

## Hidrolisis Daun Sawit menjadi Glukosa dengan Variasi Konsentrasi Asam Fosfat ( $H_3PO_4$ ) dan Rasio Substrat-Pelarut

Boy Jansen Roberto Manik<sup>1)</sup>, Sri Rezeki Muria<sup>2)</sup>, Komalasari Komalasari<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, <sup>2)</sup>Dosen Teknik Kimia  
Laboratorium *Unit Operation* (Gedung Teknologi Pulp dan Kertas)  
Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru 28293

E-mail: [boyjansen.robertomanik@student.unri.ac.id](mailto:boyjansen.robertomanik@student.unri.ac.id)

### ABSTRACT

*Indonesia, especially Riau is a palm oil producing region. The increase of plantation and palm oil production is directly proportional to the amount of waste produced. Increasing waste is not offset by the treatment of such waste as oil palm leaves waste. Oil palm leaves is a lignocellulosic material which can be used to make products, one of them is glucose which can be used to make bioethanol and others. This research is aims to determine the best concentration of phosphoric acid ( $H_3PO_4$ ) and substrate-solvent ratio in the oil palm leaves hydrolysis to produce high glucose levels. The process of glucose production from oil palm leaves is carried out in various stages, namely preparation of raw materials, acid pretreatment process, analysis of raw materials and pretreatment, hydrolysis and results analysis. Acid pretreatment was carried out at temperature of  $80^{\circ}C$ , within 60 minutes using sulfuric acid 0,5%. Hydrolysis is done by mixing sulfuric acid 60% and phosphoric acid in ratio 30:70, which is the concentration of phosphoric acid (60%,65% and 70%) and substrate ratio (product of pretreatment) with solvent (1:3 and 1:4) becomes the independent variable. Hydrolysis process is done by mixing solvent and substrate and left during 16 hours at room temperature, then added distilled water and cooked at  $100^{\circ}C$  during 2 hours. The result of this research obtained the best condition of oil palm leaves hydrolysis is the ratio of substrate-solvent 1:2 and phosphoric acid 70% with a glucose level is 1977,8619 mg/L.*

**Keywords :** *Glucose, hydrolysis, phosphoric acid, oil palm leaves, sulfuric acid*

### 1. PENDAHULUAN

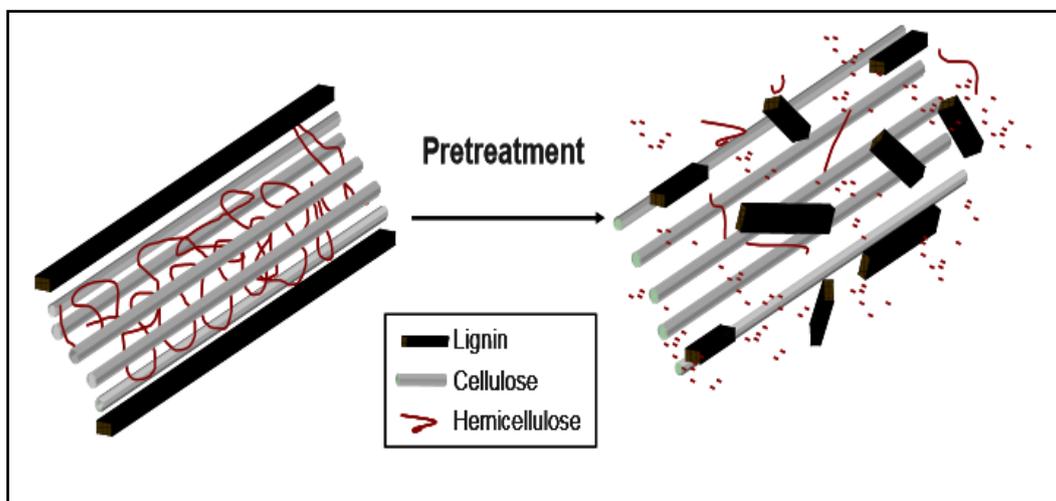
Komoditas perkebunan kelapa sawit merupakan andalan bagi pendapatan nasional dan devisa negara Indonesia. Luas areal dan produksi kelapa sawit meningkat setiap tahun. Statistik Perkebunan Indonesia (2017) mencatat bahwa pada tahun 2017 luas areal kelapa sawit Indonesia seluas 12.307.677 Ha dimana untuk wilayah provinsi Riau seluas 2.493.176 Ha dengan jumlah produksi 8.721.148 ton. Peningkatan lahan perkebunan dan produksi kelapa sawit di Riau tidak diimbangi dengan pengolahan limbah sawit yaitu salah satunya pelepah dan daun sawit yang merupakan salah satu jenis biomassa.

