

Pengaruh Jenis Pelarut Asam Pada Hidrolisis Tongkol Jagung (*Zea mays L.*) Menjadi Gula Reduksi

Alfreda Putri Mayshela*, Aliyya Nisa Budi Utami, Ketut Sumada

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: 22031010112@student.upnjatim.ac.id

Diterima: 4 Maret 2026

Disetujui: 16 Maret 2026

Abstract

Corn cobs (*Zea mays L.*) are lignocellulosic waste that can potentially be processed into reducing sugars through acid hydrolysis. This study aims to determine the effect of acid solvent type and concentration on the reducing sugar content produced. The process involved corn cob preparation, delignification using 10% NaOH, and hydrolysis with variations in acetic, oxalic, citric, phosphoric, and sulfuric acid solvents at concentrations of 20; 25; 30; 35; dan 40%. The analysis was performed using the Benedict, Luff-Schoorl, and UV-Vis Spectrophotometry (Nelson-Somogyi) methods. The results showed that an increase in acid concentration tended to increase the reducing sugar content. The highest value of the Luff-Schoorl method was obtained at 40% phosphoric acid at 3,5325%, while UV-Vis showed the highest result at 20% phosphoric acid at 0,9438%. The delignification process was proven to be effective in reducing lignin content by 93,23% and increasing cellulose content by 12,02%, thus supporting the effectiveness of hydrolysis.

Keywords: *reducing sugar, acid hydrolysis, corn cob, acid solvent variation*

Abstrak

Tongkol jagung (*Zea mays L.*) merupakan limbah lignoselulosa yang berpotensi diolah menjadi gula reduksi melalui hidrolisis asam. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh jenis dan konsentrasi pelarut asam terhadap kadar gula reduksi yang dihasilkan. Proses meliputi preparasi tongkol jagung, delignifikasi menggunakan NaOH 10%, dan hidrolisis dengan variasi pelarut asam asetat, asam oksalat, asam sitrat, asam fosfat, dan asam sulfat pada konsentrasi 20; 25; 30; 35; dan 40%. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode Benedict, Luff-Schoorl, dan UV-Vis Spektrofotometri (Nelson-Somogyi). Hasil menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi asam cenderung meningkatkan kadar gula reduksi. Nilai tertinggi metode Luff-Schoorl diperoleh pada asam fosfat 40% sebesar 3,5325%, sedangkan UV-Vis menunjukkan hasil tertinggi pada asam fosfat 20% sebesar 0,9438%. Adanya proses delignifikasi terbukti efektif menurunkan kadar lignin hingga 93,23% dan meningkatkan kadar selulosa sebesar 12,02%, sehingga mendukung efektivitas hidrolisis.

Kata Kunci: *gula reduksi, hidrolisis asam, tongkol jagung, variasi pelarut asam*

1. Pendahuluan

Jagung termasuk bahan pokok yang cukup populer untuk dikonsumsi di Indonesia dan menghasilkan banyak limbah maupun produk samping. Salah satu produk samping dari jagung yang sering ditemui adalah tongkol jagung. Tongkol jagung memiliki beberapa kandungan yang dapat dimanfaatkan sebagai produk biokompatibel yang memiliki ekonomi tinggi selain ampas tebu dan jerami padi [1]. Tongkol jagung termasuk salah satu limbah lignoselulosik yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin [2]. Tongkol jagung mengandung selulosa sekitar 40-44%, hemiselulosa 31-33% dan lignin 16-18% [3]. Selulosa dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon oleh mikroorganisme dalam proses fermentasi untuk menghasilkan berbagai produk yang memiliki nilai ekonomi tinggi [2]. Dalam kondisi alami, selulosa biasanya tidak berdiri sendiri, tetapi berikatan dengan lignin dan hemiselulosa. Keberadaannya dapat ditemukan pada dinding sel tumbuhan serta material vegetatif lainnya dalam bentuk serat [4]. Selulosa dapat diubah menjadi glukosa melalui reaksi hidrolisis, yaitu proses pemutusan ikatan molekul akibat penambahan air sehingga terbentuk senyawa dengan ukuran yang lebih sederhana.

