

Pembuatan Glukosa dari *Fiber Cake* Sawit dengan Metode Hidrolisis Enzim Selulase

Tithania Maharani Putri Wijaya, Martha Aznury*, Cindi Ramayanti

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Sumatera Selatan

*Koresponden email: martha_aznury@polsri.ac.id

Diterima: 30 Agustus 2025

Disetujui: 03 September 2025

Abstract

Palm fiber cake is waste from the palm oil processing process after going through the oil extraction process from oil palm fruit. Fiber cake contains lignocellulose in the form of cellulose, hemicellulose, and lignin. The high cellulose content in fiber cake will be used to produce monosaccharides to produce glucose. Lignin contained in palm fiber cake needs to be removed to extract cellulose because lignin functions as a protector that will prevent enzymes from breaking down cellulose into glucose. The delignification process is carried out to remove lignin levels, using H_2O_2 and $MnSO_4 \cdot H_2O$ as catalysts to accelerate the reaction process. To convert cellulose into glucose, an enzymatic hydrolysis process is carried out using the cellulase enzyme. This study aims to determine the glucose levels produced through the hydrolysis process by varying the cellulase enzyme by 5%, 10%, and 15% of the weight of delignified palm fiber cake, with sampling times at 6, 12, and 18 hours. Based on the analysis results, the highest glucose results were obtained in sample C3 (enzyme concentration 15%/18 hours), which was 9% in the Luff Schoorl analysis and a brix value of $12^\circ Bx$ with a pH value of 4.

Keywords: palm oil fiber cake, lignin, cellulase enzyme, delignification, enzymatic hydrolysis

Abstrak

Fiber cake sawit merupakan limbah dari proses pengolahan kelapa sawit setelah melalui proses ekstraksi minyak dari buah kelapa sawit. *Fiber cake* mengandung lignoselulosa berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Kandungan selulosa yang tinggi pada *fiber cake* akan dimanfaatkan untuk menghasilkan monosakarida untuk memproduksi glukosa. Lignin yang terdapat dalam *fiber cake* sawit perlu dihilangkan untuk mengambil selulosa karena lignin berfungsi sebagai pelindung yang akan menghalangi enzim untuk memecah selulosa menjadi glukosa. Proses delignifikasi dilakukan untuk menghilangkan kadar lignin, dengan menggunakan H_2O_2 dan $MnSO_4 \cdot H_2O$ sebagai katalis untuk mempercepat proses reaksi. Untuk mengubah selulosa menjadi glukosa dilakukan proses hidrolisis secara enzimatik menggunakan enzim selulase. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar glukosa yang dihasilkan melalui proses hidrolisis dengan memvariasikan enzim selulase sebesar 5%, 10%, dan 15% dari berat *fiber cake* sawit terdelignifikasi, dengan waktu pengambilan sampel pada waktu 6, 12, dan 18 jam. Berdasarkan hasil analisa didapatkan hasil glukosa tertinggi pada sampel C3 (konsentrasi enzim 15%/18 jam) yaitu sebesar 9% pada analisa *Luff Schoorl* dan nilai brix sebesar $12^\circ Bx$ dengan nilai pH nya adalah 4.

Kata Kunci: fiber cake sawit, lignin, enzim selulase, delignifikasi, hidrolisis enzimatik

1. Pendahuluan

Perkembangan produksi kelapa sawit terus meningkat dari tahun ke tahun. Rata-rata pertumbuhan perkebunan kelapa sawit per tahun sebesar 7,67% dan produksi kelapa sawit juga meningkat rata-rata 11,09% per tahun [1]. Produk kelapa sawit tidak hanya berperan sebagai bahan baku utama dalam industri makanan dan non-makanan, tetapi juga menjadi sorotan dalam bidang keberlanjutan dan dampak lingkungan karena produk turunan yang begitu beragam.

Bertambahnya luas lahan kelapa sawit di Indonesia, jumlah pabrik pengolahan kelapa sawit juga cenderung meningkat sehingga hasil produksi serta limbah turut bertambah. Limbah yang berasal dari proses pengolahan terbagi menjadi dua jenis, yaitu limbah padat dan limbah cair. Setiap pengolahan tandan buah segar (TBS) berpotensi menghasilkan sekitar limbah sebanyak 23 % tandan kosong kelapa sawit, 4 % wet decanter solid, 6,5 % cangkang, 13 % serabut atau *fiber* dan 50% limbah cair yaitu *palm oil mill effluent* (POME) [2].

