



Optimizing The Hydrolysis Acid Process Of Cellulose From Post-Harvest Sugarcane (*Saccharum Officinarum*) Residue For Bioethanol Production

Alivia Alfarty^{1*} dan Novike Bela²

¹Program Studi Teknik Kimia, FTI, ITN Malang, Jalan Bendungan Sigura-gura No. 2 Malang Jawa Timur

²Program Studi Teknik Kimia, FTI, ITN Malang, Jalan Bendungan Sigura-gura No. 2 Malang Jawa Timur

*E-mail: a.alfarty@gmail.com

Abstract

Tons of post-harvest sugarcane is produced in Indonesia as agricultural residue. This lignocellulosic material is a potential source of second generation ethanol production. Diluted acid hydrolysis is one of the most efficient pre-treatments for hemicellulosic solubilization. The hydrolysate content is rich in glucose, which can be converted to ethanol by yeast or other micro-organism. This work measures the impact various methods of diluted acid hydrolysis (acid concentration, solid: liquid ratio) have on glucose concentration in hydrolysate.

Statistical analysis was used to determine the most efficient formulæ to increase glucose concentrations. An acid concentration of 0,6 M, an S:L ratio of 5:100 (g:ml) with steam exposure was established and validated as the optimum pre-treatment conditions for the acid hydrolysis process. Under such conditions, hydrolysate with 25 % of glucose was obtained.

Keywords: *post-harvest sugarcane, diluted acid hydrolysis*

Pendahuluan

Salah satu limbah perkebunan di Indonesia yang masih belum banyak dimanfaatkan adalah limbah perkebunan tebu, yaitu daun tebu. Selama ini daun tebu yang berwarna hijau hanya digunakan sebagai pakan ternak alternatif dikala musim kering karena sulitnya mendapat hijauan seperti rumput namun sangat sedikit petani yang menggunakannya dikarenakan serat daun yang kasar sehingga perlu pengolahan lebih lanjut bila dijadikan pakan ternak. Di sisi lain daun tebu yang sudah kering sering menjadi permasalahan bagi petani sehingga sering di bakar untuk mengatasi masalah tersebut (Yulianto M.E, 2009).

Daun tebu mempunyai kadar selulosa yang cukup tinggi dan masih bisa diperhitungkan untuk dijadikan bioetanol. Daun tebu merupakan limbah dari perkebunan tebu yang dapat mempengaruhi kestabilan lingkungan bila mana limbah tersebut tidak diolah terlebih dahulu melainkan hanya dibakar sehingga menyebabkan bertambahnya emisi CO₂ di atmosfer. Data dari direktorat jendral perkebunan pada tahun 2012 didapatkan bahwa luas area kebun tebu adalah 461.082 ha dengan produksi per ha adalah 5.307 Kg/ha, dan data produksi tebu di Indonesia pada tahun 2012 sebesar 2.438.198 ton tebu, yang mana bahwa satu pohon tebu memiliki 0,22 kg daun sehingga dapat kita hitung limbah daun tebu sebesar 536.403,56 ton, bisa dibayangkan berapa besar emisi CO₂ di udara yang dihasilkan dari pembakaran daun tebu, yang mana emisi CO₂ ini akan menyumbang polusi udara yang akan merusak keseimbangan lingkungan hidup dan akan meningkatkan *global warming*.

Biomassa berselulosa terdiri dari tiga komponen utama yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa adalah komponen utama yang terdapat pada dinding sel tumbuhan yang mana mendominasi hingga 50% berat kering tumbuhan (Yulianto, 2009). Berdasarkan analisa yang telah dilakukan pada tanggal 18-21 Juli 2013 bertempat di Laboratorium Teknik Kimia ITN Malang, daun tebu diketahui memiliki kandungan selulosa sebesar 21,33%, kadar hemiselulosa sebesar 23,67% , lignin sebesar 17,27%, dan kadar abu sebesar 10,4%, serta kadar air sebesar 32,5%.

