

# IDENTIFIKASI GLUKOSA HASIL HIDROLISIS SERAT DAUN NANAS MENGGUNAKAN METODE FENOL-ASAM SULFAT SECARA SPEKTROFOTOMETRI UV-VISIBEL

Bayu Wiyantoko<sup>1,\*</sup>, Rika Rusitasari<sup>1</sup>, Rahma Novia Putri<sup>1</sup>, Muhaimin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi DIII Analisis Kimia, Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang KM 14,5 Sleman, Yogyakarta 55584, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Islam Indonesia, Jalan Kaliurang KM 14,5 Sleman, Yogyakarta 55584, Indonesia

\* email: bayuwiyantoko@uui.ac.id

## ABSTRAK

Telah dilakukan proses hidrolisis serat daun nanas untuk diidentifikasi kadar glukosa total menggunakan metode fenol-asam sulfat secara spektrofotometri UV-Visibel. Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengetahui kadar glukosa pada daun nanas dan pengaruh katalis heterogen pada proses hidrolisis serat daun nanas. Variabel dalam penelitian ini adalah waktu pengambilan sampel selama proses hidrolisis (30, 60, 90, 120, dan 150 menit) pada suhu hidrolisis 120°C dan penggunaan katalis heterogen. Katalis heterogen yang digunakan adalah lempung alam teraktivasi asam. Hasil pengujian diperoleh kadar glukosa tertinggi pada waktu 60 menit sebesar 4000,69 ppm serta penggunaan katalis heterogen mempengaruhi kadar hasil glukosa dan dapat mempercepat reaksi.

**Kata Kunci:**daun nanas; hidrolisis glukosa; katalis heterogen; metode fenol-asam sulfat

## ABSTRACT

The hydrolysis process of pineapple leaf fiber to identify total glucose content using phenol-sulfuric acid method by UV-Visibel spectrophotometry has been conducted. The study aimed to determine the glucose content on pineapple leaves and the effect of heterogeneous catalyst on hydrolysis process. The variable in this study was the sampling time during the hydrolysis process (30, 60, 90, 120, and 150 minutes) at hydrolysis temperature of 120°C and the use of heterogeneous catalyst. The heterogeneous catalyst use was acid activated clay. The highest glucose was obtained at 60 minutes by 4000.69 ppm, also the addition of heterogeneous catalyst affected the glucose content as well as accelerated the reaction.

**Keywords:**pineapple leaves; glucose hydrolysis; heterogeneous catalyst; phenol-sulfuric acid method

## I. PENDAHULUAN

Nanas (*Ananas comosus* L. Merr) adalah salah satu jenis buah yang pemasarannya cukup merata di daerah-daerah Indonesia. Menurut data BPS pada tahun 2013, produksi nanas di Indonesia sebesar 1.882.806 ton. Tanaman nanas (*Ananas comosus*) yang dimanfaatkan hanya buahnya saja karena fokus budidaya tanaman jenis ini

adalah untuk diambil buahnya, sedangkan bagian lain belum begitu banyak digunakan seperti daunnya. Daun nanas yang muda digunakan untuk pakan kambing, selebihnya hanya dibuang begitu saja di lahan nanas (Onggo dan Jovita, 2003). Limbah kulit nanas yang dihasilkan dari satu buah nanas berkisar 21,73 – 24,48 %, sehingga limbah kulit nanas yang dihasilkan dapat mencapai 40-50 kg/hari (Tahir, 2008)

Daun nanas merupakan limbah yang paling banyak dihasilkan dari pertanian nanas yaitu sekitar 90% setiap kali panen (Onggo,2007). Padahal setiap kali panen buah nanas menghasilkan limbah yang terdiri dari 1% batang, 9% tunas batang, dan 90% daun (Onggo, 2007). Daun nanas mengandung 69,5-71,5% selulosa dan 4,4-4,7% lignin (Onggo dan Jovita, 2003 dalam Jayanudin, 2009) sedangkan menurut Hidayat (2008) terdapat 69,5-71,5% selulosa dalam serat daun nanas.

