

Produksi Glukosa Dari *Fiber Cake* Kelapa Sawit Dengan Proses Hidrolisis

Hanifah Khairiah^{1,*}, Fatmayati Fatmayati²

^{1,2} Jurusan Program Studi Teknik Pengolahan Sawit Politeknik Kampar
Jln. Tengku Muhammad KM 2 Bangkinang INDONESIA

¹hanifahkhairiah@gmail.com, ²fatmayati88@gmail.com

Intisari— Indonesia adalah penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia, dengan penyebaran hampir di seluruh pulau di Indonesia, termasuk Sumatra. Menurut laporan Kementerian Pertanian (2021), luas areal perkebunan kelapa sawit mencapai 15,08 juta hektare (ha) pada 2021. Riau tercatat sebagai provinsi yang mempunyai perkebunan kelapa sawit terluas di Indonesia, yakni mencapai 2,89 juta ha. Dalam pengolahan minyak kelapa sawit atau *crude palm oil* (CPO) menghasilkan limbah *fiber cake*. Hal ini mendorong manusia mengubah limbah *fiber cake* menjadi glukosa yang nantinya akan lebih berguna sebagai bahan baku suatu produk. Penelitian ini terdiri dari 3 proses, yaitu: persiapan bahan baku, delignifikasi, dan hidrolisis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi asam sulfat terbaik pada proses hidrolisis yang menghasilkan kadar glukosa tertinggi. Variasi penelitian yaitu konsentrasi asam sulfat pada proses hidrolisis sebesar 1%, 2%, 3%, dan 4%. Adapun pengujian yang dilakukan yaitu pengujian selulosa, hemiselulosa, lignin, dan glukosa. Kadar glukosa yang diperoleh dari variasi asam sulfat 1%, 2%, 3%, dan 4% berturut – turut adalah 0,31%, 0,44%, 0,83%, 1,33%. Hasil terbaik didapat pada konsentrasi asam sulfat 4% dengan perolehan kadar glukosa tertinggi, yaitu 1,33%.

Kata kunci— Glukosa, *fiber cake*, Hidrolisis, asam, kelapa sawit

Abstract—Indonesia is the world's largest producer of palm oil, with spread across almost all of Indonesia's islands, including Sumatra. According to the Ministry of Agriculture's report (2021), the area of oil palm plantations will reach 15.08 million hectares (ha) in 2021. Riau is recorded as a province that has the largest oil palm plantations in Indonesia, reaching 2.89 million ha. In processing palm oil or crude palm oil (CPO) it produces fiber cake waste. This encourages humans to convert fiber cake waste into glucose which will later be more useful as a raw material for a product. This research consists of 3 processes, namely: raw material preparation, delignification, and hydrolysis. This study aims to determine the best sulfuric acid concentration with the highest glucose content, with variations in sulfuric acid concentrations of 1%, 2%, 3%, and 4%. The tests carried out were testing cellulose, hemicellulose, lignin, and glucose. Glucose levels obtained from variations of sulfuric acid 1%, 2%, 3%, and 4% respectively were 0.31%, 0.44%, 0.83%, 1.33%. The best results were obtained at a concentration of 4% sulfuric acid with the highest glucose concentration, namely 1.33%.

Keywords— Glucose, fiber cake, Hydrolysis, acids, Palm oil

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia, dengan penyebaran hampir di seluruh pulau di Indonesia, termasuk Sumatra. Menurut laporan Kementerian Pertanian (2021), luas areal perkebunan kelapa sawit mencapai 15,08 juta hektare (ha) pada 2021, Riau tercatat sebagai provinsi yang mempunyai perkebunan kelapa sawit terluas di Indonesia, yakni mencapai 2,89 juta ha. Pabrik kelapa sawit sebagai industri penghasil CPO masih sarat dengan residu pengolahan dan hanya menghasilkan 25-30% produk utama yaitu 20-23% CPO dan 5-7% inti sawit (kernel), sementara sisanya berupa limbah (Novitasari, 2021). Dalam pengolahan minyak kelapa sawit atau *crude palm oil* (CPO) menghasilkan *fiber cake*.

