

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

4.1.1. Penentuan V_m dan K_m sistem enzim amobil pisang barangan pada kalsium alginat untuk proses sakarifikasi pati

Penentuan V_m dan K_m sistem enzim amobil bubur pisang barangan pada kalsium alginat dilakukan pada kondisi katalitik optimum yang telah diteliti sebelumnya yaitu pH 4,0, temperatur 50°C dan kecepatan agitasi 100 rpm (Nugroho, 2000). Sistem diinkubasi selama 5 jam dan diukur gula reduksi yang terbentuk diukur dengan metode Nelson Somogyi.

Rangkuman nilai K_M dan konsentrasi substrat optimum untuk proses sakarifikasi yang merupakan nilai $2 \times K_M$ ditunjukkan di tabel 1. Dari tabel 1 terlihat bahwa konsentrasi substrat optimum sangat bervariasi untuk masing-masing pati, yaitu terkecil adalah untuk pati kentang (0.5%) dan terbesar adalah untuk pati tapioka (4.9%). Konsentrasi di atas konsentrasi optimum tidak akan menaikkan lagi kecepatan awal maksimum dari sistem

Tabel 1. Rangkuman K_M dan konsentrasi substrat optimum untuk proses sakarifikasi berbagai jenis pati oleh enzim bubur pisang barangan amobil pada kalsium alginat

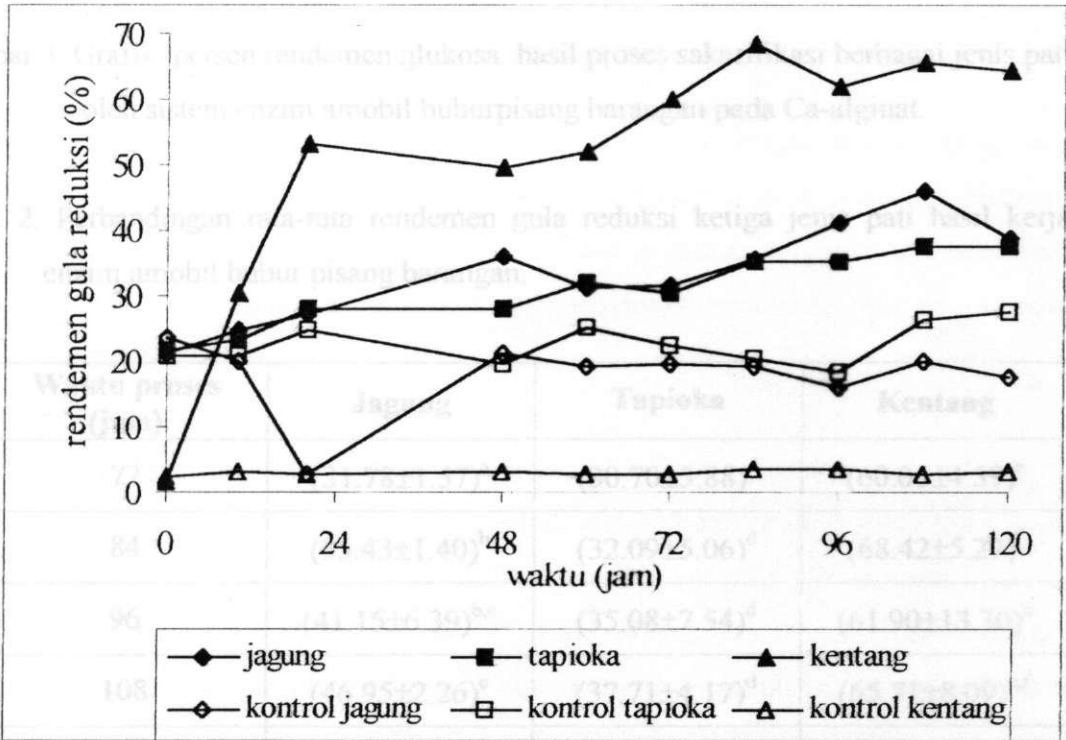
Jenis Pati	[S] (%)	K_M (%)
Jagung	1.9	0.95
Tapioka	4.9	2.45
Kentang	0.5	0.25

4.1.2. Penentuan waktu optimum sakarifikasi pati menggunakan sistem enzim amobil bubur pisang barangan dan rendemen akhir proses sakarifikasi.

