

Kajian Pembuatan Gula Rendah Kalori Xilitol dari Biomassa Sorgum Merah

by Silvi Oktavia

Submission date: 27-Apr-2021 10:06AM (UTC+0700)

Submission ID: 1570982042

File name: 2521-File_Utama_Naskah-10327-1-18-20210412_revisi_1.docx (71.83K)

Word count: 4097

Character count: 26535

Kajian Pembuatan Gula Rendah Kalori Xilitol dari Biomassa Sorgum Merah

Silvia Oktavia Nur Yudiastuti

Program Studi Teknologi Rekayasa Pangan, Politeknik Negeri Jember, Indonesia

Korespondensi: silvia.oktavia@polije.ac.id

ABSTRAK

Produksi gula rendah kalori xilitol secara bioproses dari biomassa sorgum merah dilakukan melalui dua tahapan yaitu hidrolisis enzimatis sorgum merah menggunakan enzim xilanase dan selanjutnya hidrolisat difermentasi menggunakan *Debaryomyces hansenii* ITB CCR85. Biomassa sorgum terdiri atas batang dan daun, malay serta dedak sorgum. Ketiga bagian tersebut memiliki komposisi lignoselulosa yang berbeda serta harga yang berbeda sehingga memiliki nilai teko ekonomi yang berbeda pula. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perbandingan cairan fermentasi xilitol yang diproduksi secara bioproses dari bagian – bagian biomassa sorgum merah. Kondisi hidrolisis dan fermentasi dalam penelitian ini adalah sama. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental dan dilanjutkan dengan analisis deskriptif. Perlakuan dalam penelitian ini adalah bagian biomassa sorgum dan penelitian diulang sebanyak tiga kali. Berdasarkan hasil penelitian, bagian batang sorgum memiliki potensi lebih baik untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan xilitol dibandingkan bagian dedak dan malay sorgum merah.

Kata Kunci: Biomassa, Bioproses, Sorgum, Xilitol

ABSTRACT

The production of low-calorie xylitol sugar by bioprocessing from red sorghum biomass was carried out in two stages, namely the enzymatic hydrolysis of red sorghum using xylanase enzymes and then the fermentation of biomass hydrolyzate using *Debaryomyces hansenii* ITB CCR85. Sorghum biomass consists of stems and leaves, malay and sorghum bran. The three parts have different lignocellulosic compositions and different prices so that they have different techno-economic values. This research aim was to examine the comparison of xylitol in fermentation broth produced by bioprocess from parts of red sorghum biomass. The conditions of hydrolysis and fermentation in this research were the same. The research method used was experimental and continued with descriptive analysis. The treatment in this study was part of the sorghum biomass and the research was repeated three times. Based on the results of the study, the sorghum laves and stem part had a better to be chosen as xylitol raw material among bran and malay of red sorghum biomass.

Key Words: Biomass, Bioprocess, Sorghum, Xylitol.

I. PENDAHULUAN

Sorgum merupakan tanaman serealia yang berpotensi dikembangkan sebagai sumber pangan lokal di Indonesia. Pangan lokal adalah pangan yang diproduksi dan dikembangkan sesuai dengan potensi dan sumber daya wilayah serta budaya setempat¹. Hal ini dikarenakan, sorgum memiliki tingkat adaptasi yang baik terhadap kekeringan, genangan air, dapat tumbuh dengan lahan marginal, serta relatif tahan terhadap hama dan penyakit².

Negara miskin memanfaatkan sorgum sebagai sumber karbohidrat utama, namun negara - negara maju dengan sumber bahan pangan melimpah, memanfaatkannya sebagai bahan baku industri dan pakan ternak karena

kandungan gizinya yang tinggi. Indonesia sebagai negara berkembang, mengharapkan sorgum dapat menambah ragam diversifikasi sumber karbohidrat serta untuk mensubsitusi terigu guna mengurangi impor terigu. Harga sorgum dipasar lokal masih terbilang tinggi, karena masih rendahnya minat masyarakat untuk megkonsumsi sorgum sehingga sorgum hanya dibudidayakan petani lokal tertentu (Tabel 1).

Tabel 1. Daftar Harga Jual Sorgum di Pasar Dayeuh Kolot Kota Bandung Provinsi Jawa Barat

No	Bagian Sorgum	Harga (Rp/Kg)
1	Beras	22.000;
2	Tepung	22.000;
3	Dedak	10.000;
4	Batang dan Daun	2.000;
5	Malay	2.000;

Sumber : Pengamatan Data Empirik, 2017.

Peningkatan minat akan budidaya sorgum perlu diimbangi dengan prospek produk utama sorgum yaitu beras dan tepung sorgum, serta produk fungsional lain yang dapat diproduksi dari sorgum serta biomasnya. Biomassa sorgum terdiri atas batang dan daun, malay serta dedak sorgum. Biomassa dapat memberikan pemasukan yang besar sebab dihasilkan dalam jumlah yang lebih banyak dari bagian yang dapat dimanfaatkan. Biomassa adalah komponen biologis residu dari tumbuhan, hewan, industri, maupun manusia yang dapat diolah kembali menjadi produk yang memiliki nilai tambah lebih dari bahan baku awalnya³. Biomassa tersusun atas komponen lignoselulosa yaitu hemiselulosa, selulosa dan lignin. Ketiga komponen tersebut dapat dihidrolisis menjadi monomer – monomernya seperti xilosa, xilitol, xilooligosakarida, bioetanol, biodiesel, dan biobriket⁴.