Konversi biomassa berselulosa menjadi bioetanol melibatkan empat langkah meliputi proses pretreatment, proses hidrolisa, proses fermentasi, proses destilasi atau proses pemurnian. Zheng (2009) dalam *overview* mengenai pretreatment untuk *cellulosic ethanol* mengatakan bahwa ada beberapa treatment yang bisa digunakan yaitu pretreatment fisika (pemanasan dengan steam, *liquid hot water*, proses mekanik yaitu pengecilan ukuran, dan radiasi energi). Hidrolisa adalah proses pemecahan molekul raksasa menjadi senyawa yang lebih sederhana, dalam kasus ini, selulosa dipecah menjadi glukosa. Berdasarkan *overview* yang dikemukakan Taherzadeh (2008) mengenai hidrolisa bahan berlignoselulosa, jenis hidrolisa yang umum digunakan dan umumnya memberikan hasil optimal adalah hidrolisa asam menggunakan asam sulfat dan hidrolisa enzim dengan menggunakan enzim selulase.

Hasil studi sebelumnya dikemukakan oleh Boopathy (2008) mengenai produksi *cellulosic bioethanol* dari bagas tebu (30% selulose, 23% hemiselulose, 22% lignin) tanpa proses hidrolisa enzim dengan variasi pretreatment





(dengan menggunakan Hidrogen peroksida-alkali dan atau Asam sulfat). Dari hasil penelitiannya diperoleh kondisi operasi optimal adalah pretreatment dengan hidrolisa asam, dengan konsentrasi asam 0,8 M, lama hidrolisa 24 jam dengan pengadukan, dan lama fermentasi 18 hari menghasilkan etanol sebesar 395,5 mg/L.

Boopathy pada tahun 2006 juga meneliti tentang penggunaan daun tebu sebagai bahan baku pembuatan etanol dengan variasi yang sama dengan penelitian yang telah dijabarkan sebelumnya, hasilnya diperoleh kondisi optimal yaitu konsentrasi asam 0,8 M, lama fermentasi 12 hari menghasilkan etanol sebesar 335,67 mg/L. Tidak begitu jauh berbeda dengan bagas tebu.

Lalitha pada tahun 2011 menjadikan dua studi milik Boopathy tersebut sebagai acuan untuk membuat etanol dari limbah buah. Dengan variasi dan prosedur yang sama seluruhnya, diperoleh kondisi optimal yaitu konsentrasi asam 0,8 M, lama fermentasi 15 hari menghasilkan etanol sebesar 330 mg/L. Perbandingannya tidak begitu signifikan dengan hasil yang diperoleh Boopathy.

Ketiga penelitian ini menggunakan waktu hidrolisa selama 24 jam dengan pengadukan. Metode ini tidak membutuhkan panas sehingga biaya untuk energi yang dikeluarkan bisa ditekan. Namun, membutuhkan waktu yang lama, dan juga membutuhkan energi mekanik untuk pengadukan. Boopathy dan Lalitha tidak membahas tingkat keberhasilan hidrolisa berdasarkan kadar gula yang dihasilkan, namun menyimpulkan tingkat keberhasilan berdasarkan jumlah etanol yang dihasilkan.

Ni Ketut Sari (2009) menyatakan bahwa kondisi optimal untuk hidrolisis asam pada rumput gajah (selulosa 48,06%) adalah rasio 10:1 g:mL, jenis asam adalah asam klorida, suhu 30 °C, dengan lama 1 jam (di-shaker). Pada kondisi ini diperoleh kadar glukosa 26,29%.

Gusmarwani (2010) meneliti tentang pembuatan etanol dari bonggol pisang (selulosa 15,4%, hemiselulosa 43,49%, dan lignin 10,3%) dengan metode pretreatment hidrolisa asam sebelum fermentasi. Kondisi optimum yang diperoleh adalah suhu 120 °C, rasio solid liquid 1:5, waktu hidrolisa 80 menit menghasilkan glukosa sebanyak 13,08 g/100 mL.

Betancur (2010) mempublikasikan studinya mengenai produksi bioetanol dari ampas tebu (selulosa 33-36%, hemiselulose 28-30%) dengan dua bagian pengerjaan yaitu bagian 1 mencari kondisi optimum hidrolisa asam, dan bagian 2 kondisi optimum fermentasi. Hasilnya kondisi optimal adalah konsentrasi asam 1,09% (v/v) \approx 0,2 M, rasio solid liquid 1:2,8 (g:mL), dan waktu hidrolisa adalah 27 menit pada suhu 121 °C. Kondisi ini menghasilkan xilosa sebesar 50 g/L. Metode ini membutuhkan waktu yang relatif lebih singkat dari pada metoda milik Boopathy. Penelitian Betancur ini menggunakan sistem silang dalam penentuan hubungan antar variabelnya.