Salah satu jenis limbah padat yang dihasilkan dari pengolahan kelapa sawit adalah serat kelapa sawit (*fiber cake*), yang berasal dari bagian mesocarp buah kelapa sawit setelah melewati proses pengepresan. *Fiber cake* sawit ini termasuk dalam limbah padat utama yang dihasilkan selama proses

produksi minyak kelapa sawit (*crude palm oil*), di mana setiap satu ton kelapa sawit dapat menghasilkan sekitar 13% atau setara dengan 130 kg limbah berupa serabut [3].

Fiber cake sawit sering kali dibuang atau dibakar yang menyebabkan masalah ekosistem lingkungan seperti pencemaran udara dan penumpukan limbah. Permasalahan ini semakin mengkhawatirkan mengingat meningkatnya produksi kelapa sawit yang tidak diimbangi dengan solusi pengelolaan limbah yang efektif. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan teknologi dan metode yang dapat mengubah *fiber cake* menjadi produk bernilai tambah dan bermanfaat, sehingga dapat mengurangi dampak buruk bagi ekosistem lingkungan dan meningkatkan keberlanjutan industri kelapa sawit. Dari masalah ini, pengolahan limbah padat dan limbah cair dari kelapa sawit sudah dilakukan pengolahan lebih lanjut. Sebagai contoh yaitu *fiber cake* sawit dan limbah padat lain biasanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar unit pembangkit uap (boiler), kompos, mulsa, dan pakan ternak.

Komposisi dari *fiber cake* sawit ini mengandung lignoselulosa yang melimpah namun belum dimanfaatkan secara optimal. Lignoselulosa tersusun dari tiga komponen utama yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa merupakan polisakarida atau karbohidrat kompleks yang terdiri dari glukosa, ikatan β -1,4-glikosidik, dan ikatan hydrogen antar rantai. Selama ini, pemanfaatan dari *fiber cake* sawit hanya sebagai bahan bakar pembangkit uap (boiler), kompos, mulsa dan pakan ternak padahal *fiber cake* sawit dapat dikembangkan menjadi barang yang lebih berguna [4].

Fiber cake sawit banyak mengandung selulosa, tingginya kandungan selulosa dalam *fiber cake* sawit membuka peluang untuk dimanfaatkan menjadi produk bernilai tambah seperti glukosa. Glukosa diperoleh melalui proses hidrolisis terhadap polisakarida atau disakarida dengan bantuan asam atau enzim yang berfungsi memecah komponen selulosa [5]. *Fiber cake* sawit akan melewati proses hidrolisis secara enzimatik yang dapat mengubah produk glukosa yang lebih aman dan bermanfaat untuk dikonsumsi oleh manusia. Proses hidrolisis ini melibatkan penggunaan enzim tertentu seperti enzim selulase yang akan memecah serat kompleks dalam *fiber cake* menjadi gula sederhana yaitu glukosa.

Dari penelitian yang dilakukan Hanifah & Fatmayati [5] menyatakan bahwa hasil yang didapatkan dengan menggunakan bahan *fiber cake* sawit yaitu selulosa sebesar 42,3%, hemiselulosa sebesar 32,8%, lignin sebesar 3,4% dan glukosa sebesar 1,33%. Menurut penelitian Lidya Elizabeth dkk [6] metode delignifikasi menggunakan H_2O_2 dan penambahan katalis $MnSO_4 \cdot H_2O$ dapat menghilangkan kandungan lignin dengan hasil akhirnya yaitu 19,71%/w. Serta penelitian yang dilakukan Vera Barlianti dkk [7] dengan proses hidrolisis menggunakan enzim selulase dan β -glukosidase didapatkan hasil 77,5% selulosa, 6,83% hemiselulosa, 10,32% lignin dan 18% kadar glukosa.

Dengan mengacu pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian ini memiliki tujuan untuk memanfaatkan limbah serat sawit atau *fiber cake* sawit yang belum termanfaatkan dengan hasil yang optimal. Hal ini dikarenakan kandungan selulosa di dalam *fiber cake* sawit yang memiliki potensi besar dalam menghasilkan glukosa.

2. Metode Penelitian

2.1 Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan, *fiber cake* sawit, H_2O_2 30%, enzim selulase, larutan buffer sitrat, H_2SO_4 , $MnSO_4 \cdot H_2O$, aquadest, timbal asetat, $(NH_4)_2HPO_4$, larutan *luff schoorl*, larutan KI 20%, natrium tiosulfat, dan larutan kanji. Alat yang digunakan yaitu oven, seperangkat alat refluks, *water bath*, ayakan 30 mesh, neraca analitik, blender, erlenmeyer, labu takar, hot plate, termometer, gelas kimia, buret, kertas saring, dan pipet ukur.