Xilitol adalah bahan pangan yang termasuk dalam golongan gula alkohol (poliol). Di pasar dunia penggunaan xilitol dibandingkan gula alkohol lainnya adalah sebanyak 12%⁵. Senyawa ini termasuk dalam golongan pangan fungsional yaitu pangan alamiah atau pangan yang telah diperkaya baik utuh, senyawa ataupun komponen yang memberikan efek positif bagi kesehatan jika dikonsumsi sebagai bagian dari menu pangan secara teratur pada takaran yang efektif. Xilitol dalam tubuh diserap dari usus kecil melalui difusi pasif dan sebagian besar dimetabolisme di hati. Konsumsi xilitol menyebabkan peningkatan yang lebih kecil pada glukosa plasma dan konsentrasi insulin daripada konsumsi glukosa pada pria sehat dan penderita diabetes⁶

Xilitol diproduksi dari hidrolisis kayu birch menggunakan katalis logam, tentunya membutuhkan biaya produksi yang sangat tinggi. Harga xilitol di pasar internasional tergantung dari tingkat kemurniannya, untuk harga xilitol dengan kemurnian 99% dapat mencapai 32,5 USD/5 g⁷. Harga xilitol dengan tingkat kemurnian yang lebih beragam, banyak dikuasai oleh produsen dari Cina yang mematok harga dari 100 - 256 USD/Kg⁸. Meskipun harganya cukup fantastis, namun permintaan akan xilitol untuk industri makanan dan farmasi semakin meningkat dan diharapkan harganya lebih rendah dibandingkan yang lain. Indonesia berpotensi sebagai negara pengekspor xilitol, mengingat xilitol dapat dihasilkan dari dehidrogenasi xilosa yang diperoleh dari hidrolisis hemiselulosa dari limbah pertanian, perkebunan dan perhutanan yang jumlahnya sangat melimpah.

Ketersediaan xilitol yang belum memadai dan tingginya biaya produksi mendorong pencarian bahan dan metode yang dapat menekan biaya produksi agar harga jual lebih rendah. Tingginya kandungan hemiselulosa dalam Biomassa Sorgum Merah memungkinkan diproduksinya xilitol dari bahan tersebut. Produksi xilitol menggunakan metode bioproses diharapkan dapat memenuhi tuntutan pasar akan xilitol dengan nilai yang lebih ekonomis.

Bioproses Xilitol dari biomassa sorgum merah dilakukan secara enzimatik dengan proses hidrolisis menjadi xilosa menggunakan enzim xilanase⁹, serta dilanjutkan secara biologis melalui fermentasi hidrolisat menjadi xilitol menggunakan khamir *Debaryomyces hansenii* ITB CCR85 yang mampu menfermentasi hidrolisat dengan rendemen lebih banyak¹⁰. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perbandingan pembuatan xilitol yang

diproduksi secara bioproses dari bagian – bagian biomassa sorgum merah mengingat setiap biomassa tersebut memiliki harga dasar (Tabel 1) dan komposisi lignoselulosa yang berbeda.

II. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang dilanjutkan dengan analisis deskriptif. Pada penelitian ini menggunakan tiga perlakuan bagian biomassa sorgum merah yaitu batang dan daun (a), malay (b) serta dedak (c) yang diulang tiga kali. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Pangan, Keteknikan Pengolahan Pangan, Mikrobiologi Pangan, dan Kimia Pangan Fakultas Teknologi Industri Pertanian Universitas Padjadjaran; Laboratorium Bioteknologi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran; serta Laboratorium Bioteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Cibinong-Bogor. Penelitian dilakukan pada Bulan Agustus 2017 – Maret 2018.

Bahan yang digunakan adalah biomassa sorgum merah lokal Bandung yang berasal dari petani “Supardi Abah Sorgum” Dayeuh Kolot Bandung Jawa Barat, Enzim Xilanase (aktivitas 340 U/G) yang diperoleh dari perusahaan Xi'an Haoxuan Bio-tech Co., Ltd Kota Xian provinsi Shanxi Cina. Bahan Penunjang yang digunakan adalah buffer asetat 0,01M pH 5, aquades, media GYE (*Glucose Yeast Extract*) Agar, media fermentasi xilitol (mardawati, 2014), dan khamir *Debaromyces hansenii* ITB CCR85. Alat yang digunakan adalah beaker glass, erlenmeyer, inkubator shaker, sentrifugasi, tabung reaksi, ose, autoklaf, refrigerator, desikator, oven, HPLC, kertas saring, vakum filter.

Hidrolisis Biomassa Sorgum Merah Lokal Bandung

Biomassa - biomassa sorgum merah yang akan digunakan dalam penelitian dicuci dengan air keran, dicacah dan dikeringkan menggunakan oven cabinet selama 18 jam pada suhu 105⁰C. Biomassa sorgum merah yang sudah kering kemudian dihaluskan menggunakan grinder dan diayak menggunakan saringan 100 mesh. Analisa kandungan lignoselulosa pada biomassa sorgum merah yang digunakan dilakukan menggunakan metode Chesson (1981).

Larutan substrat dalam buffer asetat disterilisasi basah sebelum dihidrolisis sebagai perlakuan awal. Konsentrasi substrat yang digunakan dalam penelitian adalah 15% dengan konsentrasi enzim 1%. Hidrolisis dilakukan dengan metode *fed-batch* selama 96 jam menggunakan inkubator shaker, umpan substrat dilakukan setiap 12 jam¹¹.