Jumlah limbah daun nanas yang banyak namun belum dimanfaatkan secara optimal serta tingginya kadar selulosa daun nanas membuat biomassa lignoselulosa ini cukup potensial untuk menambah nilai ekonomis daun nanas. Limbah yang mengandung selulosa dapat digunakan sebagai sumber gula yang murah dan mudah didapat untuk menggantikan bahan pati dalam proses fermentasi (Graf & Koehler, 2000). Daun nanas dapat dijadikan produk tersebut dengan dilakukan cara diantaranya hidrolisis selulosa menjadi glukosa. Proses hidrolisis yang dilakukan menghasilkan gula pereduksi untuk difermentasi menjadi etanol atau produk bernilai tambah lainnya (Sun and Cheng 2002).

Selulosa dapat dihidrolisis menjadi monomer gula baik secara kimia dengan senyawa asam maupun enzimatik dengan selulase (Mosier, 2005). Kedua teknologi yang sudah sering digunakan tersebut masih memiliki kendala teknis yaitu harga enzim yang mahal dan rentan terhadap perubahan kondisi operasi. Sedangkan hidrolisis asam

prosesnya korosif dan menimbulkan limbah, sehingga diperlukan pengembangan teknologi baru untuk memperbaiki persoalan teknis tersebut salah satu diantaranya yaitu dengan metode katalis heterogen berupa lempung alam teraktivasi.

Lempung banyak digunakan sebagai katalis dan untuk dapat diaplikasikan sebagai katalis lempung harus memiliki luas permukaan dan aktivitas yang tinggi. Lempung alam masih memiliki aktivitas yang rendah, maka untuk meningkatkan kinerja yang lebih tinggi, maka lempung dapat diaktivasi terlebih dahulu. Linssen dkk (2002). telah melakukan hidrolisis lempung dengan larutan asam klorida yang menghasilkan porositas yang seragam serta luas permukaan dan volume pori yang lebih besar. Proses hidrolisis lempung dengan asam akan menghasilkan lempung dengan porositas yang tinggi (Franus dkk., 2004; Alemdaroglu dkk., 2001).

Teknologi dengan katalis lempung alam teraktivasi adalah teknologi baru yang sedang berkembang. Penggunaan katalis heterogen tersebut memiliki keunggulan proses tidak korosif (pH normal), apabila proses selesai pemisahan mudah dengan cara filtrasi, kemudian setelah katalis padat dipisahkan bisa diaktifkan (dipergunakan) kembali. Sehingga produk katalis ini tidak menghasilkan limbah (Koyotaka dan Michikazu, 2007). Keuntungan lain dari katalis heterogen adalah ramah lingkungan, dapat digunakan berulang kali dalam jangka waktu yang lama. Banyak proses industri yang menggunakan katalis heterogen, sehingga

proses dapat berlangsung lebih cepat dan biaya produksi dapat dikurangi.

Proses hidrolisis berbahan lignoselulosa telah dilakukan antara lain hidrolisis biji nangka menggunakan larutan HCl 0,1 N mendapatkan gula 9,84 mg/ml (Maryudi, 1999). Hidrolisis serbuk gergaji menggunakan larutan  $H_2SO_4$  0,5% mendapatkan gula dengan kadar 11,53 mg/ml (Sediawan dkk., 2007). Hidrolisis sampah buah dan sayur menggunakan larutan  $H_2SO_4$  0,25% menghasilkan gula 17,92 mg/ml (Wicakso, 2008). Hidrolisis daun nanas dengan katalis asam klorida (HCl) 0,3 N menghasilkan kadar glukosa terbesar yaitu 8,958 - 9,594% (Diana dkk., 2011). Hidrolisis alang-alang dengan katalis karbon aktif tersulfonasi menghasilkan kadar glukosa sebesar 87,2 % (Dwi, 2014).

Kebaharuan penelitian ini adalah penggunaan daun nanas sebagai sumber selulosa pada proses hidrolisis dengan katalis heterogen menggunakan metode fenol-asam sulfat secara spektrofotometri Uv-Visibel. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar pengembangan proses sumber alam yang banyak mengandung selulosa menjadi glukosa dan untuk mencari alternatif lain penggunaan larutan asam dan enzim. Harapannya metode ini mampu menjadi pengembangan teknologi baru yang akhirnya dapat dimanfaatkan sebagai bahan produksi bioethanol.

