatnya hingga akhir zaman.

Dengan izin, limpahan rahmat, dan kasih sayang-Nya, akhirnya penyusun dapat menyelesaikan penelitian dengan judul **"Degradasi Enzimatik Selulosa dari Batang Pohon Pisang Untuk Produksi Glukosa dengan Bantuan Aktivitas Selulolitik *Trichoderma viride*"**. Penelitian ini didanai oleh DIPA Universitas Padjadjaran tahun anggaran 2007. Oleh karena itu, kami mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Padjadjaran yang telah memberikan dana sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Dalam penyusunan laporan penelitian ini penyusun menyadari tidaklah luput dari segala kekurangan dan keterbatasan, baik isi maupun bahasanya, sehingga masih belum sempurna. Untuk itu, penyusun mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi peningkatan kemampuan penyusun di masa yang akan datang.

Akhir kata, semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang membacanya, dan semoga Allah senantiasa melimpahkan taufik dan hidayah-Nya kepada kita semua, *amin*.

Bandung, November 2007

Penyusun

DAFTAR ISI

ABSTRAK iii

ABSTRACT iv

KATA PENGANTAR v

DAFTAR ISI vi

DAFTAR TABEL viii

DAFTAR GAMBAR ix

I. PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Peerumusan Masalah 2

II. TINJAUAN PUSTAKA 3

III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN 6

3.1 Tujuan Penelitian 6

3.2 Manfaat Penelitian 6

IV. METODE PENELITIAN 7

4.1 Lokasi dan Waktu Penelitian 7

4.2 Bahan dan Alat 7

4.3 Pelaksanaan Penelitian 7

4.3.1 Penentuan komposisi kimia batang pisang 7

4.3.1.1 Penentuan kadar selulosa 7

4.3.1.2 Penentuan kadar lignin 8

4.3.2 Penentuan kondisi optimum hidrolisis enzimatik selulosa 8

4.3.3 Penentuan pengaruh preparasi untuk produksi glukosa 9

V. HASIL DAN PEMBAHASAN 10

5.1 Komposisi Kimia Batang Pisang 10

5.2 Penentuan Kondisi Optimum Hidrolisis Enzimatik Selulosa 10

5.2.1 pH optimum 10

5.2.2 Suhu optimum 11

5.2.3 Ukuran partikel substrat optimum 12

5.2.4 Konsentrasi substrat optimum 13

5.2.5 Waktu inkubasi optimum 14

5.3 Pengaruh Preparasi Substrat terhadap Produksi Glukosa 15

VI. KESIMPULAN DAN SARAN 18

6.1 Kesimpulan 18

6.2 Saran 18

DAFTAR PUSTAKA 19

LAMPIRAN 21

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
4.1	Komposisi kimia batang pisang per gram berat kering batang pisang ….	1

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
2.1	Daur ulang yang terjadi dalam penggunaan bahan bakar-bio sebagai salah satu bahan bakar alternatif (US DOE-NREL, 2000)...	3
2.2	*Trichoderma viride* (Volk, 2004) ….....	5
2.3	Sinergisme pemecahan selulosa oleh enzim selulolitik (Tjernald, 2002)	5
5.1	Kadar gula pereduksi hasil hidrolisis batang pohon pisang menggunakan *T. viride* pada suhu ruangan, waktu inkubasi 9 hari, dengan variasi pH 4,2; 4,6; 5; 5,4 dan 5,8	11
5.2	Kadar gula pereduksi hasil hidrolisis batang pohon pisang menggunakan *T. viride* dengan waktu inkubasi 9 hari, pH 4,5 dan dengan variasi suhu pada 25; 35; 45; 55; 65^{0}C ……...	12
5.3	Kadar gula pereduksi hasil hidrolisis batang pohon pisang menggunakan *T. viride* dengan substrat berukuran 20, 60, 80, 100 mesh pada medium dengan pH 4,5, suhu ruangan, waktu inkubasi 9 hari …….....	12
5.4	Kadar gula pereduksi yang dihasilkan dengan hidrolisis menggunakan *T. viride* menggunkan varasi konsentrasi substrat 2, 4, 6, 8, dan 10% b/v, pada pH 5, suhu ruang, ukuran partikel substrat 100 mesh, waktu inkubasi ……...	13
5.5	Kadar gula pereduksi yang dihasilkan dengan hidrolisis menggunakan *T. viride* pada berbagai waktu inkubasi. Kondisi inkubasi yang digunakan adalah: konsentrasi substrat 6% b/v, pada pH 5, suhu ruang, ukuran partikel substrat 100 mesh ……..	14
5.6	Kadar gula pereduksi yang dihasilkan dengan hidrolisis menggunakan *T. viride* dengan substrat hasil preparasi oleh NaOH (♦) dan *P. chrysosporium* (▲). Kondisi yang digunakan adalah pH 5, suhu ruang, ukuran partikel 100 mesh, konsentrasi 6%, waktu inkubasi 8 hari ……..	16

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan akan sumber energi semakin hari semakin besar. Sebagian besar kebutuhan akan energi, selama ini dipenuhi oleh minyak bumi. Namun, karena minyak bumi adalah sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui, maka semakin hari persediaan minyak bumi semakin menipis. Semakin berkurangnya persediaan minyak bumi, telah mendorong dilakukannya penelitian-penelitian untuk memperoleh sumber energi baru yang dapat diperbarui.

Biomassa merupakan bentuk sumber energi yang menarik untuk dikembangkan karena kelimpahannya di muka bumi dan sifatnya yang dapat diperbarui. Hal ini menjadikan biomassa merupakan sumber energi alternatif yang paling menarik karena kemudahan untuk memperbaruinya dan dapat direproduksi melalui biokonversi karbondioksida oleh tumbuhan. Etanol yang diproduksi dari biomassa pada saat ini adalah bahan bakar hayati (*biofuel*) yang banyak digunakan dengan mencampurkannya dengan bensin.

Beberapa tahun belakangan ini, telah dilakukan pengembangan biomassa selulosik (selulosa dan hemiselulosa) seperti limbah pertanian dan pengolahan hutan, kertas bekas, dan limbah industri sebagai sumber gula, untuk selanjutnya difermentasi menjadi etanol.

Diantara biomassa, selulosa adalah karbohidrat yang paling melimpah dan mudah diperbarui. Akhir-akhir ini, banyak peneliti mengungkapkan bahwa limbah yang mengandung selulosa dapat digunakan sebagai sumber gula yang murah dan mudah didapat untuk menggantikan bahan pati dalam proses fermentasi (Graf & Koehler, 2000). Sumber selulosa yang dapat digunakan diantaranya adalah sisa-sisa produk pertanian dan hasil hutan, kertas bekas, dan limbah industri (White, 2000).

Pada penelitian ini akan dilakukan usaha pemanfaatan batang pohon pisang sebagai biomassa sumber karbon yang digunakan untuk menghasilkan glukosa, sehingga glukosa yang dihasilkan diharapkan dapat digunakan untuk produksi etanol.

1.2. Perumusan Masalah

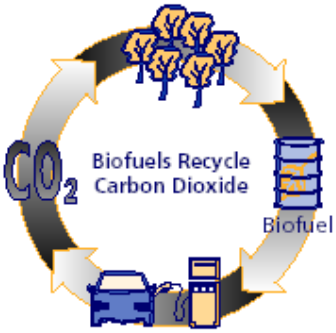
Selulosa merupakan sumber karbohidrat yang paling melimpah di alam, dan salah satu sumber selulosa yang belum dimanfaatkan secara optimal adalah batang pohon pisang. Padahal, batang pohon pisang ini merupakan sumber selulosa yang sangat potensial untuk digunakan sebagai sumber karbohidrat untuk produksi etanol.

