

PENGARUH PERLAKUAN AWAL BASA DAN ASAM TERHADAP KADAR GULA REDUKSI TANDAN KOSONGKELAPA SAWIT

[The effect of alkali and acid pretreatment on reduced sugar of empty palm fruit bunches]

Sutikno*, Marniza, Meri Fitri Yanti

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung
Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145

*Email korespondensi : sutikno.1956@fp.unila.ac.id

Diterima : 17 Oktober 2014

Disetujui : 15 Februari 2015

ABSTRACT

The objective of this research is to obtain the best treatment on empty palm fruit bunch (EPFB) to produce reduced sugar. Two treatments were applied on the EPFB. The first treatment was EPFB submersion into 0 M and 0.50 M NaOH solution at a temperature of 121°C for 15 minutes and the second treatment was sulfuric acid concentration. After drying and grinding, 1.5 g EPFB was put into 100 mL Erlenmeyer flask, added with 30 mL 1.0 M NaOH solution, and then heated at a temperature of 121°C for 15 minutes. The solution was filtered and the residue was hydrolyzed with H₂SO₄ solution. The residue as well as 1.5 g EPFB without treating with NaOH was hydrolyzed with 15 mL H₂SO₄ at concentrations of 0, 0.05, 0.10, 0.20, and 0.30 M at a temperature of 121°C for 15 minutes. After filtering the solution, the EPFB were analyzed to determine their reduced sugar contents. Reduced sugar contents of the EPFB ranged from 0.07 to 8.36 mg/100 mL. The best treatment in this research was submersion EPFB samples in 1.0 M NaOH solution and then hydrolysis with 0.05 M H₂SO₄ at a temperature of 121°C for 15 minutes. The treatment resulted in 8.36 mg reduced sugar /100mL.

Keywords: *Empty Palm Fruit Bunches, reduced sugar, lignocelluloses, sulfuric acid, NaOH*

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini yaitu untuk menemukan teknik perlakuan terbaik terhadap tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang menghasilkan kadar gula reduksi tertinggi. Dua perlakuan diterapkan pada penelitian ini. Perlakuan pertama yaitu pemanasan TKKS dalam larutan NaOH (0 dan 0.50 M) pada suhu 121°C selama 15 menit. Perlakuan kedua yaitu hidrolisis dengan menggunakan larutan H₂SO₄ (0, 0.05, 0.10, 0.20, and 0.30 M) pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah dikeringkan dan ditepungkan, TKKS dipanaskan dalam larutan NaOH, dan kemudian disaring untuk memisahkan filtrat dan residu TKKS. Residu TKKS kemudian dihidrolisis dengan H₂SO₄ dan kemudian filtratnya dianalisis kadar gulanya. Kadar gula reduksi TKKS berkisar antara 0.07 sampai 0.86 mg/100 mL. Perlakuan terbaik pada penelitian ini yaitu pemanasan TKKS dalam larutan NaOH 1,0 M dan kemudian dihidrolisis dengan larutan H₂SO₄ 0.05M pada suhu 121°C selama 15 menit. Kadar gula reduksi yang dihasilkan dengan perlakuan terbaik ini yaitu 0.86 mg/100 mL.

Kata kunci: Tandan kosong kelapa sawit (TKKS), gula reduksi, lignoselulosa, asam sulfat, NaOH.

PENDAHULUAN

Bioetanol dapat digunakan sebagai alternatif pengganti BBM. Dibandingkan BBM, bioetanol mempunyai beberapa keunggulan, di antaranya bioetanol memiliki kandungan oksigen yang tinggi sebesar 35% oksigen, yang dapat mengurangi partikulat dari proses pembakaran. Selain tebu dan jagung yang merupakan bahan baku bioetanol generasi pertama, biomassa limbah agroindustri yang mengandung selulosa dan hemiselulosa juga dapat digunakan sebagai bahan baku bioetanol (Soeprijanto, 2010). Salah satu limbah agroindustri yang dapat digunakan sebagai bahan baku bioetanol adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) (Komarayati, 2010).