Seperti yang telah dijabarkan mengenai tiga percobaan hidrolisa asam dengan bahan dasar bagas tebu, daun tebu, dan limbah buah yang mengacu pada metode yang digunakan Boopathy, tidak membahas tingkat keberhasilan hidrolisa berdasarkan kadar gula yang dihasilkan, hal inilah yang akan ditelusuri kebenarannya, namun metode yang digunakan tidak hanya terpaku pada Boopathy. Dimulai dari jenis asam, digunakan asam sulfat sebagai zat penghidrolisa berdasar pada 70% jurnal yang dijadikan acuan menggunakan asam sulfat sebagai zat penghidrolisa. Diperkuat dengan pendapat Taherzadeh (2008) lewat *overview*-nya. Ditambah lagi, Boopathy telah membuktikan bahwa asam sulfat lebih efektif dari pada zat alkali-hidrogen peroksida. Untuk volume asam, dalam percobaan hidrolisa asam, digunakan volume 100 mL dengan alasan penghematan bahan asam.

Untuk variabel berubah hidrolisa asam, diambil batasan 0,3; 0,6; 0,9; dan 1,2 M berdasarkan kondisi optimum yang diperoleh Boopathy yaitu 0,8 M, 0,3 M dijadikan sebagai batas konsentrasi yang rendah untuk membandingkan tingkat keberhasilan metode yang diajukan Betancur dan Boopathy. Untuk rasio, Boopathy menjadikan rasio 3:100 sebagai variabel tetap, rasio tersebut dijadikan acuan untuk penetapan variabel berubah 1:100; 3:100; dan 5:100 menganut sistem korelasi variabel milik Betancur. Disisi lain Betancur memperoleh kondisi optimal 0,2 M \approx 1,09% (v/v) dan juga menjadikan rasio solid liquid sebagai variabel, Betancur menggunakan rasio antara 1:1,7 – 1:3,3 (gr:mL). Dilain pihak, Ni ketut Sari menggunakan rasio 10:1 (gr:mL) dan Gusmarwani menggunakan rasio 1:5 (gr:mL). Namun rasio yang diuji tidak sesuai dengan karakteristik bahan yang digunakan, untuk serbuk daun tebu, dibutuhkan setidaknya 1:20 (gr:mL) untuk melarutkan solid dalam liquid.

Metode yang digunakan Boopathy serupa dengan Sari yaitu hidrolisa dalam suhu ruang selama 24 jam dengan pengadukan, hal ini membutuhkan waktu yang lama, energi mekanis, namun tidak membutuhkan energi panas, selain itu kecepatan pengadukan yang tidak seragam dan konstan akan mempengaruhi hasil, seperti yang dikemukakan Sari. Metode ini juga menggunakan konsentrasi asam yang relatif tinggi (0,8-1,2 M) karena tidak menggunakan panas. Di sisi lain Betancur dan Gusmarwani menggunakan metode hidrolisa asam dengan konsentrasi asam rendah, namun dilakukan pada suhu tinggi, 121 °C. Metode ini membutuhkan energi panas dalam jumlah besar, namun jumlah asam dalam jumlah yang sedikit. Perbandingan kebutuhan asam dengan metode yang pertama adalah sekitar 1:4. Kedua metode inilah yang akan dibandingkan, apakah kondisi optimal akan tercapai pada kondisi suhu ruang + konsentrasi asam tinggi + energi mekanis, suhu ruang + konsentrasi asam rendah + energi mekanis, suhu tinggi + konsentrasi asam tinggi, atau suhu tinggi + konsentrasi asam rendah.



Metodologi

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan mengumpulkan data-data pengamatan, pengolahan data dan menggunakan grafik/tabel. Yang menjadi variabel tetap dalam penelitian ini antara lain: Jenis asam (asam sulfat), ukuran mesh (40 mesh), volume asam (100 mL). Sedangkan variabel berubah antara lain: konsentrasi asam (0,3; 0,6; 0,9; dan 1,2 M), rasio solid liquid (1:100; 3:100; dan 5:100 g:mL), metode (suhu ruang selama 24 jam di shaker dan suhu 121 °C selama 30 menit).