Untuk mengetahui sejauh mana batang pohon pisang yang merupakan limbah yang belum dimanfaatkan secara optimal dapat digunakan sebagai sumber karbohidrat untuk produksi alkohol, maka perlu diadakan suatu penelitian untuk memproduksi glukosa dengan menggunakan batang pohon pisang sebagai sumber karbohidrat. Glukosa yang dihasilkan selanjutnya dapat diubah menjadi etanol.

Tahap hidrolisis dapat dilakukan dengan menggunakan hidrolisis asam, ataupun dengan meggunakan enzim. Namun dalam aplikasinya, proses hidrolisis dengan asam memerlukan netralisasi ditahap akhirnya. Jika dibandingkan dengan menggunakan asam, penggunaan enzim untuk tahap hidrolisis memiliki kelebihan pada tingkat efektivitas dan efisiensi proses, yaitu tanpa proses netralisasi. Sehingga pada tahap hidrolisis ini akan memanfaatkan aktivitas enzim selulase yang dihasilkan oleh kapang *Trichoderma viride* yang memiliki aktivitas tinggi sehingga dapat diperoleh randemen gula yang cukup baik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Ada kecenderungan untuk menemukan cara yang murah dan efisien untuk menemukan bahan bakar yang menghasilkan sedikit gas karbondioksida (CO_2), dengan menggunakan biomassa sebagai bahan baku, karena CO_2 merupakan gas utama yang berperan dalam perubahan iklim. Namun, penggunaan bahan bakar fosil yang menghasilkan emisi CO_2 yang tinggi untuk transportasi terus meningkat padahal diperlukan pengurangan emisi CO_2. Dengan menggunakan bahan-bahan limbah yang sudah tidak terpakai, maka masalah untuk lingkungan dapat diatasi, bahkan dapat dialihkan menjadi suatu produk yang berdaya guna, yang dapat meningkatkan nilai ekonomi dan mendukung terciptanya lingkungan yang sehat. Gas karbon dioksida yang dibuang sebagai hasil proses pembakaran selanjutnya didaur-ulang oleh tumbuhan, dan hal ini menjadikan jalan penyelesaian pada berbagai masalah lingkungan (Gambar 1).



Gambar 2.1 Daur ulang yang terjadi dalam penggunaan bahan bakar-bio sebagai salah satu bahan bakar alternatif (US DOE-NREL, 2000).

Di Brazil saat ini etanol digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Produksi di Brazil mendekati 12 juta liter per tahun. Selain tidak terlalu mencemari dibandingkan bensin, etanol merupakan bahan bakar yang dapat diproduksi dari sumber daya alam yang dapat diperbarui. Gula tebu digunakan sebagai bahan baku pada proses fermentasi dan harga etanol tergantung pada ongkos produksi serta harus kompetitif jika akan digunakan sebagai bahan bakar (Wendhausen *et al*., 2001; Berg, 2004). Oleh karena itu, sangat penting untuk mengembangkan teknologi baru dan penerapannya untuk meningkatkan hasil proses fermentasi alkohol.

Pemanfaatan selulosa yang sangat melimpah masih jarang dilakukan karena sifatnya yang sulit untuk dihidrolisis. Padahal, selulosa merupakan sumber glukosa yang sangat potensial untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan etanol. Sebagai contoh, bahan lignoselulosa yang merupakan limbah dari industri kehutanan, merupakan bahan yang sangat menjanjikan di beberapa negara dapat digunakan sebagai sumber gula yang dapat difermentasi. Sehingga jika pemanfaatan selulosa dapat dilakukan secara optimal, maka biaya produksi etanol dapat ditekan seminimal mungkin.

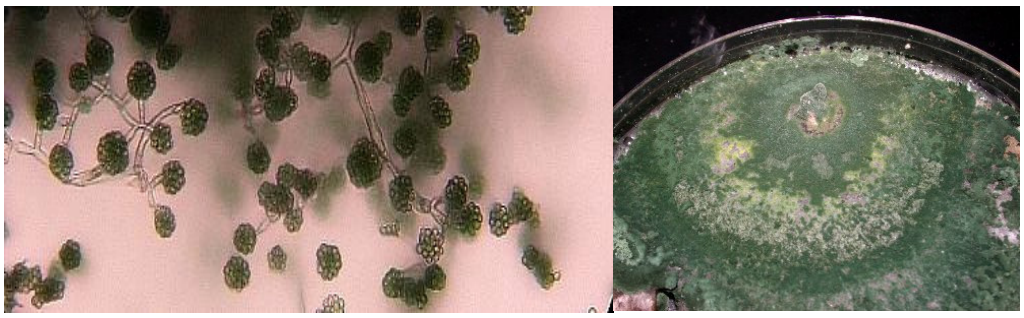
Etanol yang diproduksi dengan bantuan mikroorganisme dari sumber yang dapat diperbarui merupakan hal yang menarik sebagai alternatif bahan bakar fosil, mengingat permintaan saat ini untuk mengurangi emisi CO_2. *Saccharomyces cerevisiae* yang dikenal akan kemudahan dan ketahanannya akan etanol, digunakan di seluruh dunia untuk memproduksi etanol dengan tujuan yang berbeda-beda. Karena ragi *S. cerevisiae* tidak dapat menggunakan material selulosik sebagai sumber karbon dan mengubahnya menjadi etanol, maka harus dilakukan proses sakarifikasi dari material selulosik menjadi glukosa sebelum produksi etanol.

Mikroorganisme selulolitik memainkan peranan penting dalam biosfir dengan mendaur-ulang selulosa (Leschine**,** 1995). Mikroorganisme jenis ini juga penting dalam beberapa proses fermentasi dalam industri, terutama dalam penghancuran limbah selulosa secara anaerob, sehingga menghasilkan lignoselulosa dengan persentase tinggi (Cailliez *et al***.,** 1993). Metode yang digunakan untuk penanganan limbah adalah dengan membuang dan membakar zat-zat yang memberikan pengaruh gas rumah kaca.

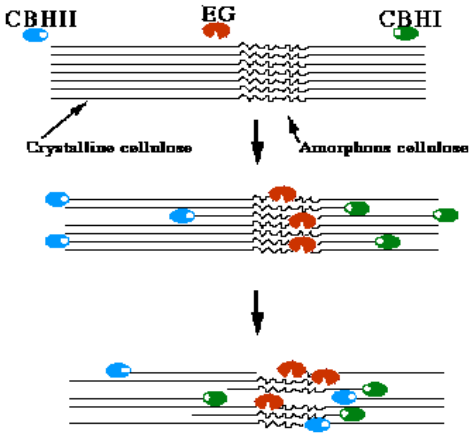
Salah satu mikroba yang telah dikenal luas menghasilkan enzim-enzim pemecah material selulosik adalah *Trichoderma viride*. *T. viride* (Gambar 2.2) adalah kapang berfilamen yang sangat dikenal sebagai organisme selulolitik dan menghasilkan enzim-enzim selulolitik, termasuk endoglukanase, eksoselobiohidrolase, dan β-glikosidase. Ketiga enzim ini bekerja secara sinergis dalam mendegradasi selulosa .

