

**PENGARUH KONSENTRASI ENZIM SELULASE, α -AMILASE DAN
GLUKOAMILASE TERHADAP KADAR GULA
REDUKSI DARI ONGGOK**

*(Effects Of Cellulase, α -Amylase, and Glucoamylase Enzyme Concentrations On Reduced
Sugar From Solid Cassava Waste)*

Sutikno^{1*}, Marniza¹, Selviana¹, Nanti Musita²

¹Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung
Jl. Prof. Dr. Soemantri Bojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

²Balai Riset dan Standarisasi Industri Bandar Lampung

Email korespondensi: sutikno@fp.unila.ac.id

Diterima : 29 September 2015

Disetujui : 12 Januari 2016

ABSTRACT

Solid cassava waste, by product of tapioca industries, contains fiber and starch which can be used as raw materials of bioethanol production. Both fiber and starch of the cassava solid waste are able to be enzymatically hydrolyzed into reduced sugar. The fiber is hydrolyzed with cellulase and the starch is hydrolyzed with α -amylase and glucoamylase. Objectives of this research were to find out cellulase, α -amylase, and glucoamylase concentrations yielding the highest concentration of reduced sugar. To achieve the objectives, the fiber of the cassava solid waste was hydrolyzed with 5, 10, 15, 20, and 25 FPU cellulase enzyme at 40°C, pH 4,8, and 200 rpm for 20 minutes. The cassava solid waste, which has been hydrolyzed with the best concentration of cellulase enzyme, was then hydrolyzed with 0,58; 1,15; and 1,37 μ L α -amylase and 1,1 μ L enzyme glucoamylase/g the cassava waste dry weight. The result showed that the best cellulase concentration was 25 FPU and yielded 32,19 mg reduced sugar / 100 mL. A combination of 1,15 μ L α -amylase dan 1,10 μ L glucoamylase/g the cassava waste dry weight was the best concentration of the enzymes and yielded 62,21 mg reduced sugar/100mL.

Key words : cellulase, α -amylase, glucoamylase, cassava solid waste.

ABSTRAK

Onggok merupakan limbah padat pada industri tapioka yang masih mengandung serat dan pati yang dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Serat onggok dapat dihidrolisis dengan enzim selulase, sedangkan pati onggok dapat dihidrolisis dengan enzim α -amilase dan enzim glukoamilase. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mendapatkan konsentrasi enzim selulase, α -amilase dan glukoamilase yang terbaik dalam menghasilkan kadar gula reduksi tertinggi dari onggok. Untuk mencapai tujuan tersebut, serat onggok dihidrolisis dengan 5, 10, 15, 20, dan 25 FPU enzim selulase pada suhu 40°C, pH 4,8 dan goyangan 200 rpm selama 20 menit. Onggok yang telah dihidrolisis oleh enzim selulase pada konsentrasi terbaik dihidrolisis lagi dengan 0,58; 1,15; dan 1,37 μ L enzim α -amilase dan 1,1 μ L enzim glukoamilase /g berat kering onggok dengan 3 kali ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi enzim selulase terbaik yaitu 25 FPU dan menghasilkan kadar gula reduksi sebesar 32,19 mg/100 mL. Hasil terbaik untuk kombinasi enzim α -amilase dan enzim glukoamilase terjadi pada konsentrasi 1,15 μ L dan 1,1 μ L per g berat kering onggok yang menghasilkan gula reduksi sebesar 62,21 mg/100 mL.

Kata kunci: selulase, α -amilase, glukoamilase, onggok.

PENDAHULUAN

Industri tapioka merupakan salah satu industri yang cukup banyak menghasilkan limbah padat berupa onggok. Onggok adalah limbah yang dihasilkan pada poses pengolahan singkong menjadi tapioka yang berupa limbah padat utama setelah pengepresan (Abbas *et al.*, 1985). Onggok yang dihasilkan dari proses pembuatan tapioka berkisar 5% – 10% dari bobot bahan bakunya (Lamiya dan Mareta, 2010). Jumlah onggok yang dihasilkan oleh industri tapioka dapat mencapai 30% (b/b) dari bahan baku (Djarwati dan Sukani, 1993). Jumlah onggok yang dihasilkan oleh pabrik tapioka di Provinsi Lampung yaitu 9.633.560 ton per tahun (BPS Provinsi Lampung, 2013).

Komposisi onggok dipengaruhi oleh lokasi penanaman, umur panen, varietas ubi kayu, dan proses ekstraksi yang digunakan (Fahmi, 2008). Onggok dari industri besar mengandung 14,54% serat kasar dan 60,60% pati (Nurhayati *et al.*, 2006), Supriyati (2003) melaporkan komposisi onggok dari industri besar mengandung 31,6% serat dan 51,8% pati. Onggok dari industri kecil yang mengandung serat kasar sebanyak 8,14% dan pati sebanyak 62,97% (Ciptadi, 1982).

Onggok dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol karena mengandung serat kasar dan pati yang tinggi (Wijayanti *et al.*, 2012); Juariah *et al.*, 2004). Onggok tidak dapat dikonversi secara langsung sebagai bahan baku bioetanol, tetapi perlu hidrolisis terlebih dahulu. Hidrolisis dapat dilakukan dengan katalis asam maupun enzimatis. Hidrolisis dengan katalis asam mempunyai kelemahan, antara lain memerlukan peralatan yang tahan korosi dan terbentuknya senyawa inhibitor seperti furfural, 5-hydroxymethylfurfural (HMF)

selama proses hidrolisis asam (Millati *et al.*, 2002). Hidrolisis enzimatis lebih efektif dilakukan karena katalis enzim bekerja secara spesifik sehingga hasil hidrolisis dapat dikendalikan, mencegah adanya reaksi sampingan, dan ramah lingkungan. Enzim yang digunakan untuk menghidrolisis serat adalah enzim selulase dan yang menghidrolisis pati adalah enzim α -amylase dan glukamilase. Hasil-hasil tersebut berupa gula reduksi yang akan dikonversi oleh *Saccaromyces cerviceae* untuk menghasilkan bioetanol.