Fermentasi Hidrolisat Biomassa Sorgum Merah Lokal Bandung

Hidrolisat setelah hidrolisis disentrifugasi untuk memisahkan ampas hidrolisis, supernatan sebagai larutan hidrolisat disaring. Larutan hidrolisat selanjutnya disterilisasi basah dengan autoclave pada suhu 121⁰C selama 15 menit sebagai perlakuan awal fermentasi, yang sebelumnya diuji komposisinya dengan instrument HPLC. Persiapan fermentasi xilitol dimulai dengan membuat larutan inokulum *D. hansenii* ITB CCR85 menggunakan nutrient fermentasi (9) dengan penambahan 2% xilosa. Inokulum diinkubasi selama 48 jam pada suhu 30⁰C menggunakan inkubator shaker. Larutan inokulum harus mengandung sebanyak minimal 2x10⁷ CFU/mL *D.hansenii* ITB CCR85.

Larutan hidrolisat yang telah difermentasi beserta larutan inokulum hasil inkubasi kemudian dilarutkan dalam media fermentasi dengan perbandingan 2 : 2 : 3. Fermentasi dilakukan pada suhu 30⁰C selama 96 jam menggunakan inkubator shaker. Hasil fermentasi hidrolisat selanjutnya disentrifugasi untuk memisahkan biomassa *D.hansenii* ITB CCR85 dan selanjutnya supernatan disebut sebagai larutan xilitol. Larutan xilitol selanjutnya diuji komposisinya menggunakan HPLC.

Analisis Lignoselulosa (Chesson, 1981)

Satu gram sampel kering (m_a) ditambahkan akuades 75 mL lalu direfluks selama 1 jam dalam *waterbath* suhu 100°C. Campuran kemudian disaring dan dicuci air panas sebanyak 4 kali volume refluks. Residu dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C hingga berat konstan (m_b). Residu direfluks dengan 75mL H₂SO₄ 1N selama 1 jam dalam *waterbath* pada suhu 100°C, selanjutnya disaring dan dicuci dengan air panas sebanyak 4 kali volume refluks. Residu dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C hingga berat konstan (m_c). Residu direndam 50mL H₂SO₄ 72% selama 4 jam pada suhu ruang selanjutnya ditambahkan 75mL H₂SO₄ 1N sebanyak 75 mL dan direfluks selama 1 jam dalam *waterbath* pada suhu 100°C. Hasil refluks disaring dan dicuci dengan air panas sebanyak 4 kali volume refluks. Residu dikeringkan pada suhu 105°C hingga berat konstan (m_d). Residu diabukan hingga berat konstan (m_e).

$$\text{Kadar Hemiselulosa} = ((m_b - m_c) / m_a) * 100\% \quad \dots\dots(1)$$

$$\text{Kadar Selulosa} = ((m_b - m_c) / m_a) * 100\% \quad \dots\dots(2)$$

$$\text{Kadar Lignin} = ((m_b - m_c) / m_a) * 100\% \quad \dots\dots(3)$$

Aktivitas Enzim Xilanase (NREL, 2007)

Serbuk enzim xilanase, akuades steril dan xilana 1% dilarutkan dengan perbandingan 1 : 1 : 1, selanjutnya dengan perbandingan sama ditambahkan buffer asetat pH 5. Larutan tersebut diinkubasi dalam *waterbath* selama 15 menit pada suhu 40°C. Reaksi dihentikan dengan penambahan DNS (3 bagian dari perbandingan awal larutan), larutan dilanjutkan untuk dipanaskan dalam *waterbath* selama 5 menit. Larutan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 550nm. Nilai absorbansinya dikonversi menjadi aktivitas enzim dengan persamaan :

$$U = \frac{(K_{sp} - K_{ks}) \cdot 1000 \cdot F_p}{BM_{xilosa} \cdot t \cdot V} \quad \dots\dots(4)$$

Dengan :

U = aktivitas enzim (U/mL atau μ mol/(menit, mL))

K_{sp} = Kadar xilosa sampel (mg/mL)

K_{ks} = kadar xilosa blanko (mg/mL)

1000 = faktor konversi dalam μ mol

F_p = faktor pengenceran enzim xilanase

BM_{xilosa} = berat molekul xilosa (150,13 g/mol)

t = waktu inkubasi (menit)

V = volume enzim digunakan dalam analisis (mL)

Uji Komponen dengan HPLC (NREL, 2006)

Persiapan uji dilakukan dengan tahapan persiapan pembuatan fase gerak (pelarut), pembuatan larutan induk (xilosa, xilitol, glukosa, etanol, gliserol dan asam asetat), pembuatan deret larutan standar (xilosa, xilitol, glukosa, etanol, gliserol dan asam asetat), pembuatan larutan sampel, dan penyiapan instrument HPLC. Instrumen HPLC dikondisikan dengan: fasa gerak dengan sistem elusi gradien dengan kondisi (Mawati, 2015); Kolom jenis HPX-87H, Detektor RID, Temperatur Kolom 60 °C, Temperatur Detektor 40 °C, Panjang gelombang 560 nm, Laju alir 0,6 mL/menit, Volume injeksi 20 μ L.