2.2 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kadar glukosa yang dihasilkan dari proses hidrolisis secara enzimatik yang sebelumnya dihilangkan dulu kandungan ligninnya dengan proses delignifikasi menggunakan H_2O_2 dan katalis $MnSO_4 \cdot H_2O$ dengan menguji kandungan lignoselulosa salah satunya adalah berkurangnya atau terdegradasinya kandungan lignin serta meningkatnya kadar selulosa yang akan diubah menjadi glukosa dengan proses hidrolisis. Pada penelitian ini terdapat 2 variabel, variabel bebas yaitu 20% berat *fiber* sawit terdelignifikasi dan ukuran *fiber* sawit 30 mesh, sedangkan variabel tetap yaitu variasi enzim selulase 5%, 10%, dan 15% dari berat *fiber* sawit terdelignifikasi dan waktu pengambilan sampel setiap 6,12, dan 18 jam.

Proses Pre-Treatment

Langkah pertama yaitu Proses *Pre-Treatment* yang dimulai dengan menyiapkan *fiber cake* sawit / serat sawit sebanyak 300 gram. Selanjutnya, mengeringkan *fiber* menggunakan oven selama 120 menit

pada suhu 105°C. Menggiling / menghaluskan *fiber* menggunakan blender kemudian mengayak *fiber* dengan ayakan berukuran 30 mesh. *Fiber* yang sudah diayak siap untuk ke proses delignifikasi [5].

Proses Delignifikasi

Langkah kedua yaitu Proses Delignifikasi yang dimulai dengan menyiapkan *fiber cake* sawit yang sudah di pre-treatment, H₂O₂ dan MnSO₄.H₂O. selanjutnya, memasukkan bahan baku, H₂O₂ 750 ml dengan konsentrasi 30% dan 0,05% MnSO₄.H₂O dari berat sawit terdelignifikasi ke dalam labu leher tiga, kemudian memasang labu leher tiga ke serangkaian alat refluks. Proses delignifikasi berlangsung dengan suhu 60-70°C selama 2 jam. Setelah proses refluks selesai, hasil delignifikasi disaring dan melakukan penetralan hasil delignifikasi yang diperoleh dan direndam selama 16 jam dengan air suling. Lalu, membilas hasil perendaman dengan air suling dan mengeringkan hasil delignifikasi ke dalam oven dengan suhu 105°C selama 120 menit [6].

Proses Hidrolisis dan Inkubasi

Langkah terakhir yaitu Proses Hidrolisis yang dimulai dari menyiapkan *fiber cake* sawit yang sudah didelignifikasi dan menyiapkan enzim selulase dengan variasi 5%, 10%, dan 15% dari berat *fiber* sawit terdelignifikasi, larutan buffer sitrat pH 5, dan 3 buah Erlenmeyer 250 ml. Selanjutnya, memasukkan bahan-bahan pada masing-masing Erlenmeyer yaitu *fiber*, larutan buffer sitrat 100 ml, dan variasi enzim 5% Erlenmeyer 1, 10% Erlenmeyer 2, dan 15% Erlenmeyer 3. Terakhir, menutup erlenmeyer 1, 2 dan 3 dengan aluminium foil, dihidrolisis dengan alat *water bath* dengan suhu 50°C selama 1 jam, kemudian menginkubasinya dengan suhu inkubasi 32°C, variasi waktu pengambilan sampel 6, 12, dan 18 jam [7].

Uji Karakteristik

1. Analisa Kadar Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin


Analisa kadar lignoselulosa dapat dihitung menggunakan analisa metode *Chesson-Datta*. Metode ini adalah analisis gravimetri yaitu sampel dianalisa kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin setelah dilakukannya proses delignifikasi, sampel produk dianalisa baik itu sebelum atau sesudah proses delignifikasi untuk melihat perbandingan apakah hasil yang didapatkan optimal [8].

2. Analisa Kadar Glukosa

Untuk mengetahui kadar glukosa yang merupakan salah satu komponen gula reduksi dianalisis menggunakan metode *Luff Schoorl* dan metode Satuan Brix (°Brix). Pada metode *Luff Schoorl* menggunakan prinsip dasar metode analisa ini adalah iodometri yaitu menganalisa glukosa yang ditetapkan berdasarkan sifat reduksinya terhadap ion tembaga (II) dalam pereaksi *Luff Schoorl* sehingga dinyatakan sebagai glukosa. Glukosa sebagai monosakarida akan mereduksikan CuO dalam larutan Luff Schoorl menjadi Cu₂O. CuO yang berlebih akan direduksikan dengan KI berlebih sehingga dilepaskan I₂, I₂ yang dibebaskan kemudian dititrasi dengan larutan Na₂S₂O₃ dengan penambahan indikator kanji, penambahan indikator kanji bertujuan untuk menandai titik akhir titrasi. Pada titrasi ini, Na₂S₂O₃ digunakan untuk mereduksi yodium (I₂) menjadi ion iodida (I⁻) yang terlibat dalam reaksi redoks. Indikator kanji membentuk warna kompleks biru karena yodium masih ada dalam larutan, ketika semua yodium telah direduksi oleh Na₂S₂O₃, warna biru akan berubah menjadi warna putih yang menandakan titik akhir titrasi [9].