Pemanfaatan onggok dari industri kecil telah dilaporkan oleh Silaputri (2011). Penelitian ini menghidrolisis onggok menjadi gula reduksi dengan menggunakan berbagai konsentrasi enzim selulase pada suhu 40°C dengan pH 4,8 selama 20 menit dan kecepatan 200 rpm mampu menghasilkan konsentrasi enzim selulase yang optimum pada 15 FPU sebesar 37,273 mg/100mL.

Untuk meningkatkan kadar gula reduksi pada onggok dari industri besar, selain menggunakan enzim selulase perlu dilakukan penambahan enzim α -amilase dan glukamilase yang diharapkan dapat meningkatkan kadar gula reduksi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi enzim selulase yang menghasilkan kadar gula reduksi tertinggi dari hidrolisis serat kasar onggok dan mendapatkan konsentrasi enzim α -amilase dan glukamilase yang menghasilkan kadar gula reduksi tertinggi dari hidrolisis pati onggok.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan antara lain *shaker inkubator* (YIH DER, LM-570D), *waterbath* (Polyscience), spektrofotometer UV 1601 (Shimadzu,

USA), mikropipet 1000 μ L (Thermo Scientific, Finnpiptette F3), oven (Philip Harris Ltd), timbangan 3 digit (Mettler M3000 Swiszerlan), *shifter shaker* (Endecotts EFL1 Sleeve Shaker) ukuran 60 mesh, hot plate (Cimerec3), dan pH-meter (Eutech).

Bahan baku utama yang digunakan yaitu onggok yang diperoleh dari PT. Umas Jaya Agrotama di Lampung Tengah, enzim α -amilase Thermamyl 120 l (Novo enzim), enzim glukamilase (Glukoamilase SAN 150 l) (Novo enzim) dan enzim selulase (SQzyme CS P-acid cellulase) (Suntag International) dengan aktivitas 37 FPU. Bahan kimia yang digunakan adalah Nelson A, Nelson B, arsenomolibdat, asam sitrat (Merck), Na_2CO_3 anhidrat (Merck), CuSO_4 (Merck), natrium tio sulfat 0,1 N (Merck), alkohol 96% (teknis), natrium sitrat (Merck), NaOH (Merck), HCl (Merck), H_2SO_4 (Merck).

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan dua tahapan, yaitu tahap pertama adalah hidrolisis onggok menggunakan enzim selulase yang terdiri dari 5 taraf konsentrasi (5, 10, 15, 20 dan 25 FPU) yang dilakukan sebanyak tiga kali ulangan pada suhu 40°C selama 20 menit dengan kecepatan 200 rpm. Perlakuan konsentrasi enzim selulase terbaik pada tahap pertama dilanjutkan ke tahap kedua. Tahap kedua adalah hidrolisis pati dari sisa hidrolisis tahap pertama dengan konsentrasi enzim α -amilase 0,58; 1,15; 1,37 μ l/g berat kering onggok pH 5,5 pada suhu 100°C selama 2 jam dan enzim glukamilase 1,1 μ l/g berat kering onggok pH 4,5 pada suhu 60°C selama 24 jam dengan kecepatan 200 rpm yang dilakukan

sebanyak tiga kali ulangan. Sampel yang telah dihidrolisis dengan berbagai perlakuan tersebut kemudian dianalisis kadar gula reduksinya, kadar serat sisa hidrolisis, dan kadar pati sisa hidrolisis. Data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, serta dianalisis secara deskriptif. Perbedaan perlakuan ditentukan dengan menggunakan standar deviasi.

Pelaksanaan Penelitian

Persiapan bahan baku

Persiapan bahan baku ditentukan dengan menggunakan metode yang mengacu pada penelitian Silaputri (2011). Onggok dikeringkan dan dilanjutkan dengan pengecilan ukuran dengan blender dan disaring menggunakan shifter shaker ukuran 60 mesh. Bahan baku yang sudah kering dengan ukuran 60 mesh selanjutnya dikeringkan kembali pada oven dengan suhu 105°C hingga berat konstan, dan disimpan dalam kondisi kering.

Penelitian tahap pertama:

Penentuan konsentrasi enzim selulase

Konsentrasi enzim selulase ditentukan dengan menggunakan metode yang mengacu pada penelitian Silaputri (2011). Sebanyak 20 g onggok dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, kemudian ditambahkan aquades volumenya 175 mL. Enzim selulase ditambahkan sebanyak 8,3 μ L/g berat kering onggok dengan konsentrasi 5, 10, 15, 20, dan 25 FPU. Campuran tersebut diinkubasi dalam *shaker inkubator* pada suhu 40°C selama 20 menit dengan kecepatan 200 rpm. Cairan hasil hidrolisis dianalisis gula reduksinya, sedangkan bagian padatnya dikeringkan dan dianalisis kadar serat kasar dan pati. Hasil

penelitian tahap pertama yang terbaik dilanjutkan tahap kedua, dengan penambahan konsentrasi enzim α -amilase dan enzim glukoamilase untuk menghasilkan kadar gula reduksi tertinggi.