Rendemen Hidrolisat Biomassa Sorgum (Yudiastuti dkk, 2018)

Rendemen dihitung dari jumlah xilosa dan glukosa maksimum yang diperoleh dari konversi hemiselulosa dengan faktor konversi hemiselulosa dari lignoselulosa yaitu 88% dan faktor konversi selulosa yaitu 90%. Persamaan untuk rendemen xilosa dan glukosa sebagai berikut ¹¹ :

$$\text{Maksimum Xilosa konversi dari Hemiselulosa} = (\text{gr sampel/volume kerja hidrolisis}) \times \text{Hemiselulosa sampel} \dots(5)$$

$$\text{Rendemen Xilosa} = ([\text{Xilosa}] \text{hidrolisat} / \text{Maksimum Xilosa konversi dari Hemiselulosa}) \times 88\% \dots(6)$$

$$\text{Maksimum glukosa konversi dari Selulosa} = (\text{gr sampel/volume kerja hidrolisis}) \times \text{Selulosa sampel} \dots(7)$$

$$\text{Rendemen glukosa} = ([\text{Glukosa}] \text{hidrolisat} / \text{Maksimum glukosa konversi dari Hemiselulosa}) \times 90\% \dots(8)$$

Rendemen Xilitol Terhadap Substrat ($Y_{p/s}$) (Schuler dan Kargi, 2012)

Rendemen xilitol merupakan rasio antara konsentrasi xilitol yang dihasilkan fermentasi dengan jumlah konsentrasi substrat xilosa atau substrat glukosa dalam proses fermentasi dengan menggunakan formulasi ¹² :

$$Y_{p/s} \text{ (g/g)} = [\text{Xilitol}] / ([\text{Substrat Awal}] - [\text{Substrat Akhir}]) \dots\dots\dots(9)$$

Utilitas Substrat (Schuler dan Kargi, 2012)

Substrat dalam fermentasi xilitol adalah xilosa dan glukosa, dihitung dengan menggunakan formulasi ¹² :

$$\text{Utilisasi Xilosa (\%)} = (([\text{Xilosa Awal}] - [\text{Xilosa Akhir}]) / [\text{Xilosa Awal}]) \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{Utilisasi Glukosa (\%)} = (([\text{Glukosa Awal}] - [\text{Glukosa Akhir}]) / [\text{Glukosa Awal}]) \times 100\% \dots\dots\dots (11)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Lignoselulosa pada Biomassa Sorgum Merah

Bagian – bagian biomassa sorgum merah lokal Bandung yang sudah digrinder dan diayak hingga ukuran 100 mesh dianalisis komposisi lignoselulosanya untuk mengetahui rendemen komponen monosakarida dalam hidrolisat sebagai substrat dalam fermentasi xylitol. Analisis komposisi biomassa dilakukan dengan metode Chesson (1981). Hasil analisis biomassa bagian – bagian sorgum merah lokal Bandung disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Lignoselulosa dalam Biomassa Sorgum Merah Lokal Bandung

Bagian Biomassa	Hemiselulosa (%)	Selulosa (%)	Lignin (%)
Batang dan Daun	27,76 ± 0,01	34,52 ± 0,02	18,51 ± 0,02
Malay	40,75 ± 0,02	34,95 ± 0,03	5,83 ± 0,01
Dedak	47,83 ± 0,02	21,96 ± 0,01	4,78 ± 0,01

Berdasarkan hasil penelitian, biomassa sorgum merah pada setiap bagiannya memiliki komposisi hemiselulosa yang lebih tinggi dari selulosa dan lignin. Monomer dari hemiselulosa adalah xilosa, sedangkan monomer dari selulosa adalah glukosa. Xilosa adalah substrat dalam fermentasi xilitol, sedangkan glukosa adalah ko-substrat dalam fermentasi xilitol. Komposisi selulosa lebih tinggi dari hemiselulosa pada batang dan daun sorgum, meskipun demikian selulosa memiliki ikatan yang lebih kuat sehingga lebih sulit untuk diuraikan. Narindi melakukan penelitian biokonversi daun sorgum menjadi bioethanol, pada hasil penelitiannya disebutkan bahwa komposisi lignoselulosa dalam daun sorgum adalah 32,9% hemiselulosa; 26,89% selulosa; dan 17,8% lignin ¹³.

Penelitian lain menyebutkan bahwa kandungan lignoselulosa dalam batang sorgum adalah 57,99% hemiselulosa; 19,41% selulosa; dan 14,95% lignin ¹⁴.

Komposisi Hidrolisat Biomassa Sorgum Merah

Substrat hidrolisis adalah biomassa sorgum merah yang reaksinya dikatalis enzim xilanase teknis. Hasil pengujian menunjukkan aktivitas xilanase yang digunakan adalah 340,3 U/mL. Satu unit aktivitas enzim didefinisikan sebagai jumlah enzim yang dapat menghasilkan enzim sebanyak 1 μmol permenit. Konsentrasi enzim xilanase yang digunakan adalah 1%, hal ini menyatakan akan terdapat 340,3 μmol xilanase beraksi setiap menitnya dalam 100 mL larutan substrat. Kondisi optimum untuk xilanase yaitu 50°C kecepatan 200 rpm selama 96 jam (9). Kondisi optimum kerja xilanase, dipertahankan dengan penggunaan bufer asetat dengan pH 5. Asam asetat pada akhir hidrolisis merupakan residu yang perlu diketahui konsentrasinya diakhir proses hidrolisis sebab merupakan inhibitor fermentasi xilitol ¹¹.