Pelepah sawit merupakan jenis limbah padat yang dihasilkan sepanjang tahun oleh perkebunan kelapa sawit. Pelepah sawit biasanya dipotong pada saat panen dan umumnya dibiarkan membusuk di lapangan. Hal ini berpotensi untuk menyumbangkan emisi gas  $CO_2$  (Desriani *et al*, 2013). Pelepah sawit terdiri dari 2/3 pelepah yang tersusun atas daun sawit dan lidi sawit (*palm petiole*) dan 1/3 nya adalah basal pelepah sawit. Daun dan lidi sawit memiliki kadar selulosa sebesar 40% dan kadar gula sebesar 34% (Aliyu *et al*, 2015). Abnisa *et al* (2013) menyatakan bahwa daun sawit memiliki kadar selulosa sebesar 32,49%, Hemiselulosa 22,97% dan Lignin 26%.

Biomassa memiliki potensi yang kaya akan lignoselulosa. Lignoselulosa merupakan bahan yang berasal dari tanaman yang mengandung komponen utama berupa lignin, selulosa dan hemiselulosa. Lignoselulosa memiliki struktur dimana selulosa melekat pada ikatan silang matriks bagian hemiselulosa dan keduanya dilapisi ataupun direkat oleh lignin. Ketiga komponen tersebut merupakan sumber penting dalam menghasilkan produk seperti gula fermentasi, bahan kimia dan bahan bakar cair (Novia *et al*, 2015). Selulosa merupakan senyawa organik yang melimpah di dalam biomassa. Selulosa

dapat dikonversi menjadi glukosa melalui reaksi hidrolisis.

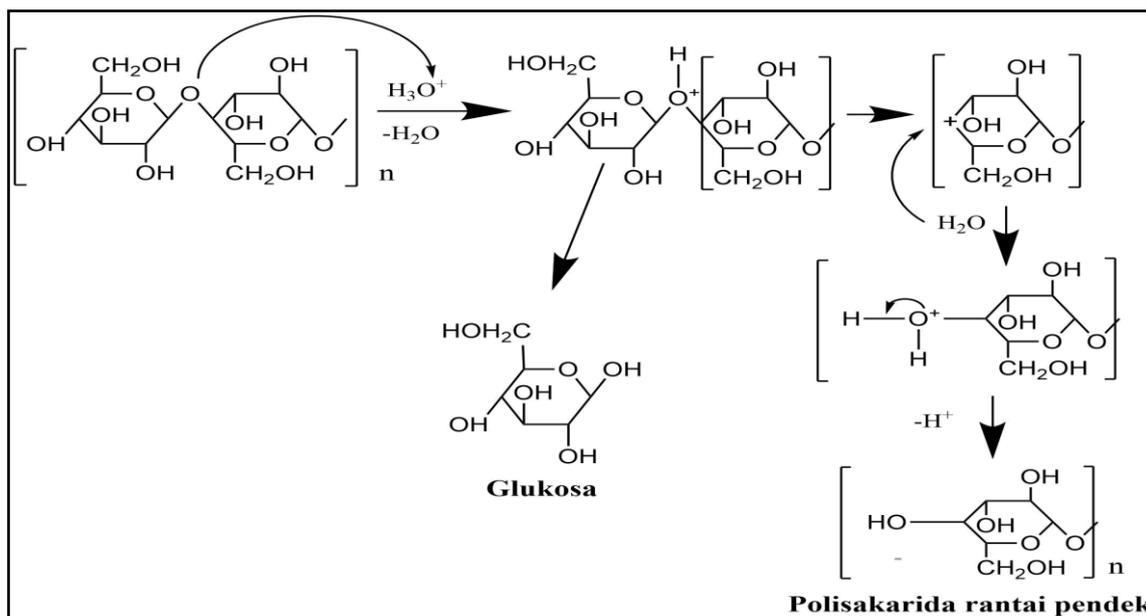
*Pretreatment* bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan berbagai senyawa yang dapat menghambat laju hidrolisis dan meningkatkan produksi gula sederhana yang berasal dari selulosa dan hemiselulosa (Balat *et al*, 2008). Ni'mah *et al* (2015) menyatakan bahwa tujuan *pretreatment* adalah untuk membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah dihidrolisis oleh enzim maupun asam yang memecah polimer sakarida menjadi monomer gula. Skema tujuan *pretreatment* biomassa lignoselulosa dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Skema *Pretreatment* Biomassa Lignoselulosa (Lu dan Mosier, 2008)