Penelitian tahap kedua:

Penentuan konsentrasi enzim α -amilase dan enzim glukoamilase

Perlakuan terbaik pada tahap pertama dilanjutkan ke tahap kedua dengan penambahan enzim α -amilase sebanyak 0,58; 1,15; dan 1,37 $\mu\text{L/g}$ berat kering onggok pH substrat 5,5 dan diinkubasi suhu 100°C selama 2 jam dengan menggunakan *waterbath*. Setelah didinginkan, enzim glukoamilase ditambahkan sebanyak 1,1 $\mu\text{L/g}$ berat kering onggok dengan pH substrat 4,5 dan diinkubasi pada *shaker inkubator* pada suhu 60°C selama 24 jam dengan kecepatan 200 rpm. Hidrolisat yang

terbentuk disaring untuk memisahkan padatan dan cairan. Bagian padatan dikeringkan dan dianalisis kadar serat kasar dan pati. Bagian cairan dilakukan analisis gula reduksi. Pengamatan dilakukan terhadap filtrat dan residu hasil hidrolisis onggok. Filtrat dianalisis gula reduksinya (Metode Nelson – Somogyi dalam Sudarmadji *et al.*, 1984), sedangkan residunya yang telah dikeringkan dianalisis kadar serat kasar (SNI 01-2891, 1992) dan pati (SNI 01-2891, 1992).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Onggok

Onggok kering 60 mesh dianalisis secara proksimat untuk menentukan kadar karbohidrat, kadar air, kadar abu, kadar protein, dan kadar lemak. Onggok kering juga dianalisis kadar pati, kadar serat kasar, dan kadar gula reduksi. Hasil analisis disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia onggok

No.	Komposisi Kimia (%)	Berat kering onggok (%)
1	Karbohidrat	90,29
	- Pati	59,40
	- Serat Kasar	22,45
	- Gula Reduksi	3,71
2	Air	6,69
3	Abu	1,87
4	Lemak	0,11
5	Protein	1,04

Onggok yang digunakan pada penelitian ini mengandung 22,45% serat kasar dan 59,40% pati. Hendri (1999) melaporkan bahwa pada industri kecil onggok masih mengandung serat 21,92% dan pati 60,60%. Menurut penelitian Chotineeranat *et al.*, (2004) diperoleh 15,25% serat kasar dan 66,22% pati. Penelitian Silaputri (2011) dengan analisa

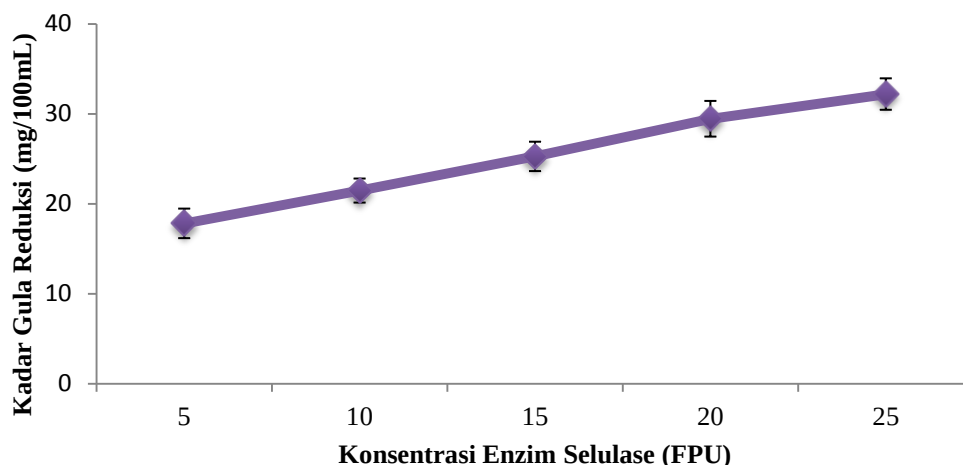
kadar serat dan pati diperoleh 24,75% serat dan 66,26% pati. Onggok dari industri besar mengandung 21,10% serat kasar dan 66,00% pati (Woiciechowski *et al.*, 2002). Kandungan serat kasar dan pati pada penelitian ini relatif berbeda dari bahan baku penelitian terdahulu. Perbedaan yang signifikan pada kandungan serat kasar diduga karena

dipengaruhi pada varietas, mutu ubi kayu, umur panen, proses ekstraksi produksi dan teknologi yang digunakan berbeda antara industri besar dan industri kecil (Anonim, 1984).

Penentuan Konsentrasi Enzim Selulase

Kadar Gula Reduksi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi enzim selulase dapat meningkatkan kadar gula reduksi (Gambar 1). Kadar gula reduksi yang diperoleh meningkat dengan meningkatnya konsentrasi enzim yang ditambahkan (5 - 25 FPU) yaitu berkisar antara 17,82 mg/100 mL - 32,19 mg/100 mL (Gambar 1).



Gambar 1. Kadar gula reduksi hasil hidrolisis onggok dengan berbagai konsentrasi enzim selulase pada suhu 40°C, pH 4,8 dan goyangan 200 rpm. Data merupakan rata-rata dari 3 ulangan

Konsentrasi gula reduksi terendah dihasilkan pada konsentrasi enzim selulase 5 FPU yaitu sekitar 17,82 mg/100 mL dan konsentrasi gula reduksi tertinggi dihasilkan pada konsentrasi enzim selulase 25 FPU yaitu sekitar 32,19 mg/100 mL pada kondisi pH 4,8 dengan suhu 40°C dan kecepatan 200 rpm. Peningkatan konsentrasi enzim menyebabkan substrat yang berikatan dengan lokasi aktif enzim akan semakin banyak, sehingga jumlah produk yang dihasilkan akan semakin banyak (Poedjiadi, 1994).