Beldman *et al*. (1985) mengungkapkan bahwa *T. viride* menghasilkan 10 jenis enzim selulolitik yang bekerja secara sinergis dalam memecah material selulosa. Enzim-enzim tersebut terdiri dari 6 jenis Endoglukanase (Endo I;II;III;IV;V;VI), 3 jenis eksoglukanase (Exo I;II;III) dan 1 jenis β-glukosidase. Endoglukanase dapat

menghidrolisis selulosa amorf yang bersifat larut secara acak. Selobiohidrolase dapat mendegradasi selulosa kristalin dan menghasilkan selobiosa dari ujung pereduksi dan non-pereduksi. Dua jenis enzim ini bekerja secara sinergis dalam mendegradasi selulosa menjadi selobiosa dan selooligosakarida pendek lainnya. β-Glukosidase menghidrolisis selobiosa dan selooligosakarida lainnya yang dihasilkan selulase menjadi glukosa (Gambar 2.3).



Gambar 2.2 *Trichoderma viride* (Volk, 2004)



Gambar 2.3 Sinergisme pemecahan selulosa oleh enzim selulolitik (Tjernald, 2002).

Dalam degradasi selulosa, keberadaan xylan menjadi salah satu masalah dalam efisiensi hidrolisis. Kelebihan dari *T. viride* selain menghasilkan enzim selulolitik yang lengkap, kapang ini pun menghasilkan enzim xyloglukanolitik (Tribak *et al.*, 2002). Keberadaan enzim ini akan semakin mempermudah enzim selulolitik dalam memecah material selulosa.

III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efisiensi degradasi enzimatik selulosa yang berasal dari batang pohon pisang oleh kapang *Trichoderma viride* sehingga dihasilkan gukosa yang nantinya diharapkan akan dapat digunakan untuk memproduksi etanol.

3.2. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi data awal untuk pengembangan sumber energi alternatif ramah lingkungan yang berbasis selulosa.

IV. METODE PENELITIAN

4.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Biokimia Jurusan Kimia FMIPA Unpad Jl. Singaperbanga No. 2 Bandung, sejak bulan April – November 2007.

4.2. Bahan dan Alat

Bahan penelitian yang digunakan adalah batang pohon pisang raja yang diperoleh dari daerah Batujajar, Bandung. Kapang *Trichoderma viride* yang aktif menghasilkan enzim selulase berperan sebagai penghasil glukosa merupakan koleksi dari Laboratorium Biokimia KPP Bioteknologi ITB dan semua mikroba dipelihara dan diregenerasi di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran Bandung (FMIPA-Unpad).

Bahan kimia yang digunakan terdiri dari: asam klorida, asam sulfat, amonium molibdat, amonium sulfat, besi sulfat heksahidrat, dinitro arsen sulfat, glukosa, kalium hidrogenfosfat, kalium klorida, kalium-natrium tartarat, kobal klorida, magnesium sulfat heksahidrat, mangan sulfat, natrium bikarbonat, natrium hidroksida, natriun hidroarsen sulfat, natrium karbonat, natrium klorida, bacto pepton, sukrosa, seng sulfat, tween 80 dan lain-lain.

4.3. Pelaksanaan Penelitian

4.3.1 Penentuan komposisi kimia batang pisang

4.3.1.1 Penentuan kadar selulosa

Sebanyak 1 g batang pisang ditambahkan 5 mL NaOH 17,5% pada suhu 20°C. Kemudian dimaserasi selama 5 menit. Ditambahkan NaOH 17,5% sebanyak 2 kali dengan masing-masing dibiarkan selama 45 dan 15 menit. Campuran dibiarkan selama 3 menit. Ditambahkan 3,3 mL NaOH 17,5% dan diaduk selama 10 menit. Ditambahkan 3x33 mL NaOH 17,5% setelah 2,5; 5,0; 7,5 menit, kemudian dibiarkan selama 30 menit dalam keadaan tertutup. Air suling ditambahkan sebanyak 33 mL kemudian dibiarkan selama 30 menit. Endapan disaring dengan menggunakan corong buchner dan dicuci dengan 5 mL NaOH 8,3%. Kemudian dicuci lagi dengan 5 x 16,7 mL air suling (filtrat digunakan untuk pengujian selulosa β dan γ). Dicuci dengan

133,3 mL air suling dan ditambahkan asam asetat 2 N, diaduk selama 5 menit. Dicuci dengan air suling sampai bebas asam. Dikeringkan dan ditimbang beratnya.

Untuk pengujian selulosa β dan γ , filtrat dipindahkan kedalam labu ukur, diencerkan sampai volume 166,7 mL. Kemudian dipipet sebanyak 16,67 mL kedalam erlenmeyer 250 mL. Ditambahkan 3,3 mL $K_2Cr_2O_7$ 0,4 N, 30 mL H_2SO_4 pekat. Dipanaskan sambil diaduk selama 10 menit. Setelah dingin ditambah 166,7 mL air suling. Kalium iodida ditambahkan sebanyak 0,66 g, diaduk dan dibiarkan selama 5 menit. Dititrasi dengan 0,1 N natrium tiosulfat, kemudian ditambahkan larutan kanji. Titik akhir terjadi pada perubahan warna biru tua ke hijau muda. Blanko dibuat dengan penambahan 16,67 mL NaOH 0,5 N.

4.3.1.2 Penentuan kadar lignin

Sebanyak 1 g batang pisang ditambahkan 15 mL H_2SO_4 72% kemudian dipanaskan selama 8 jam. Dipindahkan dalam labu ukur 1000 mL , lalu diencerkan sampai 560 mL. Dipanaskan selama 4 jam pada 60°C. Endapan disaring dengan kertas saring yang diketahui beratnya, lalu dicuci dengan air panas. Dikeringkan pada suhu 100°C kemudian ditimbang.

4.3.2 Penentuan kondisi optimum hidrolisis ezimatik selulosa

Sebanyak 2,5 g batang pisang dilarutkan dalam 25 mL medium produksi yang komposisinya dapat dilihat pada Lampiran 2. pH optimum ditentukan pada rentang 4,2; 4,6; 5,0; 5,4; 5,8 (substrat kasar, suhu ruang, waktu inkubasi 9 hari). Ukuran partikel substrat optimum adalah 20; 60; 80; 100 mesh (pH 4,5, suhu ruang, substrat kasar, waktu inkubasi 9 hari). Suhu optimum ditentukan pada 25; 35; 45; 55; 65°C (pH 4,5, suhu ruang, substrat kasar, waktu inkubasi 9 hari). Konsentrasi substrat optimum dengan variasi 2; 4; 6; 8; 10% (pH 4,5, suhu ruang, ukuran partikel 100 mesh, waktu inkubasi 9 hari).

Waktu inkubasi optimum dibuat dengan 10 g batang pisang dalam 100 mL, menggunakan kultur inokulum 10% dari volume media. Kondisi pH 5, ukuran partikel substrat 100 mesh, suhu ruang, dengan waktu inkubasi 9 hari.

4.3.3 Penentuan pengaruh preparasi untuk produksi glukosa

Tipe substrat pertama adalah sampel yang dipreparasi dengan jamur *P. chrysosporium.* Sampel diinkubasi pada medium jamur setelah rentang waktu 2 hari sampel dipisahkan dari filtrat kemudian disaring dan dikeringkan untuk digunanakan pada medium *T. viride*.

Tipe substrat kedua adalah sampel yang diautoklaf dengan NaOH 1% selama 1 jam, kemudian dicuci dengan air hingga netral. Sampel ini dikeringkan dan selanjutnya diinkubasi pada medium *T. viride*. Kondisi untuk penentuan tipe substrat adalah pH 5, suhu ruang, ukuran partikel 100 mesh, konsentrasi 6%, waktu inkubasi 8 hari.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Komposisi Kimia Batang Pisang

Hasil analisis komposisi kimia batang pisang (*Musa paradisiaca*) dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Komposisi kimia batang pisang per gram berat kering batang pisang.