Lignin merupakan makromolekul kompleks yang tersusun atas polimer monomer fenolik dan diketahui dapat menurunkan efektivitas katalis asam. Pada dinding sel tumbuhan, lignin berperan melindungi selulosa dan hemiselulosa sehingga akses katalis asam terhadap kedua komponen tersebut selama hidrolisis menjadi terbatas. Oleh karena itu, diperlukan tahap perusakan struktur lignin untuk

meningkatkan efisiensi hidrolisis menggunakan asam encer. Salah satu metode yang umum diterapkan untuk mereduksi lignin adalah perlakuan dengan larutan basa yang dikenal sebagai proses delignifikasi [5].

Pada proses hidrolisis, pelarut asam digunakan sebagai katalis untuk mengonversi selulosa menjadi gula reduksi. Perbedaan penggunaan asam encer dan asam pekat sebagai katalis hidrolisis terletak pada kemudahan pemisahan serta hasil konversi yang diperoleh. Asam encer relatif lebih mudah dipisahkan dari produk akhir, sedangkan asam pekat umumnya menghasilkan kadar glukosa yang lebih tinggi dan optimal [6]. Pada konsentrasi asam yang tinggi, laju hidrolisis tidak lagi dipengaruhi oleh tingkat kristalinitas selulosa sehingga konversi glukosa dapat mencapai lebih dari 90%. Meskipun demikian, penggunaan asam encer memiliki kelemahan berupa degradasi gula yang terbentuk selama reaksi serta munculnya produk samping yang tidak diinginkan. Pembentukan senyawa-senyawa tersebut tidak hanya menurunkan rendemen gula, tetapi juga berpotensi menghambat proses fermentasi etanol pada tahap selanjutnya. Di sisi lain, penggunaan asam pekat memang mampu mempercepat reaksi hidrolisis, namun dapat menurunkan hasil akhir akibat degradasi lanjutan glukosa yang terbentuk [7].

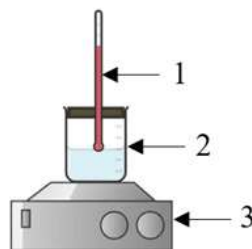
Hidrolisis lignoselulosa menggunakan asam encer dapat mengurangi tingkat korosi akibat pengenceran aliran asam. Asam sulfat diketahui lebih korosif terhadap baja tahan karat dibandingkan dengan asam fosfat [8]. Peningkatan konsentrasi asam dan lamanya waktu reaksi dapat mempercepat degradasi selulosa dan hemiselulosa menjadi glukosa maupun gula sederhana lainnya karena meningkatnya interaksi antara selulosa dan asam. Namun demikian, kenaikan konsentrasi asam dan durasi reaksi juga berpotensi meningkatkan pembentukan senyawa inhibitor yang dapat menurunkan kualitas produk [9].

Penelitian mengenai pembentukan gula reduksi dari biomassa lignoselulosik telah banyak dilakukan. Namun, tingginya kandungan karbohidrat pada tongkol jagung menjadikannya bahan baku yang potensial untuk dikaji lebih lanjut, khususnya dalam upaya memperoleh gula reduksi menggunakan pelarut yang relatif ekonomis. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan melalui proses hidrolisis dengan variasi beberapa jenis pelarut asam, yaitu asam asetat (CH_3COOH), asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$), asam sitrat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$), dan asam fosfat (H_3PO_4), serta asam sulfat (H_2SO_4) sebagai pembanding yang mewakili golongan asam kuat.