Tabel 1. Pengkodean variabel

| Kode | α | -1 | 0 | +1 |
|------------------|----------|-----------------|-------|----------------|
| Rasio | | 1:100 | 3:100 | 5:100 |
| Konsentrasi Asam | 0,3 | 0,6 | 0,9 | 1,2 |
| Metode | | 121 °C – 30 mnt | | Ruang – 24 jam |

Tabel 2. Korelasi antar variabel dan penomoran sampel

| Rasio | Konsentrasi Asam | Metode | Nomor Sampel |
|-------|------------------|--------|--------------|
| -1 | -1 | -1 | 1 |
| -1 | 0 | -1 | 2 |
| -1 | +1 | -1 | 3 |
| 0 | -1 | -1 | 4 |
| 0 | 0 | -1 | 5 |
| 0 | +1 | -1 | 6 |
| +1 | -1 | -1 | 7 |
| +1 | 0 | -1 | 8 |
| +1 | +1 | -1 | 9 |
| -1 | -1 | +1 | 10 |
| -1 | 0 | +1 | 11 |
| -1 | +1 | +1 | 12 |
| 0 | -1 | +1 | 13 |
| 0 | 0 | +1 | 14 |
| 0 | +1 | +1 | 15 |
| +1 | -1 | +1 | 16 |
| +1 | 0 | +1 | 17 |
| +1 | +1 | +1 | 18 |
| -1 | α | -1 | 19 |
| 0 | α | -1 | 20 |
| +1 | α | -1 | 21 |
| -1 | α | +1 | 22 |
| 0 | α | +1 | 23 |
| +1 | α | +1 | 24 |

Adapun tahapan penelitian ini diawali dengan tahap persiapan dan pretreatment. Daun tebu dihancurkan dengan menggunakan mesin grinding, selanjutnya serbuk daun tebu hasil grinding diayak hingga menghasilkan ukuran yang seragam (40 mesh), kemudian di oven untuk menghilangkan kadar air pada suhu kurang lebih 50 °C selama 2 jam, kemudian ditimbang. Prosedur diulang hingga mendapatkan berat yang konstan. Bahan kemudian disimpan dalam desikator, dan dianalisa kadar selulosa, hemiselulosa, dan lignin –nya.

Selanjutnya tahap hidrolisa asam. Larutan asam sulfat dibuat sesuai dengan variabel yang ditentukan dan bahan ditimbang sesuai dengan variabel yang ditentukan dalam *Erlenmeyer*. Larutan asam sulfat ditambahkan ke dalam Erlenmeyer sesuai dengan pengkodean sampel dalam pembagian perlakuan, untuk sampel 1-9, 19-21 dipanaskan dalam autoklaf pada suhu 121 °C selama 30 menit, sedangkan untuk sampel 10-18, 22-24 di shaker pada suhu ruang selama 24 jam. Analisa kadar gula total, selulosa, hemiselulosa, dan lignin dilakukan setelahnya.

Hasil dan Pembahasan

Analisa dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia dengan menggunakan instrumen spektrofotometri dengan metode nelson symogy, Dalam penelitian, dilakukan dua kali ulangan pengerjaan sampel.

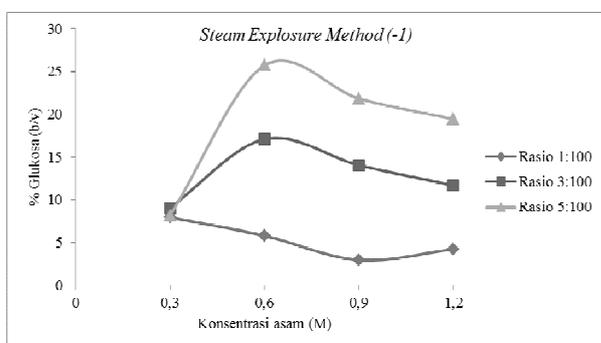
Zheng (2009) dalam *overview* mengenai pretreatment untuk *cellulosic ethanol* mengatakan salah satu pre-treatment yang bisa digunakan yaitu pretreatment fisika dengan *steam exposure*. Dalam pengerjaan diuji pula sampel yang diberi pelakuan pemanasan tanpa penambahan asam, gula yang dihasilkan hanya 0,09 % dan merupakan angka terendah bila dibandingkan dengan pretreatment asam. Hal ini sesuai dengan *overview* Zheng, bahwa pretreatment kimia lebih baik daripada pretreatment fisika, bahkan akan lebih baik lagi jika mengkombinasikan keduanya.