Fiber cake merupakan salah satu limbah terbesar yang dihasilkan dalam proses pengolahan minyak kelapa sawit. *Fiber cake* mengandung lignoselulosa, bahan lignoselulosa merupakan substrat terbanyak yang belum digunakan secara maksimal. Lignoselulosa memiliki komponen polimer selulosa, hemiselulosa dan lignin. Proses hidrolisis diperlukan untuk melepas selulosa dan hemiselulosa dari ikatan

kompleks lignin dan depolimerisasi untuk mendapatkan gula bebas (Anindyawati, 2010). *Fiber cake* merupakan biomassa lignoselulosa berupa serat dengan komponen utama selulosa 59,6%, lignin 28,5%, protein kasar 3,6%, lemak 1,9%, abu 5,6% dan impurities 8% (Mustain, 2021). Menurut Fatiasari dkk (2019), kandungan selulosa yang tinggi pada *fiber cake* dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan produk yang lebih bermanfaat seperti produk glukosa yang selanjutnya berpotensi untuk menghasilkan produk bioetanol.

Menurut Artati dkk (2013), glukosa dapat dihasilkan melalui hidrolisis polisakarida atau disakarida, dengan asam atau enzim. Efek dari Hidrolisis Lignoselulosa untuk melepas komponen selulosa dan hemiselulosa. Proses hidrolisis lignoselulosa memiliki fungsi dalam proses konversi selulosa yaitu untuk memisahkan selulosa dari ikatan lignin-hemiselulosa dan mengurangi kristal selulosa (Utami, dkk, 2017). Proses hidrolisis menggunakan asam sulfat dapat menghasilkan produk yang lebih banyak karena asam ini memiliki jumlah ion hidronium yang lebih banyak dari pada asam kuat lainnya seperti asam klorida. Hal ini dapat menyebabkan pemutusan monomer dalam pati akan berlangsung dengan sempurna (Sulistiono, 2018).

Tujuan dari penelitian ini yaitu membuat glukosa dari bahan baku fibercake kelapa sawit melalui proses hidrolisis.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fiber cake*, asam sulfat (H_2SO_4), natrium hidroksida (NaOH), aquades, dan bahan-bahan untuk analisa kadar lignoselulosa dan glukosa. Sedangkan alat yang digunakan adalah kaca arloji, gelas ukur, thermometer, labu takar, corong bachner, labu filtrasi, pompa vakum, labu didih, kondensor, desikator, aluminium foil, kertas lakmus, blender, gunting, beaker glass, gelas ukur, erlenmeyer, spatula, pH meter, pengaduk kaca, botol, hotplate, waterbath, oven, saringan dengan ukuran 30 mesh, dan neraca analitik.

Metode

1. Persiapan bahan *fiber cake*

Sampel *fiber cake* dimasukan kedalam oven dengan suhu $105^{\circ}C$ selama 2 jam untuk mengurangi kadar airnya. Setelah kering *fiber cake* di potong dengan ukuran kecil 0,5-1 cm menggunakan gunting dan di blender sampai berbentuk serbuk yang halus, kemudian sampel di ayak dengan menggunakan saringan 30 mesh dan lakukan pengujian lignoselulosa bahan.

2. Delignifikasi

Sample yang telah di ayak ditimbang sebanyak 60 gram. Perlakuan awal yaitu pembuatan larutan NaOH 2% dengan menimbang sebanyak 20 gram kemudian dilarutkan sampai 1000 ml akuades. Larutan NaOH 2% sebanyak 1000 ml dimasukkan serbuk *fiber cake* sebanyak 60 gram kemudian ditutup pada bagian atasnya dengan aluminium foil. Selanjutnya panaskan menggunakan autoklaf dengan temperatur $121^{\circ}C$ selama 60 menit. Kemudian dinginkan hingga suhu ruangan. Ambil padatannya dengan kertas saring dan ditimbang lagi. Setelah dilakukan perlakuan awal padatan itu disaring, diambil serabutnya dan dimasukkan ke dalam oven selama 1 jam dengan suhu $105^{\circ}C$ lalu didinginkan pada suhu kamar beberapa saat dan di timbang, lakukan pemanasan kembali hingga konstan. Kemudian lakukan pengujian selulosa, hemiselulosa, dan lignin.