2. Metode Penelitian

Alat dan Bahan

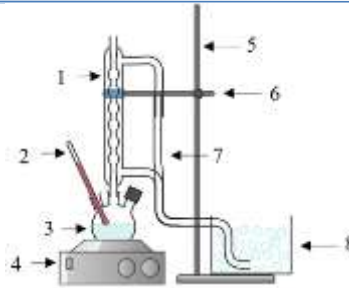
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah thermometer, beaker glass, magnetic stirrer, kondensor allihn, labu leher tiga, statif, klem, neraca analitik, kertas saring, *icebath*, selang dan pompa. Sementara, bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tongkol jagung dari Desa Bajulan, Kecamatan Loceret, Kabupaten Nganjuk, asam asetat (CH_3COOH), asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$), asam sitrat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$), asam fosfat (H_3PO_4), asam sulfat (H_2SO_4), aquadest, PbO, NaOH, KI, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, PbAsetat, Ethanol 96%, phenolphthalein, Na_2HPO_4 , Reagen Luff, Starch Soluble dan Reagen Benedict dari Toko CIMS Kenjeran, Kota Surabaya.



Gambar 1: Rangkaian Alat Delignifikasi

Keterangan :

1. Thermometer
2. Beaker Glass
3. Magnetic Stirrer



Gambar 2: Rangkaian Alat Hidrolisis

Keterangan :

1. Kondensor Allihn
2. Thermometer
3. Labu leher tiga
4. Magnetic Stirrer
5. Statif
6. Klem
7. Set Selang dan Pompa
8. Icebath

Preparasi Sampel

Tongkol jagung dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil kemudian diletakkan dalam loyang dan dimasukkan ke dalam oven. Suhu pengeringan menggunakan oven diatur pada suhu 105°C selama 3 jam untuk mengurangi kandungan air pada tongkol jagung. Kemudian, tongkol jagung dicekuk ukurannya dengan menggunakan grinder dan diayak dengan ayakan 40 mesh untuk memberikan hasil yang optimal pada proses selanjutnya.

Proses Delignifikasi

Proses delignifikasi dilakukan dengan SLR 1:15, kemudian serbuk tongkol jagung dimasukkan ke dalam beaker glass dan ditambahkan dengan larutan NaOH 10%. Proses delignifikasi dilakukan dengan menggunakan suhu 50°C selama 4 jam untuk merusak struktur lignoselulosa. Setelah proses delignifikasi, dilakukan proses penyaringan menggunakan kertas saring untuk memisahkan padatan selulosa dan *black liquor*. Padatan selulosa kemudian dialiri dengan aquadest hingga mencapai pH netral. Setelah mencapai pH netral, padatan selulosa dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 90°C selama 2 jam. Proses pengeringan dilakukan secara terus menerus hingga berat padatan selulosa konstan. Selanjutnya, padatan selulosa di grinder kembali dan diayak menggunakan ayakan 40 mesh.

Proses Hidrolisis

Padatan selulosa yang sudah siap, dihidrolisis dengan perbandingan SLR sebesar 1:20. Padatan selulosa dimasukkan ke dalam labu leher tiga dan ditambahkan dengan larutan asam. Larutan asam yang ditambahkan pada proses hidrolisis ada beberapa jenis yaitu asam asetat (CH_3COOH), asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$), asam sitrat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$), asam fosfat (H_3PO_4), dan asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 20%, 25%, 30%, 35%, dan 40%. Pada labu leher tiga ditambahkan dengan magnetic bar dan ditutup, serta diberi thermometer untuk menjaga suhu dalam proses hidrolisis. Proses hidrolisis dilakukan pada suhu 100°C selama 100 menit dengan kecepatan pengadukan 150 rpm. Setelah itu, larutan disaring untuk memisahkan residu dan filtrat sebagai produk gula reduksi.

3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Bahan Baku Tongkol Jagung

Karakterisasi bahan baku tongkol jagung dengan menggunakan metode gravimetri untuk mengetahui kadar lignin dan selulosa sesudah dan sebelum proses delignifikasi. Analisis bahan baku tongkol jagung ini dilakukan di Balai Penelitian dan Konsultasi Industri, Laboratorium Penelitian dan Konsultasi Industri, Surabaya, Jawa Timur. Data yang dihasilkan disajikan dalam bentuk persen berat untuk menunjukkan kadar lignin dan selulosa pada total masa sampel. Hasil pengujian karakteristik bahan baku tongkol jagung ditunjukkan pada **Tabel 1** berikut.