Untuk mengetahui kadar glukosa yang merupakan salah satu komponen gula reduksi dianalisis menggunakan metode Satuan Brix (°Brix). Pada metode Satuan Brix (°Brix) digunakan sebagai satuan untuk mengukur kadar kemanisan atau konsentrasi gula dalam suatu larutan. Simbol yang digunakan untuk satuan ini adalah °Brix. Skala brix pertama kali diperkenalkan oleh ilmuwan asal Jerman, Adolf Ferdinand W. Brix (1798 – 1870), pada tahun 1870 [10]. Satuan Brix (°Brix) merupakan satuan yang digunakan untuk menentukan kadar gula dalam larutan berbasis air, di mana satu derajat brix menunjukkan adanya satu gram glukosa dalam setiap 100 gram larutan [11]. Satuan Brix sering digunakan untuk mengukur konsentrasi berbagai zat-zat seperti obat-obatan, makanan, jus buah, dan sebagainya. Alat yang digunakan untuk mengukur tingkat konsnetrasi tersebut dikenal sebagai Portable Brix Meter yang bekerja dengan membaca nilai konsentrasi dalam satuan %Brix. Brix merupakan zat padat kering yang terlarut dalam suatu larutan yang dihitung sebagai glukosa [12].

Selain itu, derajat keasaman atau biasa disebut dengan pH menjadi salah satu faktor penting yang harus diketahui, karena setiap enzim memiliki tingkat keasaman tertentu untuk bekerja secara optimal. Nilai pH pada proses hidrolisis bertujuan untuk mengontrol kondisi reaksi agar berlangsung secara optimal, pH berperan penting dalam menentukan aktivitas enzim selulase. Dengan mengetahui nilai pH selama proses hidrolisis dapat dipastikan bahwa lingkungan reaksi berada dalam kisaran optimal bagi kerja enzim, yaitu sekitar pH 4–5 sehingga konversi selulosa menjadi glukosa mendapatkan hasil yang maksimal [13]. Secara keseluruhan, metode penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1** Diagram Alir Proses Penelitian.



Fiber cake
sawit / serat
kelapa sawit

Gambar 1. Diagram Alir Proses Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian mengenai pembuatan glukosa dengan pemanfaatan limbah *fiber cake* sawit atau serat kelapa sawit telah dilakukan melalui beberapa tahap yaitu proses *pre-treatment*, proses delignifikasi, proses hidrolisis dan inkubasi dengan variasi konsentrasi enzim selulase yang berbeda-beda yaitu 5%, 10%, dan 15%, dan dengan variasi waktu pengambilan sampel yaitu 6, 12, dan 18 jam. Diperoleh hasil glukosa yang dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Sebelum menghasilkan glukosa, *fiber cake* sawit akan dianalisa dengan Metode Chesson-Datta, analisa ini bertujuan untuk mengetahui kadar lignoselulosa sebelum dan sesudah proses delignifikasi. Hasil analisa kadar lignoselulosa *fiber cake* sawit sebelum dan sesudah delignifikasi menggunakan Metode *Chesson-Datta* dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Analisa Kadar Lignoselulosa Sebelum dan Sesudah Delignifikasi

Kadar Sebelum Delignifikasi			Kadar Setelah Delignifikasi		
Lignin (%)	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)
25	36	31	14	35	28



Gambar 2. Glukosa *Fiber Cake* Sawit

Setelah melewati tahap hidrolisis dengan suhu 50°C selama 1 jam dan inkubasi dengan suhu 32°C selama 24 jam didapatkan hasil glukosa. Glukosa dianalisa dengan Metode Luff Schoorl, Metode Satuan Brix (°Brix), dan Nilai pH. Hasil analisa dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 1. Analisa Kadar Glukosa

Sampel	Berat Sampel (gram)	Suhu Inkubasi (°C)	Konsentrasi Enzim Selulase (%)	Waktu (Jam)	Kadar Glukosa Metode Luff Schoorl (%)	Brix (%)	pH
A1				6	5,40	6	4
A2			5	12	6,30	7	4
A3				18	7,20	8	4
B1				6	6,00	7	4
B2	15	32	10	12	7,50	8	4
B3				18	8,10	10	4
C1				6	7,20	8	4
C2			15	12	8,10	10	4
C3				18	9,00	12	4