Kadar gula reduksi yang diperoleh pada penelitian ini berkisar antara 17,82 mg/100 mL - 32,19 mg/100 mL dan tidak jauh berbeda dengan penelitian Silaputri (2011) berkisar antara 22,01 mg/100 mL - 42,68 mg/100 mL. Aktivitas enzim yang

digunakan sama yaitu 37 FPU, namun konsentrasi enzim selulase pada penelitian ini lebih tinggi daripada penelitian Silaputri (2011). Hal ini diduga adanya penghambatan kerja enzim oleh substrat karena sisa substrat masih cukup relatif tinggi. Penghambatan ada yang bersifat kompetitif dan non kompetitif. Penghambatan kompetitif terjadi ketika inhibitor dan substrat bersaing memperebutkan sisi aktif enzim, yang disebabkan karena adanya kemiripan struktur molekul antara enzim dan substrat. Penghambatan non kompetitif mempengaruhi enzim pada daerah luar dan pusat sisi aktif enzim tanpa mempengaruhi pengikatan substrat tetapi mengubah konformasi molekul enzim sehingga menyebabkan inaktivasi enzim (Lehninger (1997). Pada penelitian ini

penghambatan yang terjadi diduga adalah penghambatan kompetitif oleh substrat.

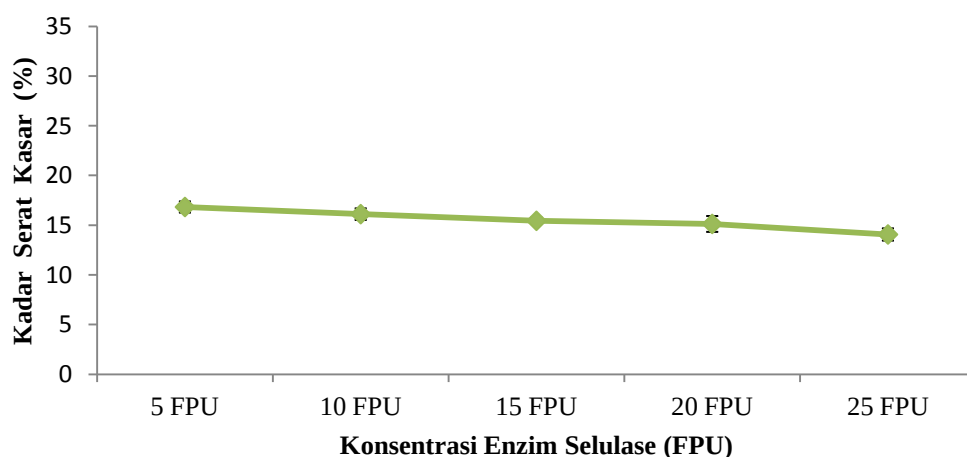
Enzim selulase digunakan untuk menghidrolisis selulosa menjadi glukosa. Kerja enzim selulase merupakan proses sinergis antara endoglukanase; eksoglukanase; dan β -glukosidase yang ketiganya merupakan bagian dari selulase. Endoglukanase menyerang bagian yang sedikit kristalin pada serat selulosa. Selanjutnya eksoglukanase memotong rantai utama selulosa dengan menghasilkan beberapa unit selobiosa. Terakhir selobiosa didegradasi menjadi unit yang lebih kecil yaitu glukosa oleh enzim β -glukosidase (Taherzadeh dan Karimi, 2007).

Enzim selulase tidak hanya dapat menghidrolisis selulosa tetapi dapat menghidrolisis hemiselulosa yang menghasilkan xilosa, glukosa, galaktosa, manosa, arabinosa, asam glukuronat, rhamnosa, asam metilglukuronat, fukosa, dan asam galakturonat (Fengel dan Wegener, 1995). Xiao *et al.* (2004) melaporkan manosa, xilosa dan galaktosa

memiliki efek penghambatan yang signifikan pada aktivitas enzim selulase selama hidrolisis selulosa.

Kadar Serat Onggok Sisa Hidrolisis

Kadar serat yang diperoleh menurun dengan peningkatan konsentrasi enzim yang ditambahkan yaitu berkisar antara 16,82% - 14,06% (Gambar 2). Kadar serat sisa hidrolisis onggok pada perlakuan konsentrasi enzim selulase 5 FPU yaitu sekitar 16,82%. Jumlah serat yang tersisa ini terus menurun dengan pemberian konsentrasi enzim yang semakin tinggi. Penambahan enzim selulase dalam proses hidrolisis ini menyebabkan serat kasar yang terdapat di substrat akan semakin sedikit. Menurut Poedjiadi (1994) semakin tinggi konsentrasi enzim maka substrat yang berikatan dengan lokasi aktif enzim akan semakin banyak. Ketika substrat telah maksimal dibentuk menjadi produk, konsentrasi enzim yang diperbesar tidak akan menambah jumlah produk yang dihasilkan.