Xilosa dan glukosa adalah substrat dan ko-substrat fermentasi xilitol, sehingga jumlahnya perlu diketahui untuk menghitung Rendemen xilitol dan utilitas substrat. Konsentrasi xilosa dan glukosa serta asam asetat pada akhir waktu hidrolisis disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Hidrolisat Biomassa Sorgum Merah Lokal Bandung

Bagian Biomassa	Xilosa (g/L)	Glukosa (g/L)	Asam Asetat (g/L)
Batang dan Daun	8,8 ± 0,007	9,3 ± 0,025	0,8 ± 0,017
Malay	8,9 ± 0,006	9,5 ± 0,016	0,5 ± 0,067
Dedak	9,2 ± 0,003	9,7 ± 0,003	0,4 ± 0,001

Berdasarkan Tabel 3, dedak sorgum merah memiliki nilai konsentrasi xilosa dan glukosa lebih tinggi dari bagian biomassa lainnya dengan jumlah residu asam asetat paling rendah diantara bagian biomassa lainnya. Dedak sorgum merah memiliki komposisi hemiselulosa dan selulosa yang lebih tinggi dari bagian biomassa sorgum merah lainnya (Tabel 2) dengan konsentrasi lignin yang rendah. Lignin adalah perekat selulosa dan hemiselulosa, semakin rendah kandungan lignin maka akan semakin mudah suatu biomassa dikonversi menjadi monomer – monomernya ¹⁵. Rendemen hasil xilosa dan glukosa turut dievaluasi dalam penelitian dan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rendemen Hidrolisis Biomassa Sorgum Merah Lokal Bandung

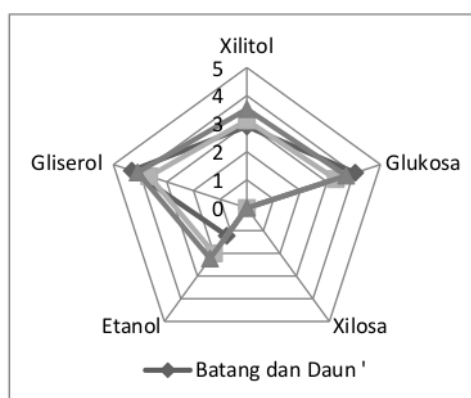
Bagian Biomassa	Rendemen Xilosa (%)	Rendemen Glukosa (%)
Batang dan Daun	15,1 ± 0,028	20,2 ± 0,001
Malay	12,9 ± 0,013	16,4 ± 0,000
Dedak	11,3 ± 0,001	26,6 ± 0,005

Nilai jumlah konsentrasi xilosa dalam hidrolisat biomassa sorgum tidak berbanding lurus dengan rendemen xilosa dalam biomassa sorgum merah (Tabel 3 dan Tabel 4). Namun demikian jumlah konsentrasi glukosa dalam hidrolisat berbanding lurus dengan rendemen glukosa dalam biomassa sorgum merah. Rendemen glukosa dan xilosa dalam hidrolisat biomassa sorgum masih dibawah 30% menunjukkan bahwa proses hidrolisis masih dapat dioptimalisasi. Optimalisasi dapat dilakukan pada penambahan konsentrasi sel, penambahan waktu hidrolisis atau meningkatkan konsentrasi substrat biomassa. Kelebihan proses hidrolisis yang dilakukan secara enzimatik adalah spesifik bekerja pada substrat yaitu hemiselulosa dan selulosa. Kelebihan lainnya adalah dapat meminimalisasi zat pengotor yang terbentuk yang dapat menghambat proses konversi dalam hidrolisis dan tahap fermentasi lanjut.

Enzim yang digunakan dalam penelitian adalah xilanase teknis industri yang merupakan enzim campuran yang dapat menghidrolisis gula pentosa dan heksosa. Salah satu produk hidrolisis gula heksosa yang diharapkan terkandung dalam hidrolisat adalah glukosa. Glukosa adalah kosubstrat dalam fermentasi xilitol⁹. Keberadaan glukosa dalam hidrolisat adalah suatu hal yang sangat menguntungkan, sebab dapat menurunkan biaya produksi melalui penurunan penambahan glukosa sebagai nutrisi pertumbuhan *D. hansenii* ITB CCR85 proses fermentasi xilitol. Enzim xilanase akan memutus ikatan β -1,4 pada rantai xilan secara teratur dan menghasilkan xilooligosakarida, sedangkan selulase akan memutus ikatan β -1,4 pada rantai selulosa menjadi glukosa¹⁶. Hidrolisis dalam penelitian dilakukan secara *fed-batch* dengan tujuan untuk mengurangi kepekatan substrat dalam reaksi padat cair secara bertahap^{17 18}

Komposisi Larutan Hasil Fermentasi

Komposisi komponen dalam larutan hasil fermentasi meliputi xilitol, etanol, gliserol, xilosa dan glukosa. Berdasarkan hasil analisis HPLC, komposisi dalam larutan hasil fermentasi disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Komposisi Larutan Hasil Fermentasi Hidrolisat Biomassa Sorgum Merah Lokal Bandung

Secara umum Gambar 1 adalah grafik yang menunjukkan bahwa xilosa dikonsumsi oleh sel *D.hansenii* ITB CCR85 sehingga jumlahnya tidak terdefinisi diakhir waktu fermentasi. Konsentrasi glukosa berkurang diakhir waktu fermentasi. Pada produk akhir terbentuk senyawa gliserol dan etanol, sel memetabolisme xilosa menjadi gliserol kemudian dikonversi kembali menjadi glukosa untuk selanjutnya menjadi tambahan kosubstrat dalam fermentasi.