3. Proses Hidrolisis

Padatan hasil delignifikasi diambil dan dimasukkan ke dalam gelas erlenmeyer yang dicampurkan dengan larutan H_2SO_4 1%, 2%, 3%, 4% sebanyak 750 ml dan dipanaskan menggunakan autoklaf dengan temperatur $120^{\circ}C$ selama 60 menit, dinginkan hingga suhu ruangan kemudian di saring menggunakan kertas saring. Simpan filtrat hasil penyaringan dan panaskan residu dalam oven pada suhu $105^{\circ}C$ selama 1 jam hingga konstan. Dan lakukan pengujian kadar selulosa, hemiselulosa, lignin dan glukosa.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Bahan Baku *Fiber Cake* Kelapa Sawit

Bahan baku *fiber cake* kelapa sawit dipreparasi dengan proses pemanasan dalam oven selama 2 jam pada suhu $105^{\circ}C$ untuk mengurangi kadar air pada *fiber cake*. Kemudian ukurannya diperkecil agar luas permukaan *fiber cake* pada

proses pengolahannya menjadi lebih besar sehingga *fiber cake* mudah bereaksi (Hidayat A, 2019). Kemudian dilakukan pengujian selulosa, hemiselulosa, dan lignin pada bahan abku tersebut. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan kadar selulosa, hemiselulosa, lignin sebelum dan sesudah delignifikasi. Hasil pengujian lignoselulosa sebelum delignifikasi dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1.

PENGUJIAN KADAR LIGNOSELULOSA PADA BAHAN

Senyawa dalam <i>Fiber Cake</i> Kelapa Sawit	Hasil pengujian	Standar
Selulosa	31,2 %	42,7% – 65%
Hemiselulosa	40,6 %	17,1% - 35,5%
Lignin	13,4 %	13,2% – 25,31%

Pengujian lignoselulosa sebelum delignifikasi dilakukan dengan metode Chesson-Data. Di dapatkan hasil yaitu selulosa 31,2 %, hemiselulosa 40,6 %, dan lignin 13,4 %. Kadar Hemiselulosa yang cukup tinggi dikarenakan rantai molekul hemiselulosa lebih pendek dibandingkan rantai molekul selulosa, karena derajat polimerisasinya yang lebih rendah. Berbeda dengan selulosa, polimer hemiselulosa berbentuk tidak lurus tetapi merupakan polimer-polimer bercabang dan strukturnya tidak terbentuk kristal, (Norlina, 2016).

B. Proses Delignifikasi

Keberadaan senyawa lignin didalam biomassa dapat menghambat proses produksi glukosa yang dihasilkan dari proses penguraian selulosa (Mardina dkk, 2013). Oleh karena itu, sebelum dilakukan proses hidrolisis terhadap *fiber cake*, dilakukan dahulu proses pemisahan senyawa lignin dari senyawa lignoselulosa. Sitompul (2017) mengatakan bahwa proses delignifikasi merupakan suatu reaksi yang bertujuan untuk mengurangi kadar lignin pada bahan biomassa berlignoselulose. Proses delignifikasi dilakukan dengan melarutkan senyawa lignin di dalam suatu pelarut sehingga mempermudah proses pemisahan lignin dari serat *fiber cake*. Kadar lognoselulosa sebelum dan sesudah delignifikasi dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

TABEL 2

PENGUJIAN KADAR LIGNOSELULOSA SESUDAH DELIGNIFIKASI

Senyawa dalam <i>Fiber Cake</i> Kelapa Sawit	Sebelum Proses Delignifikasi	Sesudah Proses Delignifikasi
Selulosa	31,2 %	42,3 %
Hemiselulosa	40,6 %	32,8 %
Lignin	13,4 %	3,4 %

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa sebelum dan sesudah proses delignifikasi kadar hemiselulosa, dan lignin mengalami penurunan. Berbeda dengan selulosa, kadar selulosa mengalami kenaikan. Hal ini terjadi karena perlakuan delignifikasi oleh alkali dapat menguraikan lignin dari senyawa lignoselulosa sehingga menurunkan kadar lignin yang tersisa didalam biomassa tetapi dapat meningkatkan kadar selulosa (Agustini dan Efiyanti, 2015). Hasil pengujian ini juga sesuai dengan penelitian Nata, I. F, (2014). Ini menunjukkan bahwa struktur lignoselulosa pada bahan tersebut

