

KONVERSI LIMBAH TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT MENJADI GLUKOSA DENGAN PROSES HIDROTERMAL

Fatah Sulaiman¹, Rakhman Sarwono², Arief Hariyanto¹, Rizka Puspitadewi¹,

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jenderal Sudirman Km.3 Cilegon-Banten

²Pusat Penelitian Kimia, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jl. Raya Puspiptek Serpong-Tangerang Selatan

Abstrak

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah perkebunan yang belum banyak dimanfaatkan secara luas. Salah satu pemanfaatan TKKS yang belum mendapat perhatian khusus adalah pengolahannya menjadi glukosa. TKKS memiliki kandungan lignoselulosa yang cukup tinggi. Pembuatan glukosa saat ini dapat dilakukan dengan menggunakan proses hidrotermal. Tujuan dari penelitian ini yaitu menguraikan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) secara keseluruhan dengan proses hidrotermal untuk mendapatkan produk glukosa, mengetahui kondisi operasi optimum pada penguraian limbah TKKS untuk menghasilkan glukosa. Kondisi terbaik pada penelitian ini didapat pada suhu 160°C, waktu 3 jam, massa TKKS 8 gram dengan kadar glukosa sebesar 1,49%. Konversi glukosa tertinggi didapat sebesar 24,41% pada sampel percobaan 160°C dan waktu operasi 3 jam.

Kata kunci : tandan kosong kelapa sawit, glukosa, lignoselulosa, hidrotermal.

Abstract

Oil palm empty fruit bunches (TKKS) is waste oil that has not been widely utilized. One of TKKS utilization that has not received special attention is the processing to glucose. TKKS have a fairly high content of lignocelluloses. Manufacture of glucose can now be made using a hydrothermal process. The purpose of this research that outlines the overall of oil palm empty fruit bunches with hydrothermal process to obtain a product of glucose, knowing the optimum operating conditions from oil palm empty fruit bunches waste decomposition to produce glucose. The best conditions in this research come at a temperature 160°C, the operating time of 3 hours, mass oil palm empty fruit bunches 8 grams with glucose levels of 1,49%. The highest glucose conversion obtained for 24,41% from the sample research at 160°C and the operating time of 3 hours.

Keyword : oil palm empty fruit bunches, glucose, lignocelluloses, hydrothermal

1. Pendahuluan

Pada dekade ini, biomassa telah menarik banyak perhatian sebagai sumber daya yang ramah

lingkungan dan berkelanjutan untuk produksi bahan bakar dan produk kimia. Hingga saat ini, Indonesia belum memberdayakan penggunaan

biomassa dengan baik. Perbandingan kapasitas terpasang dan sumber daya biomassa baru mencapai angka 0,64% (Batubara dalam Muthia, 2011). Dalam kenyataannya, di Indonesia terdapat berbagai sumber biomassa yang mudah diperoleh dan berpotensi dijadikan pasokan utama bagi kebutuhan energi di masa mendatang. Salah satu sumber biomassa tersebut adalah limbah kelapa sawit.

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan limbah padat terbesar yang dihasilkan oleh perkebunan kelapa sawit (PKS). Setiap pengolahan 1 ton TBS (Tandan Buah Segar) dihasilkan TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit) sebanyak 22 – 23% TKS atau sebanyak 220–230 kg TKKS. Jika PKS berkapasitas 100 ton/jam maka dihasilkan sebanyak 22 – 23 ton TKKS.

Pada proses hidrotermal lignin tidak perlu dipisahkan, karena lignin akan terurai menjadi bentuk poliol seperti katekol, fenol, dan o-kresol (Wahyudiono dalam Sarwono dkk, 2013). Setelah itu proses hidrotermal tidak terpengaruh oleh tingginya kadar air dari bahan baku, karena hidrotermal menggunakan media air.

Glukosa ($C_6H_{12}O_6$) adalah salah satu monosakarida sederhana yang mengandung enam atom karbon. Glukosa mengandung gugus –CHO sehingga glukosa merupakan kelompok *aldose*.

Glukosa juga digunakan sebagai substituen, karena produk ini mengandung karbohidrat atau gula pereduksi, misalnya dalam industri fermentasi (alkohol). Dalam industri farmasi, glukosa juga sangat

dibutuhkan, khususnya dalam pembuatan larutan infus. Penelitian diharapkan mampu mengoptimalkan pemakaian sumber daya berupa limbah kelapa sawit sehingga diperoleh suatu pola penggunaan yang tepat daya dan tepat guna.

Tandan Kosong Kelapa Sawit

Limbah yang dihasilkan dari produksi CPO dan CPKO adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Persentase limbah TKKS yang dihasilkan adalah 28% dari tandan buah segar yang diolah, sedangkan presentase serat dan cangkang biji masing-masing adalah 13% dan 5,5% dari tandan buah segar (Peni, 1995). Limbah padat kelapa sawit terutama terdiri dari selulosa dan lignin.