Gliserol adalah produk antara dalam fermentasi xilitol, senyawa ini diproduksi oleh *D.hansenii* ITB CCR85 dalam kondisi tekanan osmotik yang tinggi¹⁹. Konsentrasi gliserol akan semakin meningkat dengan semakin tingginya konsentrasi xilosa sebab semakin tinggi tekanan osmotiknya. Gliserol yang diproduksi sel kemudian akan dimetabolisme kembali dalam jalur glukoneogenesis.

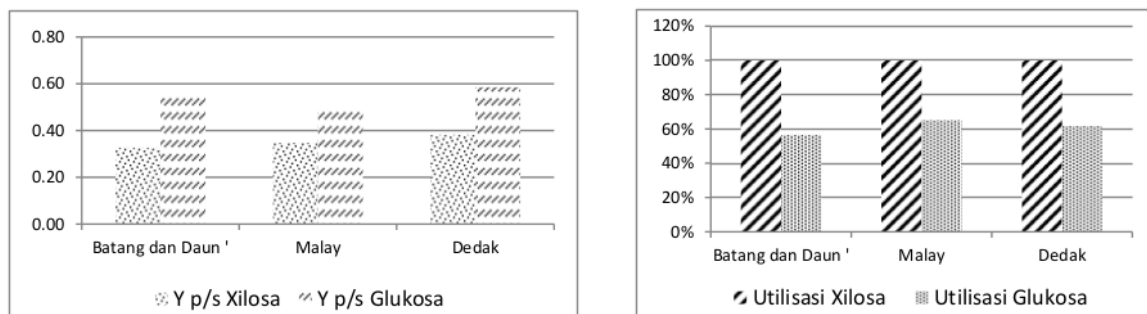
Glukoneogenesis membentuk glukosa dari senyawa non karbohidrat seperti gliserol dan protein. Jalan utama dari metabolisme glukoneogenesis adalah siklus krebs dan glikolisis. Reaksi ini metabolisme dimulai dari piruvat (kebalikan dari glikolisis). Enzim regulator dalam metabolisme ini adalah PEP (PhosphoenolPiruvate), Fruktos-2,5-bisphosphat dan Glukosa-6 fosfatase.

Substrat utama glukoneogenesis adalah asam amino glukogenik, asam laktat, gliserol dan asam propionat. Hal tersebut menjelaskan terjadinya peningkatan konsentrasi glukosa selama fermentasi. *D.hansenii* akan lebih memproduksi gliserol dibandingkan dengan xilitol dalam substrat dengan kondisi tekanan osmotik yang tinggi. Gliserol dapat digunakan sebagai kosubstrat dalam fermentasi xilitol¹⁹ dengan lebih baik, sebab konsumsi gliserol oleh sel lebih lambat dari glukosa dan dapat meningkatkan Q_p xilitol²⁰.

Keterkaitan antara xilitol dengan kesehatan dan gizi adalah bahwa xilitol merupakan gula dengan 5 atom karbon yang memiliki tingkat kemanisan setara sukrosa tetapi memiliki nilai kalori lebih rendah yaitu 2,4 kal/g dibandingkan dengan sukrosa sebesar 4 kal/g¹⁰. Xilitol adalah gula alkohol berantai 5 yang memiliki manfaat bagi kesehatan. Xilitol memiliki efek farmakologis bagi penderita diabetes, karena rendah kalori dan dapat digunakan pada pengobatan karies gigi⁶. Konsumsi xilitol secara berlebihan hanya akan menyebabkan diare ringan tanpa dampak kesehatan lainnya⁵ sehingga tidak terdapat batasan dalam konsumsi xilitol sebagai pangan harian.

Rendemen Xilitol Terhadap Substrat ($Y_{p/s}$) dan Utilisasi Substrat Fermentasi

Rendemen fermentasi dapat dihitung dari perolehan produk terhadap substrat ($Y_{p/s}$), perolehan produk terhadap biomassa ($Y_{p/x}$) serta % utilisasi xilosa sebagai substrat dan glukosa sebagai ko-substrat. $Y_{x/s}$ menggambarkan biomassa yang dihasilkan per jumlah substrat yang dikonsumsi. Biomassa yang dihasilkan ditentukan dengan mengukur berat sel kering (g/L). $Y_{p/s}$ didefinisikan sebagai jumlah produk yang dihasilkan per jumlah substrat yang dikonsumsi. $Y_{p/x}$ menggambarkan jumlah produk yang dihasilkan per biomassa yang dihasilkan. % Utilisasi xilosa dan % utilisasi glukosa merupakan persentase konsumsi xilosa dan glukosa selama fermentasi. Rendemen produk xilitol terhadap konsentrasi substrat xilosa dan ko-substrat glukosa; serta % utilisasi substrat xilosa dan ko-substrat glukosa disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rendemen Hasil Xilitol Terhadap Substrat (kiri). Utilisasi Substrat Fermentasi Xilitol (kanan) dari Biomassa Sorgum Merah Lokal Bandung

Berdasarkan Gambar 2, dapat dikatakan bahwa xilosa dikonversi sepenuhnya selama proses fermentasi. Dalam percobaan ini, glukosa sebagai ko-substrat belum sepenuhnya diutilisasi oleh sel selama proses fermentasi. Semakin besar konsentrasi awal glukosa (gambar 1), semakin lama glukosa diutilisasi sel (Gambar 2 kanan). Komposisi glukosa dalam hidrolisat terdapat pada sampel batang dan daun dan utilisasi glukosa paling rendah ditunjukkan oleh hasil fermentasi dengan sampel batang dan daun sorgum merah. Sampel hasil fermentasi dari batang dan daun sorgum merah juga memiliki $Y_{p/s}$ xilosa yang paling rendah dibandingkan sampel dedak dan malay sorgum, hal tersebut menunjukkan bahwa proses glukoneogenesis masih berlanjut untuk mengkonversi glukosa menjadi xilitol dari produk antara gliserol.