Glukosa adalah bahan kimia industri penting yang dapat digunakan untuk membentuk gula alkohol yang terhidrogenasi dan senyawa furfural yang mengandung karbonil melalui reaksi dehidrasi. Glukosa juga merupakan senyawa yang menarik yang umumnya digunakan untuk mensintesis berbagai bahan bakar dan bahan kimia (Dwiatmoko dan Nino, 2017). Glukosa diproduksi dengan memecah rantai panjang polimer polisakarida yaitu selulosa. Teknologi yang sudah digunakan selama ini adalah hidrolisis asam dan proses enzimatik (Anggoro *et al*, 2014). Hidrolisis merupakan suatu proses antara suatu

komponen dengan air agar komponen tersebut pecah atau terurai. Proses hidrolisis dipengaruhi oleh katalisator, suhu operasi, pencampuran dan perbandingan zat reaktan (Juwita *et al*, 2012). Proses hidrolisis asam umumnya menggunakan asam pekat seperti asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) ataupun asam klorida (HCl). Keuntungan pada hidrolisis asam pekat adalah fleksibilitas dalam pemilihan bahan baku, hasil gula monomer tinggi, tidak membutuhkan enzim pada proses hidrolisisnya dan mudah diterapkan atau dioperasikan (ha *et al*, 2010). Reaksi hidrolisis polisakarida dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Reaksi Hidrolisis Polisakarida (Minarni *et al*, 2013)

Hidrolisis merupakan reaksi pengikatan gugus hidroksil/OH oleh suatu senyawa. Gugus OH diperoleh dari senyawa air. Variabel-variabel yang berpengaruh terhadap reaksi hidrolisis menurut Mardina *et al* (2014) antara lain:

#### 1. Katalisator

Reaksi hidrolisis memerlukan katalisator untuk mempercepat jalannya reaksi. Katalisator yang dipakai dapat berupa enzim atau asam, dikarekan kerja katalisator tersebut lebih cepat. Asam yang umum digunakan yaitu asam klorida (HCl), asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), maupun asam nitrat. Konsentrasi ion H<sup>+</sup> berpengaruh terhadap kecepatan reaksi, bukan jenis asamnya. Larutan asam yang digunakan adalah larutan yang mempunyai konsentrasi asam yang tinggi.

#### 2. Suhu

Pengaruh suhu terhadap kecepatan reaksi mengikuti persamaan Arrhenius. Semakin tinggi suhu operasi yang digunakan maka semakin cepat reaksinya. Kecepatan reaksi hidrolisis akan meningkat hampir 2 kali untuk setiap kenaikan suhu 10°C.

#### 3. Pencampuran

Pencampuran berfungsi agar zat pereaksi dapat bertumbukan. Pada proses batch, proses pencampuran dapat dicapai dengan bantuan pengaduk. Peningkatan pengadukan akan mempercepat proses reaksi tersebut.

#### 4. Perbandingan zat pereaksi

Berdasarkan hukum kesetimbangan, jika salah satu zat pereaksi berlebihan jumlahnya maka kesetimbangan akan bergeser ke sebelah kanan (produk) dengan baik..