Komponen Kimia Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tabel 1. Data Komposisi Kimia TKKS

Komposisi TKKS	Kadar (%)
Selulose	45,95
Hemiselulose	22,84
Lignin	16,49
Abu	1,23
N	0,53
Minyak	2,41

Biomassa lignoselulosa dapat diperoleh dari limbah pertanian, limbah perkebunan, limbah kehutanan, dan tersebar luas di Indonesia. Salah satu limbah pertanian di Indonesia yang belum banyak dimanfaatkan adalah limbah

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).

Biomassa Lignoselulosa

Biomassa merupakan materi yang dihasilkan dari makhluk hidup seperti binatang dan tumbuhan, di mana materi tersebut bersifat dapat diperbaharui. Dalam konteks energi, biomassa merupakan komponen bahan biologis hidup atau baru mati yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Bahan-bahan lignoselulosa ini diantaranya: limbah-limbah pertanian (rumput, alang-alang, sekam padi, *rice husk*, *wheat straw*, sisa-sisa hasil panen/*crop residues*, tongkol jagung/*corn stover etc.*), limbah-limbah peternakan (kotoran hewan), dan limbah-limbah industri. Bahan-bahan lignoselulosa umumnya terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Selulosa secara alami diikat oleh hemiselulosa dan dilindungi oleh lignin. Adanya senyawa pengikat lignin inilah yang menyebabkan bahan-bahan lignoselulosa sulit untuk dihidrolisa (Iranmahboob dkk.dalam Orchidea dkk., 2010).

Glukosa

Glukosa adalah salah satu monosakarida sederhana yang mempunyai rumus molekul $C_6H_{12}O_6$. Glukosa adalah suatu aldohexosa dan sering disebut dekstrosa karena mempunyai sifat dapat memutar cahaya terpolarisasi ke arah kanan. Di alam, glukosa terdapat dalam buah-

buahan dan madu lebah. Dalam alam glukosa dihasilkan dari reaksi antara karbon dioksida dan air dengan bantuan sinar matahari dan klorofil dalam daun. Proses ini disebut fotosintesis dan glukosa yang terbentuk terus digunakan untuk pembentukan amilum atau selulosa. Glukosa diperoleh dari bio-massa melalui reaksi hidrolisis dengan menggunakan katalis asam. Pada kondisi asam dan peningkatan temperatur, biomassa akan terurai menjadi beberapa produk, diantaranya glukosa dan asam formiat (Chun dkk.dalam Nina dkk., 2013).

Hidrolisis Termal

Hidrolisis termal dilakukan dengan menggunakan *hot compressed water* (HCW) sebagai media cair untuk proses hidrolisis. Hidrolisis termal menggunakan tekanan dan temperatur yang tinggi untuk memisahkan komponen organiknya, menghidrolisis hemiselulosa dan mengubah sifat-sifat selulosa dan lignin. Hidrolisis ini mempunyai beberapa keuntungan, seperti ramah lingkungan dan tidak memerlukan proses pemurnian.

Skema Proses Hidrotermal Pada Pembentukan Glukosa

Pada dasarnya, pencairan hidrotermal adalah pirolisis, pembentukan glukosa dapat diperoleh dengan cara mencampurkan karbohidrat dengan asam dan pemanasan pada suhu tinggi ($>100^\circ\text{C}$). Proses tersebut akan menyebabkan karbohidrat

terhidrolisis menjadi gula. (Girisuta dalam Nina dkk., 2013). Glukosa diperoleh dari bio-massa melalui reaksi hidrolisis dengan menggunakan katalis asam. Pada kondisi asam dan peningkatan temperatur, biomassa akan terurai menjadi beberapa produk salah satunya adalah glukosa (Chun dkk.dalam Nina dkk., 2013).

2. Metodologi

Bahan-bahan yang digunakan

- a. Aquades
- b. Katalis HCl 10%
- c. Limbah tandan kosong kelapa sawit yang berasal dari pabrik minyak kelapa sawit PTPN VIII Malingping-Banten

Alat-alat yang digunakan

- a. Alat analisa GC-MS dan HPLC
- b. Corong kaca
- c. Desikator
- d. Gelas Ukur 50 ml
- e. Kertas saring
- f. Labu Erlenmeyer 100 ml
- g. Neraca analitik
- h. Oven
- i. *Pressure controller*
- j. Seperangkat reaktor *batch* atau *autoclave*
- k. Sistem pemanas listrik
- l. Spatula logam
- m. Termometer raksa



Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian

Prosedur Penelitian

a. Tahap Preparasi Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Limbah TKKS dijemur dan dikeringkan sampai benar-benar kering kemudian dimasukkan kedalam mesin *crusher*, setelah itu dihaluskan dengan mesin penghalus TKKS (*ball mill*), untuk TKKS yang masih kasar diambil lalu dimasukkan kembali ke dalam *ball mill* sedangkan TKKS yang sudah benar-benar halus selanjutnya dimasukkan kedalam alat *cutter mill* hingga ukuran partikel 1-3 mm.