Perolehan dan rendemen hasil xilitol terhadap substrat ($Y_{p/s}$) akan semakin rendah dengan semakin meningkatnya konsentrasi awal xilosa dalam substrat fermentasi. Sebaliknya, semakin tinggi konsentrasi awal xilosa dalam cairan fermentasi, semakin besar perolehan dan rendemen hasil gliserol terhadap substrat ($Y_{p/s}$) yang didapatkan. Hal tersebut berkaitan dengan meningkatnya tekanan osmotik sel pada konsentrasi awal xilosa yang tinggi. Tekanan osmotik yang tinggi dapat menyebabkan viabilitas sel menurun, hal tersebut menyebabkan konsentrasi perolehan gliserol yang diproduksi pada kondisi tekanan osmotik sel tinggi meningkat dan xilitol yang

diproduksi menurun. Hal tersebut sebab sel mengalami fase kematian lebih cepat setelah gliserol diproduksi. Xilitol adalah produk intermediet yang dihasilkan oleh sel khamir, produk akhirnya adalah etanol.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Batang dan daun sorgum memiliki potensi yang lebih baik digunakan sebagai bahan baku xilitol yang diproduksi secara bioproses dibandingkan dedak dan malay sorgum. Berdasarkan hasil uji biomassa, batang dan daun sorgum memiliki komposisi hemiselulosa lebih rendah dan komposisi xilosa dalam hidrolisat lebih rendah dibandingkan bagian biomassa sorgum merah lainnya, tetapi memiliki rendemen hasil xilosa yang paling tinggi dibandingkan bagian biomassa lainnya. Pertimbangan lain yang menjadikan batang dan daun sorgum lebih baik sebagai bahan baku produksi xilitol secara bioproses adalah nilai utilisasi glukosanya lebih rendah dibandingkan bagian – bagian biomassa lainnya.

Saran

Hal - hal yang dapat menjadi masukan penelitian selanjutnya adalah

1. Perlu dilakukan kajian lanjut perbandingan konsentrasi antara media fermentasi, substrat dan inokulum untuk menghasilkan xilitol dengan rendemen lebih tinggi dari hidrolisat biomassa sorgum merah
2. Perlu dilakukan penelitian lanjut pemurnian larutan xilitol untuk menghilangkan residu fermentasi
3. Perlu dilakukan kajian penelitian sifat fisiko kimia larutan xilitol

REFERENSI

1. Noerhartati E, Rahayuningsih T, Studi P, Industri T, Teknik F, Kusuma UW. KARAKTERISASI GULA CAIR BATANG SORGUM (Sorghum sp.) Characterization of Liquid Sugar Stem Sorghum (Sorghum sp) 2012;
2. Efri Mardawati, Een Sukarminah, Tino Mutiarawati Onggo, Carmencita T. RI. Pengolahan biji sorgum : menjadi aneka produk pangan [Internet]. Sugeng Praptono, editor. Pustaka Giratuna; 2010. 125 p. Available from: <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=1094084>
3. Kong GT. Peran Biomassa Bagi Energi terbarukan, Pengantar Solusi Pemanasan Global yang Ramah lingkungan. Jakarta: Elex Media Komputindo; 2010. 191 p.
4. McKendry P. Energy production from biomass (part 1): Overview of biomass. *Bioresour Technol*. 2002;83(1):37–46.
5. Albuquerque TL De, Da Silva IJ, De MacEdo GR, Rocha MVP. Biotechnological production of xylitol from lignocellulosic wastes: A review. *Process Biochem* [Internet]. 2014;49(11):1779–89. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procbio.2014.07.010>
6. Kikuko A, Hidekazu A, Takashi U, Makiko F, Megumi K, Hajime S. Effects of xylitol on metabolic parameters and visceral fat accumulation. *J Clin Biochem Nutr*. 2011;48(2):154–60.
7. SigmaAldrich. Sigma Aldrich Catalog [Internet]. 2020 [cited 2021 Feb 11]. Available from: <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/search?term=xilitol&interface=All&N=0&mode=matchpartialmax&lang=en®ion=ID&focus=product>
8. Alibaba.com. Alibaba Pricelist [Internet]. 2021 [cited 2021 Feb 11]. Available from: https://www.alibaba.com/product-detail/Xylitol-Xylitol-Hot-Sale-High-quality_60256679490.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_title.430edc371NIKBo&s=p
9. Mardawati E, Werner A, Bley T, Kresnowati M, Setiadi T. The Enzymatic Hydrolysis of Oil Palm Empty Fruit Bunches to Xylose. *J Japan Inst Energy*. 2014;93:973–8.
10. Kresnowati M, Mardawati E, Setiadi T. Production of Xylitol from Oil Palm Empty Fruit Bunch: A Case Study on Bio refinery Concept. *Mod Appl Sci* [Internet]. 2015;9(7):206. Available from: <http://ccsenet.org/journal/index.php/mas/article/view/1832>
11. Yudiastuti S, Mardawati E, Kresnowati M, Bindar Y. Comparative study of glucose and xylose