## II. METODOLOGI

### Material

Bahan-bahan yang digunakan terdiri atas daun nanas, asam sulfat pekat, Larutan fenol 5%, standar glukosa, dan akuades.

### Instrumentasi

Peralatan yang digunakan terdiri atas berbagai alat-alat gelas, Neraca analitik Ohaus, seperangkat alat refluks, oven Memmert, desikator dan instrumen spektrofotometer UV-Visibel thermo scientific GENESYS 20.

### Prosedur Penelitian

#### Preparasi Katalis

Lempung alam dengan ukuran 200 mesh diaktivasi kimia dengan menimbang sebanyak 20 gram direfluks menggunakan larutan asam sulfat 2 M pada temperatur 60-80°C. Sampel kemudian diucuci dengan akuades hingga bebas ion sulfat ( tes  $BaCl_2$ ). Selanjutnya sampel dikeringkan dengan oven pada 100°C hingga berat konstan dan dikalsinasi pada 500°C selama 10 jam.

#### Preparasi Sampel serat daun nanas

Daun nanas dipotong-potong menjadi kecil kemudian dihaluskan hingga halus. Daun nanas yang telah halus kemudian dijemur hingga kering untuk menghilangkan kadar airnya dan selanjutnya dilakukan proses hidrolisis.

#### Hidrolisis serat daun nanas

Daun nanas ditimbang 20 gram ditambahkan 200 mL akuades. Selanjutnya ditambahkan lempung alam teraktivasi kimia dengan berat 2,5 gram. Sampel dimasukkan ke dalam labu leher tiga dan direfluks selama 3 jam pada suhu 120 °C. Variasi pengambilan

sampel selama proses hidrolisis yaitu 30, 60, 90, 120 dan 150 menit. Larutan hasil hidrolisis diambil dan dilakukan analisis kadar glukosa menggunakan metode spektrofotometri UV-Visibel pada panjang gelombang 480 nm dan 490 nm. Selanjutnya dilakukan pengulangan prosedur yang sama untuk proses hidrolisis tanpa katalis sebagai kontrol.

Pembuatan larutan induk glukosa 100 mg/L

Pembuatan larutan induk glukosa dilakukan dengan melarutkan 10 mg glukosa dalam 100 mL akuades.

Pembuatan deret standar

Pembuatan larutan standar glukosa dibuat dengan mengencerkan larutan induk glukosa 100 mg/L menjadi konsentrasi 0,005; 0,015, 0,020, 0,030, 0,040 dan 0,05 mg/mL. Selanjutnya masing-masing 1 mL larutan standar ditambahkan 1 mL fenol 5%, dikocok dan ditambahkan 5 mL larutan asam sulfat pekat secara cepat dengan cara menuangkan secara tegak lurus ke permukaan larutan. Larutan didiamkan selama 10 menit, dikocok kemudian ditempatkan pada penangas berisi air hangat selama 15 menit. Pengukuran absorbansi dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Visibel pada panjang gelombang 480 nm dan 490 nm.

Pengujian glukosa

Larutan hasil hidrolisis dipipet 1 mL dan ditambahkan 1 mL fenol 5%. Larutan dikocok kemudian ditambahkan 5 mL larutan asam sulfat pekat secara cepat dengan cara menuangkan secara tegak lurus ke permukaan larutan. Larutan didiamkan

selama 10 menit dan selanjutnya dikocok. Selanjutnya larutan ditempatkan pada penangas air selama 15 menit. Pengukuran absorbansi dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Visibel pada panjang gelombang 480 nm dan 490 nm.