Gambar 2. Kadar serat kasar onggok tersisa setelah onggok dihidrolisis dengan berbagai konsentrasi enzim selulase pada suhu 40°C, pH 4,8 dan goyangan 200 rpm. Data merupakan rata-rata dari 3 ulangan

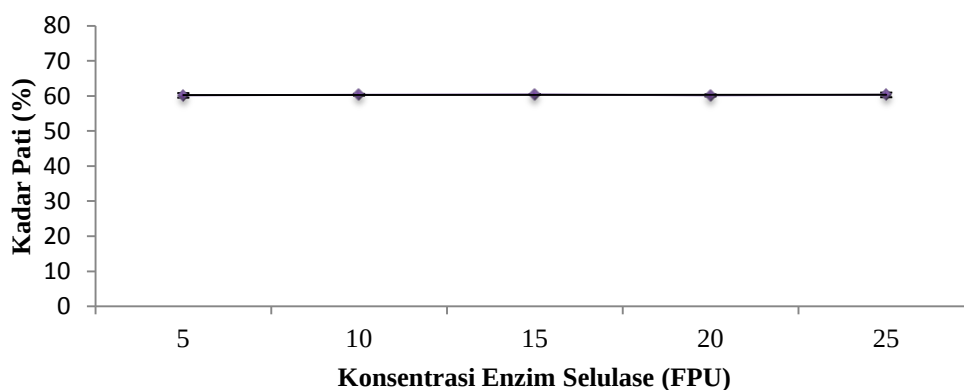
Hasil perhitungan tingkat konversi serat kasar menjadi gula reduksi pada

penelitian ini masih rendah berkisar antara 5,63% - 8,39% dan tidak jauh berbeda

dengan penelitian Silaputri (2011) berkisar antara 3,58% - 11,25%. Rendahnya tingkat konversi ini diduga adanya penghambatan substrat berupa serat selama hidrolisis oleh enzim selulase. Xiao *et al.* (2004) melaporkan glukosa dapat menghambat aktivitas enzim selulase selama hidrolisis selulosa. Hal ini terjadi karena efek penghambatan reaksi hidrolisis oleh glukosa yang strukturnya mirip dengan substrat selulosa. Lebih lanjut Teugjas and Valjamae (2013) melaporkan bahwa enzim selubiasse merupakan salah satu enzim yang terdapat dalam selulase yang paling tinggi mengalami penghambatan oleh produk.

Kadar Pati Onggok Sisa Hasil Hidrolisis

Hasil analisis kadar pati dari perlakuan 5 FPU - 25 FPU berkisar antara 63,78% - 64,33% (Gambar 3). Dari hasil standar deviasi, perlakuan konsentrasi selulase sebesar 5, 10, 15, 20 dan 25 FPU saling bersinggungan dan tampak tidak memiliki jarak yang cukup jauh, artinya kadar pati yang dihasilkan dari konsentrasi enzim selulase 5, 10, 15, 20 dan 25 FPU adalah relatif sama karena enzim selulase tidak dapat menghidrolisis pati yang menghidrolisis ikatan β (1-4) pada selulosa menjadi monomernya glukosa (Poedjiadi, 1994), sedangkan pati memiliki ikatan α (1-4) glikosidik.



Gambar 3. Kadar pati onggok tersisa setelah onggok dihidrolisis dengan berbagai konsentrasi enzim selulase pada suhu 40°C, pH 4,8 dan goyangan 200 rpm. Data merupakan rata-rata dari 3 ulangan

Penentuan Konsentrasi α -Amilase dan Glukoamilase Setelah Penambahan Enzim Selulase

Kadar Gula Reduksi

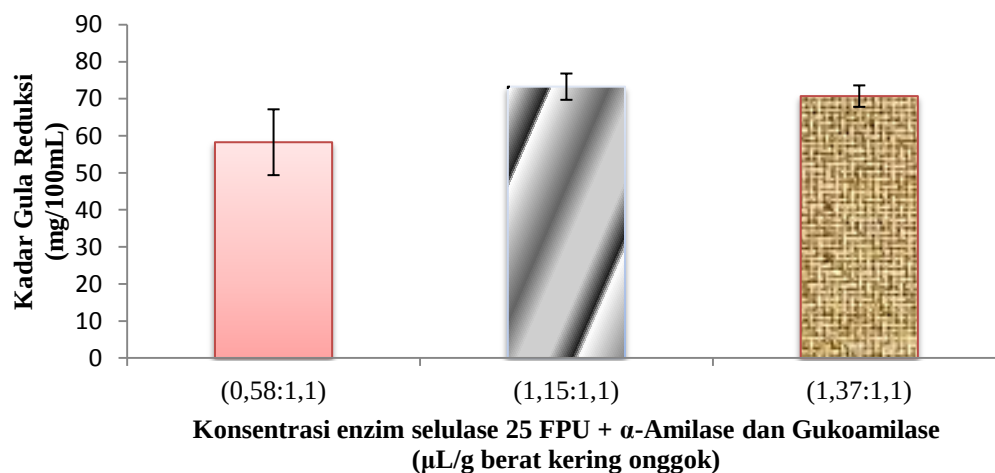
Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar gula reduksi yang dihasilkan mengalami peningkatan dengan adanya peningkatan konsentrasi enzim. Kadar gula reduksi yang dihasilkan berkisar 58,28 mg/100 mL sampai 73,28 mg/100 mL (Gambar 4). Menurut Poedjiadi

(1994) meningkatnya kadar gula reduksi seiring dengan peningkatan konsentrasi enzim karena semakin tinggi konsentrasi enzim maka substrat yang berikatan dengan lokasi aktif enzim akan semakin banyak sehingga jumlah produk yang dihasilkan akan semakin banyak. Kadar gula reduksi semakin meningkat berbanding lurus dengan semakin tingginya konsentrasi enzim.

Kerja enzim α -amilase bersifat endoenzim yang menghidrolisis ikatan α -

1,4-glukosida secara spesifik disepanjang rantai pati (amilosa dan amilopektin), pada amilosa menyebabkan pati terputus-putus menjadi dekstrin, kemudian dekstrin tersebut dipotong-potong lagi menjadi maltosa dan maltotriosa. Pada molekul amilopektin akan menghasilkan glukosa, maltosa dan berbagai jenis α -limit dekstrin serta oligosakarida yang terdiri dari empat

atau lebih glukosa yang mengandung ikatan α -1,6 glikosidik (Winarno, 1997). Kerja enzim glukoamilase bersifat eksoamilase, yaitu dapat menghidrolisis rantai pati menjadi molekul-molekul glukosa pada bagian non pereduksi dari molekul tersebut, baik ikatan α -1,4 maupun α -1,6 dapat diputusnya (Nurdianti, 2007).