TKKS jumlahnya berlimpah di Indonesia. Jumlah limbah TKKS seluruh Indonesia pada tahun 2010 diperkirakan mencapai 64.000 juta ton (Goenadi, 2006). TKKS merupakan limbah pabrik kelapa sawit yang dihasilkan di perkebunan kelapa sawit yang luasnya mencapai 8,4 juta hektare, diperkirakan setiap hektare tanaman kelapa sawit mampu menghasilkan 100 ton limbah TKKS. Setiap pengolahan 1 ton tandan buah segar dihasilkan sebanyak 22-23% TKKS atau sebanyak 220-230 kg TKKS. Jumlah bioetanol yang dihasilkan dari TKKS tersebut dapat membantu memenuhi 6,96 % kebutuhan BBM nasional pada tahun 2015 mendatang karena diperkirakan cadangan minyak bumi pada tahun 2015 akan sangat menipis (Afriani, 2011).

TKKS tidak dapat langsung difermentasi oleh mikroba menjadi bioetanol karena banyak mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang membentuk makrofibril dan mikrofibril yang merupakan senyawa kompleks.

Senyawa kompleks ini harus diberi perlakuan awal terlebih dahulu sebelum difermentasi oleh mikroba agar bioetanol yang dihasilkan tinggi (Sutikno *et al.*, 2010). Perlakuan awal bertujuan untuk memisahkan lignin yang mengelilingi selulosa dan hemiselulosa TKKS sehingga dapat dihidrolisis secara kimia dengan menggunakan asam. Perlakuan awal secara basa untuk memisahkan lignin dari selulosa dan hemiselulosa limbah agroindustri menggunakan 1 M NaOH pada suhu 121°C selama 15 menit (Sutikno *et al.*, 2010). Setelah proses perlakuan awal, kemudian langsung dihidrolisis untuk menghasilkan glukosa.

Hidrolisis adalah salah satu tahapan dalam pembuatan etanol berbahan baku limbah lignoselulosa. Hidrolisis bertujuan untuk memecah selulosa dan hemiselulosa menjadi monosakarida (glukosa dan xylosa) yang selanjutnya akan difermentasi menjadi etanol. Secara umum teknik hidrolisis dibagi menjadi dua, yaitu hidrolisis berbasis asam dan hidrolisis dengan enzim. Hidrolisis asam adalah hidrolisis dengan menggunakan asam yang dapat mengubah polisakarida (pati, selulosa) menjadi gula. Dalam hidrolisis asam biasanya digunakan asam klorida atau asam sulfat (H_2SO_4) dengan kadar tertentu. Asam sulfat bersifat sebagai katalisator yaitu dapat membantu dalam proses pemecahan karbohidrat menjadi gula, kemudian pada saat waktu fermentasi gula tersebut akan diuraikan oleh ragi sehingga terbentuk etanol (Muchsin, 2012). Asam sulfat dapat digunakan untuk hidrolisis asam karena asam sulfat mampu menghidrolisis ikatan selulosa dan hemiselulosa pada suhu dan tekanan tertentu selama waktu tertentu sehingga menghasilkan monomer gula dari polimer selulosa dan hemiselulosa. Kendala yang dihadapi dalam hidrolisis

TKKS dengan cara enzimatik ataupun kimiawi dapat menyebabkan rendahnya laju hidrolisis, salah satunya adalah adanya kandungan lignin dalam TKKS tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai perlakuan awal (*pretreatment*) atau penghilangan lignin dari TKKS untuk meningkatkan kemampuan hidrolisis menggunakan asam dan agar lebih mudah untuk pemecahan selulosa menjadi glukosa. Perlakuan awal bertujuan untuk memisahkan lignin yang mengelilingi selulosa dan hemiselulosa TKKS sehingga dapat dihidrolisis secara kimia (asam). Kondisi hidrolisis secara asam yang efektif dan efisien belum diketahui. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui perlakuan awal basa dan asam untuk menghasilkan gula reduksi dari TKKS.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu TKKS yang diperoleh dari perkebunan kelapa sawit PTPN VII di Bekrie, Lampung Tengah, asam sulfat (H_2SO_4) 1 N, asam sulfat (H_2SO_4) 72 %, Natrium hidroksida (NaOH), aquadest, reagen Nelson A dan Nelson B, serta arsenomolibdat.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Erlenmeyer 100 mL, mikropipet 1000 μ L (Thermo Scientific, Finnpiptette F3), oven (Philip Harris Ltd), loyang, timbangan 4 digit (Mettler M3000 Swiszerlan), grinder, ayakan (40 mesh), inkubator, autoklaf (WiseclaveTM), and spektrofotometer (Milton Ray Company) DR 4000 (Shimadzu, USA).