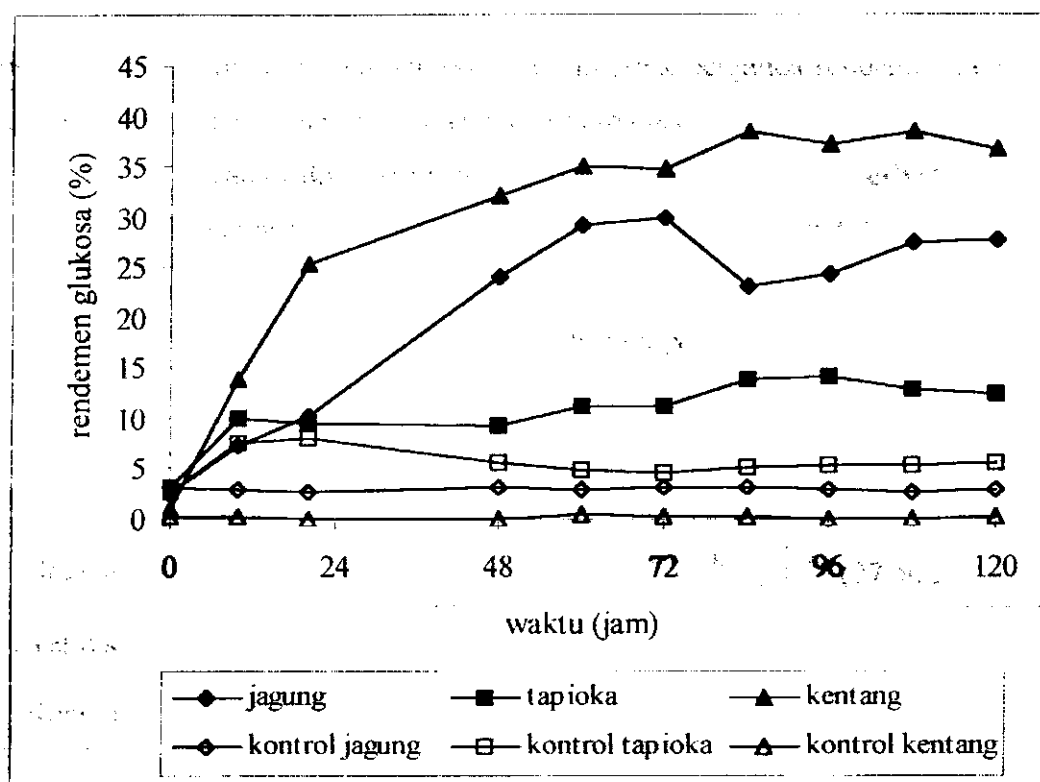
Waktu optimum sakarifikasi ditentukan dengan mengamati kenaikan rendemen gula reduksi (konsentrasi gula reduksi terukur sebagai persentase dari konsentrasi pati yang disakarifikasi) sebagai fungsi waktu proses pada kondisi optimum untuk masing-masing jenis pati. Sistem enzim amobil gambar amobil bubur pisang barangan

diinkubasi dari 0 sampai 120 jam atau sampai tidak ada kenaikan persen rendemen yang berarti dan produk diambil pada 0, 10, 20, 48 60, 72, 84, 96 dan 120 jam untuk ditentukan konsentrasi glukosa dan gula reduksinya. Konsentrasi glukosa ditentukan dengan Enzimatik Trinder GOD-PAP dengan panjang gelombang 505 nm dan konsentrasi gula reduksi ditentukan dengan metode Nelson Somogyi dengan panjang gelombang 660 nm.

Dari tabel 2 dan grafik yang ditunjukkan gambar 2,3 terlihat persen rendemen tertinggi untuk pati jagung (45,86%) diperoleh setelah 108 jam proses sakarifikasi dan pati kentang (68,49%) setelah 84 jam proses sakarifikasi. Rendemen gula reduksi pati tapioka (45,86%) diperoleh setelah 72 jam proses sakarifikasi dan kenaikan rendemen gula reduksi setelah 72 jam sangat sedikit dan hasil analisis statistik anava menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata ($P<0.05$). Waktu optimum sakarifikasi untuk masing-masing jenis pati sangat bervariasi dengan waktu sakarifikasi terpanjang untuk pati jagung (108jam) dan rendemen rata-rata gula reduksi tertinggi diperoleh dari hasil hidrolisis pati kentang (68,4%).