Gambar 4. Kadar gula reduksi hasil hidrolisis onggok dengan 25 FPU enzim selulase yang dilanjutkan dengan enzim α -amilase dan glukoamilase pada berbagai konsentrasi. Data merupakan rata-rata dari 3 ulangan

Menurut Whitaker (1996) penambahan konsentrasi enzim akan meningkatkan kecepatan reaksi. Namun peningkatan kecepatan reaksi akan semakin menurun untuk setiap penambahan konsentrasi enzim. Peningkatan nilai gula reduksi akan mencapai titik batas, setelah titik itu terlampaui maka tidak akan terjadi perubahan nilai gula reduksi yang lebih tinggi lagi meskipun konsentrasi enzim ditambahkan. Hal ini terjadi karena sisi aktif enzim telah jenuh oleh substrat sehingga tidak ada lagi substrat yang dapat melekat pada sisi aktif. Menurut Lehninger (1997) batas tersebut disebut sebagai kecepatan maksimum yaitu kecepatan ketika enzim telah jenuh dengan substrat. Pada saat tercapai

kecepatan maksimum semua enzim terdapat dalam kompleks enzim-substrat.

Selain alasan tersebut, diduga karena sebagian enzim glukoamilase yang terkandung dalam enzim dextrozyme juga mengandung enzim transglukosidase yang bekerja sebagai katalisator dalam sintesa molekul glukosa ke molekul-molekul glukosa yang lain pada ikatan α -1,6 glikosidik. Ikatan ini sangat sulit diputuskan kembali, sehingga mengurangi produksi glukosa (Anonim, 2004).

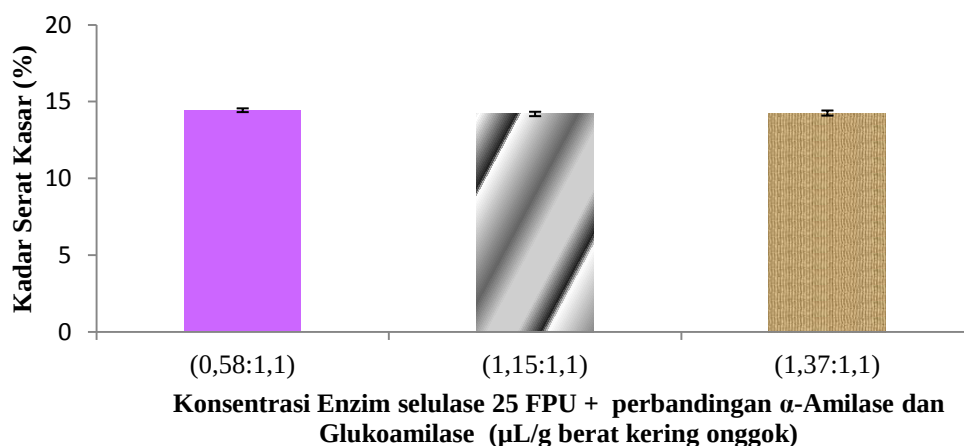
Kadar gula reduksi tertinggi penelitian ini diperoleh pada konsentrasi enzim α -amilase 1,15 mL/g berat kering onggok dan konsentrasi glukoamilase 1,1 mL/g berat kering onggok. Hal ini berbeda dengan penelitian Srinorakutara *et al.*, (2004) yang menunjukkan kadar gula

reduksi tertinggi diperoleh pada konsentrasi α -amilase 0,58 mL/g berat kering onggok dan konsentrasi glukamilase 1,1 mL/g berat kering onggok. Penelitian ini sesuai dengan penelitian Yunianta *et al.* (2010) melaporkan hidrolisis pati garut terjadi penurunan kadar gula reduksi dengan adanya peningkatan konsentrasi enzim diduga karena adanya transglukosidase dalam glukamilase yang membantu terjadinya reaksi kebalikan. Transglukosidase dapat menurunkan

produksi glukosa dengan membentuk oligosakarida ikatan α -1,6 glikosidik. Oligosakarida ini sangat resisten terhadap hidrolisis sehingga dapat menurunkan glukosa yang diperoleh.

Kadar Serat Onggok Sisa Hidrolisis

Konsentrasi enzim selulase terbaik dilanjutkan dengan penambahan beberapa konsentrasi enzim α -amilase dan glukamilase ditunjukkan Gambar 5.



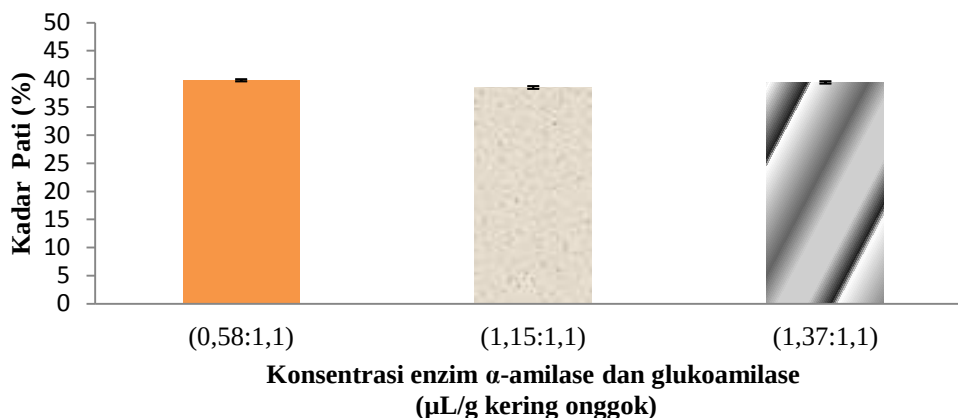
Gambar 5. Kadar serat kasar hasil hidrolisis onggok dengan 25 FPU enzim selulase yang dilanjutkan dengan enzim α -amilase dan glukamilase pada berbagai konsentrasi. Data merupakan rata-rata dari 3 ulangan