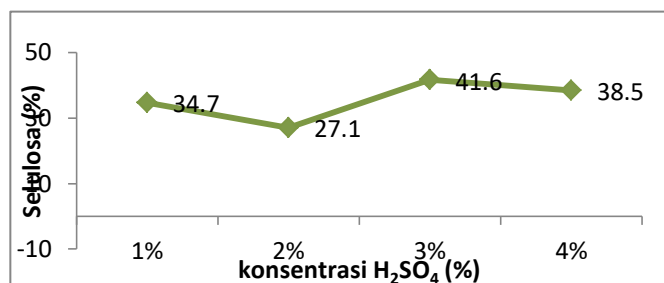
sudah terbuka dan akan mempermudah untuk proses selanjutnya. Berdasarkan hasil pengujian di atas, dapat dikatakan bahwa proses delignifikasi berhasil. Karena terjadi penurunan pada kandungan hemiselulosa dan lignin setelah proses delignifikasi.

C. Proses Hidrolisis

Tahap hidrolisis adalah proses utama pada pembuatan glukosa dari *fiber cake* karena pada proses ini terjadi pelepasan selulosa dan hemiselulosa dari ikatan kompleks lignin dan depolimerisasi untuk mendapatkan gula bebas (Anindyawati, 2010). Pada proses ini terjadi penambahan asam sulfat (H_2SO_4) yang berfungsi sebagai katalisator atau mempercepat reaksi. Pada proses hidrolisis dilakukan variasi konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) untuk mengetahui konsentrasi terbaik yang dapat menghasilkan kadar glukosa tertinggi dengan waktu dan suhu pemanasan yang sama. Setelah dilakukan proses hidrolisis, dilakukan empat pengujian terhadap bahan baku yang sudah diolah, yaitu pengujian kadar selulosa, hemiselulosa, lignin dan glukosa

1. Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat (H_2SO_4) Pada Kadar Selulosa

Selulosa merupakan polimer glukosa dengan ikatan β -1,4 glukosida dalam rantai lurus, ikatan β -1,4 glukosida yaitu ikatan yang terbentuk antara monosakarida satu dengan monosakarida lain ketika berpolimerisasi. Bangun dasar selulosa berupa suatu selobiosa yaitu dimer dari glukosa. Rantai panjang selulosa terhubung secara bersama melalui ikatan hidrogen. Hidrolisis sempurna selulosa akan menghasilkan monomer selulosa yaitu glukosa, sedangkan hidrolisis tidak sempurna akan menghasilkan disakarida dari selulosa yaitu selobiosa, (Norlina, dkk., 2016). Hasil pengujian selulosa sesudah hidrolisis dapat dilihat pada Gambar 1



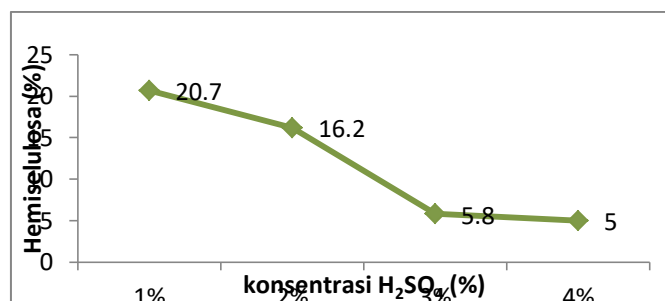
Gambar 1 Grafik pengaruh konsentrasi H_2SO_4 pada kadar selulosa setelah proses hidrolisis