### 2. METODOLOGI

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah daun sawit yang diambil dari perkebunan sawit Universitas Riau. Bahan kimia yang digunakan adalah asam sulfat 97% merek Merck, asam fosfat 85% merek Merck, dan akuades. Bahan yang digunakan untuk menguji kadar glukosa hasil hidrolisis adalah reagen Nelson A, reagen Nelson B, reagen arsenomolibdat.

Penelitian ini melalui beberapa tahapan dalam pengerjaannya, antara lain:

#### A. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan adalah daun kelapa sawit. Daun sawit dipotong kecil-kecil sekitar 0,5-1,5 cm dan dikeringkan sampai kadar air tidak melebihi 10%. Bahan baku yang akan di *pretreatment* sebelumnya dilakukan analisis kadar selulosa, hemiselulosa, dan lignin menggunakan metode Chesson, dengan prinsip dasar metode ini adalah gravimetri.

#### B. Proses *Pretreatment*

Proses *pretreatment* dilakukan dengan menggunakan *acid pretreatment*. Pelarut yang digunakan adalah H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5% (Inggrid *et al*, 2017 ; Permatasari *et al*, 2014). Daun sawit sebanyak 500 gram dicampurkan dengan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,5% pada perbandingan daun sawit dengan asam adalah 1:10 (Permatasari *et al*, 2014) pada temperatur 80°C selama 60 menit (Rodiansono *et al*, 2013). Campuran bahan yang telah dilakukan pemasakan selanjutnya disaring dan dicuci dengan akuades sehingga pH dari residu menjadi netral. Substrat dikeringkan didalam oven.

#### C. Proses Hidrolisis

Daun sawit yang telah di *pretreatment* kemudian dilakukan proses hidrolisis untuk mengkonversi selulosa menjadi glukosa. Hidrolisis bertujuan untuk memecah polimer gula menjadi glukosa. Hidrolisis dilakukan dengan menggunakan pelarut asam sulfat dan asam fosfat (Harmer *et al*, 2009). Proses hidrolisis dilakukan dengan mencampurkan substrat sebanyak 10 gram dengan 20 ml pelarut campuran antara H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dengan rasio 30:70 (v/v). Suhu operasi yang digunakan pada tahap pertama adalah suhu

ruang selama 16 jam. Rasio substrat-pelarut yang digunakan yaitu 1:3 dan 1:4 (b/v). Proses hidrolisis selanjutnya dilakukan dengan menambahkan 30 ml akuades pada campuran tahap pertama kemudian dipanaskan pada suhu 100°C (Artati *et al*, 2012) selama 2 jam (Ni'mah *et al*, 2015). Sampel yang sudah dihidrolisis selanjutnya disaring untuk memisahkan padatan sisa dengan cairan. Cairan hasil pemisahan selanjutnya dianalisis kadar glukosa dengan menggunakan metode Nelson-Somogy.

#### D. Analisis Kadar Glukosa

Pengukuran kadar glukosa dilakukan berdasarkan metode Nelson-Somogy. Data yang ingin diperoleh adalah komposisi glukosa yang merupakan monomer dari selulosa. Absorbansi larutan diukur dengan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 540 nm. Data diolah dengan regresi hubungan dari kedua variasi tersebut sehingga dapat dilihat pengaruh kedua variabel tersebut terhadap kadar glukosa yang diperoleh (Purbaningtias *et al*, 2017; pur, 2011; Shao dan Amy, 2017).

### 3.4 Hasil dan Pembahasan

#### 3.4.1 Analisis Daun Sawit dengan Metode Chesson-Data

Komposisi daun sawit baik sebelum dan sesudah di *pretreatment* asam di analisis dengan menggunakan metode Chesson Data. Proses pada metode Chesson-Datta dapat dilihat pada Lampiran A. Komposisi biomassa daun sawit sebelum dan sesudah *pretreatment* asam dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Komposisi Daun Sawit Sebelum dan Sesudah *Pretreatment* Asam

Komposisi	Daun Sawit	
	Sebelum <i>Pretreatment</i>	Sesudah <i>Pretreatment</i>
Selulosa	30%	32%
Hemiselulosa	19%	20%
Lignin	25%	24%
Ash	9%	11%
Hot water soluble	17%	13%

Tabel 1 menunjukkan bahwa daun sawit mengalami penurunan kadar lignin ketika di *pretreatment* asam sebesar 1% dan peningkatan kadar selulosa dan hemiselulosa masing-masing sebesar 32% dan 20%. Kadar lignin yang berkurang tidak terlalu signifikan karena penggunaan asam sulfat encer dan suhu yang rendah. Penggunaan jenis *pretreatment* ini untuk mencegah selulosa dan hemiselulosa ikut terdegradasi dalam proses ini.