Metode Penelitian

Perlakuan pada penelitian ini terdiri dari 2 faktor dan 3 ulangan. Faktor pertama adalah *pretreatment* bahan baku dengan menggunakan NaOH pada suhu 121°C selama 15 menit dan bahan baku tanpa diberi *pretreatment*. Faktor kedua adalah konsentrasi H_2SO_4 yang terdiri dari 5 taraf yaitu 0 M, 0,05 M, 0,1 M, 0,2 M dan 0,3 M pada suhu 121°C selama 15 menit. Penelitian ini bahan baku TKKS ditentukan kadar selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Analisis gula reduksi (glukosa) ditentukan setelah perlakuan hidrolisis asam menggunakan H_2SO_4 . Data yang diperoleh diambil rata-ratanya, kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik lalu dibahas secara deskriptif.

Persiapan Bahan Baku

TKKS dikeringkan sampai berat konstan menggunakan oven (Philip Harris Ltd) pada suhu 105°C. Selanjutnya TKKS dilakukan pengecilan ukuran sampai ukuran 40 mesh menggunakan grinder dan ayakan 40 mesh. Bahan baku yang sudah kering dengan ukuran 40 mesh selanjutnya disimpan dalam kondisi kering (Samsuri *et al.*, 2007 yang telah dimodifikasi).

Perlakuan Awal Basa

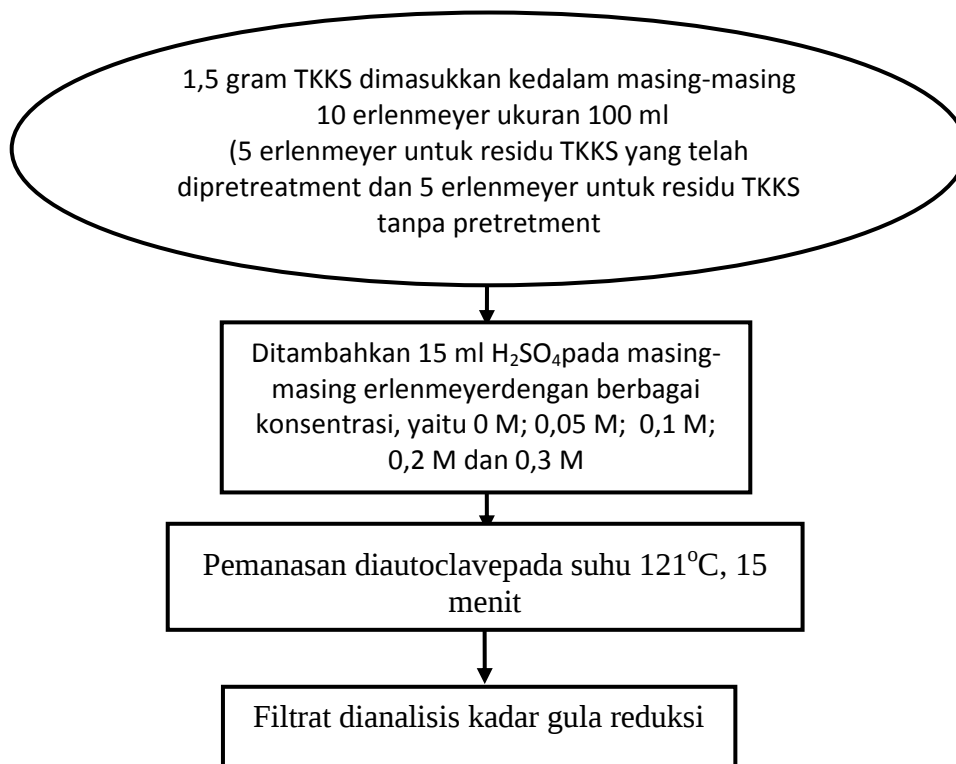
Perlakuan awal basa pada bahan baku menggunakan metode Sutikno *et al.*, (2010). Sampel TKKS dengan berat konstan dan ukuran 40 mesh ditimbang sebanyak 1,5 g, dimasukkan dalam erlenmeyer ukuran 100mL, kemudian tambahkan larutan NaOH dengan konsentrasi 1 M sebanyak 30 mL. Setelah itu, sampel TKKS tersebut dihomogenkan selama 3 menit dan dipanaskan dalam autoclave (WiseclaveTM) pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah itu, sampel dicuci dan dibilas menggunakan aquades