Tabel 3. Hasil Analisa Kadar Glukosa dan Persen Yield Terhadap Jumlah Bahan Masuk dan Selulosa

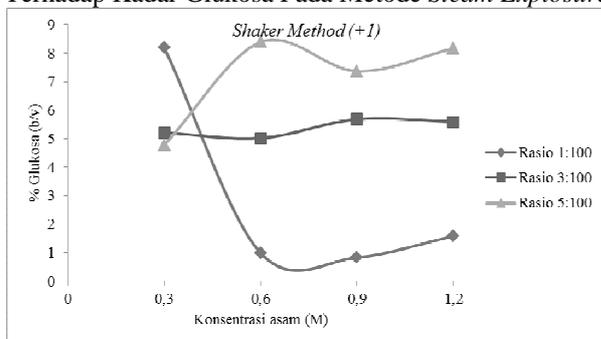
| Nomor Sampel | Pengerjaan 1 (b/v %)* | Pengerjaan 2 (b/v %)* | Gula dlm hidrolisat (g) | Yield thd massa bahan |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1 | 9,033 | 7,956 | 0,841 | 84,10% |
| 2 | 6,513 | 5,797 | 0,609 | 60,93% |
| 3 | 2,366 | 2,951 | 0,263 | 26,32% |
| 4 | 4,301 | 4,222 | 0,422 | 42,19% |
| 5 | 9,084 | 9,091 | 0,891 | 29,69% |
| 6 | 17,297 | 17,107 | 1,686 | 56,19% |
| 7 | 14,985 | 14,059 | 1,423 | 47,44% |
| 8 | 14,308 | 11,681 | 1,273 | 42,45% |
| 9 | 8,895 | 8,176 | 0,785 | 15,71% |
| 10 | 24,29 | 25,722 | 2,301 | 46,01% |
| 11 | 22,823 | 21,858 | 2,055 | 41,11% |
| 12 | 19,511 | 19,458 | 1,793 | 35,85% |
| 13 | 9,065 | 8,196 | 0,854 | 85,44% |
| 14 | 0,172 | 0,991 | 0,058 | 5,76% |
| 15 | 0,655 | 0,834 | 0,074 | 7,37% |
| 16 | 1,726 | 1,586 | 0,164 | 16,39% |
| 17 | 6,79 | 5,22 | 0,588 | 19,62% |
| 18 | 4,17 | 5,023 | 0,450 | 15,02% |
| 19 | 4,301 | 5,685 | 0,489 | 16,31% |
| 20 | 4,619 | 5,601 | 0,501 | 16,69% |
| 21 | 3,652 | 4,784 | 0,388 | 7,76% |
| 22 | 7,802 | 8,397 | 0,745 | 14,90% |
| 23 | 7,771 | 7,374 | 0,697 | 13,93% |
| 24 | 9,042 | 8,176 | 0,792 | 15,84% |

*) dalam satuan mg/ml

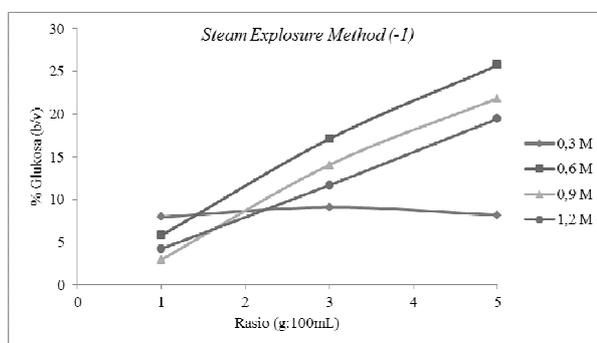
Kadar glukosa tertinggi terdapat pada sampel nomor 10 dengan perlakuan rasio 6:100, konsentrasi asam 0,6 M, dengan pemanasan pada suhu 121 °C selama 30 menit. Sedangkan konsentrasi terendah terdapat pada sampel nomor 14 dengan perlakuan rasio 1:100, konsentrasi asam 0,6, dengan pengadukan pada suhu ruang selam 24 jam.



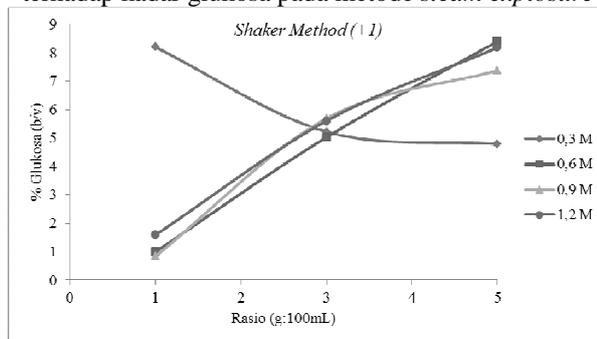
Gambar 1. Hubungan Antara Konsentrasi Dan Rasio Terhadap Kadar Glukosa Pada Metode *Steam Exposure*