Penurunan kadar lignin yang rendah dikarenakan penggunaan konsentrasi asam yang rendah. Hidayat (2013) menyatakan bahwa penggunaan asam encer akan menghasilkan produk degradasi yang lebih rendah. Permatasari *et al* (2014) menyatakan selulosa tidak akan terdegradasi jika konsentrasi yang digunakan rendah dan suhu yang tepat. Ingrid *et al* (2017) menyatakan penggunaan asam sulfat encer agar menghasilkan kadar glukosa yang tinggi pada tahap hidrolisis. Penggunaan asam

yang terlalu pekat, waktu yang lama dengan suhu yang tinggi mengakibatkan terjadinya pendegradasian selulosa dan hemiselulosa yang akan membentuk senyawa lain. Selain itu, akan terbentuk fenol akibat dari degradasi lignin. Pembentukan senyawa ini dapat menghambat pembentukan glukosa pada tahap hidrolisis. Hasil dari *pretreatment* tersebut digunakan sebagai substrat pada proses hidrolisis.

### 3.2 Analisis Kadar Glukosa Hasil Hidrolisis

Tahap hidrolisis bertujuan untuk mengkonversi holoselulosa (selulosa dan hemiselulosa) menjadi glukosa. Tahap hidrolisis ini dilakukan menggunakan pelarut asam. Purwanti dan Sarah (2017) menyatakan bahwa asam dapat mendegradasi selulosa menjadi monomernya yaitu glukosa. Penentuan kadar glukosa sampel dilakukan dengan metode Nelson-Somogy. Kadar glukosa hasil hidrolisis dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Kadar Glukosa Hasil Hidrolisis (mg/L)

Rasio Substrat-Pelarut	Kadar Glukosa (mg/L)		
	Konsentrasi H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (%)		
	60	65	70
1:3	1977,8619	1413,8223	853,1602
1:4	1396,9349	812,6304	410,71

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa perolehan glukosa tertinggi yaitu sebesar 1977,8619 mg/L pada konsentrasi asam fosfat 60% dan rasio substrat-pelarut 1:3. Pada rasio 1:3 dan 1:4 terjadinya penurunan kadar glukosa seiring dengan penambahan konsentrasi asam fosfat dan penambahan rasio substrat-pelarut. Kadar glukosa terendah diperoleh pada rasio 1:4 dengan konsentrasi asam fosfat 70% yaitu sebesar 410,71 mg/L. Peningkatan konsentrasi asam fosfat dan penambahan rasio substrat-pelarut menyebabkan penurunan kadar glukosa. Zahro dan Istiorini (2010) menyatakan konsentarsi asam meningkat

dan rasio substrat-pelarut maka glukosa yang dihasilkan semakin besar tetapi ketika melewati batas optimumnya maka terjadi sebaliknya yaitu penurunan kadar glukosa. Peningkatan rasio zat padat (substrat) dengan zat cair (pelarut) semakin besar maka produk yang dihasilkan akan semakin besar tetapi jika tidak dihambat oleh kondisi fisik seperti kekentalan dari pelarutnya. Terjadinya penurunan kadar glukosa pada Tabel 2 diakibatkan penambahan rasio substrat-pelarut dan konsentrasi asam fosfat. Hal ini terjadi karena kekentalan dari pelarutnya. Pada rasio substrat pelarut (asam sulfat dan

fosfat), dengan volume yang diperbesar tetapi volume air yang ditambahkan sama pada setiap perbandingan rasio, akibatnya kekentalan zat cair (air, asam sulfat, dan asam fosfat) pada rasio 1:3 dan 1:4 lebih besar dibandingkan 1:2. Faktor kekentalan cairan pada saat hidrolisis akan menghambat reaksi hidrolisis tersebut dimana terjadinya penurunan tumbukan antar reaktan akibatnya reaksi berjalan lebih lambat. Akibatnya, pembentukan glukosa semakin sedikit.