Komponen	Kandungan (%)
Selulosa α, β, γ	40,1%
Lignin	17,8%

Data tersebut menunjukkan bahwa kandungan selulosa pada batang pisang cukup tinggi (sekitar 0,4 g selulosa dalam 1 gram batang pisang kering). Kandungan ini cukup baik untuk poduksi glukosa.

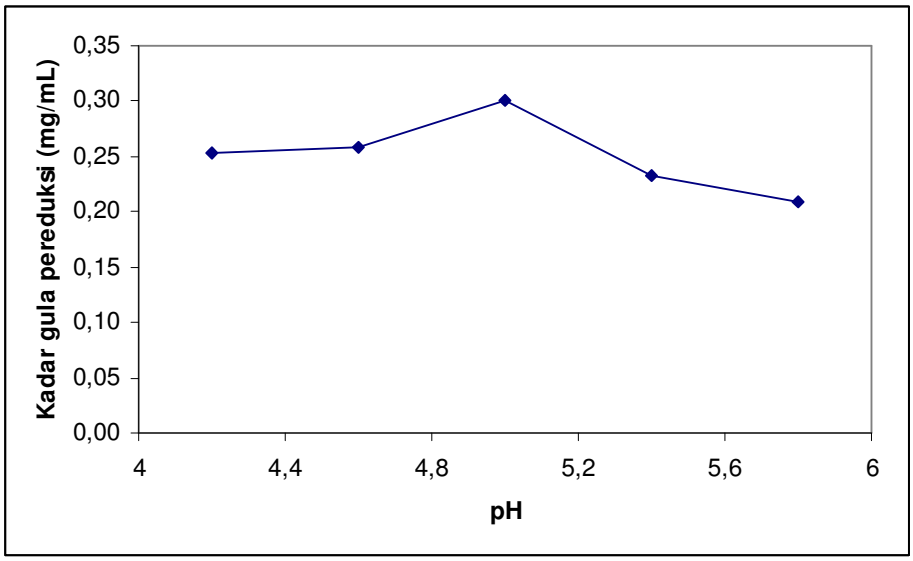
Kandungan lignin yang cukup tinggi akan mempengaruhi proses hidrolisis enzimatik. Ikatan silang dari struktur aromatik lignin dapat memperlambat penetrasi oleh enzim, oleh karena itu diperlukan adanya preparasi mekanik ataupun kimiawi untuk mempermudah kontak antara enzim dengan substrat (Sun, 2002).

5.2 Penentuan Kondisi Optimum Hidrolisis Enzimatik Selulosa

5.2.1 pH optimum

Kondisi pH awal medium diatur pada rentang 4,2 – 5,8. Pada Gambar 4.1 kadar gula pereduksi tertinggi terbentuk pada pH 5,0, dengan jumLah gula pereduksi yang dihasilkan sebanyak 0,3014 mg/mL.

Kondisi pH optimum untuk jamur penghasil selulase umumnya bersifat asam. Hal ini sesuai dengan pernyataan Susilawati dkk. (2002) yang menyatakan bahwa pH optimum aktivitas enzim selulase berkiasar pada pH 4,5 – 6,5. Pada umumnya enzim hanya aktif pada kisaran pH yang terbatas. Grifin *et al.* (1974) juga memberikan hasil yang serupa dimana pH optimum untuk pertumbuhan jamur *T. viride* pada substrat limbah ternak adalah 5 dengan aktivitas Fp-ase sekitar 5,8 Unit.

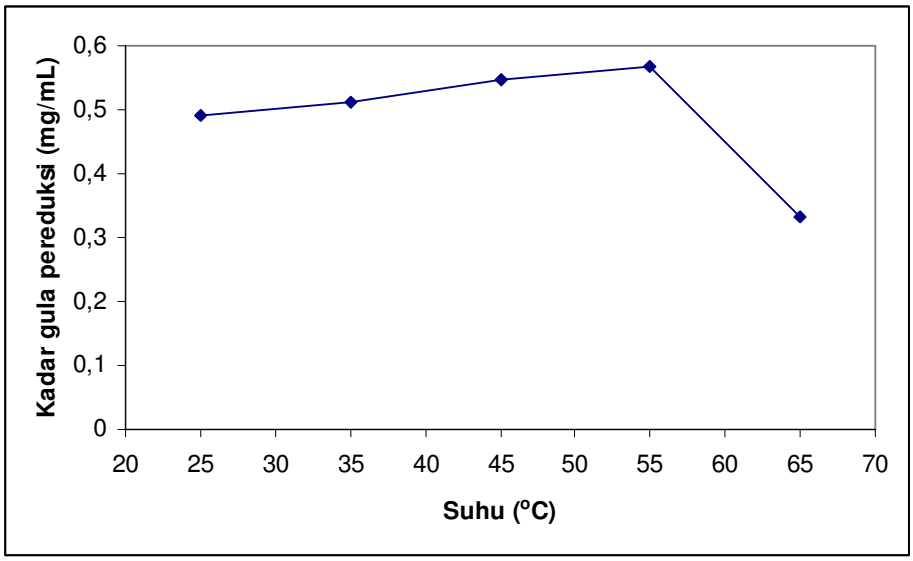


Gambar 5.1 Kadar gula pereduksi hasil hidrolisis batang pohon pisang menggunakan *T. viride* pada suhu ruangan, waktu inkubasi 9 hari, dengan variasi pH 4,2; 4,6; 5; 5,4 dan 5,8.

Kompleks enzim selulase yang terdapat pada *T. viride* seperti endoglukanase dan eksoglukanase memiliki komponen asam amino bersifat asam paling dominan. Asam amino seperti asam aspartat dan asam glutamat terkandung masing-masing sekitar 19,6% dan 20,9% pada endoglukanase dan eksoglukanase (Hakansson *et al*., 1979 & Berghem *et al.*, 1975). Oleh karena itu, jamur ini lebih stabil bekerja pada rentang pH asam karena terpengaruh oleh komposisi asam amino dari enzimnya.

5.2.2 Suhu optimum

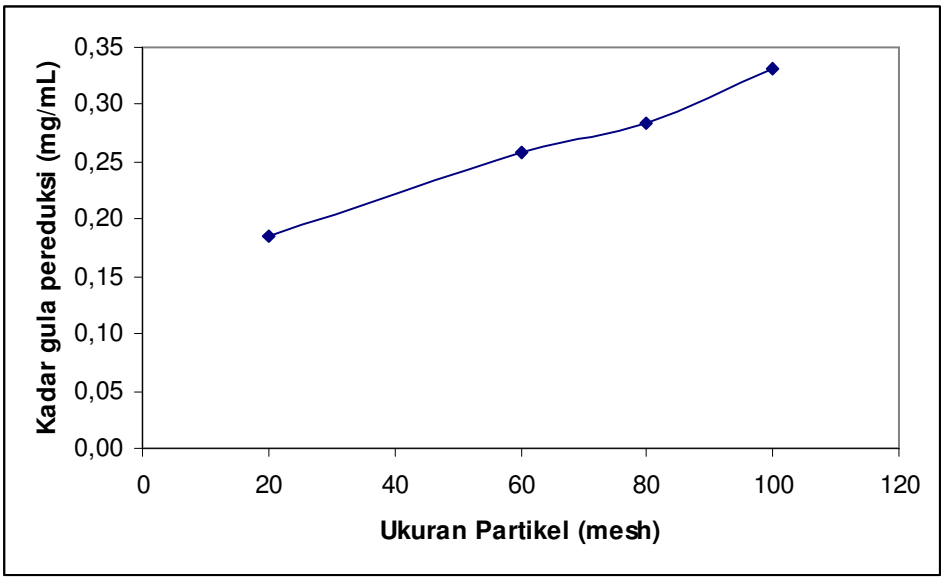
Jamur *T. viride* tumbuh baik pada suhu 55^0C dengan menghasilkan kadar gula pereduksi paling tinggi, yaitu sebesar 0,5676 mg/mL. Dilihat dari ketahanan terhadap suhu tinggi maka jamur ini termasuk golongan termofilik yang tumbuh baik pada suhu 50-60^0C (Susilawati dkk., 2002). Aktivitas meningkat dengan bertambahnya suhu, namun setelah melewati suhu 55^0C aktivitas menurun.