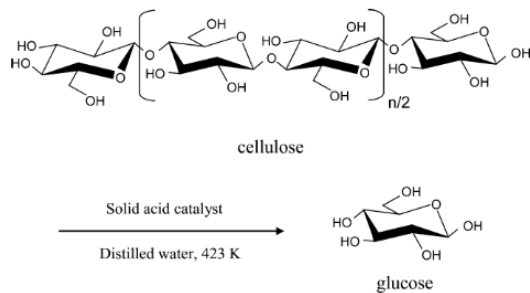
### III. HASIL DAN DISKUSI

#### Hidrolisis Selulosa serat daun nanas

Hidrolisis berasal dari Greek dari kata *hydor* yang berarti air dan *lysis* yang berarti kehilangan (Swift dan Schaefer, 1962). Hidrolisis adalah pemecahan kimiawi suatu molekul karena pengikatan air, menghasilkan molekul-molekul yang lebih kecil (Gamma dan Sherringron 1981). Proses ini dinyatakan dengan persamaan reaksi sebagai berikut :



Serat yang diperoleh dari daun nanas muda kekuatannya relatif rendah dan seratnya lebih pendek dibanding serat dari daun yang sudah tua. Serat nanas terdiri atas selulosa dan non selulosa yang diperoleh melalui penghilangan lapisan luar daun secara mekanik. Selulosa adalah salah satu komposisi kimia dalam daun nanas yang memiliki kandungan tertinggi. Selulosa  $(C_6H_{10}O_5)_n$  adalah polimer berantai panjang polisakarida karbohidrat, dari  $\beta$ -glukosa. Selulosa adalah salah satu komponen utama dari lignoselulosa yang terdiri dari unit monomer D-glukosa yang terikat pada ikatan 1,4-glikosidik. Selulosa cenderung membentuk mikrofibril melalui ikatan inter dan intra molekuler sehingga memberikan struktur yang larut.



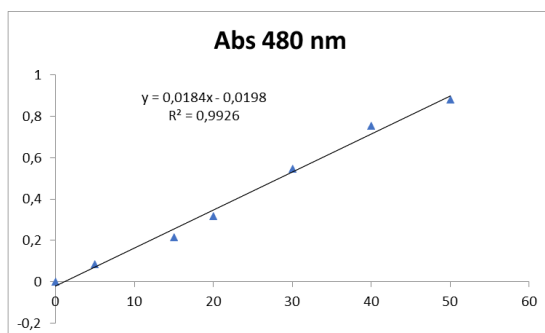
Gambar 1. Skema hidrolisis selulosa (Onda dkk., 2008)

### Larutan standar glukosa

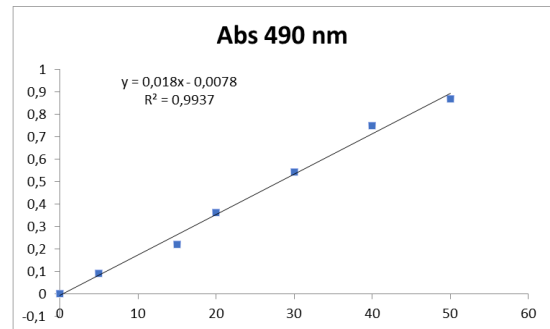
Pengukuran glukosa dilakukan dengan alat spektrofotometer UV-Visibel meskipun metode pengukuran glukosa sangat beragam karena spektrofotometer UV-Visibel memiliki selektifitas dan sensitivitas yang baik. Pengukuran glukosa diukur pada panjang gelombang 480 nm dan 490 nm. Pada panjang gelombang 480 nm untuk pentosa dan asam uronat dan 490 nm untuk heksosa (Apriyanto, 1989). Hasil pengukuran larutan standar glukosa yang digunakan sebagai acuan ditunjukkan pada Tabel 1, Gambar 2 dan 3.

Tabel 1. Data analisa larutan standar glukosa

No	Waktu (menit)	Absorbansi (480nm)	Absorbansi (490 nm)
1.	0	0	
2.	5	0,09	0,084
3.	15	0,219	0,216
4.	20	0,362	0,319
5.	30	0,542	0,548
6.	40	0,75	0,753
7.	50	0,869	0,88



Gambar 2. Kurva kalibrasi standar glukosa pada panjang gelombang 480 nm



Gambar 3. Kurva kalibrasi standar glukosa pada panjang gelombang 490 nm

Tabel 1 menunjukkan hasil data larutan standar glukosa pada panjang gelombang 480 nm dan 490 nm. Gambar 2 ditunjukkan persamaan nilai regresi linear  $Y = 0,0814x - 0,0198$  sedangkan pada Gambar 3 ditunjukkan persamaan nilai regresi linear  $Y = 0,081x - 0,0078$ . Dari hasil tersebut menunjukkan nilai determinasi masih dalam rentang yang baik yaitu 0,99.