Gambar 2. Hubungan Antara Konsentrasi Dan Rasio Terhadap Kadar Glukosa Pada Metode *Shaker*



Gambar 3. Hubungan antara rasio dan konsentrasi terhadap kadar glukosa pada metode *steam exposure*



Gambar 4. Hubungan antara rasio dan konsentrasi terhadap kadar glukosa pada metode *shaker*

Secara teori, semakin tinggi rasio akan memberikan hasil yang lebih optimal, namun tentu memiliki batas optimum dimana komposisi asam dapat merubah jumlah maksimal selulosa dalam bahan. Hasil penelitian ini memberikan hasil yang sesuai dengan teori tersebut, namun terjadi penyimpangan pada sampel dengan konsentrasi asam 0,3 M. Pada metode steam exposure, konsentrasi asam 0,3 N memberikan hasil yang sama (penurunannya tidak begitu signifikan), sedangkan pada metode shaker, konsentrasi asam 0,3 M memberikan hasil yang mengalami penurunan seiring dengan peningkatan rasio.

Untuk rasio 1:100, konsentrasi 0,3 M memberikan hasil tertinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi asam lainnya, baik pada metode steam exposure maupun shaker. Hal ini dikarenakan rasio 1:100 dan konsentrasi 0,3 M merupakan *best match*, sedangkan 0,3 M sebagai konsentrasi asam yang rendah seiring dengan penambahan rasio, tidak mampu memecah selulosa yang semakin banyak.

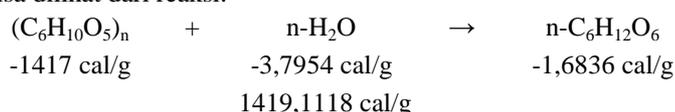
Sedangkan untuk trend line konsentrasi, secara teori, semakin tinggi kadar asam, semakin banyak glukosa yang dihasilkan. Namun hasil penelitian ini tidak sesuai dengan teori tersebut. Boopathy dalam ketiga jurnalnya dengan menggunakan metode shaker memperoleh kondisi optimum 0,8 M yang merupakan batas tertinggi variabel berubahnya, sedangkan Betancur dengan metode steam exposure memperoleh kondisi optimum di 0,3 M yang merupakan batas teringginya, namun merupakan batas terendah pada penelitian ini. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini merupakan titik tengah dari 2 jurnal acuan utama.

Secara garis besar, metode shaker sesuai dengan teori, penyimpangan terjadi pada nomor sampel 16. Penyimpangan lainnya terdapat pada nomor sampel 22. Sedangkan pada metode steam exposure, trend line pada ketiga rasio sama, penyimpangan terjadi sampel nomor 19.

Penyimpangan-penyimpangan yang terjadi dikarenakan proses hidrolisa yang tidak sempurna, sehingga rantai selulosa tidak sepenuhnya terputus menjadi monosakarida melainkan masih berupa rantai glukosa panjang atau hasil intermediate. Ditambah lagi, pretreatment dengan pemanasan bahan tidak dilakukan terlebih dahulu, sehingga masih banyak lignin dan hemiselulosa yang belum terdegradasi.

Konsentrasi glukosa tertinggi (di atas 18% dalam percobaan 10, 11, dan 12) dicapai dengan rasio S:L 5:100, metode steam exposure. Percobaan lain dilakukan dengan rasio S:L yang sama namun mengakibatkan konsentrasi glukosa rendah adalah karena dilakukan dengan metode shaker, percobaan yang memberikan konsentrasi glukosa terendah (percobaan 14,15, dan 16). Hasil ini menunjukkan kuatnya pengaruh rasio S:L terhadap konsentrasi glukosa seperti yang dilaporkan oleh Betancur (2010) mengenai pengaruh rasio S:L terhadap kadar glukosa yang dihasilkan. Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa metode shaker dan steam exposure memberikan hasil yang berbeda.