Gambar 5.2 Kadar gula pereduksi hasil hidrolisis batang pohon pisang menggunakan *T. viride* dengan waktu inkubasi 9 hari, pH 4,5 dan dengan variasi suhu pada 25; 35; 45; 55; 65^0C.

5.2.3 Ukuran partikel substrat optimum

Ukuran partikel substrat batang pisang berpengaruh terhadap kerja dari enzim selulase yang bekerja memecah selulosa menjadi glukosa. Seperti terlihat pada Gambar 5.3 bahwa substrat berukuran 100 mesh merupakan substrat yang paling baik untuk produksi glukosa dengan kadar gula pereduksi 0,331 mg/mL.



Gambar 5.3 Kadar gula pereduksi hasil hidrolisis batang pohon pisang menggunakan *T. viride* dengan substrat berukuran 20, 60, 80, 100 mesh pada medium dengan pH 4,5, suhu ruangan, waktu inkubasi 9 hari.

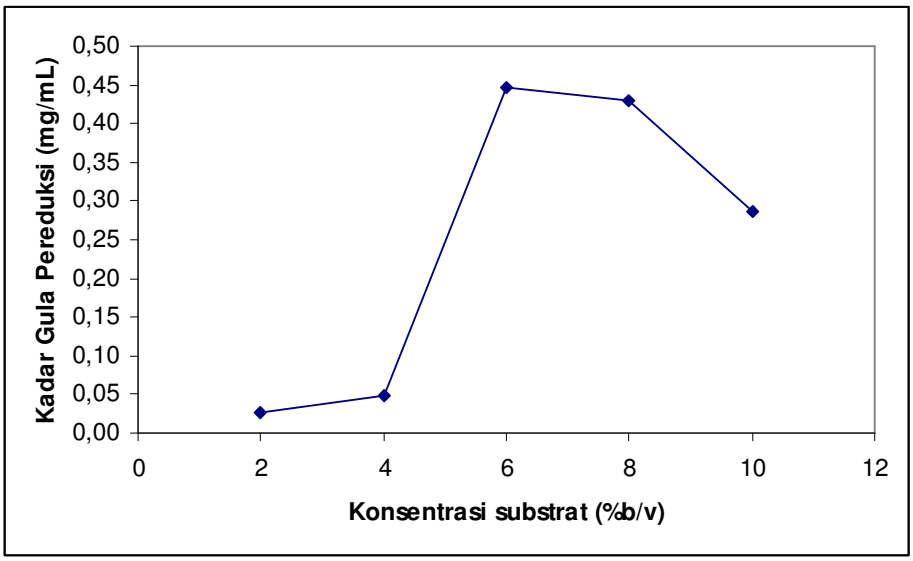
Semakin kecil ukuran partikel substrat maka semakin mudah enzim diproduksi. Kontak permukaan yang terjadi antara enzim dengan substrat semakin besar dan lebih sering terjadi apabila ukuran partikelnya semakin kecil.

Penelitian yang dilakukan oleh Sun (2002), juga menunjukkan bahwa kecepatan sakarifikasi oleh selulase *T. viride* pada limbah padat berukuran 200 mesh meningkat sebanyak 11% dibandingkan substrat yang tidak dihancurkan.

5.2.4 Konsentrasi substrat optimum

Pada Gambar 4.4 dapat dilihat kadar gula pereduksi pada berbagai konsentrasi substrat batang pisang tanpa perlakuan awal.

Besarnya konsentrasi substrat batang pisang berpengaruh terhadap produksi enzim selulase. Konsentrasi optimum untuk pertumbuhan jamur *T. viride* adalah pada konsentrasi 6%. Penurunan aktivitas terjadi pada konsentrasi lebih dari 6%. Hal ini disebabkan jamur aerob tumbuh kurang baik pada media yang terlalu pekat, kondisi ini menyebabkan oksigen terlarut rendah.



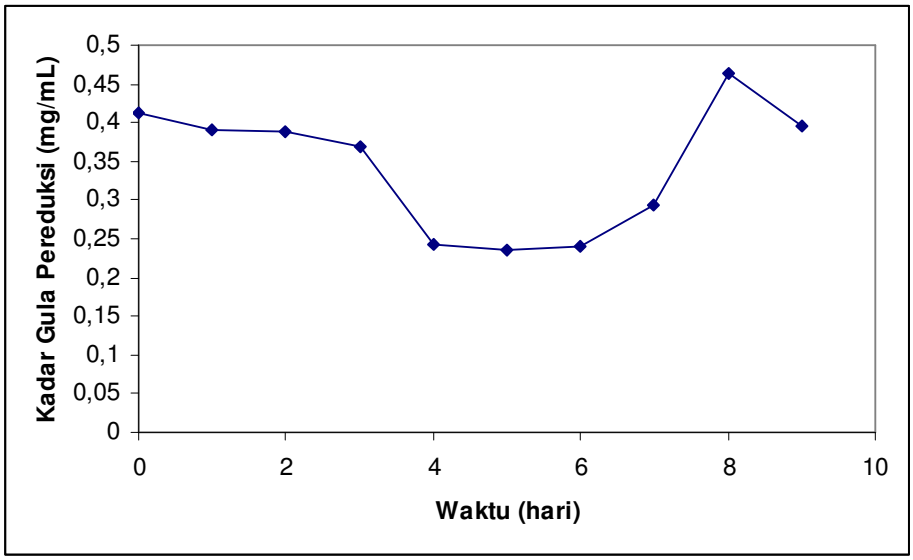
Gambar 5.4 Kadar gula pereduksi yang dihasilkan dengan hidrolisis menggunakan *T. viride* menggunkan varasi konsentrasi substrat 2, 4, 6, 8, dan 10% b/v, pada pH 5, suhu ruang, ukuran partikel substrat 100 mesh, waktu inkubasi 9 hari.

Penelitian yang dilakukan oleh Liaw & Penner (1990), menggunakan Avisel (selulosa kristal murni) dan jamur *T. viride*, mendapatkan kadar gula pereduksi tertinggi pada konsentrasi 2%. Pada penelitian ini diperoleh kadar gula pereduksi tertinggi pada konsentrasi substrat 6% (berat kering/volume media). Dengan kadar selulosa total yang terdapat pada batang pisang sebesar 40%, maka jumLah selulosa yang terdapat dalam substrat setara dengan ±2% selulosa murni.

Konsentrasi lebih tinggi dari optimum akan menginhibisi kerja enzim selulase. Saat produk glukosa dihasilkan dalam jumLah yang banyak, sel akan menghentikan metabolisme dan mengurangi produksi enzim karena ketersedian glukosa meningkat (Katz & Reese, 1968).