sebanyak 300 mL. Kemudian bagian padat dikeringkan dalam oven (Philip Harris Ltd) pada suhu 105°C selama 24 jam (Sutikno *et al.*, 2010).

Hidrolisis Asam

Tahapan hidrolisis secara asam dengan menggunakan asam sulfat (H_2SO_4). Sampel TKKS sebanyak 1,5 g masing-masing dimasukkan kedalam erlenmeyer ukuran 100 ml sebanyak 10 erlenmeyer. Lima erlenmeyer untuk residu TKKS yang telah diberi perlakuan awal dengan menggunakan NaOH pada suhu

121°C selama 15 menit dan 5 erlenmeyer untuk residu TKKS tanpa diberi perlakuan awal. Kemudian TKKS hasil *pretreatment* dicuci dan dibilas menggunakan aquadest (1:200 b/v). Setelah itu residu dimasukkan kembali kedalam Erlenmeyer 100 ml masing-masing ditambahkan H_2SO_4 dengan berbagai konsentrasi (0 M, 0,05 M, 0,1 M, 0,2 M, dan 0,3 M) dan dipanaskan pada suhu 121°C selama 15 menit kemudian diambil filtratnya untuk dianalisis kadar gula reduksinya.



Gambar 1. Perlakuan hidrolisis asam (H_2SO_4)

Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu kadar lignin, kadar hemiselulosa, selulosa menggunakan metode Chesson dalam Datta (1981), dan kadar gula reduksi menggunakan metode Nelson - Somogyi. Analisis kadar lignin dilakukan untuk mengetahui kandungan

lignin yang terdapat pada bahan baku. Analisis kadar selulosa, kadar hemiselulosa dilakukan untuk mengetahui kandungan selulosa dan hemiselulosa yang terdapat pada bahan baku. Sedangkan analisis gula reduksi bertujuan untuk mengetahui kadar gula reduksi yang terdapat pada sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perlakuan Awal dengan NaOH

Perlakuan awal (*pretreatment*) basa (NaOH) terhadap Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dalam penelitian ini dilakukan setelah pengeringan TKKS sampai berat konstan, dan pengecilan ukuran TKKS sampai 40 *mesh*. Perlakuan

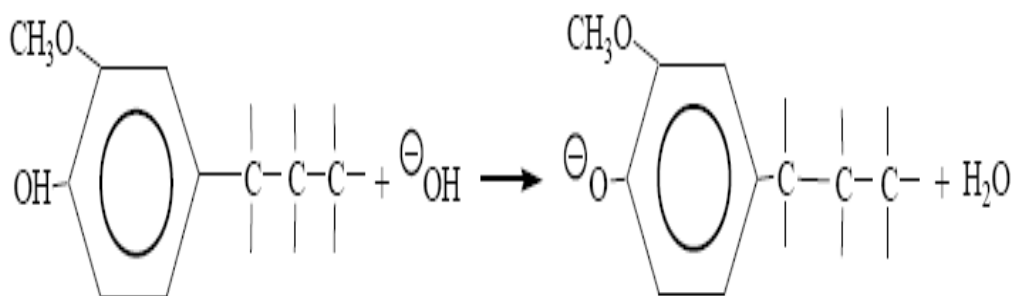
awal dilakukan dengan pemanasan sampel TKKS dalam larutan NaOH 1 M pada suhu 121°C selama 15 menit. Sebelum dan setelah perlakuan awal, sampel TKKS dianalisis untuk menentukan kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin dengan menggunakan Metode Chesson dalam Datta (1981), dan hasilnya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin TKKS sebelum dan setelah dipanaskan dalam larutan NaOH 1M pada suhu 121°C selama 15 menit.