### Metode fenol-Asam sulfat

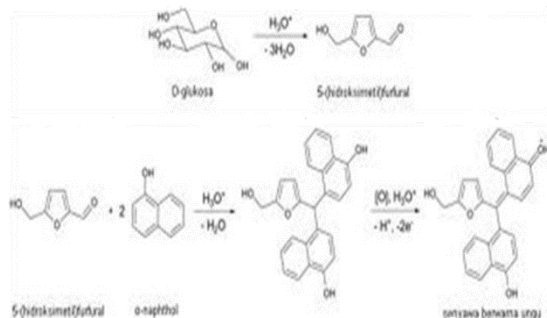
Penentuan glukosa menggunakan metode fenol-asam sulfat yang disebut juga metode TS (*total sugar*) yang digunakan untuk mengukur total gula. Metode ini dapat mengukur dua molekul gula pereduksi. Gula sederhana, oligosakarida, dan turunannya dapat dideteksi dengan fenol dalam asam sulfat pekat yang akan menghasilkan warna coklat kehitaman yang stabil.



Gambar 4. Hasil penambahan fenol-asam sulfat

Metode ini menggunakan larutan fenol 5% dan asam sulfat pekat yang

ditambahkan setelah diperoleh hasil hidrolisis serat daun nanas. Setelah penambahan fenol-asam sulfat pekat dilakukan pendinginan selama 15 menit dan diletakkan larutan di dalam penangas berisi air hangat untuk membantu proses pembentukan warna (reaksi pengompleksan). Pendinginan dilakukan dengan tujuan agar larutan stabil.



**Gambar 5.** Reaksi identifikasi glukosa dengan fenol-asam sulfat

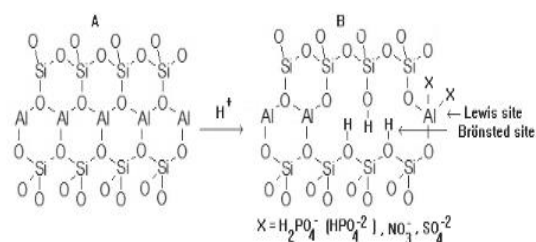
Seperti ditunjukkan pada Gambar 5 bahwa glukosa akan terhidrasi oleh asam sulfat pekat menjadi hidroksi metil furfural. Warna yang dihasilkan oleh hidroksi metil furfural bervariasi mulai dari hijau, coklat dan ungu tergantung pada konsentrasi glukosa yang dimiliki oleh sampel.

### Hasil Uji Kinerja katalis

Uji karakteristik katalis dimaksudkan untuk mengetahui efektivitas kinerja katalis heterogen lempung alam teraktivasi kimia pada proses hidrolisis selulosa. Lempung terdiri atas kisi silikat yang mempunyai luas permukaan besar, mampu mengikat dan melepaskan molekul air, serta mampu mengembang dan mengkerut (Tan, 1995). Lempung mempunyai lapisan oktahedral yang tersusun dari kation Al<sup>3+</sup> dan mengandung beberapa kation Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> dan Fe<sup>3+</sup>. Lapisan oktahedral ini memiliki

stabilitas yang lebih rendah dibanding lapisan tetrahedral yang berbentuk silikat. Kation oktahedral ini dapat dihilangkan melalui hidrolisis dengan asam. Pelepasan kation oktahedral akan membuka struktur lempung sehingga akan dihasilkan lempung dengan luas permukaan dan ukuran pori yang lebih besar (Linsse dkk., 2002; Madejova dkk., 1998; 2003).

Hidrolisis lempung dengan asam akan mengganggu struktur berlapis dari lempung. Lapisan oksida aluminium diserang sehingga melarutkan beberapa aluminium dan unsur lain di lapisan oktahedral. Pelepasan kation Al oktahedral dari struktur lempung akan membuka struktur dengan distribusi satu lembar ukuran pori sehingga secara relatif kadar keasaman dari lempung akan meningkat. Sementara lapisan tetrahedral mineral lempung yang terbentuk oleh ikatan silikon dan ion hidrogen sangat sulit untuk diserang (Franus dkk., 2004). Formasi pembentukan situs-situs asam Lewis dan asam Bronsted setelah proses aktivasi asam pada lempung alam ditampilkan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Pembentukan situs asam Lewis dan asam Bronsted (Zatta dkk., 2012)

Situs asam Bronsted berasal dari proton yang terikat pada gugus siloksan (Si-O-Si) sedangkan asam Lewis berasal dari logam Al

dari gugus oktahedral penyusun lempung alam.