5.2.5 Waktu inkubasi optimum

Kadar gula pereduksi yang tertinggi selama selang waktu inkubasi 9 hari adalah dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Kadar gula pereduksi yang dihasilkan dengan hidrolisis menggunakan *T. viride* pada berbagai waktu inkubasi. Kondisi inkubasi yang digunakan adalah: konsentrasi substrat 6% b/v, pada pH 5, suhu ruang, ukuran partikel substrat 100 mesh.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perlakuan waktu inkubasi yang berbeda memberikan aktivitas selulase yang berbeda pula. Pada 0 hari dan 1 hari telah terdapat aktivitas enzim yang tinggi yang diduga berasal dari kultur inokulum berusia 2 hari. Pada media inokulum batang pisang konsentrasi 1%, diperkirakan jamur telah

menggunakannya sebagai sumber karbon. Pemberian batang pisang bertujuan agar jamur beradaptasi lebih mudah saat memasuki medium untuk produksi glukosa. Selain itu, kadar glukosa yang tinggi pada awal inkubasi dapat disebabkan oleh adanya glukosa hasil preparasi secara mekanik, yaitu *dry milling* dimana penghancuran sampel terjadi pada keadaan kering (Chaplin, 2006). Diketahui bahwa kadar glukosa dari 6% serbuk batang pisang (hasil penyaringan) yang dilarutkan dalam 60 mL air adalah 0,1319 mg/mL. Hal ini menyebabkan adanya akumulasi kadar glukosa pada awal inkubasi yang bukan berasal dari hidrolisis enzimatik.

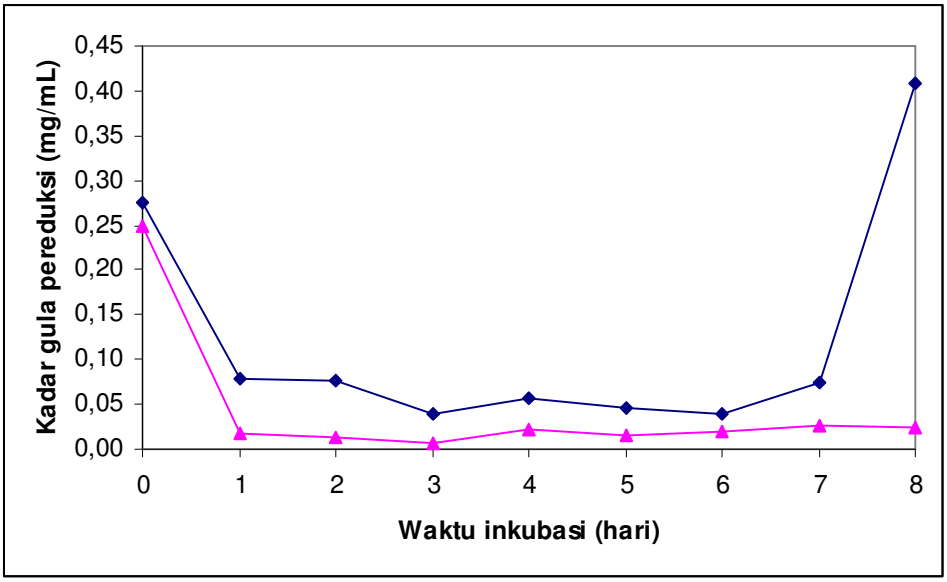
Dari data tersebut diketahui bahwa waktu inkubasi optimum untuk degradasi selulosa oleh *T. viride* berkisar antara 6-14 hari. Penelitian yang dilakukan Aulani'am dkk. (1997), menunjukan bahwa substrat CMC 5% dapat menghasilkan kadar gula pereduksi yang tinggi pada waktu inkubasi 6 hari. Ramadani (1994) telah melakukan penelitian mengenai waktu inkubasi optimum *T. viride* untuk substrat batang semu pisang klutuk, yang hasilnya menunjukkan bahwa aktivitas selulase tertinggi berada pada waktu inkubasi 9 hari. Iyayi & Aderolu (2004) telah mendapatkan peningkatan kadar gula terlarut pada substrat dedak beras setelah dikulturkan pada jamur *T. viride* selama 14 hari.

Kadar gula pereduksi sebanding dengan aktivitas selulase, menunjukkan bahwa peningkatan jumLah glukosa dalam media akan berpengaruh terhadap besarnya jumLah gula pereduksi. Dalam hal ini selobiosa dan selooligosakarida (gula pereduksi), akan dipecah oleh betaglukosidase menjadi molekul glukosa. Semakin banyak molekul selobiosa atau selooligosakarida yang dipecah maka semakin banyak pula kadar glukosanya. Selain selobiosa atau selooligosakarida, gula pereduksi lain yang dihasilkan selama proses inkubasi adalah xilosa. Xilosa dihasilkan dari komponen biomassa setelah dibantu katalisisnya oleh xilase dari *T. viride*. Xilase dari jamur ini telah digunakan untuk penanganan limbah hemiselulosa oleh Biely (1985) dan menunjukan hasil yang cukup baik untuk produksi xilosa.

5.3 Pengaruh Preparasi Substrat terhadap Poduksi Glukosa

Pengaruh preparasi terhadap substrat batang pisang dapat dilihat pada Gambar 5.6 Aktivitas dan kadar gula pereduksi dari substrat hasil preparasi dengan *Phanerocheate chrysosporium* lebih rendah nilainya dibandingkan dengan sampel hasil preparasi dengan NaOH. Pada hari ke-8, kadar gula pereduksi yang sampelnya dipreparasi

dengan NaOH memiliki kadar gula pereduksi yang tinggi dibandingkan dengan sampel tanpa preparasi dan preparasi dengan *P. chrysosporium*.



Gambar 5.6 Kadar gula pereduksi yang dihasilkan dengan hidrolisis menggunakan *T. viride* dengan substrat hasil preparasi oleh NaOH (♦) dan *P. chrysosporium* (▲). Kondisi yang digunakan adalah pH 5, suhu ruang, ukuran partikel 100 mesh, konsentrasi 6%, waktu inkubasi 8 hari.

Telah dilaporkan bahwa jamur *white rot* seperti *P. chrysosporium* dapat mendegadasi lignin dan materi hemiselulosa lainnya. Penyeragan oleh jamur ini pada bagian selulosa dan lignin akan mempermudah penetrasi selulase untuk mengawali penyerangan terhadap molekul selulosa. Jamur ini menghasilkan enzim pendegradasi lignin seperti lignin peroksidase dan mangan peroksidase selama metabolisme sekunder saat merespon sedikitnya jumLah karbon dan nitrogen. Selain kedua enzim tersebut, jamur ini menghasilkan selulase, lakase juga polifenol oksidase (Sun, 2002).

Batang pisang yang kaya akan selulosa berpotensi untuk produksi enzim selulase. Saat proses inkubasi, jamur *P. chrysosporium* mengekskresikan selulase (Sternberg, 1975). Hal ini dibuktikan dengan keberadaan glukosa di akhir inkubasi sebesar 0,51 mg/mL. Kadar glukosa rendah yang dihasilkan selama proses inkubasi dengan *T. viride* dapat diakibatkan oleh sedikitnya sumber karbon (kandungan selulosa yang rendah) pada medium fermentasi karena terlebih dahulu telah digunakan oleh jamur *P. chrysosporium*.

Aktivitas dan kadar gula pereduksi lebih besar untuk batang pisang hasil preparasi dengan 1% NaOH saat diinkubasikan pada jamur *T. viride*. Hal ini dikarenakan

adanya safonifikasi ikatan ester dari residu lignin atau hemiselulosa menjadi lebih terbuka menyebabkan struktur selulosa lebih mudah untuk diakses oleh enzim. Apabila hal ini terjadi maka hidrolisis selulosa ke dalam glukosa akan lebih mudah. Selain itu preparasi ini juga dapat menurunkan derajat polimeriasi dan kistalinitas dari struktur selulosa (Sun, 2002).