Haryani *et al* (2015) menyatakan penambahan konsentrasi larutan asam akan membentuk gugus radikal bebas akibatnya terjadi pengurangan jumlah air dalam larutan hidrolisis. Hal ini menyebabkan jumlah OH<sup>-</sup> sebagai pengikat radikal bebas berkurang dan glukosa yang dihasilkan semakin sedikit. Selain itu, peningkatan konsentrasi asam ini juga mengakibatkan terdegradasinya glukosa yang sudah terbentuk menjadi produk samping seperti furfural dan 5-hydroxymethylfurfural (HMF), asam levulinat, asam asetat, asam formiat dan lain-lain.

#### 4. Kesimpulan

Kondisi terbaik pada proses hidrolisis daun sawit yaitu pada rasio substrat-pelarut 1:3 dengan konsentrasi asam fosfat 60% dan diperoleh kadar glukosa sebesar 1977,8619 mg/L .

#### Daftar Pustaka

- Abnisa, F., Arash, A.N., W.M.A.W, Daud., J.N, Sahu., and I.M, Noor. (2013) 'Utilization of Oil Palm Tree Residues to Produce Bio-Oil and Bio-Char via Pyrolysis', *Energy Conversion and Management*, 76, pp. 1073–1082.
- Aliyu, A.S., Azhar, A.A., Adibah, Y., and Zulkarnain, A.L. (2015) 'Potential of Oil Palm Frond Liquid Extract and Fiber as Feedstock for Bio-butanol Production', *Jurnal Teknologi*, 74(10), pp. 63–67.
- Anggoro, D. D., Purwanto, P. and Rispiandi, R. (2014) 'Hidrolisis Selulosa menjadi Glukosa dengan Katalis Heterogen Arang Aktif Tersulfonasi', *Reaktor*, 15(2), pp. 126-131.
- Artati, E.K., Feliciano, I., and W.H, Fatimah. (2012) 'Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Asam terhadap Kinetika Reaksi Hidrolisis Pelepah Pisang (*Musa Paradisiaca L*)', *Jurnal Ekuilibrium*, 11 (2), pp. 73-77.
- Balat, M., Balat, H., and Oz C. (2008) 'Progress in Bioethanol Processing', *Progress in Energy and Combustion Science*, 34(5), pp. 551-573
- Desriani, R., Padil., & Yelmida. (2013). *Proses Pembuatan Nitroselulosa dari Limbah Pelepah Sawit*. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Dwiatmoko, A.A., and Nino, R. (2017) 'Preparasi dan Karakteristik Katalis Asam Padat Berbasis Niobia untuk Produksi Senyawa Glukosa', *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 8(2), pp. 76-80.
- Fuadi, A. M., and Harismah, K. (2017) 'Perbandingan Efektifitas Pembuatan Glukosa dari Kertas Bekas Secara Hidrolisis Asam dan Enzim', *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), pp. 6-11
- Harmer, M.A., A. Fan., A. Liauw., and R.K. Kumar. (2009) 'A New Route to High Yield Sugars from Biomass: Phosphoric-Sulfuric Acid', *Chemical Community*, 21(43), pp. 6610-6612.
- Harmsen, P.F.H., W.J.J. Huijgen., L.M.B. Lopez., and R.R.C Bakker. (2010) *Literature Review of Physical and Chemical Pretreatment Processes for Lignocellulosic Biomass*, Energi Research Centre of The Netherlands.
- Haryani, N., Novia., Viesta, L.S., and Soraya, R.A. (2015) 'Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu Hidrolisis pada Pembentukan Bioetanol dari Daun Nanas', *Jurnal Teknik Kimia*, 21(4), pp. 39-46