Perlakuan	Selulosa	Hemiselulosa	Lignin
Sebelum <i>pretreatment</i>	49,76%	28,92%	22,42%
Sesudah <i>pretreatment</i>	55,81%	23,77%	1,49%

Kandungan lignin yang ada dalam TKKS sebelum dan sesudah dipanaskan dalam larutan NaOH 1 M menunjukkan bahwa *pretreatment* pada TKKS untuk kandungan lignin mengalami penurunan (Tabel 1). Terjadinya penurunan kadar lignin ini karena pada konsentrasi NaOH yang lebih tinggi akan menyebabkan kerusakan senyawa lignin yang menyebabkannya ikut terlarut pada pelarut. NaOH juga dapat mendegradasi lignin secara hidrolisis dan melarutkan gugus gula sederhana yang masih bersatu dalam serat. Peningkatan konsentrasi yang digunakan dapat membantu proses mendegradasi lignin. Perlakuan awal

dengan NaOH mampu menurunkan 93,4% kadar lignin (dari 22,42% menjadi 1,49%) (Tabel 1). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Sutikno *et al.*, (2010) yang menyatakan bahwa 99% lignin ampas tebu terdegradasi setelah perlakuan NaOH 1 M. NaOH secara teoritis dapat mendegradasi lignin dengan cara memecah ikatan silang ester pada lignin dan meningkatkan porositas biomasa limbah agroindustri (Widyasari, 2011). Hal ini berarti, NaOH bekerja secara optimal untuk mendegradasi lignin tanpa merusak selulosa. Reaksi degradasi lignin menggunakan NaOH pada proses *pretreatment* disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Reaksi degradasi lignin menggunakan larutan NaOH pada proses *pretreatment* (Giligan dalam Heradewi, 2007)

Pada Gambar 2, selama berlangsungnya proses pemasakan menggunakan NaOH, polimer lignin akan terdegradasi dan kemudian larut dalam larutan pemasak. Larutnya lignin ini disebabkan oleh terjadinya transfer ion hidrogen dari gugus hidroksil pada lignin ke ion hidroksil (Heradewi, 2007). Reaksi yang terjadi akan menaikkan hidrofilitas lignin sehingga mudah larut. Menurut Murdiyatmo dalam Heradewi (2007), mengatakan bahwa NaOH selain dapat melarutkan lignin juga dapat melarutkan hemiselulosa. Alkali (NaOH) tidak mampu melarutkan selulosa, hanya sebagian selulosa yang terdepolimerisasi dengan derajat polimerisasi rendah yang dapat larut dalam alkali (Heradewi, 2007).

Dari hasil analisis kadar hemiselulosa (Tabel 1) menunjukkan bahwa *pretreatment* pada TKKS untuk kandungan hemiselulosa mengalami penurunan jika dibandingkan dengan TKKS sebelum *pretreatment* yaitu dari 28,92% menjadi 23,77% setelah perlakuan awal dengan NaOH. Penurunan kandungan hemiselulosa karena adanya reaksi oksidasi sehingga hemiselulosa akan terdegradasi menjadi unit-unit yang sederhana dan mudah larut dalam air (Loebis, 2008).