Gambar 5 menunjukkan kadar serat sisa hidrolisis dari enzim selulase dengan penambahan enzim α -amilase dan enzim glukamilase tampak saling bersinggungan artinya kadar serat yang dihasilkan adalah relatif sama. Hasil ini merupakan kerja enzim α -amilase dan glukamilase tidak menghidrolisis serat. Kerja enzim α -amilase menghidrolisis ikatan glukamilase α -1,4 glikosidik secara spesifik di bagian dalam molekul baik pada amilosa maupun amilopektin. Kerja dari enzim glukamilase menghidrolisis ikatan α -1,6 seperti halnya ikatan α -1,4 dalam amilosa dan

amilopektin, sehingga dengan penambahan konsentrasi enzim selulase relatif sama.

Kadar Pati Onggok Sisa Hidrolisis

Kadar pati sisa hasil hidrolisis onggok oleh enzim α -amilase dan glukamilase berkisar antara 58,28 mg/100 mL -73,28 mg/100 mL (Gambar 6). Peningkatan konsentrasi enzim α -amilase dan glukamilase pada konsentrasi tertentu menurunkan kadar pati sisa hidrolisis. Penurunan kadar pati karena pati dihidrolisis oleh enzim α -amilase.



Gambar 6. Kadar pati hasil hidrolisis onggok dengan 25 FPU enzim selulase yang dilanjutkan dengan enzim α -amilase dan glucoamilase pada berbagai konsentrasi. Data merupakan rata-rata dari 3 ulangan

Hasil perhitungan tingkat konversi pati sisa hidrolisis menjadi gula reduksi oleh enzim α -amilase dan glucoamilase berkisar antara 20,93% - 20,03%. Rendahnya tingkat konversi ini diduga adanya penghambatan substrat maupun produk. Secara teoritis, menurut Poedjiadi (1994) semakin tinggi konsentrasi enzim menyebabkan substrat yang berikatan dengan lokasi aktif enzim akan semakin banyak, sehingga jumlah produk yang dihasilkan akan semakin banyak, tetapi ketika enzim-substrat sudah jenuh penambahan konsentrasi enzim hanya akan sedikit meningkatkan kecepatan reaksi. Menurut Lehninger (1997) kecepatan reaksi akan meningkat apabila konsentrasi substrat meningkat. Peningkatan kecepatan reaksi ini akan semakin kecil hingga tercapai suatu titik batas yang pada akhirnya penambahan konsentrasi substrat hanya akan sedikit meningkatkan kecepatan reaksi. Hal ini karena semua molekul enzim telah membentuk ikatan kompleks dengan substrat yang selanjutnya dengan kenaikan konsentrasi substrat tidak berpengaruh terhadap kecepatan reaksinya. Tetapi, pada penelitian ini penambahan konsentrasi enzim α -amilase dan

glucoamilase menyebabkan konversi pati masih rendah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar pati sisa hasil hidrolisis onggok yang dihasilkan mengalami penurunan dengan adanya peningkatan konsentrasi enzim. Kemungkinan pada penelitian ini terjadi penghambatan kompetitif ketika inhibitor dan substrat bersaing memperebutkan sisi aktif enzim, yang disebabkan karena adanya kemiripan struktur molekul antara enzim dan substrat (Lehninger (1997)).

KESIMPULAN

1. Konsentrasi enzim selulase yang menghasilkan kadar gula reduksi tertinggi (32,19 mg/100mL) yaitu 25 FPU.
2. Konsentrasi enzim α -amilase dan glucoamilase yang menghasilkan kadar gula reduksi tertinggi (62,21 mg/100 mL) yaitu secara berturut-turut 1,15 μ L/g berat kering onggok dan 1,1 μ L/g berat kering onggok.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ini saya haturkan kepada ibu Nanti Musita di Balai