Pengaruh konsentrasi asam sulfat pada proses hidrolisis dari *fiber cake* mengalami kenaikan dan penurunan pada selulosa. Pengaruh konsentrasi asam sulfat terhadap kadar selulosa memperoleh hasil yang tidak terlalu baik. Pada konsentrasi 1% diperoleh hasil kadar selulosa yaitu 34,7%, pada konsentrasi 2% menunjukkan hasil yang paling rendah yaitu 27,1%, pada konsentrasi 3% menunjukkan hasil yang paling tinggi yaitu 41,6%, dan pada konsentrasi 4% di dapat kadar selulosa yaitu 38,5%. Kadar selulosa sebelum hidrolisis yaitu 42,3%. Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan

kadar selulosa dari sebelum hidrolisis dan sesudah hidrolisis. Hal ini membuktikan bahwa selulosa dalam *fiber cake* mengalami reaksi hidrolisis sehingga menghasilkan glukosa. Menurut Yustinah dkk (2018), reaksi hidrolisis yang terjadi belum sempurna menguraikan selulosa karena masih banyak terdapat sisa lignin dan sisa hemiselulosa dalam *fiber cake*.

2. Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Pada Kadar Hemiselulosa

Hemiselulosa adalah suatu polisakarida lain yang terdapat dalam tanaman dan tergolong senyawa organik. Hemiselulosa bersifat nonkristalin dan tidak bersifat serat, mudah mengembang karena itu hemiselulosa sangat berpengaruh terhadap terbentuknya jalinan antara serat pada saat pembentukan lembaran, lebih mudah larut dalam pelarut alkali dan lebih mudah dihidrolisis menjadi komponen monomernya yang terdiri dari D-glukosa, D-manosa, D-galaktosa, D-silosa, dan L-arabinosa, (Daulay, 2009). Hasil pengujian hemiselulosa sesudah hidrolisis dapat dilihat di Gambar 2

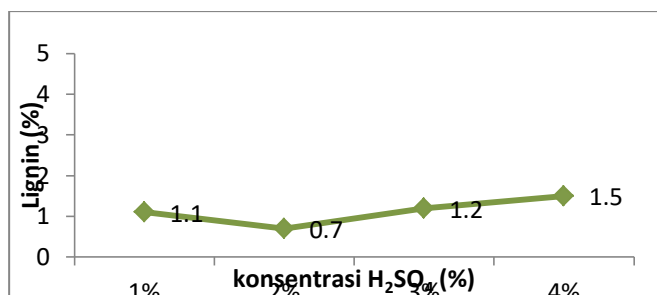


Gambar 2 Grafik pengaruh konsentrasi H_2SO_4 pada kadar Hemiselulosa setelah proses hidrolisis

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa pengaruh peningkatan konsentrasi asam sulfat pada proses hidrolisis *fiber cake* dapat menurunkan kadar hemiselulosa. Pada konsentrasi 1% diperoleh hasil hemiselulosa yang lebih tinggi yaitu 20,7%, pada konsentrasi 2% diperoleh hasil hemiselulosa 16,2%, pada konsentrasi 3% diperoleh hasil hemiselulosa 5,8%, sedangkan pada konsentrasi 4% didapat hasil yang paling rendah yaitu 5%. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi H_2SO_4 , maka semakin rendah kadar hemiselulosa dan semakin besar juga kadar hemiselulosa yang terlarut, hal ini sesuai dengan pendapat Daulay (2009), bahwa hemiselulosa lebih mudah larut dalam pelarut alkali dan lebih mudah dihidrolisis menjadi komponen monomernya.

3. Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Pada Kadar Lignin

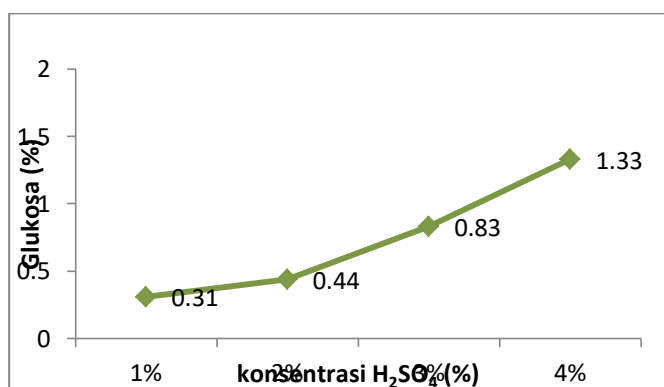
Lignin merupakan suatu senyawa polimer yang terikat dengan selulosa sehingga membentuk senyawa lignoselulosa, yang terdapat didalam biomassa. Lignin memiliki kadar sebesar 10-25 % (Watkins dkk, 2015). Lignin sangat resisten terhadap degradasi, baik secara biologi, enzimatik, maupun kimia. Hal ini disebabkan karena kandungan karbon yang relatif tinggi dibandingkan dengan selulosa dan hemiselulosa, lignin memiliki kandungan energi yang tinggi (Daulay, 2009). Hasil pengujian kadar lignin sesudah hidrolisis dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Grafik pengaruh konsentrasi H₂SO₄ pada kadar Lignin setelah proses hidrolisis