Hasil penelitian menunjukkan lempung teraktivasi asam sulfat 1,2 M memiliki luas permukaan dan keasaman permukaan yang relatif tinggi yaitu 29,0040 m<sup>2</sup>/g dan 1,2957 mmol/g sedangkan lempung tanpa dimodifikasi hanya memiliki luas permukaan sebesar 27,0307 m<sup>2</sup>/g dan keasaman permukaan sebesar 0,4665 mmol/g (Astari, 2008). Hasil uji luas permukaan katalis ini diharapkan berperan dalam interaksi pusat aktif dengan selulosa pada permukaan katalis (Mochida dkk. 2006).



**Gambar 7.** Hasil hidrolisis selulosa dengan katalis heterogen

**Tabel 2.** Hasil hidrolisis selulosa serat daun nanas

Waktu (menit)	Tanpa katalis (mg/L)	Katalis heterogen (mg/L)
30	23000,8161	31000,6265
60	31000,8958	40000,6966
90	34000,1458	40000,0396
120	34000,8089	37000,2835
150	32000,1181	30000,3041

Tabel 2 menunjukkan hasil hidrolisis serat daun nanas tanpa katalis serta dengan katalis lempung alam teraktivasi kimia pada variasi waktu hidrolisis (30, 60, 90, 120 dan 150 menit) dengan temperatur 120 °C. Tabel 2 memperlihatkan bahwa kadar glukosa hasil hidrolisis tanpa katalis paling optimal pada waktu pengambilan 120 menit dengan kadar glukosa 3400,41 ppm sedangkan dengan menggunakan katalis heterogen menunjukkan kadar glukosa tertinggi pada waktu 60 menit dengan kadar glukosa

4000,69 ppm dan mengalami penurunan kembali pada waktu 90 menit. Proses hidrolisis menggunakan katalis heterogen menunjukkan kadar glukosa tertinggi dapat diperoleh dalam waktu yang lebih cepat yaitu 60 menit dibandingkan hidrolisis tanpa katalis yang harus membutuhkan waktu lebih lama yaitu 120 menit.

#### IV. KESIMPULAN

Keterlibatan katalis heterogen berupa lempung alam teraktivasi kimia memberikan perbedaan hasil baik pada kadar glukosa maupun pada kecepatan reaksi hidrolisis. Lempung alam memiliki prospek sebagai katalis heterogen untuk menghidrolisis selulosa menjadi glukosa, dengan metode fenol-asam sulfat sehingga bisa dijadikan solusi untuk memperbaiki persoalan-persoalan teknis pada proses enzimatik dan hidrolisis asam.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Laboratorium Kimia Terapan Program Studi DIII Analisis Kimia FMIPA UII untuk fasilitas yang membantu pelaksanaan penelitian ini.

#### REFERENSI

- [1] Apriyanto, A., D. Fardiaz, N. Puspitasari, Sendarnawati, S. Budiyo. 1989. Petunjuk Laboratorium Analisis Pangan. Pusat Antara Universitas Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor. Press. Bogor
- [2] Alemdaroglu, T., Akkus, G., Onal, M., and Sarikaya, Y., 2003, Investigation of the Surface Acidity of a Bentonite Modified by Acid Activation and Thermal Treatment, *Turk. J. Chem.*, 27:675-681.
- [3] Astari, N. L., 2008, Preparasi Komposit Alumunium Oksida Pada Lempung Teraktivasi Asam dan Aplikasinya untuk Meningkatkan kualitas Minyak Daun Cengkeh, Skripsi, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, h. 34, 72