- production in enzymatic hydrolysis by batch and fed batch method. J Teknol Pertan. 2018;12(1):79–86.
12. Shuler MK, Kargi F. Bioprocess Engineering : Basic Concept. 2nd ed. Michigan: Prentice Hall International Series; 1992. 177 p.
 13. Narindri B, Cahyanto MN. Produksi Bioetanol Daun Sorghum (Sorghum bicolor L . Moench). 2016;1(1):44–50.
 14. Meganandi A, Ellina K, Teknologi I, Raya J, Surabaya ITS, Teknologi I, et al. Produksi Bioetanol Dari Batang Sorghum bicolor (L .) Moench Dengan Saccharomyces cerevisiae Dan Konsorsium Saccharomyces cerevisiae - Pichia stipitis. J Purifikasi. 2016;XVI(2):118–29.
 15. Chatterjee S, Sharma S, Prasad R, Datta S, Dubey D, Meghvansi M, et al. Cellulase Enzyme based Biodegradation of Cellulosic Materials: An Overview. South Asian J Exp Biol. 2016;5(6):271-282–282.
 16. Chardwaj N, Kumar B, Verma P. A Detailed Overview of Xylanase : an emerging biomolecule for current and future prospective. Bioresour Bioprocess. 2019;40(6).
 17. Gao Y, Xu J, Yuan Z, Zhang Y, Liu Y, Liang C. Optimization of fed-batch enzymatic hydrolysis from alkali-pretreated sugarcane bagasse for high-concentration sugar production. Bioresour Technol [Internet]. 2014;167:41–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2014.05.034>
 18. Cui M, Zhang Y, Huang R, Su R, Qi W, He Z. Enhanced enzymatic hydrolysis of lignocellulose by integrated decrystallization and fed-batch operation. R Soc Chem [Internet]. 2014;4:44659–65. Available from: <http://dx.doi.org/10.1039/C4RA08891C>
 19. Klein M, Swinnen S, Thevelein J, Nevoigt E. Glycerol metabolism and transport in yeast and fungi : established knowledge and ambiguities.
 20. Kogje AB, Ghosalkar A. Xylitol production by genetically modified industrial strain of Saccharomyces cerevisiae using glycerol as co - substrate. J Ind Microbiol Biotechnol. 2017;

Kajian Pembuatan Gula Rendah Kalori Xilitol dari Biomassa Sorgum Merah

ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

15%

INTERNET SOURCES

8%

PUBLICATIONS

11%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

- 1** Submitted to Padjadjaran University **3%**
Student Paper
- 2** Madhanamohanan G. Mithra, Gouri Padmaja. "Improvement in Ethanol Yield from Lignocellulo-Starch Biomass using *Saccharomyces cerevisiae* alone or its Co-culture with *Scheffersomyces stipitis*", Current Biotechnology, 2020 **1%**
Publication
- 3** id.123dok.com **1%**
Internet Source
- 4** journals.plos.org **1%**
Internet Source
- 5** Efri Mardawati, R Andoyo, K A Syukra, MTAP Kresnowati, Y Bindar. "Production of xylitol from corn cob hydrolysate through acid and enzymatic hydrolysis by yeast", IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2018 **1%**
Publication

6	link.springer.com Internet Source	1 %
7	biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com Internet Source	1 %
8	iopscience.iop.org Internet Source	1 %
9	www.researchsquare.com Internet Source	1 %
10	Submitted to Marist College Student Paper	<1 %
11	repositorio.udea.edu.co Internet Source	<1 %
12	repositorium.sdum.uminho.pt Internet Source	<1 %
13	digitalcollection.zhaw.ch Internet Source	<1 %
14	www.eurekaselect.com Internet Source	<1 %
15	sertifikasi.fkip.uns.ac.id Internet Source	<1 %
16	sinta3.ristekdikti.go.id Internet Source	<1 %
17	www.neliti.com Internet Source	<1 %

18	123dok.com Internet Source	<1 %
19	penerbit.lipi.go.id Internet Source	<1 %
20	jurnal.unej.ac.id Internet Source	<1 %
21	Vishal Ahuja, Markéta Macho, Daniela Ewe, Manoj Singh, Subhasish Saha, Kumar Saurav. "Biological and Pharmacological Potential of Xylitol: A Molecular Insight of Unique Metabolism", Foods, 2020 Publication	<1 %
22	fr.scribd.com Internet Source	<1 %
23	Submitted to CSU, San Jose State University Student Paper	<1 %
24	Submitted to Syiah Kuala University Student Paper	<1 %
25	artikelolahragasite.wordpress.com Internet Source	<1 %
26	es.scribd.com Internet Source	<1 %
27	repository.poliupg.ac.id Internet Source	<1 %

28	Submitted to Universitas Sam Ratulangi Student Paper	<1 %
29	repository.ipb.ac.id Internet Source	<1 %
30	Submitted to University of Oklahoma Health Science Center Student Paper	<1 %
31	jurnal.umk.ac.id Internet Source	<1 %
32	revcmpinar.sld.cu Internet Source	<1 %
33	www.journal.unpas.ac.id Internet Source	<1 %
34	new.z-pdf.ru Internet Source	<1 %
35	opac.perpusnas.go.id Internet Source	<1 %
36	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
37	ejurnal.bppt.go.id Internet Source	<1 %
38	github.com Internet Source	<1 %
39	industria.ub.ac.id	

Internet Source

<1 %

40

publications.polymtl.ca

Internet Source

<1 %

41

qdoc.tips

Internet Source

<1 %

42

queenmollucas.blogspot.com

Internet Source

<1 %

43

www.ijeab.com

Internet Source

<1 %

44

protan.studentjournal.ub.ac.id

Internet Source

<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On