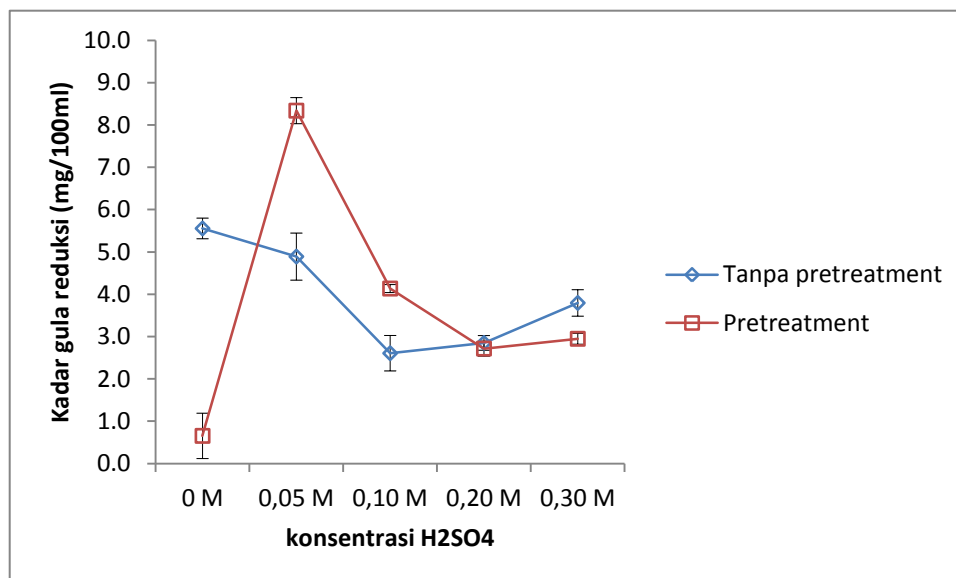
Pada Tabel 1, kadar selulosa TKKS meningkat setelah diberi perlakuan awal, dari 49,76% menjadi 55,81% setelah perlakuan awal dengan NaOH. NaOH dapat melarutkan lignin tetapi tidak melarutkan selulosa (Indrainy, 2005). NaOH umumnya digunakan sebagai pendegradasi lignin untuk proses *pretreatment* yang diharapkan hanya mendegradasi lignin dan tidak secara simultan mendegradasi selulosa, sehingga residu hasil degradasi dapat mengandung selulosa cukup tinggi dan lignin yang cukup rendah. Kandungan

selulosa lebih tinggi disebabkan komponen lignin yang mengikat selulosa dan hemiselulosa telah terdegradasi dan larut saat proses pencucian dan pembilasan, sehingga komponen selulosa meningkat persentasenya dari total seluruh komponen pada TKKS tersebut.

Hidrolisis TKKS dengan Asam

Hasil analisis kadar gula reduksi dari TKKS yang diberi perlakuan awal NaOH dan tanpa perlakuan awal NaOH yang telah dihidrolisis dengan asam sulfat (H_2SO_4) pada berbagai konsentrasi disajikan pada Gambar 3.

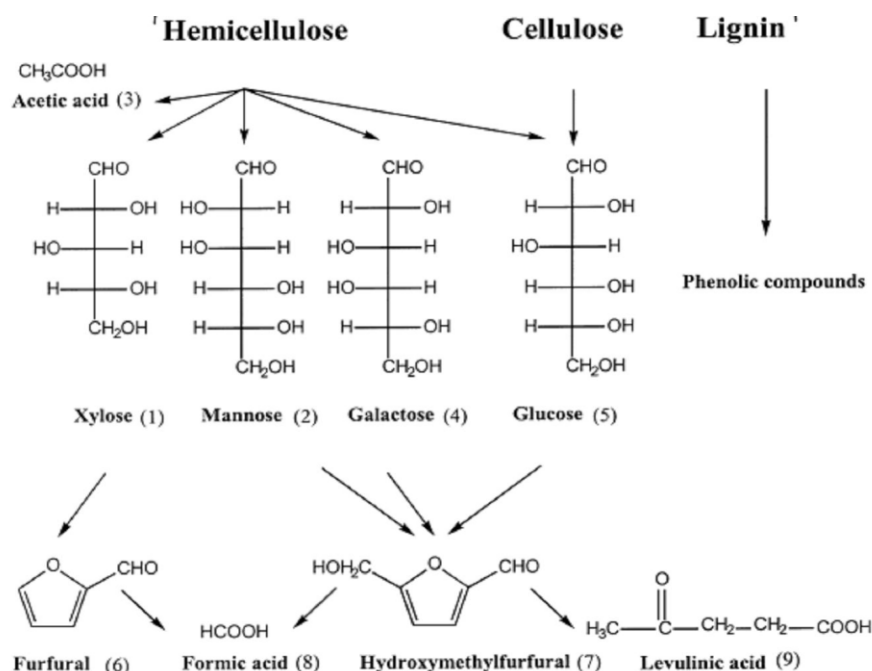
Gambar 3 menunjukkan bahwa kadar gula reduksi tertinggi diperoleh pada hidrolisis TKKS dengan *pretreatment* dengan konsentrasi H_2SO_4 0,05 M selama 15 menit sebesar 8,3 mg/100mL. Kadar gula pereduksi tertinggi dari TKKS tanpa *pretreatment* adalah 5,6 mg/100mL yaitu hidrolisis dengan konsentrasi H_2SO_4 0 M dengan selama 15 menit. Hasil ini lebih rendah jika dibandingkan dengan kadar gula reduksi yang diperoleh dari hidrolisis TKKS dengan *pretreatment*. Hal ini karena bahan baku yang telah melalui tahap *pretreatment* sudah terdelignifikasi oleh NaOH sehingga substrat yang dilanjutkan ke proses hidrolisis diasumsikan sebagai selulosa dan hemiselulosa saja, oleh karena itu pada tahap hidrolisis hanya memecah selulosa untuk menghasilkan gula reduksi yang optimal. Pada penelitian ini dilakukan *pretreatment* terlebih dahulu menggunakan NaOH pada suhu $121^{\circ}C$ selama 15 menit kemudian dilanjutkan ke tahap hidrolisis menggunakan asam sulfat dengan perlakuan konsentrasi 0 M, 0,05 M, 0,1 M, 0,2 M, dan 0,3 M.