Keterangan :

- A1 = Konsentrasi Enzim Selulase 5% dan waktu inkubasi 6 jam
- A2 = Konsentrasi Enzim Selulase 5% dan waktu inkubasi 12 jam
- A3 = Konsentrasi Enzim Selulase 5% dan waktu inkubasi 18 jam
- B1 = Konsentrasi Enzim Selulase 10% dan waktu inkubasi 6 jam
- B2 = Konsentrasi Enzim Selulase 10% dan waktu inkubasi 12 jam
- B3 = Konsentrasi Enzim Selulase 10% dan waktu inkubasi 18 jam
- C1 = Konsentrasi Enzim Selulase 15% dan waktu inkubasi 6 jam
- C2 = Konsentrasi Enzim Selulase 15% dan waktu inkubasi 12 jam
- C3 = Konsentrasi Enzim Selulase 15% dan waktu inkubasi 18 jam

Analisa Kadar Lignoselulosa dengan Metode Chesson-Datta

Lignoselulosa merupakan biomassa yang tersusun atas tiga komponen utama, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Ketiga komponen ini membentuk struktur dinding sel tanaman dan memainkan peranan penting dalam menjaga kekuatan serta ketahanan tanaman terhadap serangan mikroba dan degradasi biologis. Dalam konteks pemanfaatan lignoselulosa untuk produksi glukosa, lignin harus dipisahkan melalui proses delignifikasi. Delignifikasi adalah proses kimia atau fisika-kimia yang bertujuan untuk menghilangkan lignin dari bahan lignoselulosa guna meningkatkan aksesibilitas enzim terhadap selulosa. Hal ini penting karena lignin bersifat hidrofobik dan menghambat kerja enzim dalam hidrolisis selulosa menjadi glukosa.

Pada **Tabel 1** memberikan gambaran perubahan komposisi lignoselulosa sebelum dan sesudah proses delignifikasi yang menunjukkan adanya perubahan signifikan pada komponen penyusun biomassa, khususnya lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Sebelum dilakukan delignifikasi, kandungan lignin tercatat sebesar 25% dan setelah proses delignifikasi kadar lignin mengalami penurunan menjadi 14%. Penurunan ini menunjukkan bahwa metode yang digunakan mampu mengurangi kandungan lignin secara signifikan yaitu sebesar 11%. Jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Lidya Elizabeth dkk [6]

dengan perlakuan yang sama dengan hasil penurunan kadar lignin sebesar 8%, hasil perlakuan yang dilakukan menandakan bahwa proses delignifikasi telah berjalan dengan baik.

Sementara itu, kadar selulosa mengalami sedikit penurunan dari 36% menjadi 35%. Penurunan ini relatif kecil dan menunjukkan bahwa selulosa cenderung tetap stabil dalam proses delignifikasi yang dilakukan. Stabilitas ini penting karena selulosa merupakan substrat utama dalam proses hidrolisis enzimatis untuk menghasilkan glukosa.

Pada hemiselulosa, terjadi sedikit penurunan dari 31% menjadi 28%. Penurunan ini masih dalam batas wajar mengingat hemiselulosa merupakan polimer heterogen yang lebih mudah terdegradasi dibandingkan selulosa, karena strukturnya yang kurang kristalin dan lebih bercabang. Oleh karena itu, hemiselulosa memang lebih rentan larut ke dalam larutan reaksi. Dari hasil analisa ini menunjukkan bahwa perlu dilakukan optimasi proses, seperti pengaturan pH, suhu, waktu reaksi, dan konsentrasi agen kimia yang digunakan agar proses lebih selektif dan efisien.

Analisa Kadar Glukosa Metode Luff Schoorl

Metode *Luff Schoorl* digunakan untuk mengukur kadar glukosa dalam suatu sampel dengan cara kimia sederhana. Dalam metode ini, glukosa bereaksi dengan larutan khusus yang mengandung tembaga dalam suasana basa. Metode ini didasarkan pada reaksi antara glukosa dengan larutan *Luff Schoorl* yang mengandung tembaga (II) sulfat dalam suasana basa yang kemudian direduksi menjadi tembaga(I) oksida, dan glukosa ditentukan jumlahnya melalui proses titrasi. Dari hasil titrasi inilah kadar glukosa dalam sampel dapat dihitung.