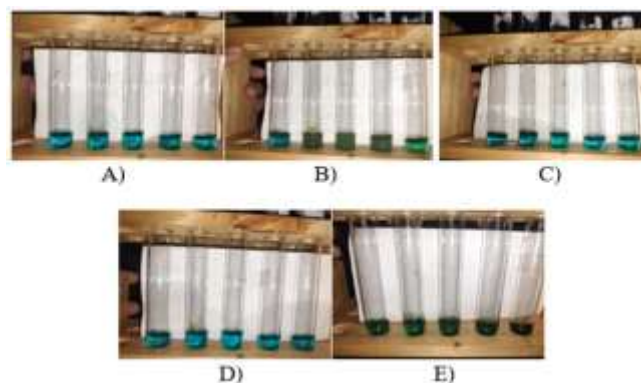
Tabel 1. Hasil Uji Karakteristik Bahan Baku Tongkol Jagung

Kode	Lignin (%)	Selulosa (%)
Awal	5,61	48,90
NaOH	0,38	54,78

Berdasarkan **Tabel 1** hasil analisa bahan baku tongkol jagung menggunakan metode gravimetri, menunjukkan pengurangan kadar lignin dari kondisi awal 5,61% menjadi 0,38% dan peningkatan kadar selulosa dari 48,90% menjadi 54,78%. Hal ini menunjukkan bahwa proses delignifikasi dapat meningkatkan kadar selulosa sebesar 12,0245% dan efisiensi penurunan kadar lignin sebesar 93,2264%. Penurunan kadar lignin pada proses delignifikasi ini menunjukkan bahwa larutan alkali mampu memutus ikatan lignin. Pengurangan kadar lignin ini dipengaruhi oleh waktu pemanasan dan suhu yang digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi operasi yang digunakan untuk proses delignifikasi cukup optimal untuk mendegradasi struktur lignoselulosa [10]. Larutan alkali yang digunakan dalam proses delignifikasi akan merusak struktur lignin pada bagian kristalin dan amorf sehingga dapat memisahkan beberapa selulosa. Ion OH⁻ dari NaOH akan memutus ikatan dari struktur dasar lignin, sementara ion Na⁺ akan mengikat lignin untuk membentuk natrium fenolat yang dapat larut [11]

Uji Gula Reduksi Menggunakan Metode Benedict

Uji dengan metode benedict digunakan untuk mendeteksi keberadaan gula reduksi. Kandungan gula pereduksi yang terdapat pada sampel akan mereduksi ion Cu²⁺ menjadi Cu⁺ yang terdapat pada reagen benedict [12]. Hasil identifikasi gula reduksi dengan menggunakan metode benedict ditunjukkan oleh **Gambar 3** berikut.



Gambar 3. Hasil Uji Benedict A) Asam Asetat; B) Asam Fosfat; C) Asam Oksalat; D) Asam Sitrat; Dan E) Asam Sulfat (urut dari kiri ke kanan konsentrasi 20%; 25%; 30%; 35%; 40%)

Hasil uji Benedict menunjukkan bahwa sampel hasil hidrolisis dengan pelarut asam asetat, asam oksalat, dan asam sitrat tetap berwarna biru pada seluruh variasi konsentrasi. Sementara, sampel hasil hidrolisis dengan asam fosfat berwarna biru pada konsentrasi 20% dan berubah menjadi hijau pada konsentrasi 25–40%, sedangkan asam sulfat menunjukkan warna hijau pada seluruh konsentrasi seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3**. Perbedaan warna ini mencerminkan variasi kadar gula pereduksi akibat pengaruh jenis dan kekuatan asam. Warna biru menunjukkan kadar gula pereduksi sekitar 0–0,4%, sedangkan warna hijau mengindikasikan kadar yang lebih tinggi, yaitu 0,5–1% [13]. Hasil uji Benedict dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain kondisi reaksi seperti suhu dan lama pemanasan, pH larutan (terutama adanya sisa suasana asam yang belum dinetralkan), serta keberadaan senyawa pereduksi lain selain gula yang dapat mereduksi ion Cu²⁺ dan menimbulkan hasil positif palsu. Oleh karena itu, uji Benedict tidak bersifat spesifik dan hanya digunakan sebagai metode kualitatif hingga semi-kuantitatif, di mana interpretasi kadar gula pereduksi didasarkan pada intensitas perubahan warna dan jumlah endapan yang terbentuk, bukan pada pengukuran konsentrasi yang presisi [14].