Gambar 3. Kandungan gula reduksi (glukosa) TKKS setelah hidrolisis menggunakan asam sulfat pada suhu 121°C selama 15 menit.

Hasil hidrolisis menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) dengan pelakuan konsentrasi 0 M, 0,05 M, 0,1 M, 0,2 M, dan 0,3 M ditunjukkan pada Gambar 3. Peningkatan H_2SO_4 menyebabkan kadar gula reduksi yang dihasilkan akan semakin menurun. Penurunan kadar gula reduksi tersebut karena proses hidrolisis menggunakan konsentrasi asam yang tinggi menyebabkan selulosa dan hemiselulosa lebih mudah terdegradasi menjadi glukosa dan senyawa gula lainnya. Hal tersebut ditunjukkan pada konsentrasi 0,05 M kadar gula reduksi yang dihasilkan berkisar 8,1 – 8,5 mg/100ml dan semakin menurun pada

lama konsentrasi 0,1 M (4,1–4,3mg/100ml), 0,2 M (2,5 – 2,9 mg/100ml), dan 0,3 M (2,9 – 3,1 mg/100ml). Penurunan kadar gula reduksi tersebut dikarenakan pada konsentrasi H_2SO_4 yang tinggi tidak hanya menghidrolisis selulosa/hemiselulosa menjadi gula reduksi, tetapi sebagian gula reduksi yang dihasilkan dikonversi lebih lanjut menjadi furfural yang selanjutnya dapat membentuk asam formiat (Yulianingsih, 2010). Produk samping hasil degradasi lanjut monosakarida dari proses hidrolisis secara asam disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Produk samping hasil degradasi lanjut monosakarida dari proses hidrolisis secara asam (Palmquist and Hahn-Hagerdal, 2000)

Menurut Grethleim didalam Loebis (2008) hidrolisis asam harus dilakukan dalam kondisi yang tepat agar tidak dihasilkan produk terdekomposisi yang tidak diinginkan. Pada umumnya proses hidrolisis bahan selulosa menggunakan H_2SO_4 0,5% sampai 15% pada temperatur 90 – 600 °C dan tekanan di atas 800 psi. Bila hidrolisis dilakukan pada temperatur yang lebih tinggi lagi, hasil dari degradasi gula akan terbentuk furfural dan glukosa yang dihasilkan umumnya rendah, kurang dari 50% (Loebis, 2008).

Pada penelitian Loebis (2008), kadar gula pereduksi tertinggi diperoleh dari hidrolisis selama 120 menit dengan H_2SO_4 2N sebesar 1,01% dengan menggunakan bahan baku TKKS. Hasil penelitian Yulianingsih (2010), menggunakan bahan baku jerami padi dengan penambahan asam sulfat pada konsentrasi 0,05 M dan lama perendaman selama 48 jam pada suhu ruang, gula

reduksi yang dihasilkan dari hidrolisis jerami padi tersebut sebesar 42 mg/100mL dengan lama pemanasan 121°C selama 15 menit. Sedangkan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa *pretreatment* menggunakan basa NaOH 1 M dengan konsentrasi H_2SO_4 0,05 M merupakan perlakuan terbaik. Hal ini dikarenakan waktu kontak yang lama dan penggunaan suhu yang tinggi pada saat hidrolisis berlangsung akan menyebabkan selulosa dan hemiselulosa lebih mudah terdegradasi menjadi glukosa sehingga reaksi hidrolisis berjalan lebih sempurna (Yulianingsih, 2010).