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa pengaruh konsentrasi asam sulfat pada kadar lignin mengalami kenaikan dan penurunan. Pada konsentrasi 1% di peroleh hasil 1,1%, pada konsentrasi 2% diperoleh hasil 0,7%, pada konsentrasi 3% diperoleh hasil 1,2%, dan pada konsentrasi 4% diperoleh hasil 1,5%. Hasil ini menunjukkan bahwa setelah konsentrasi asam sulfat 2%, kandungan lignin pada *fiber cake* mengalami kenaikan. Menurut Daulay (2009), lignin sangat resisten terhadap degradasi kimia. Hal ini yang menyebabkan setelah konsentrasi yang lebih tinggi semakin banyak kandungan lignin yang tidak terlarut.

4. Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Pada Kadar Glukosa
 Fatriasari dkk (2019) mengatakan bahwa selulosa merupakan senyawa yang terkandung didalam limbah biomassa seperti *fiber cake* kelapa sawit yang merupakan bahan baku mudah diperbaharui dibandingkan bahan baku fosil. Proses lebih lanjut dari selulosa dengan proses hidrolisis dapat menghasilkan bioetanol yang kemudian dapat diolah lebih lanjut untuk menghasilkan bioetanol. Menurut Fatmayati dan Deli (2017), sampai sekarang belum ada standar minimal kadar selulosa dalam bahan baku yang tepat diolah menjadi bioetanol. Glukosa dapat dihasilkan melalui hidrolisis polisakarida atau disakarida, dengan asam atau enzim. Perhitungan gula pereduksi dilakukan dengan metode DNS menggunakan reagen asam 2,3-dinitrosalisilat (Pratiwi dkk, 2018). Hasil pengujian glukosa dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 4 Pengujian kadar glukosa menggunakan alat spektrofotometri UV – VIS

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa pada proses hidrolisis dengan konsentrasi sebesar 2% diperoleh hasil

kadar glukosa sebesar 0,44%, pada konsentrasi 3% diperoleh hasil 0,83%, dan pada konsentrasi 4% diperoleh hasil 1,33%. Hasil ini menunjukkan bahwa kandungan glukosa terbaik ada pada konsentrasi asam sulfat 4%, dan mengalami kenaikan setiap penambahan konsentrasi asam sulfat. Menurut Yustinah dkk (2018), proses hidrolisis tidak dapat maksimal menguraikan selulosa menjadi glukosa karena didalam bahan baku masih mengandung sisa hemiselulosa dan sisa lignin yang dapat mempengaruhi efektivitas proses tersebut. Menurut Daulay (2009), hemiselulosa lebih mudah larut dalam pelarut alkali dan lebih mudah dihidrolisis menjadi komponen monomernya yang terdiri dari D-glukosa, sehingga penurunan hemiselulosa dapat meningkatkan kadar glukosa.

Kadar glukosa yang dihasilkan pada proses hidrolisis dengan konsentrasi asam sulfat 4% lebih tinggi terjadi karena dengan semakin banyaknya asam sulfat yang digunakan sebagai katalisator dapat mempercepat terjadinya reaksi penguraian selulosa menjadi glukosa (Yustinah dkk, 2018)

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut:

1. Proses pembuatan glukosa melalui tahapan preparasi, delignifikasi, dan hidrolisis.
2. Semakin tinggi persentase asam sulfat maka semakin tinggi juga kadar glukosa yang di dapat.
3. Kadar glukosa terbanyak terdapat pada variasi persentase asam sulfat 4% dengan kadar glukosa sebesar 1,33%.