Analisis Kuantitatif Gula Reduksi Menggunakan Metode Luff-Schrool

Analisis kuantitatif gula reduksi dengan metode Luff-Schrool didasarkan pada kemampuan gula reduksi yang memiliki gugus aldehid atau keton bebas untuk mereduksi ion Cu²⁺ dalam larutan luff menjadi

Cu⁺ yang kemudian dianalisis secara tidak langsung melalui titrasi iodometri menggunakan larutan natrium thiosulfat. Hasil analisis kadar gula reduksi ditunjukkan pada **Tabel 2** berikut.

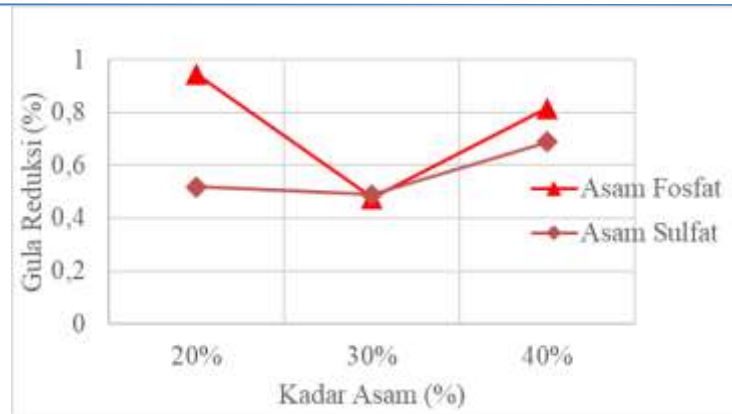
Tabel 2. Hasil Uji Metode Luff-School

Konsentrasi Jenis Pelarut	Kadar Gula Reduksi (%)				
	20%	25%	30%	35%	40%
Asam Asetat	0,8961	1,1988	1,2786	1,3147	1,3147
Asam Oksalat	0,6583	0,5602	0,8974	1,0637	1,1995
Asam Fosfat	2,7190	2,9722	3,0952	3,0894	3,5325
Asam Sitrat	1,0010	1,0527	1,1526	1,3225	1,4707
Asam Sulfat	2,6344	3,0289	3,2363	3,3391	3,5025

Hasil uji Luff School menunjukkan bahwa hidrolisis menggunakan asam asetat (CH₃COOH) meningkatkan kadar gula reduksi dari 0,8961% (20%) menjadi 1,3147% (35%) dan cenderung konstan hingga 40%. Hal ini menunjukkan keterbatasan asam asetat sebagai asam lemah karena derajat ionisasinya rendah sehingga ion H⁺ untuk memutus ikatan β-1,4-glikosidik terbatas [15]. Pada hidrolisis menggunakan asam oksalat (H₂C₂O₄), kadar gula reduksi meningkat seiring kenaikan konsentrasi, namun nilainya relatif lebih rendah dibandingkan asam asetat, sitrat, fosfat, dan sulfat karena degradasi kurang optimal dan pembentukan furfural lebih banyak [16]. Asam sitrat (C₆H₈O₇) menghasilkan kadar gula reduksi lebih tinggi dibandingkan asam asetat dan oksalat, dengan nilai 1,4707% pada konsentrasi 40%, karena mampu memotong rantai polimer menjadi oligomer lebih pendek sehingga menghasilkan gula reduksi [17]. Kadar gula reduksi tertinggi diperoleh dari hidrolisis menggunakan asam fosfat (H₃PO₄) pada konsentrasi 40% sebesar 3,5325%, yang nilainya mendekati asam sulfat (3,5025%). Asam fosfat efektif menghidrolisis selulosa tanpa degradasi berlebihan serta melepaskan lebih banyak ion H⁺ untuk membentuk H₃O⁺ sehingga meningkatkan kadar glukosa [18]. Selain itu, asam fosfat berpotensi menjadi alternatif hidrolisis karena meminimalkan pembentukan produk samping seperti reaksi Maillard yang menyebabkan warna coklat kehitaman [17].