Berdasarkan data pengamatan pada **Tabel 2**, menunjukkan bahwa semakin lama waktu inkubasi kadar glukosa yang dihasilkan meningkat untuk semua perlakuan konsentrasi enzim. Di sisi lain, semakin tinggi konsentrasi enzim selulase, semakin tinggi pula kadar glukosa yang dihasilkan dalam setiap titik waktu. Pada jam ke-6 hingga jam ke-18, kadar glukosa menunjukkan peningkatan bertahap di seluruh perlakuan dan kadar glukosa lebih tinggi pada konsentrasi enzim selulase yang lebih besar. Dengan demikian, tahap hidrolisis serta inkubasi telah mencapai puncaknya dan reaksi mulai mendekati fase stabil. Peningkatan konsentrasi enzim selulase dari 5% menjadi 15% menunjukkan korelasi langsung dengan peningkatan kadar glukosa di setiap waktu pengamatan. Semakin banyak konsentrasi enzim, semakin banyak pula senyawa polisakarida yang dapat diubah menjadi glukosa oleh enzim.

Meskipun kadar glukosa terus meningkat hingga jam ke-18, selisih glukosa antar konsentrasi enzim menjadi semakin kecil, yang mengindikasikan bahwa proses hidrolisis mulai melambat. Hal ini terjadi karena sistem enzimatis mengalami keterbatasan seiring bertambahnya waktu inkubasi karena enzim sudah mencapai titik optimum dan mulai tidak stabil untuk bekerja secara maksimal. Sehingga didapatkanlah kadar glukosa optimum yaitu pada konsentrasi enzim sebesar 15% dengan waktu inkubasi 18 jam.

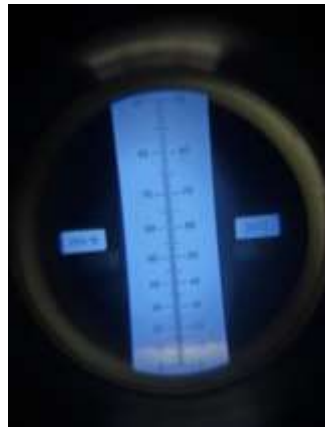
Analisa Kadar Glukosa Metode Satuan Brix ($^{\circ}$ Bx)

Analisis kadar glukosa dengan Metode Satuan Brix merupakan metode sederhana yang digunakan untuk mengukur konsentrasi glukosa dalam suatu larutan. Satuan Brix menunjukkan persentase padatan terlarut, terutama glukosa dalam setiap 100 gram larutan. Pengukuran ini biasanya dilakukan menggunakan alat refraktometer, yang bekerja berdasarkan pembiasan cahaya saat melewati larutan. Metode ini mudah digunakan dan memberikan hasil cepat, sehingga sering dimanfaatkan dalam analisis awal kandungan glukosa. Analisa Satuan Brix dibaca dengan menggunakan alat refraktometer yang dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Berdasarkan data pengamatan pada **Tabel 2**, menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi enzim dan lamanya waktu inkubasi cenderung menaikkan kadar glukosa. Pada konsentrasi enzim 15%, menunjukkan peningkatan kadar glukosa secara signifikan dari 8° Brix pada jam ke-6 menjadi 12° Brix pada jam ke-18. Sementara itu, pada perlakuan dengan enzim 10%, hasil yang didapatkan cukup mirip. Terdapat peningkatan bertahap dari 7° Brix di jam ke-6 dan mencapai 10° Brix pada jam ke-18. Untuk perlakuan dengan konsentrasi enzim terendah, yaitu 5%, kadar glukosa meningkat dari 6° Brix pada jam ke-6 hingga 8° Brix pada jam ke-18 dan stabil di angka tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun dengan konsentrasi enzim yang rendah, proses konversi selulosa menjadi glukosa tetap terjadi, hanya saja pada laju yang lebih lambat dan cenderung mencapai titik jenuh lebih cepat.

Peningkatan konsentrasi enzim cenderung meningkatkan efisiensi konversi serat sawit menjadi glukosa, terutama hingga waktu inkubasi 18 jam. Dalam konteks ini, kondisi optimum merujuk pada waktu dan konsentrasi di mana enzim telah mencapai titik maksimal aktivitas dan setelahnya laju reaksi tidak secepat sebelumnya. Hasil penelitian ini tetap memberikan gambaran yang positif, karena semua perlakuan berhasil menghasilkan glukosa dengan baik dan menunjukkan adanya titik optimum dalam proses

hidrolisis. Dengan demikian, waktu 18 jam merupakan waktu optimum kerja enzim pada masing-masing konsentrasi, terutama pada konsentrasi 15%.



Gambar 3. Pembacaan Nilai Satuan Brix dengan Alat Refraktometer

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa proses produksi glukosa dari serat sawit dengan bantuan enzim selulase memberikan hasil yang sejalan dengan beberapa penelitian terdahulu, seperti yang dilakukan oleh Ahmad & Heri [4] dengan hasil kadar glukosa yang didapatkan sebesar 1,2272%, dan penelitian yang dilakukan oleh Vera Barlianti dkk [7] dengan hasil kadar glukosa yang didapatkan sebesar 18%.