Secara garis besar, metode steam exposure memberikan kadar glukosa lebih tinggi dari pada metode shaker. Hal ini membuktikan bahwa pretreatment pada suhu tinggi memberikan hasil yang lebih baik daripada pretreatment dengan energi mekanik, seperti yang dilaporkan oleh Zheng dalam overview-nya. Reaksi hidrolisa merupakan reaksi endotermis. Hal tersebut bisa dilihat dari reaksi:



Berdasarkan reaksi tersebut, proses hidrolisa membutuhkan panas untuk pemecahan selulosa. Panas dari energi kinetik pada proses pengadukan tidak mencukupi kebutuhan panas reaksi. Tujuan dari pengadukan adalah memperluas area tumbukan molekul selulosa dengan asam sehingga terjadi proses pemecahan. Namun tidak ada panas yang disuplai, hal ini ditunjukkan dari suhu bahan yang tidak mengalami perubahan saat proses pengadukan (kalaupun terjadi kenaikan, tidak signifikan) yang menunjukkan bahwa tidak ada transfer panas dari lingkungan ke sistem.

Jika dilihat dari konsentrasi asam, kondisi terbaik dengan metode steam exposure terdapat pada sampel nomor 10 dengan konsentrasi asam 0,6 M, sedangkan dengan metode shaker terdapat pada sampel nomor 24 dengan konsentrasi asam 1,2. Konsentrasi asam pada metode steam exposure lebih rendah dari pada metode shaker. Hal ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan pemanasan, kondisi optimal tercapai pada konsentrasi asam rendah, sedangkan dengan menggunakan energi mekanik kondisi optimum tercapai pada konsentrasi asam tinggi karena tidak ada panas yang disuplai sehingga kekuatan asam yang digunakan untuk memecah selulosa. Dari tinjauan ini, sampel nomor 10 merupakan kondisi terbaik.

Hasil yang acak ditemui pada korelasi antara konsentrasi asam dengan rasio. Pada rasio S:L 1:100, kondisi terbaik terdapat pada sampel nomor 13, 3:100 pada sampel nomor 6, sedangkan 5:100 pada sampel nomor 10. Nomor 6 dan nomor 10 menggunakan metode dan konsentrasi asam yang sama, yaitu steam exposure, namun dengan rasio yang berbeda. Sedangkan nomor 13, dilakukan dengan perlakuan yang sepenuhnya berbeda dengan 6 dan 10. Dari segi ini, sampel nomor 10 merupakan kondisi terbaik.

Variabel konsentrasi asam 0,3 M ditambahkan untuk mengetahui apakah sampel nomor 10 dengan konsentrasi asam 0,6 M merupakan kondisi terbaik. Setelah dibandingkan pada rasio dan metode yang sama (sampel nomor 10 dan 9), terbukti bahwa sampel nomor 10 merupakan kondisi terbaik.



Dari penjabaran mengenai hasil, ditinjau dari metode, rasio, dan konsentrasi asam, dapat dilihat kuatnya pengaruh metode, rasio, kemudian konsentrasi asam. Hal ini berbeda dengan laporan Betancur (2009) yang mengatakan bahwa konsentrasi asam memberikan pengaruh terhadap hasil berupa hubungan berbanding lurus antara rasio dan hasil, semakin tinggi konsentrasi, semakin banyak glukosa yang dihasilkan, namun pada penelitian ini konsentrasi asam memberikan pengaruh yang acak terhadap setiap perlakuan. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan karakteristik fisik bahan yang menyebabkan lebih menonjolnya faktor rasio dibandingkan dengan konsentrasi asam. Selain itu, semakin rendah konsentrasi asam, kadar glukosa yang dihasilkan semakin bagus, berbanding terbalik dengan laporan milik Betancur. Namun hasil ini sesuai dengan *overview* milik Dawson yang menyatakan bahwa dengan *steam exposure*, konsentrasi asam rendah memberikan kondisi terbaik, sedangkan tanpa pemanasan, konsentrasi asam tinggi memberikan hasil lebih baik.

Kesimpulan

Kondisi hidrolisa terbaik diperoleh dengan metode steam exposure, pada konsentrasi asam rendah dengan rasio yang tinggi yaitu dengan pemanasan pada suhu 121 °C selama 30 menit, pada konsentrasi 0,6 M dengan rasio solid liquid 5:100.