Enzim selulase dari *T. viride* memiliki kemampuan yang rendah untuk mengakses substrat batang pisang meskipun telah dilakukan preparasi dengan 1% NaOH. Masih tingginya keberadaan molekul lignin dalam sampel batang pisang yang kemudian menyebabkan enzim kesulitan untuk melakukan penyerangan terhadap molekul selulosa. Lignin mengelilingi keseluruhan molekul selulosa sehingga lebih terlindungi. Berat molekul lignin yang tinggi mencegah enzim dapat masuk ke bagian dalam struktur biomassa selulosik (Lankinen, 2004).

Penggunaan metode preparasi lain untuk membantu menghilangkan residu lignin seperti autohidrolisis, eksplosi amonia dan CO_2, ozonolisis dapat dilakukan agar hidrolisis enzimatik dapat berlangsung lebih mudah. Proses ozonolisis, sejauh ini dikenal sebagai jenis preparasi yang paling baik, karena dapat meningkatkan efisiensi hidrolisis enzimatik dari 0% menjadi 57% (Sun, 2002).

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian diperoleh menunjukkan bahwa :

1. Kondisi optimum untuk hidrolisis batang pisang oleh *T. viride* adalah pH awal media 5, suhu 55°C, ukuran partikel substrat 100 mesh, konsentrasi substrat 6% (b/v) dengan waktu inkubasi selama 8 hari.
2. Tipe substrat hasil preparasi dengan NaOH menghasilkan kadar gula pereduksi tinggi yaitu sebesar 0,408 mg/mL dibandingkan dengan sampel hasil preparasi dengan jamur *P. chrysosporium* yaitu sebesar dan 0,024 mg/mL.

6.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai efisiensi hidrolisis enzimatik selulosa dengan sumber selulase yang lebih baik seperti penggunaan strain lain dari *T. viride* atau pemanfaatan kultur campuran dari dua jenis jamur agar kompleks enzim selulase bekerja dengan daya katalisis tinggi sehingga pemanfaatan berbagai macam sumber selulosa dapat dilakukan dengan optimum.

DAFTAR PUSTAKA

Aulanni'am, B.C., Warsito, A.P. & Mahdi, C. 1997. Optimasi medium shake flask culture untuk produksi ezim selulase dari *T.viride* bebas & amobil. *Jurnal penelitian ilmu-ilmu teknik*. 9: 25-34.

Beldman, G., Searle-Van Leeuwen, M. F. Rombouts, F. M, Voragen, F. G. 1985. The cellulase of *Trichoderma viride*. Purification, characterization and comparison of all detectable endoglucanases, exoglucanases and beta- glucosidases. *Eur. J. Biochem*. 146: 301-308.

Berg, C. 2004. *World fuel ethanol analysis and outlook*. http://www.distill.com/world-fuel-ethanol-A&O-2004.html

Berghem, L.E.R., Pettersson, L.G. & Axio-Fredriksson, U.B. 1975. The mechanism of enzymatic cellulose degradation: characterization and enzymatic properties of a β-1,4-glucan cellobiohydrolase from *Trichoderma viride*. *J. Eur. Biochem*. 53: 55-62.

Biely, P. 1985**.** Microbial xylanolytic systems. *Trends Biotechnol*. 3: 286-290

Cailliez, C., L. Benoit, E. Gelhaye, H. Petitdemange, G. Raval. 1993. Solubilization of cellulose by mesophilic cellulolytic clostridia isolated from a municipal solid-waste digester. *Bioresource. Technol*. 43:77–83.

Chaplin, M. 2006. *Cellulose*. http://www.isbu.ac.uk/water/.

Graf, A. & Koehler, T. 2000. *Oregon Cellulose-Ethanol study. An Evaluation of the potential for ethanol production in Oregon using cellulose-based feedstock*. Oregon Office of Energy. Oregon.

Griffin, H.L., Sloneker J.H. & Inglett, G.E. 1974. Cellulase production by *Trichoderma viride* on feedlot waste. *J. Am. O. Microbiology. Soc*. 27: 1061-1066.

Hakansson, U., Fagerstam, L.G., Pettersson, L.G. & Andersson, L. 1979. A 1,4-β-glucan glucanohydrolase from the cellulolytic fungus *Trichoderma viride* QM 9414. *J. Eur. Biochem*. 179: 141-149.

Katz, M. & Reese, E.T. 1968. Production of glucose by enzymatic hydrolysis of cellulose. *J. Am. O. Microbiology. Soc*. 16: 419-420.

Iyayi, E.A & Aderolu, Z.A. 2004. Enhancement of the feeding value of some agroindustrial by-products for laying hens after their solid state fermentation with *Trichoderma viride*. *J. African. Biotech*. 3:182-185

Lankinen, P. 2004. Ligninolytic enzymes of the basidiomycetous fungi *Agaricus bisporus* and *Phlebia radiata* on lignocellulose-containing media. Dissertation in microbiology. University of Helsink. Helsinki.

Leschine, S. B. 1995. Cellulose degradation in anaerobic environments. *Annu. Rev. Microbiol*. 49:399–426.

Liaw, E.T & Penner, M.H. 1990. Substrate-velocity relationships for the *Trichoderma viride* cellulase-catalyzed hydrolysis of cellulose. *J. Am. O. Microbiology. Soc*. 56: 2311-2318.

Ramadani, L. 1994. Penggunaan limbah batang semu pisang sebagai substrat untuk produksi enzim selulase oleh *Trichoderma viride* pers. TO 4 dan *Penicillium vermiculatum* dangeard 9 AA1. Tesis. Departemen Biologi, ITB. Bandung.

Sternberg, D. 1975. β-Glucosidase of Trichoderma: Its biosynthesis and role in saccharification of cellulose. *J. Am. O. Microbiology. Soc*. 31: 648-654.

Sun, Y. 2002. Enzymatic hydrolysis of Rye straw and Bermudagrass for ethanol production. Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy. Departenment of Biological and Agricultural Engineering, North Carolina State University. North Carolina.

Susilawati, D.N., Rosmimik, Saraswati, R., Simanungkalit, R .D.M. & Gunarto, L. 2002. Koleksi, karakterisasi, dan preservasi mikroba penyubur tanah dan perombak bahan organik. Prosiding seminar hasil penelitian rintisan dan bioteknologi tanaman. Balai penelitian bioteknologi dan sumberdaya genetik pertanian.