Analisis Gula Reduksi Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis

Mekanisme metode UV-Vis spektrofotometri dengan metode Nelson-Somogyi didasarkan pada reaksi reduksi gula pereduksi dalam suasana alkalis. Sampel yang mengandung gula reduksi akan mereduksi ion Cu²⁺ menjadi Cu⁺. Ion Cu⁺ yang terbentuk kemudian mereduksi kompleks arsenomolibdat sehingga menghasilkan senyawa molybdene blue berwarna biru kehijauan. Intensitas warna yang terbentuk selanjutnya diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang tertentu, di mana nilai absorbansi yang diperoleh sebanding dengan konsentrasi gula reduksi dalam sampel [19]. Setelah uji kualitatif menggunakan metode Benedict dan penetapan kadar gula reduksi dengan metode Luff-School, diketahui bahwa pelarut asam fosfat (H₃PO₄) menghasilkan pembentukan gula reduksi paling optimal. Oleh karena itu, dilakukan uji kuantitatif lanjutan menggunakan metode Nelson-Somogyi dengan pengukuran spektrofotometer UV-Vis terhadap enam sampel, yaitu asam fosfat (H₃PO₄) dan asam sulfat (H₂SO₄) pada konsentrasi 20%, 30%, dan 40%. Asam sulfat digunakan sebagai pembanding karena merupakan asam kuat yang umum dipakai dalam proses hidrolisis untuk menghasilkan gula reduksi.



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Konsentrasi Pelarut Asam Dengan Kadar Gula Reduksi Pada Asam Fosfat Dan Asam Sulfat Menggunakan Uji UV Vis Spektrofotometri Metode Nelson Somogyi

Hasil uji kuantitatif metode Nelson–Somogyi menunjukkan bahwa pada asam fosfat (H_3PO_4) kadar gula reduksi tertinggi diperoleh pada konsentrasi 20% (0,944%), menurun pada 30% (0,477%), dan meningkat kembali pada 40% (0,817%). Pada asam sulfat (H_2SO_4), kadar gula reduksi sebesar 0,519% (20%), sedikit turun menjadi 0,489% (30%), lalu meningkat menjadi 0,688% (40%). Asam fosfat efektif membuka struktur lignoselulosa, namun peningkatan konsentrasi tidak selalu meningkatkan kadar gula reduksi karena adanya ketidakseimbangan antara pembentukan dan degradasi gula [20]. Sebagai asam triprotik lemah–menengah, asam fosfat mengalami disosiasi bertahap sehingga hidrolisis berlangsung lebih terkendali dan degradasi gula dapat diminimalkan [21]. Sebaliknya, asam sulfat sebagai asam kuat terdisosiasi hampir sempurna sehingga memiliki daya hidrolisis tinggi, tetapi dapat menyebabkan degradasi gula melalui reaksi dehidrasi yang menghasilkan furfural atau HMF [22]. Secara umum, pembentukan furfural dari biomassa terjadi melalui hidrolisis menjadi pentosa oleh asam Brønsted, kemudian diikuti dehidrasi pentosa menjadi furfural [23].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, variasi pelarut asam lemah dalam proses hidrolisis berpengaruh terhadap kadar gula reduksi yang dihasilkan karena perbedaan kemampuan disosiasi ion H^+ , di mana pada uji Luff-School penggunaan asam fosfat (H_3PO_4) konsentrasi 40% menghasilkan kadar gula reduksi tertinggi sebesar 3,5325%, sedangkan pada uji UV-Vis spektrofotometri yield gula reduksi tertinggi diperoleh pada asam fosfat (H_3PO_4) konsentrasi 20% sebesar 0,9438%, serta berdasarkan uji Luff-School konsentrasi pelarut asam yang menghasilkan rendemen gula reduksi tertinggi adalah 40% dengan pelarut asam fosfat (H_3PO_4).