Daftar Pustaka

- Anonim, "Indonesia Energy Outlook", Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral KESDM, Jakarta, 2010.
- Anonim, "Indonesia Energy Outlook", Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral KESDM, Jakarta, 2012.
- Betancur, Gabriel J. Vargas and PEREIRA Jr., Nei. (2010). "Sugar cane bagasse as feedstock for second generation ethanol production. Part I: diluted acid pretreatment optimization." *Electronic Journal of Biotechnology*, Vol.13(3).
- Betancur, Gabriel J. Vargas and PEREIRA Jr., Nei. (2010). "Sugar cane bagasse as feedstock for second generation ethanol production. Part II: Hemicellulose Hydrolysate Fermentability." *Electronic Journal of Biotechnology*, Vol. 13(4).
- Dawson, L. (2005). "Optimization Of Pretreatment Conditions For High Efficiency Ethanol Production From Post-Harvest Sugarcane Residue," M.S. Thesis submitted to Nicholls State University, Thibodaux, LA.
- Dawson, L., and Boopathy, R. (2007). "Use of post-harvest sugarcane residue for ethanol production," *Bioresource Technology* 98, 1695-1699.
- Dawson, L., and Boopathy, R. (2008). "Cellulosic Ethanol Production From Sugarcane Bagasse Without Enzymatic Saccharification." *Bioresource* 3(2), 245-460.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2012. Produksi Tebu Menurut Provinsi di Indonesia, tahun 2008 - 2012. <http://www.deptan.go.id/Indikator>. Diakses tanggal 1 Juni 2013.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2012. Produksi, Luas Areal dan Produktivitas Perkebunan di Indonesia. <http://www.deptan.go.id/Indikator>. Diakses tanggal 1 Juni 2013.
- Gunam, I. B. W., Wartini N. M., Anggreni A. A. M. D., dan Suparyana P. M. (2011). "Delignifikasi Ampas Tebu Dengan Larutan Natrium Hidroksida Sebelum Proses Sakarifikasi Secara Enzimatis Menggunakan Enzim Selulase Kasar Dari *Aspergillus Niger* Fnu 6018." *Lipi Teknologi Indonesia* Vol.34, 24-32.
- Gusmarwani, S. R., Budi, M. S. P., Sediawan, W. B., dan Hidayat M. (2010). "Pengaruh Perbandingan Berat Padatan Dan Waktu Reaksi Terhadap Gula Pereduksi Terbentuk Pada Hidrolisis Bonggol Pisang." *Jurnal Teknik Kimia Indonesia* Vol. 9(3), 77-82.
- Lalitha g. And sivaraj r. (2011). "Use Of Fruit Biomass Peel Residue For Ethanol Production." *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, Vol 2(2), 15-23.
- Safaria, S., Idiawati, N., dan Titin Zaharah, T. A. (2013). "Efektivitas Campuran Enzim Selulase Dari *Aspergillus niger* Dan *Trichoderma reesei* Dalam Menghidrolisis Substrat Sabut Kelapa." *JKK* Vol.2(1), 46-51.
- Saparianti, E., Dewanti, T., dan Dhoni, S. K. (2010). "Hidrolisis Ampas Tebu Menjadi Glukosa Cair Oleh Kapang *Trichoderma viride*." *J. Tek. Pert.* Vol.5(1), 1-10.
- Sari, N. K. (2009). "Produksi Bioetanol Dari Rumpuk Gajah Secara Kimia." *JTKI* 4(1), 265-273.
- Taherzadeh, M. J., and Karimi K. (2008). "Pretreatment of Lignocellulosic Wastes to Improve Ethanol and Biogas Production: A Review." *Int. J. Mol. Sci.* 9, 1621-1651.
- Thongkheaw, S., Pitiyont, B. (2011). "Enzymatic Hydrolysis of Acid-Pretreated Sugarcane Shoot." *World Academy of Science, Engineering and Technology* 60, 454-458.
- Zheng, Y., Pan, Z., Zhang, R., (2009). "Overview Of Biomass Pretreatment For Cellulosic Ethanol Production." *Int J Agric & Biol Eng*, Vol 2(3), 51-68.





Lembar Tanya Jawab
Moderator : Yusuf Izidin (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Notulen : Susanti Rina Nugraheni (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Sugeng Priyanto (UPN "Veteran" Yogyakarta)
- Pertanyaan :
 - Berapa banyak glukosa yang dihasilkan?
 - Apa jenis yeast yang digunakan untuk fermentasi?
 - Asam yang digunakan untuk hidrolisis apa?
- Jawaban :
 - Pada kondisi optimal menghasilkan glukosa 25%
 - Jenis yeast yang akan digunakan untuk penelitian lanjutan adalah yeast komersil atau ragi tape.
 - Jenis asam yang digunakan adalah asam sulfat mengacu pada penelitian sebelumnya, dengan variabel jenis asam, yaitu asam sulfat, HCl, dan HNO₃. Kondisi terbaik diberikan oleh asam sulfat.