Perbedaan keakuratan antara metode *Luff Schoorl* dan Satuan Brix umumnya berkisar antara 5% hingga 15%, metode *Luff Schoorl* dipilih karena metode ini memberikan hasil yang baik untuk mengukur kadar glukosa dengan kesalahan 10% [14], hal ini menunjukkan bahwa metode *Luff Schoorl* lebih akurat karena secara spesifik mengukur kadar glukosa melalui reaksi kimia dan titrasi. Sementara itu, metode Satuan Brix mengukur total padatan terlarut, termasuk senyawa selain glukosa seperti asam dan protein, sehingga hasilnya cenderung lebih tinggi dan kurang spesifik terhadap glukosa [15]. Oleh karena itu, meskipun Brix lebih cepat dan praktis, *Luff Schoorl* tetap lebih dapat diandalkan untuk analisis kuantitatif yang memerlukan ketelitian tinggi.

Analisa Nilai pH

Nilai pH merupakan salah satu parameter penting dalam pembuatan glukosa dari serat sawit menggunakan enzim selulase. Pengukuran nilai pH dilakukan dengan menggunakan kertas indikator pH yang dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Pembacaan Nilai pH dengan Kertas Indikator pH

Dalam penelitian ini, seluruh sampel menunjukkan pH sebesar 4. Nilai tersebut masih berada dalam kisaran optimal kerja enzim selulase yang umumnya efektif pada rentang pH 4 hingga 5 [16]. Hal ini mengindikasikan bahwa lingkungan reaksi tetap mendukung aktivitas enzim untuk memecah selulosa menjadi glukosa. Kondisi pH yang stabil pada angka 4 juga mencerminkan bahwa sistem reaksi berada dalam keseimbangan yang cukup baik. Stabilitasnya pH juga menandakan bahwa bahan baku dan enzim bekerja tanpa menghasilkan efek degradasi berlebih. Hasil pH yang tidak berubah bukan berarti proses berjalan kurang optimal, justru kondisi ini dapat memperlihatkan kestabilan sistem yang dapat dijadikan rujukan dalam optimasi proses hidrolisis enzimatis. Nilai pH sebesar 4 menunjukkan bahwa lingkungan

reaksi tetap mendukung aktivitas enzim tanpa gangguan sehingga dapat memberikan hasil glukosa yang konsisten.

4. Kesimpulan

Proses delignifikasi menggunakan hidrogen peroksida (H_2O_2) mampu menurunkan kadar lignin dalam fiber cake kelapa sawit dari 25% menjadi 14%, yang artinya terjadi penurunan kadar lignin sebesar 11%. Hasil tertinggi diperoleh pada sampel C3 yaitu konsentrasi enzim 15% dengan waktu pengambilan sampel inkubasi pada jam ke-18 dengan kadar glukosa pada hasil analisa Metode *Luff Schoorl* sebesar 9% dan kadar glukosa pada hasil analisa Metode Satuan Brix sebesar 12% dengan nilai pH 4, yang menunjukkan bahwa rancangan penelitian telah mencapai kondisi paling optimal untuk hasil glukosa yang terbaik.

5. Singkatan

H_2O_2	Hidrogen Peroksida
$MnSO_4 \cdot H_2O$	Mangan(II) sulfat monohidrat
$Na_2S_2O_3$	Natrium Tiosulfat
Cu_2O	Tembaga(I) oksida
CuO	Tembaga(II) oksida
KI	Kalium Iodida
I_2	Iodin diatomik
H_2SO_4	Asam Sulfat
$(NH_4)_2HPO_4$	Diammonium Hidrogen Fosfat