Tjerneld, F. 2002. *Degradation of cellulose*. http://www.biokem.lu.se/tjerneld/html/ cellulase.htm

Tribak, M., Ocampo, J. A., Garcia-Romera, I. 2002. Production of xyloglucanolytic enzymes by *Trichoderma viride*, *Paecilomyces farinosus*, *Wardomyces inflatus*, and *Pleurotus ostreatus*. *Mycologia*. 3: 404-410

US DOE-NREL (US Department of Energy, National Renewable Energy Laboratory). 2000. *Biofuels. For Sustainable Transportation*. USA

Volk, T. J. 2004. *Trichoderma viride*, the dark green parasitic mold and maker of fungal-digested jeans. http://botit.botany.wisc.edu/toms_fungi/nov2004.htmL

Wendhausen, R., Fregonesi, A., Moran, P. J. S., Joekes, I., Rodrigues, J. A. R., Tonella, E., Althoff, K. 2001. Continous fermentation of sugar cane syrup using immobilized yeast cells. *J. Biosci. Bioeng.* 91: 48-52

White, J.G. 2000. Oregon perspective on cellulose-to-ethanol. Oregon Office of Energy. Oregon

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup Peneliti

Ketua Peneliti

Nama Lengkap dan gelar	**Tempat/tanggal lahir**
Dra. Dian Siti Kamara, M.Si.	Bandung, 6 Desember 1966

Pendidikan

Universitas/Institut dan Lokasi	Gelar	Tahun Selesai	Bidang Studi
Universitas Padjadjaran	Dra.	1990	Ilmu Kimia
Institut teknologi Bandung	M.Si.	2002	Kimia

Pengalaman kerja dalam penelitian dan pengalaman profesional serta kedudukan saat ini

Institusi	Jabatan	Periode Kerja
Universitas Padjadjaran	Dosen Biokimia	1991-sekarang

Daftar Publikasi dan riset yang relevan dengan proposal penelitian

1. Pemurnian enzim protease dari bakteri BAC-4 dengan metode kromatografi afinitas (Program Pascasarjana Unpad, 2002)
2. Isolasi dan karakterisasi transferin dari serum darah kuda (Lembaga Penelitian Unpad, 2003: Penelitian DIKS Unpad Tahun Anggaran 2003, Ketua Peneliti)
3. Analisis urutan nukleotida daerah hipervariabel I (HVI) DNA mitokondria pada suku Baduy untuk menentukan motif populasi suku sunda (Lembaga Penelitian Unpad, 2004: Penelitian DIKS Unpad tahun anggaran 2003, Ketua Peneliti)
4. Amplifikasi 0,4 kb daerah D-loop DNA mitokondria dari sel epitel rongga mulut untuk keperluan analisis forensik (Lembaga Penelitian Unpad, 2004: Penelitian DIK Unpad tahun anggaran 2004, Anggota peneliti)
5. Pengaruh Inokulasi *Azotobacter* terhadap Akumulasi Kadmium dan Pembentukan Fitokelatin pada Selada (Project Grant I-MHERE, 2007, ketua Peneliti)

Bandung, Desember 2005

Dian Siti Kamara, M.Si.
NIP. 131 929 820

Anggota Peneliti

Nama lengkap dan gelar
Saadah D. Rachman,M.Si.

Tempat dan tanggal lahir
Cirebon, 14 Maret 1956

Pendidikan

No	Universitas/Institut	Gelar	Tahun Selesai	Bidang Studi
1	Universitas Padjadjaran	Dra	1984	Kimia
2	ITB	M.Si.	1994	Biokimia

Pengalaman Kerja

Institusi	Jabatan	Periode Kerja
FMIPA Unpad	Staf Pengajar	1986-sekarang
FMIPA Unpad	Peneliti Biokimia	1986-sekarang

Daftar publikasi

1. Isolasi enzim bromelain dari limbah bonggol buah nanas dan penggunaannya untuk pembuatan minuman segar sejenis yoghurt (1991)
2. Pengolahan limbah cair pabrik tahu sengan saringan pasir (1992)
3. Isolasi enzim-enzim protease pankreatik dari pankreas ikan lele *Parasilurus asotus* (1993)
4. Meningkatkan aktivitas enzim α-amilase dari *Aspergilus niger* dengan cara iradiasi (1997)
5. Rasio protein asam/protein basa pada lateks Hevea brasiliensis klon WR101 (1999)
6. Isolasi dan karakterisasi senyawa antioksidan bekatul padi (2002)
7. Isolasi dan karakterisasi transferrin dari serum darah kuda (2003)
8. Ishmayana, S., Alli, Y. F., **Rachman, S. D**., Kamara, D. S. & Soedjanaatmadja, U. M. S. 2004. Aktivitas Proteolitik dari lutoid lateks pohon karet (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) Klon WR-101 dan PR-255. *Math. Nat. Acta.* 3(3): 8-20.

Bandung, Desember 2006

Saadah D. Rachman, M.Si.
NIP. 131 567 025

Anggota Peneliti

Nama lengkap dan gelar	**Tempat dan tanggal lahir**
Shabarni Gaffar MSi	Bukittinggi, 25 April 1971

Pendidikan

No	Universitas/Institut	Gelar	Tahun Selesai	Bidang Studi
1	Universitas Andalas	S.Si.	1995	Kimia
2	ITB	M.Si.	1998	Biokimia

Pengalaman Kerja

Institusi	Jabatan	Periode Kerja
FMIPA Unpad	Staf Pengajar	2005-sekarang

Pengalaman penelitian

No.	Judul Riset	Tahun
1.	Varian Normal Urutan DNA Mitokondria Manusia Indonesia dan Produk Translasinya	1997-1999
2.	Identifikasi Bakteri Termofilik di Indonesia Melalui Sekuensing Gen 16S rRNA	1999-2000
3.	Produksi Insulin dari Gen Insulin Sintetik	2003
4	Identification of Marine Organisms used as Traditional Medicine using 18s rRNA Sequences	2004-2005

Publikasi

Baker G. C., **Gaffar S.**, Cowon D. C., Suharto A. R., Microbial community analysis of Indonesian hot-springs. *FEMS Microbiol. Lett*. 2001 Jun 12; 200(1): 103-109.

Rachmayanti, R., **Gaffar, S.**, Puspasari, F., Rahardjo, J.T., Atiemah, E.S., Hernawan, T., Arbianto, P., dan Noer A.S., (2001), Analisis Variasi Fragmen 0,4 kb Daerah D-*loop* DNA Mitokondria Manusia dari Suku Sunda di Indonesia, *Kongres dan Simposium Perhimpunan Biokimia dan Biologi Molekuler Indonesia (PBBMI),* Juli 2001, Bogor, Indonesia.

Ratnayani, K., Noer, A. S., **Gaffar, S**., Puspasari, F., Rachmayanti, R., dan Atiemah, E.S., (2001), 15 Jenis Varian Normal Ditemukan pada Gen ND4 dan ND5 DNA Mitokondria 10 Individu Indonesia, *Kongres dan Simposium Perhimpunan Biokimia dan Biologi Molekuler Indonesia (PBBMI),* Juli 2001, Bogor, Indonesia

Rachmayanti, R., **Gaffar, S.**, Puspasari, F., Rahardjo, J.T., Atiemah, E.S., Hernawan, T., Arbianto, P., dan Noer A.S., (2000), Analisis Homologi Urutan 9746 pb Nukleotida D-loop DNA Mitokondria 22 Individu Indonesia: 2 Keluarga (3 Generasi) dan 10 Individu yang tidak Mempunyai Hubungan Keluarga, *Prosiding Seminar Kimia Bersama ITB-UKM IV*, Yogyakarta, Indonesia

Gaffar S , Varian Normal Urutan Nukleotida Fragment 0.4 kb Daerah D-loop DNA mitokondria Manusia Indonesia, *Thesis Magister*, 1998.

Bandung, Desember 2006

Shabarni Gaffar, M.Si
NIP. 132 313 560

Lampiran 2 Komposisi Media Pertumbuhan *T. viride*

- 1,1765 g kalium hidrogen fosfat
- 0,8235 g amonium sulfat
- 0,0588 g magnesium sulfat heksahidrat
- 0,1765 g kalsium klorida
- 0,4411 g pepton
- 1,1765 mL 1% Tween 80
- 0,8235 g seng sulfat
- 0,9411 g mangan sulfat terhidrat
- 1,1765 mg kobal klorida
- 0,088 g urea
- 0,0588 g natrium klorida
- 1,1765 mg tembaga klorida
- 60 mL air
- Tambahkan 0,1 N NaOH dan 0,1 N HCl untuk penentuan pH awal media.