Gambar 2. Persen rendemen gula reduksi hasil proses sakarifikasi berbagai jenis pati oleh sistem enzim amobil bubur pisang barangan pada Ca-alginat



Gambar 3. Grafik persen rendemen glukosa hasil proses sakarifikasi berbagai jenis pati oleh sistem enzim amobil buburpisang barangan pada Ca-alginat.

Tabel 2. Perbandingan rata-rata rendemen gula reduksi ketiga jenis pati hasil kerja enzim amobil bubur pisang barangan.

Waktu proses (jam)	Jagung	Tapioka	Kentang
72	(31.78±1.57) ^a	(30.70±3.88) ^d	(60.06±4.59) ^e
84	(35.43±1.40) ^b	(32.09±5.06) ^d	(68.42±5.27) ^f
96	(41.15±6.39) ^{b,c}	(35.08±7.54) ^d	(61.90±13.30) ^e
108	(46.95±2.26) ^c	(37.71±4.17) ^d	(65.71±8.09) ^{e,j}
120	(38.61±9.92) ^b	(37.58±3.62) ^d	(64.33±4.99) ^e

Pangkat huruf yang sama dalam satu kolom menandakan tidak ada perbedaan yang signifikan pada tingkat 5%($p \geq 0,05$).

Untuk menentukan jenis pati yang menghasilkan rendemen rata-rata tertinggi dilakukan analisis statistik dengan metoda Duncan jarak berganda rendemen rata-rata dari ketiga jenis pati (tabel 3). Rata-rata rendemen gula reduksi tertinggi yang berhasil diperoleh adalah 68.24% untuk sakarifikasi pati kentang. Rata-rata rendemen ini berbeda secara nyata dengan rata-rata rendemen akhir tertinggi yang diperoleh dari jenis pati lainnya (tabel 3).

Tabel 3. Perbandingan rendemen rata-rata tiga jenis pati pada waktu sakarifikasi optimum.

Jenis Pati	Waktu Optimum (jam)	% Rendemen Gula Reduksi	% Rendemen Glukosa
Jagung	108	(46.95±2.26) ^b	(27.50±5.06) ^b
Tapioka	72	(30.70±3.88) ^a	(11.20±0.09) ^a
Kentang	84	(68.42±5.27) ^c	(38.52±7.79) ^c

Pangkat huruf yang sama dalam satu kolom menandakan tidak ada perbedaan yang signifikan pada tingkat 5%(p≥0,05). Uji ANOVA hanya dilakukan antara kombinasi waktu optimum dan jenis pati.

4.2. Pembahasan

Sistem enzim amobil bubur pisang barangan dibuat dengan metode penjeratan. Homogenat bubur pisang dijerat oleh gel polimer kalsium alginat sehingga terbentuk butiran-butiran enzim amobil. Sistem enzim amobil bubur pisang barangan terlebih dahulu dibebaskan dari gula dan inhibitor-inhibitor berupa senyawa-senyawa fenolik yang terdapat dalam homogenat bubur pisang, yaitu dengan cara dialisis selama 72 jam dengan interval penggantian bufer setiap 12 jam (Nugroho, 2001).

Pada penelitian ini, pati jagung dan tapioka sebelum digunakan sebagai substrat untuk proses sakarifikasi harus dilakukan likuifikasi karena kedua pati tersebut tidak murni seperti pati kentang yang pro analisa. Proses likuifikasi pati jagung dan tapioka dilakukan pada kondisi optimum yaitu 90 menit pada 85°C (Nugroho, 2001). Proses likuifikasi harus dilakukan pada temperatur tinggi karena pati baru tergelatinisasi seluruhnya pada temperatur 62-10°C untuk jagung dan 52-64°C untuk tapioka (Winarno, 1995).

Aktivitas katalitik sistem enzim amobil bubur pisang barangan pada kalsium alginat telah diketahui yaitu pH 4,0; temperatur 50°C dan kecepatan agitasi 100 rpm (Nugroho, 2001). Sedangkan konsentrasi sbustrat optimum untuk masing-masing jenis pati diperoleh dengan menentukan nilai kecepatan awal maksimum (V_m) dan Konstanta Michaelis-Menten (K_m) dari sistem enzim amobil bubur pisang barangan dengan memvariasikan konsentrasi substrat pada proses sakarifikasi yaitu 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,50; 1,75 dan 2,0% pada konsentrasi enzim tetap. Kenaikan konsentrasi substrat untuk semua jenis pati diatas 4% menyebabkan hilangnya aktivitas sistem enzim amobil bubur pisang barangan, hal ini terjadi dimungkinkan substrat yang terlalu kental (viskositas tinggi) sulit untuk masuk ke dalam matriks butiran enzim amobil. Pengukuran aktivitas sistem enzim amobil bubur pisang barangan untuk penentuan V_m dan K_m menggunakan metode Nelson Somogyi. Dalam penelitian ini ditentukan konsentrasi substrat optimum untuk masing-masing jenis pati yang memberikan nilai kecepatan awal maksimum (V_m) dari enzim amobil. Kenaikkan konsentrasi substrat diatas nilai $2 \times K_m$ tidak akan menaikkan nilai V_m secara berarti.