6. Daftar Pustaka

- [1] BPS, "Produksi Tanaman Perkebunan (Ton)," 2023. <https://sumsel.bps.go.id/id/statistics-table/2/NDE2IzI=/produksi-tanaman-perkebunan.html> (accessed Feb. 12, 2025).
- [2] A. N. Fitria, V. S. Gunawan, and M. Mardiah, "Study of the Utilization of Palm Oil Industry Liquid Waste," *Konversi*, vol. 10, no. 1, pp. 31–40, 2021, doi: 10.20527/k.v10i1.10146.
- [3] I. Utami, A. Hasan, and R. Junaidi, "Sintesis dan Karakterisasi Selulosa Asetat dari A-Selulosa Fiber Cake Kelapa Sawit," *J. Pendidik. dan Teknol. Indones.*, vol. 1, no. 9, pp. 357–364, 2021, doi: 10.52436/1.jpti.86.
- [4] A. Fuadi, "Pemanfaatan limbah Tandan kosong kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Pembuatan Glukosa," *Chem. J. Tek. Kim.*, vol. 3, no. 1, p. 1, 2016, doi: 10.26555/chemica.v3i1.4274.
- [5] H. Khairiah and F. Fatmayati, "Pembuatan Glukosa Dari Fibercake Kelapa Sawit Dengan Proses Hidrolisis," *J. Sains dan Ilmu Terap.*, vol. 6, no. 1, pp. 24–28, 2023, doi: 10.59061/jsit.v6i1.142.
- [6] L. Elizabeth, E. M. Widyanti, B. Soeswanto, D. S. Wahyuni, and K. D. Pratiwi, "Comparison of Oil Palm Empty Fruit Bunch Delignification at Room and Mild Temperature," *J. Tek. Kim. dan Lingkung.*, vol. 6, no. 2, pp. 91–98, 2022, doi: 10.33795/jtkl.v6i2.322.
- [7] V. Barlianti, D. Dahnum, Muryanto, E. Triwahyuni, Y. Aristiawan, and Y. Sudiyani, "Enzymatic hydrolysis of oil palm empty fruit bunch to produce reducing sugar and its kinetic Hidrolisis enzimatik tandan kosong kelapa sawit untuk menghasilkan gula pereduksi dan kinetiknya," *E-Journal Menara Perkeb.*, vol. 83, no. 1, pp. 37–43, 2016, doi: 10.22302/ppbbi.jur.mp.v83i1.12.
- [8] W. R. Hartari, F. Delvitasari, M. Maryanti, B. Undadrajaja, F. Hasbullah, and G. A. Deksono, "Pengujian Lignoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Waktu Delignifikasi H_2SO_4 Menggunakan Uap Bertekanan," *J. Agro Ind. Perkeb.*, vol. 11, no. 3, pp. 151–158, 2023, doi: 10.25181/jaip.v11i3.3007.
- [9] Sari, Nurmala. "Identifikasi analisis kadar karbohidrat dan kadar gula reduksi metode Luff Schoorl dari hidrolisis selulosa limbah mengkudu (*Morinda citrifolia* L.)." *Jurnal Kimia Saintek Dan Pendidikan* 7.1 (2023): 41-45.
- [10] M. R. Saputra and H. Irsyad, "Klasifikasi Tingkat Kemanisan Alpukat Berdasarkan Fitur Hue Saturation Value (HSV) dengan Menggunakan Support Vector Machine (SVM)," *J. Algoritma.*, vol. 2, no. 2, pp. 113–119, 2022, doi: 10.35957/algoritme.v2i2.2361.
- [11] Sa'ban, Muhammad Fikry. *Pengaruh Konsentrasi Enzim Glukoamilase Dan Lama Inkubasi Sakarifikasi Terhadap Kualitas Bioetanol Dari Tepung Umbi Iles-Iles (*Amorphophallus muelleri* B)*. Diss. Institut Pertanian STIPER Yogyakarta, 2024.
- [12] Eko Hidayanto and Abdul Rofiq, "Aplikasi Portable Brix Meter untuk Pengukuran Indeks Bias," *J. Berk. Fis.*, vol. 13, no. 4, pp. 113–118, 2010.

- [13] I. N. Kartika and M. Ibrahim, “Efek Manipulasi pH pada Aktivitas Enzim Selulase Bakteri *Bacillus subtilis* Strain FNCC 0059 dalam Mendegradasi Selulosa,” *Lentera Bio Berk. Ilm. Biol.*, vol. 10, no. 1, pp. 51–57, 2021, doi: 10.26740/lenterabio.v10n1.p51-57.
- [14] A. S. Ningrum, Z. N. Angraini, D. Rahmawati, and M. A. Masruhim, “Analisis Perbedaan Kadar Karbohidrat Nasi Menggunakan Metode Luff Schoorl,” *Dalt. J. Pendidik. Kim. dan Ilmu Kim.*, vol. 7, no. 2, p. 96, 2024, doi: 10.31602/dl.v7i2.14448.
- [15] S. A. Jaywant, H. Singh, and K. M. Arif, “Sensors and Instruments for Brix Measurement: A Review,” *Sensors*, vol. 22, no. 6, pp. 1–20, 2022, doi: 10.3390/s22062290.
- [16] F. P. Nugrahini, H. Sitompul, and D. R. Putra, “Pengaruh Waktu Dan Konsentrasi Enzim Selulase Pada Proses Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Glukosa,” *Anal. Anal. Environ. Chem.*, vol. 1, no. 1, pp. 8–16, 2016.