REFERENSI

- Agustini, L., & Efiyanti, L. (2015). Pengaruh perlakuan delignifikasi terhadap hidrolisis selulosa dan produksi etanol dari limbah berlignoselulosa. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(1), 69-80.
- Anindyawati, T. (2010). Potensi selulase dalam mendegradasi lignoselulosa limbah pertanian untuk pupuk organik. *Jurnal Selulosa*, 45(02).
- Artati, E. K., Wulandari, F., & Sukma, R. N. (2013). Pengaruh Konsentrasi Katalis Asam dan Kecepatan Pengadukan pada Hidrolisis Selulosa dari Ampas Batang Sorgum Manis. *EKUILIBRIUM*, 12(1), 17-22.
- Daulay. (2009). Adhesi Penguat Serbuk Pulp Tandan Kosong Sawit Teresterifikasi Dengan Matriks Komposit Polietilena. Universitas Sumatera Utara. Medan”
- Fatmayati, F., & Deli, N. A. (2017). Delignifikasi Batang Sawit Nonproduktif secara Organosolv dengan Asam Formiat. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 6(3), 113-118.
- Fatriasari, W., Masruchin, N., & Hermiati, E. (2019). Selulosa: karakteristik dan pemanfaatannya. *LIPI Press. Gautam, SP, Bundela, PS, Pandey, AK, Jamaluddin, MK Awasthi, MK & Sarsaiya, S (2010) A review on systematic study of cellulose. Journal of Applied and Natural Science*, 2(2), 330-343.

- Hidayat A. (2019). "Proses Kimia dalam Industri". Universitas Islam Indonesia Press."
- Mardina, P., Talalangi, A. I., Sitinjak, J. F., Nugroho, A., & Fahrizal, M. R. (2013). Pengaruh proses delignifikasi pada produksi glukosa dari tongkol jagung dengan hidrolisis asam encer. *Konversi*, 2(2), 17-23.
- Mustain, dkk. (2021). Pemanfaatan α -Selulosa Fiber Cake Kelapa Sawit Sebagai Alternatif Bahan Baku Nitroselulosa. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- Nata, I. F. (2014). Produksi Bioetanol Dari Alkali-Pretreatment Jerami Padi Dengan Proses *Simultaneous Saccharification And Fermentation (SSF)*. Universitas Lambung mangkurat. Banjarmasin
- Norlina, dkk. (2016). Biokonversi Serat Kelapa Sawit Menjadi Glukosa dengan Diluted-Acid Hydrothermal Treatment. Universitas lambung Mangkurat. Banjarmasin."
- Pratiwi, Y. H., Ratnayani, O., & Wirajana, I. N. (2018). Perbandingan Metode Uji Gula Pereduksi Dalam Penentuan Aktivitas?-L-Arabinofuranosidase Dengan Substrat Janur Kelapa (Cocos Nucifera). *Jurnal Kimia*, 134.
- Sitompul, H. dkk. (2017). Pengaruh Waktu Dan Konsentrasi Enzim Selulase Pada Proses Hidrolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Glukosa. Universitas lampung. Bandar Lampung.
- Sulistiono, E. dkk. (2018). Optimasi Jenis Asam Kuat Dalam Proses Hidrolisis Selulosa Jerami Dalam Upaya Untuk Mendapatkan Bioetanol. Universitas Islam Lamongan. Jawa Timur.
- Utami, B. P. & Nurwiyono, C. (2017). Pembuatan Bioetanol Dengan Cara Hidrolisis Menggunakan Kertas Koran Bekas Serta Pemurnian Menggunakan Agen Pengering (Mgso4, Na2SO4, Dan Cacl2). Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Waykins D, Nuruddin Md dan Hosur M. (2015). "Extraction and Characterization of Lignin from Different Biomass Resources". *Journal of Materials Research and Technology*, Vol.4, No.1, Page 26-32."
- Yustinah, Y., Hasyim, U. H., Syamsudin, A. B., & Aliyah, A. (2018). Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Pada Proses Hidrolisis Dedak Padi Menjadi Glukosa Untuk Pembuatan Plastik Biodegradabel. *Prosiding Semnastek*.