- [4] Diana Susanti, Ari., Teguh Prakoso, Puspito dan Prabowo, Hari. 2011. Pembuatan Bioetanol dari Kulit Nanas Melalui Hidrolisis dengan Asam. Vol. 10. No. 2. Halaman : 81 – 86
- [5] Dwi Anggoro, didi., purwanto dan rispiandi . 2014. Hidrolisis selulosa menjadi glukosa dengan katalis heterogen arang aktif tersulfonasi. Reaktor, Vol. 15 No. 2, Oktober 2014, Hal. 126-131
- [6] Franus, W., Klinik, J., and Franus, M., 2004, Mineralogical Characteristics and Textural Properties of Acid-Activated Glauconite, *J. Chem. Mineral*, 35:00326267.
- [7] Gamman PM dan Sherrington. 1981. *The Science of Food*. Oxford : Pergamon Press Plc.
- [8] Graf, A. & Koehler, T. 2000. *Oregon Cellulose-Ethanol study. An Evaluation of the potential for ethanol production in Oregon using cellulose-based feedstock*. Oregon Office of Energy. Oregon
- [9] Hidayat, P. 2008. Pemanfaatan Serat Daun Nanas Sebagai Alternative Bahan Baku Tekstil. *Teknoin*. 13(2) :31-35.
- [10] Jayanudin. 2009. Pemutihan Daun Nanas Menggunakan Hidrogen Peroksida. *Jurnal Rekayasa Proses*. 1(3): 10-14
- [11] Koyotaka, N. and Michikazu, H., (2007), Environmentally Benign Production of Chemicals and Energy Using a Carbon-Based Strong Solid Acid, *Journal of American Ceramic Society*, 90(12), pp. 3725-3734.
- [12] Linssen, T., Cool, P., Baroudi, M., Cassier, K., Vansant, E.F., Lebedev, O., and Landuyt, V.J., 2002, Leached Natural Saponite as the Silicate Source in the Synthesis of Aluminium Hexagonal Mesoporous Materials, *J. Am. Chem. Soc.*
- [13] Madejova, J., 2003, FTIR Techiques in Clay mineral Studies, Institute of Inorganic Chemistry, Slovak Academy of Science.
- [14] Maryudi, (1999), Pembuatan Glukosa dari Pati Biji Nangka dengan Hidrolisis Asam Klorida, *Laporan Penelitian*, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- [15] Mochida, I., Yoon, S.H., and Qiao, W., (2006), Catalysts in Synthese and Carbon Precursors, *J. Braz. Chem. Soc.*, 17(6), pp. 1059-1073.
- [16] Mosier, N., C. Wyman, B. Dale, R. Elander, Y. Lee, M. Holtzapple, and M. Ladish. 2005. Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*. 96: 673-686
- [17] Onda, A., Ochi, T., and Yanagisawa, K., 2008, Selective Hydrolysis of Cellulose Into Glucose Over Solid Acid Catalyst, *Green Chem*, 10, 1033-1037.
- [18] Onggo, H. dan T. Jovita, 2003. Pengaruh Sodium Hidroksida dan Hidrogen Peroksida Terhadap Rendemen dan Warna Pulp Dari Serat Nanas. LIPI. Bandung
- [19] Onggo, H. 2007. Produk Serat Daun Nenas Berbasis Teknologi Tepat Guna. Workshop Sosialisasi dan Implementasi Produk Agroindustri Nenas Berbasis Teknologi Tepat Guna, 6-7 Juni 2007.
- [20] Sun Y dan Cheng J. 2002. Hydrolysis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review. *Bioresource Technology*, 83: 1-11
- [21] Swift EH dan Schaefer WP. 1962. *Qualitative Elemental Analysis*. San Fransisco : WH Freeman and company
- [22] Tan, K.H., 1995, *Dasar-Dasar Kimia Tanah*, Goenadi, D.H. (alih bahasa), Radjagukguk, B. (ed), Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- [23] Wicakso, D.R., (2008), Kinetika Reaksi Hidrolisis Polisakarida dari Sampah Kota (Sayur dan Buah) dengan Katalisator Asam Sulfat Encer dalam Rangka Produksi Etanol, *Laporan Tesis*, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [24] Zatta, L., Ramos, L.P., and Wypych, F., 2012, Acid Activated Montmorillonite as Catalysts in Methyl Esterification Reactions of Lauric Acid, *J. Oleo Sci.*, 61 (9), 497-504.