- Hidayat, M.R. (2013) 'Teknologi Pretreatment Bahan Lignoselulosa dalam Proses Produksi Bioetanol', *Biopropal Industri*, 4(1), pp. 33-48.
- Ingrid, H.M., Herry, S., and James, W. (2017). *Pretreatment Bonggol Jagung dengan Asam Sulfat*. Prosiding Seminar Industri Hijau. Universitas Katolik Parahyangan.
- Juwita, R., L.R. Syarif., and A. Tuhuloula. (2012) 'Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Katalisator Asam Terhadap Sintesis Furfural dari Sekam Padi', *Jurnal Konversi*, 1(1), pp. 34-38.
- Lu, Y., and N.S. Mosier. (2008). *Current Technologies for Fuel Ethanol Production from Lignocellulosic Plant Biomass*. Genetic Improvement of Bioenergy Crops. pp. 161-182.
- Minarni, N., Bambang, I., and Sutrisno. (2013) 'Pembuatan Bioetanol dengan Bantuan *Saccharomyces cerevisiae* dari Glukosa Hasil Hidrolisis Biji Durian (*Durio zhibetinus*)', *Kimia Student Journal*, 1(1), pp. 36-42.
- Mardina, P., H.A. Prathama., and D.M. Hayati. (2014) 'Pengaruh Waktu Hidrolisis dan Konsentrasi Katalisator Asam Sulfat terhadap Sintesis Furfural dari Jerami Padi', *Jurnal Konversi*, 3(2), pp. 1-8.
- Ni'mah, L., Angga, A., and Muhammad, Z. (2015) 'Pembuatan Bioetanol dari Limbah Serat Kelapa Sawit melalui Proses Pretreatment, Hidrolisis Asam dan Fermentasi Menggunakan Ragi Tape', *Info Teknik*, 16(2), pp. 227-242.
- Novia., Khairunnas., and Gigih, T.P. (2015) 'Pengaruh Konsentrasi Natrium Hidroksida saat Pretreatment dan Waktu Fermentasi terhadap Kadar Bioetanol dari Daun Nanas', *Jurnal Teknik Kimia*, 21(3), pp. 16-26.
- Permatasari, H.R., Fakhili, G., and Bety, L. (2014) 'Pengaruh Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan NaOH terhadap Delignifikasi Serbuk Bambu (*Gigantochloa apus*)', *Jurnal Penelitian Pendidikan Kimia*, 1(2), pp. 131-140.
- Purbaningias, T.E., Rina, P.R., Muhaimin., and Lina, F.A. (2017) 'Determination of Reduction Sugar form Banana (*Musa acuminat balbisiana colla*) with Different Cooking Process by UV-Vis Spechtrphotometer', *International Seminaron Chemical Education*. ISBN:978-602-73192-1-9, pp. 403-409.
- Purwanti, E., and Sarah, D. (2017) 'Pengaruh Perbedaan Kondisi Hidrolisis terhadap Hasil Isolasi Nanokristalin Selulosa dari Bonggol Jagung', *Indonesia Journal Chemical Research*, 5(1), pp. 12-16.
- Ratnawati, D. (2011). *Investigasi Kadar Glukosa Hasil Hidrolisis Pati Fraksi Amilopektin Biji Mangga Varietas Manalagi (*Mangifera Indica L.*)*, Prosiding, Seminar Optimalisasi Energi untuk Kemakmuran Negeri. Banjarmasin.
- Rodiansono., U.B.L. Utami., N. Widyastuti., P.C. Wulandari., & I. Risnawati. (2013) 'Hidrolisis Lignoselulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Katalis Asam Karboksilat', *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 7(1), pp. 60-72.
- Shao, Y., and Amy, H.M.L. (2017). *Improvement in The Quantification of Reducing Sugars by Miniaturizing The Somogyi-Nelson Assay Using a Microtiter Plate*. Moscow: University of Idaho.
- Statistik Perkebunan Indonesia. (2017). *2015-2017 Kelapa Sawit Palm Oil*. Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Zahro, L.M., and M, Istiorini. (2010). *Penyiapan Bahan Baku dalam Proses Fermentasi Fase Cair Asam Sitrat melalui Proses Hidrolisa Ampas Singkong*. Universitas Diponegoro, Semarang.