Penentuan waktu sakrifikasi optimum dan persen rendemen gula reduksi dan glukosa yang terbentuk dari sistem enzim amobil bubur pisang barangan pada kalsium alginat dilakukan dengan memvariasikan waktu proses sakarifikasi yaitu: 0, 10, 20, 48, 60, 72, 84, 96, 108, dan 120 jam. Konsentrasi gula reduksi yang terbentuk ditentukan dengan metode Nelson Somogyi dan selain itu diukur juga glukosa yang terbentuk dengan metode enzimatik Trinder (GOD-PAP) yang spesifik untuk glukosa. Persen rendemen gula reduksi yang terbentuk oleh sistem enzim amobil bubur pisang barangan adalah perbandingan berat hasil hidrolisis proses sakarifikasi per berat pati awal dikalikan 100%.

Rendemen gula reduksi dan glukosa tertinggi diperoleh dari hasil hidrolisis pati kentang yaitu 68,49% rendemen gula reduksi dan 38,52% rendemen glukosa pada waktu proses sakarifikasi 84 jam. Pati kentang dapat menghasilkan persen rendemen tertinggi karena pati kentang yang digunakan adalah pati kentang murni bersifat proanalisis sehingga tidak ada senyawa-senyawa inhibitor yang dapat menghambat kerja sistem enzim amobil bubur pisang barangan. Produksi gula reduksi dan glukosa diakibatkan oleh kerja enzim bubur pisang barangan bukan karena hidrolisis oleh larutan buer pada kondisi yang berlangsung ditunjukkan dengan rendemen kontrol yang mendekati nol persen hingga akhir proses.

Rendemen glukosa akhir tertinggi yang diperoleh dengan proses sakarifikasi menggunakan sistem enzim amobil bubur pisang barangan sebesar 38,52% menunjukkan bahwa produk akhir yang diperoleh merupakan sirup yang dalam dunia industri pemanis disebut sebagai *High conversion syrups* (sirup konvensi tinggi). Dalam industri makanan rendemen glukosa pada sirup konvensi tinggi adalah 22-35% dengan selebihnya merupakan campuran maltosa dan oligosakarida kecil. Sirup demikian banyak digunakan untuk industri makanan antara lain untuk minuman ringan, proses-proses fermentasi, selai es krim, sirup dan makanan bayi (Reichelt, 1986).

1,50%, waktu sakarifikasi optimum adalah 108 jam

Rendemen gula reduksi tertinggi yang diperoleh dari pati tapioka 30,70% dan glukosa 11,30%, waktu sakarifikasi optimum adalah 72 jam

Rendemen gula reduksi tertinggi yang diperoleh dari pati kentang 68,42% dan glukosa 38,52 %, waktu sakarifikasi optimum adalah 84 jam

Rendemen gula reduksi tertinggi dari ketiga jenis pati diperoleh dari pati kentang 68,42%. Rendemen gula reduksi yang diperoleh dari masing-masing jenis pati dengan sistem enzim amobil bubur pisang barangan berbeda secara nyata ($P < 0,05$).

Saran

Penelitian ini baru mengkaji proses sakarifikasi berbagai jenis pati (jagung, tapioka dan kentang) menggunakan sistem enzim amobil bubur pisang barangan secara laboratorium. Dari hasil yang didapat, telah ditetapkan dan diperoleh konsentrasi substrat dan waktu optimum, dengan hasil rendemen yang cukup baik untuk produksi sirup konversi tinggi (*high conversion syrup*) dalam suatu proses batch. Untuk dapat mengevaluasi kelayakan proses ini secara skala industri maka perlu kajian skala pabrik atau *pilot plant*. Dan perlu juga dilakukan kajian penghitungan keuntungan ekonomis dari proses tersebut secara lebih baik.