5. Saran

Penulis menyarankan untuk melakukan optimasi tahap pretreatment sebelum proses hidrolisis, khususnya pada proses delignifikasi menggunakan natrium hidroksida ($NaOH$), melalui pengaturan kondisi proses atau penambahan bahan pendukung seperti kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) dan hidrogen peroksida (H_2O_2) guna meningkatkan keterbukaan struktur selulosa. Selain itu, penambahan pelarut yang dapat mendukung konversi selulosa menjadi gula reduksi juga perlu dipertimbangkan, salah satunya melalui penggunaan pelarut ionik (ionic liquids) seperti 1-ethyl-3-methylimidazolium chloride yang mampu melarutkan selulosa sehingga meningkatkan efisiensi proses hidrolisis.

6. Daftar Pustaka

- [1] P. Sahare, R. Singh, R. S. Laxman, and M. Rao, "Effect of Alkali Pretreatment on the Structural Properties and Enzymatic Hydrolysis of Corn Cob," *Appl. Biochem. Biotechnol.*, vol. 168, no. 7, pp. 1806–1819, Dec. 2012, doi: 10.1007/s12010-012-9898-y.
- [2] Fathuliah, Fani, et al. "Digitalisasi Pemetaan Potensi Tongkol Jagung Menjadi Bioetanol Berbasis Quantum GIS." *Jurnal Teknik Terapan 1.2* (2022): 47-56.
- [3] N. Rokhati et al., "Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Limbah Logam Berat," *Inov. Tek. Kim.*, vol. 6, no. 2, pp. 89–94, 2021.
- [4] Soeprijanto, Soeprijanto. "Biokonversi Selulosa dari Limbah Tongkol Jagung menjadi Glukosa menggunakan Jamur *Aspergillus Niger*." *Jurnal Purifikasi 9.2* (2008): 105-114.