KESIMPULAN

Perlakuan terbaik pada penelitian ini yaitu hidrolisis TKKS, yang telah direndam dalam larutan NaOH 1,0 M pada suhu 121 °C selama 15 menit, dengan larutan H_2SO_4 0,05 M pada suhu 121 °C selama 15 menit. Perlakuan ini

menghasilkan gula reduksi sebesar 8,3mg/100 mL.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriani, M. 2011 . Pengaruh Lama Fermentasi dan Konsentrasi Ragi Roti terhadap Kadar Bioetanol dari Fermentasi Glukosa hasil Hidrolisis Selulosa TKKS. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/25729/5/Chapter%20I.pdf>. Diakses 04 September 2012.
- Datta, R. 1981. Acidogenic fermentation of linocelulose acid yield and conversion of componens. *Biotechnology Bioengineering* 23: 2167-2170.
- Goenadi. 2006. Jumlah TKKS. <http://Bioetanol-sumber-lignoselulosa-melimpah-salahsatunya adalah TKKS.html>. Diakses 29 September 2012.
- Heradewi. 2007. Isolasi Lignin dari Lindi Hitam Proses Pemasakan Organosolv Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)(Skripsi). Fakultas Teknolgi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Indrainy, M. 2005. Kajian Pulping Semimekanis dan pembuatan Handmade Paper Berbahan Pelepah Pisang menggunakan NaOH (Skripsi). Fakultas Teknolgi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Komarayati, S. 2010. Prospek Bioetanol Sebagai Pengganti Minyak Tanah. http://www.pustekolah.org/data_content/attachment/.pdf. Diakses 08 Agustus 2012.
- Loebis, E,H. 2008 . Optimasi Proses Hidrolisis Kimiawi dan Enzimatik Tandan Kosong Kelapa Sawit menjadi Glukosa untuk Produksi Etanol. http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/.../2008ehl_skripsi.pdf. Diakses 05 Desember 2012.
- Muchsin. 2012. Pengaruh hidrolisis Asam Encer dan Konsentrasi Ragi Tape Terhadap Produksi Bioetanol dari Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L). http://repository.upi.edu/skripsiview.php?export=html&no_skripsi=10169. Diakses 05 Desember 2012.
- Palmquist, E and Hahn-Hageral, B. 2000. A Review: Fermentation of lignocellulosic hydrolysate II, Inhibitor and mechanism of inhibitor; *Bioresource Technol.*74(1):25-33.
- Samsuri, M., Gozam, M., Mardias, R., Baiquni, M., Hermansyah, H., Wijanarko, A., Prasetya, B, dan Nasikin, M. 2007. Pemanfaatan sellulosa bagas untuk produksi ethanol melalui sakarifikasi dan fermentasi serentak dengan enzim xilanase. *Makara, Teknologi*, 11(1):17-24.
- Soeprijanto,2010. Bioeatnol Generasi Kedua.http://www.pustekolah.org/data_content/attachment/bioetanol_generasi_kedua.pdf. Diakses 08 Agustus 2012.
- Sutikno, Hidayati, S., Nawansih, O., Nurainy, F., Rizal, S., Marniza., dan Arion, R. 2010. Tingkat Degradasi Lignin Bagas Tebu Akibat Perlakuan Basa Pada Berbagai Kondisi. Disampaikan Dalam Seminar Nasional Teknologi Tepat guna di Politeknik Negeri Lampung Pada Bulan April. <http://blog.unila.ac.id/sutiknounila/category/research-activities>. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

- Widyasari, R. 2011. Pengaruh Konsentrasi dan Lama Inkubasi Enzim Selulase untuk Menghidrolisis Selulosa dan Hemiselulosa TKKS menjadi Gula Reduksi sebagai Bahan Baku Bioetanol (Skripsi). Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Yulianingsih, H. 2010. Hidrolisis Jerami Padi dengan Asam Sulfat Menjadi Glukosa Sebagai Bahan Baku Bioetanol Pengganti Bahan Bakar Minyak (Skripsi). Universitas Lampung, Bandar Lampung.