Riset dan Standarisasi Industri Bandar Lampung atas bantuan dana dan arahnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, S., Halim dan S. T. Amidarmo. 1985. Limbah Tanaman Ubi kayu. Dalam : Monografi Limbah Pertanian. Kantor Mentri Muda Urusan Peningkatan Produksi Pangan. Jakarta.
- Anonim. 1984. Pembuatan Sirup Glukosa dari Ampas Tapioka. Badan Penelitian dan Pengembangan Industri Semarang, Departemen Perindustrian. Semarang.
- Anonim. 2004. Fungal Glucoamylase for Starch Hydrolysis. www.deerland-enzymes.com. Diakses pada tanggal 15 Mei 2014.
- BPS Provinsi Lampung. 2013. Statistik Tanaman Pangan. Lampung Dalam Angka.
- Chotineeranat, S., Pradistsuwana, C., Siritheerasas, P., and Tantratian, S. 2004. Reducing sugar production from cassava pulp using enzymes and ultrafiltration I: Enzymatic Hydrolyzation. *J. Sci. Res. Chula. Univ.* 29 (2):120-128.
- Ciptadi, W. 1982. Telaah Pembuatan Glukosa dan Sifat Limbah Cairnya dengan Bahan Ubi Kayu secara Hidrolisa Asam dalam Rangka Meningkatkan Teknik Pengolahannya. Tesis. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor. 152 hlm.
- Djarwati dan Sukani. 1993. Pengolahan Air Limbah Industri Tapioka Secara Kimia Fisika. Laporan Penelitian, Departemen Perindustrian RI. Semarang.
- Fahmi, N. 2008. Pengolahan Tapioka Secara Industri. www.digilib.unimus.ac.id/files/106jptunimus-gdl-nurulfahmi-52563.pdf. Diakses pada tanggal 25 Februari 2013.
- Fengel, D. and G.Wegener. 1995. Kayu, Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi. "Ed ke-1. Harjono Sastroamidjoyo penerjemah: Soenardi Prawirohatmodjo, penyunting. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hendri, J. 1999. Kondisi optimum pembuatan selulosa nitrat dari onggok. *J. Sains dan Teknologi.* 5(1):5-10.
- Juariyah, S, A., Susilowati, R., Setyaningsih. 2004. Fermentasi etanol dari limbah padat tapioka (onggok) oleh *Aspergillus niger* dan *Zymomonas mobilis*. *J. Bioteknologi.* 1(1):7-12.
- Lamiya dan Mareta. 2010. Penyiapan Bahan Baku dalam Proses Fermentasi untuk Pakan Ternak. www.eprints.undip.ac.id/11310/1/Laporan_final_Lamiya%26Mareta.pdf. Diakses pada tanggal 30 April 2013.
- Lehninger, A.L. 1997. Dasar-dasar Biokimia. Jilid I. Alih Bahasa: Maggy Thenawidjaja. Erlangga. Jakarta.
- Lynd, L.R., Weimer, P.J., Van-Zyl, W.H., and Pretorius, I.S. 2002. Microbial cellulose utilization: fundamentals and biotechnology. *J. Microbiology. and Molecular Biology Reviews.* 66(3):506-577.
- Millati, C. Niklasson, M. J. Taherzadeh. 2002. Effect of pH, time and temperature of overliming on detoxification of dilute acid hydrolyzates for fermentation by *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Process Biochemistry.* 38:515-522.
- Nurdianti, F. 2007. Evaluasi Aktivitas Enzim Glukoamilase dari

- Aspergillus oryzae* Dengan Ubi Jalar dan Ubi Kayu Sebagai Substrat. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknik Jurusan MIPA Program Studi Kimia Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.
- Nurhayati., O. Sjoftan., dan Koentjoko. 2006. Kualitas nutrisi campuran bungkil inti sawit dan onggok yang difermentasi menggunakan *Aspergillus niger*. J.indon. trop.anim. agric. 31(3):172-178.
- Poedjiadi, A. 1994. Dasar-dasar Biokimia (Edisi Revisi). UI Press. Jakarta. 476 hlm.
- Silaputri, F. 2011. Produksi Glukosa Dari Onggok Singkong Dengan Optimasi Konsentrasi Enzim Selulase. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. 63 hlm.
- SNI 01-2891-1992. 1992. Cara Uji Makanan dan Minuman. Dewan Standarisasi Nasional Indonesia. Jakarta. 3-23 hlm.
- Srinorakutara, T., C. Suesat., B. Pitiyont., and W. Kitpreechavanit. 2004. Utilization of waste from cassava starch plant for ethanol production. The Joint International Conference on Sustainable Energy and Environment (SEE). 42(3):344-349.
- Sudarmadji, S., H. Bambang., dan Suhardi. 1984. Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian edisi ketiga. Liberty. Yogyakarta. 137 hlm.
- Supriyati. 2003. Onggok Terfermentasi dan Pemanfaatannya dalam Ransum Ayam Ras Pedaging. JITV. 8(3):146-150.
- Taherzadeh, M.J., and Karimi, K. 2007. Acid-based hydrolysis processes for ethanol from lignocellulosic materials : A review. J. BioResources. 2(3):472-499.
- Teugjas, H. and Valjamae, P. 2013. Product inhibition of cellulases studied with ¹⁴C-labeled cellulose substrates. J. Biotechnology for Biofuels. 6 : 104-118.
- Whitaker, J.R. 1996. Enzymes. Di dalam O.R. Fennema (ed). Food Chemistry. Third edition. Marcell Dekker, Inc., New York and Basel. 1088 hlm.
- Winarno, F.G. 1997. Kimia Pangan dan Gizi. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 253 hlm.
- Wijayanti, D. K., Cahyaning L., dan Mulyanto, M. T. 2012. Pengaruh overliming pada pembuatan etanol dari limbah padat pabrik tepung tapioka (onggok) dengan hidrolisis asam dan enzim. J. Teknik Pomits. 1(1):1-3.
- Woiciechowski, A. L., Nitsche, S., Pandey, A., Ricardo, C., 2002. Acid and enzymatic hydrolysis to recover reducing sugars from cassava bagasse: an economic study. J. Braz. Arch. Biol. Technol. 45:393-400.
- Xiao Z, Zhang X, Gregg DJ and Saddler JN. 2004. Effects of sugar inhibition on cellulases and beta-glucosidase during enzymatic hydrolysis of softwood substrates. J. Applied Biochemistry and Biotechnology. 115:1115-1126.
- Yunianta, T. Sulisty, Aprilastuti, T. Estiasih, S. N. Wulan. 2010. Hidrolisis secara sinergis pati garut (*Marantha arundinaceae* L.) oleh enzim α -amilase, glukoamilase, dan pullulanase untuk produksi sirup glukosa. J. Teknologi Pertanian. 11(2):78-86.