- [5] Hayati, Nurdina, et al. "Pembuatan Glukosa Dengan Memanfaatkan Limbah Bonggol Jagung." *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)* 2.1 (2022): 1-11.
- [6] Agustina, Eva, et al. "Pemanfaatan limbah kulit buah dan sayur sebagai bahan bakar Bioetanol dengan variasi konsentrasi katalis." *Jurnal Teknik Kimia USU* 10.1 (2021): 45-50.
- [7] Aniriani, Gading Wilda, Nurul Fitria Apriliani, and Eko Sulistiono. "Hidrolisis Polisakarida Xilan Jerami Menggunakan Larutan Asam Kuatuntuk Bahan Dasar Produksi Bioetanol." *Jurnal Ilmiah Sains* 18.2 (2018): 113-117.
- [8] A. M. Orozco, A. H. Al-Muhtaseb, A. B. Albadarin, D. Rooney, G. M. Walker, and M. N. M. Ahmad, "Dilute phosphoric acid-catalysed hydrolysis of municipal bio-waste wood shavings using autoclave parr reactor system," *Bioresour. Technol.*, vol. 102, no. 19, pp. 9076–9082, Oct. 2011, doi: 10.1016/j.biortech.2011.07.006.
- [9] Harijanja, Jhon Wesley, and Rudiyanasyah Nora Idiawati. "Optimasi jenis dan konsentrasi asam pada hidrolisis selulosa dalam tongkol jagung." *Jurnal Kimia Khatulistiwa* 4.4 (2015).
- [10] A. A. I. S. Yusuf, S. I. Abadi, and Sariwahyuni, "Delignification of Lignocellulosic Content of Sugarcane Bagasse (*Saccharum officinarium*) with Variations in Size and Pretreatment Time," *J. Chem. Process Eng.*, vol. 9, no. 2, pp. 90–98, 2024, doi: 10.33096/jcpe.v9i2.976.
- [11] Deivy Andhika Permata, Anwar Kasim, Alfi Asben, and Yusniwati, "Delignification of Lignocellulosic Biomass," *World J. Adv. Res. Rev.*, vol. 12, no. 2, pp. 462–469, 2021, doi: 10.30574/wjarr.2021.12.2.0618.
- [12] B. Nurprialdi, V. O. T. Gani, S. Halda, P. A. Pratama, and R. S. Panjaitan, "Identifikasi Kualitatif dan Kuantitatif," *Indones. J. Pharm. Res.*, vol. 2, no. 2, pp. 11–21, 2023.
- [13] Rahmawati, Rahmawati, et al. "Perbandingan Glukosa Urine Pada Keturunan Penderita Diabetes Mellitus Dengan Metode Carik Celup dan Metode Benedict." *Lontara Journal of Health Science and Technology* 6.2 (2025): 120-127.
- [14] S. Achmadi., Chumairoh, Aina., "Pengaruh Variasi Penambahan Dosis Vitamin C pada Urine terhadap Kadar Glukosa dengan Metode Benedict," *J. Ilm. Kesehat.*, vol. 4, no. 3, pp. 463–469, 2022.
- [15] A. P. Trzcinski and D. C. Stuckey, "Contribution of acetic acid to the hydrolysis of lignocellulosic biomass under abiotic conditions," *Bioresour. Technol.*, vol. 185, pp. 441–444, 2015, doi: 10.1016/j.biortech.2015.03.016.
- [16] H. Suryadi, A. Yanuar, Harmita, and P. W. Rachmadani, "Response surface methodology applied to oxalic acid hydrolysis of oil palm," *Int. J. Appl. Pharm.*, vol. 12, no. Special Issue 1, pp. 172–176, 2020, doi: 10.22159/ijap.2020.v12s1.FF037.
- [17] S. Yusra, Y. Pranoto, C. Anwar, and C. Hidayat, "Hidrolisis Pati dari Batang Kelapa Sawit dengan Kombinasi Perlakuan Asam Sitrat dan Steam Explosion Terhadap Sifat Fisiko Kimia Dekstrin," *J. Apl. Teknol. Pangan*, vol. 9, no. 1, p. 9, 2020, doi: 10.17728/jatp.6273.
- [18] N. A. N. Nurcholisoh, F. Rusydi, and N. K. Sari, "Optimasi Kadar Glukosa Dari Proses Hidrolisis Ampas Batang Sorgum Dengan Berbagai Jenis dan Konsentrasi Asam Menggunakan Response Surface Methodology," *J. Serambi Eng.*, vol. 10, no. 4, pp. 14834–14844, 2025.
- [19] Widia, Wenny, Yosua Halawa, and Dapat Hati Duha. "Studi in vitro potensi antioksidan dan aktivitas antidiabetes fraksi etil asetat buah parijoto (*medinilla speciosa* b)." *Journal Health Of Education* 3.2 (2023).
- [20] N. Mosier *et al.*, "Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass," *Bioresour. Technol.*, vol. 96, no. 6, pp. 673–686, 2005, doi: 10.1016/j.biortech.2004.06.025.
- [21] Hidayah, Nur, Nanik Wijayati, and Sri Mursiti. "Aktivitas Katalitik P2O5-Zeolit Alam pada Reaksi Hidrasi Terpentin menjadi $\hat{I}\pm$ -Terpineol." *Indonesian Journal of Chemical Science* 6.3 (2017): 236-242.
- [22] M. J. Taherzadeh and K. Karimi, "Acid-based hydrolysis processes for ethanol from lignocellulosic materials: A review," *BioResources*, vol. 2, no. 3, pp. 472–499, 2007, doi: 10.15376/biores.2.3.472-499.
- [23] P. Gan, K. Zhang, G. Yang, J. Li, Y. Zhao, and J. Chen, *Catalytic Production and Upgrading of Furfural : A Platform Compound*. 2024.