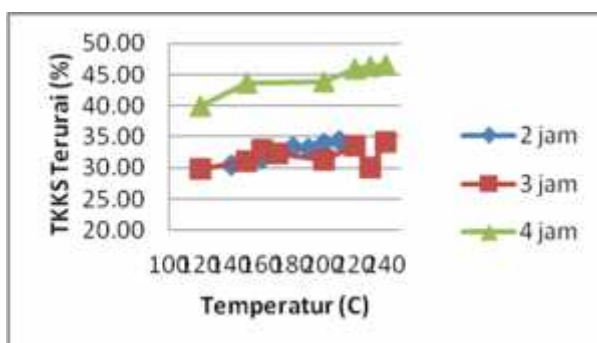
b. Tahap Proses Pembuatan Glukosa

Limbah TKKS yang sudah dikeringkan dan dihaluskan serta diayak selanjutnya sebanyak 8 gram dimasukkan kedalam reaktor *batch*, ditambah dengan katalis HCl 10% sebanyak 80 ml. Reaktor di seal, ditutup rapat dan disekrup untuk menahan tekanan dari dalam. Reaktor diletakkan diatas pemanas elektrik yang telah diatur temperturnya. Temperatur reaksi diatur dengan divariasikan sebesar

120°C, 140, 150°C, 160, 170°C, 220°C, 230°C, 240°C. Proses dibiarkan berlangsung dalam waktu tertentu, sebagai waktu reaksi, adapun waktu reaksi juga diberi variasi antara 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Setelah reaksi selesai kemudian reaktor diambil dan didinginkan secepatnya dengan mengguyur dengan air untuk menghentikan proses reaksi. Reaktor dibuka dan hasil produk yang terbentuk disaring dengan menggunakan kertas saring untuk mengetahui berapa presentase limbah TKKS yang terdegradasi. Padatan yang terbentuk sebelumnya dikeringkan didalam oven pada suhu 100°C, lalu didinginkan menggunakan desikator setelah itu ditimbang untuk mengetahui berat padatan yang dihasilkan sedangkan cairan glukosa yang terbentuk kemudian dianalisa menggunakan alat LC-MS dan analisa HPLC untuk mengetahui kadar glukosa yang terkandung dalam sampel produk. Konversi adalah presentase padatan TKKS yang berubah menjadi gas dan bahan terlarut dalam air.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Pengaruh Temperatur Terhadap TKKS yang Terurai

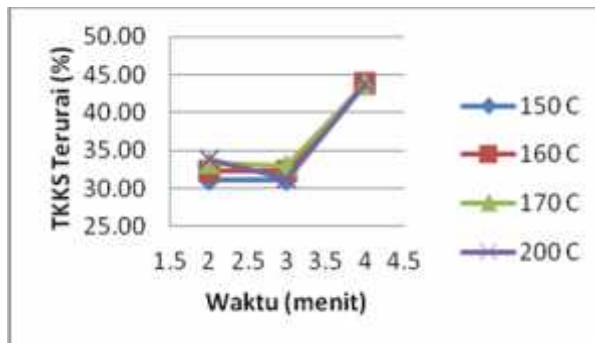


Gambar 2. Grafik Pengaruh Temperatur Terhadap TKKS Terurai

Gambar 2 merupakan persentase TKKS yang terurai menjadi gas dan cairan terlarut yang terbentuk dari hasil proses hidrolisis menggunakan massa TKKS yang sama sebesar 8 gram dengan waktu operasi mulai dari, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Dari hasil percobaan TKKS yang terurai tertinggi diperoleh pada kondisi waktu operasi 4 jam serta temperatur 240°C yaitu sebesar 46,62%. Sedangkan persentase TKKS yang terurai terendah didapat pada kondisi waktu operasi 3 jam dengan temperatur 120°C yakni sebesar 29,86%. Menurut Ramanathan dalam Sarah (2013), peningkatan temperatur mengakibatkan partikel reaktan memiliki energi yang cukup untuk melampaui energi penghalang (*barrier*). Disamping itu, peningkatan temperatur juga dapat meningkatkan kecepatan partikel reaktan yang menyebabkan tumbukan akan semakin sering terjadi. Meningkatnya frekuensi tumbukan mengakibatkan TKKS yang terurai akan semakin meningkat. Pada grafik terlihat semakin lama waktu operasi dan tingginya temperatur maka persentase TKKS yang terurai atau terdegradasi (baik menjadi gas maupun cairan) yang dihasilkan akan semakin besar karena menunjukkan semakin banyak massa TKKS yang terurai pada saat proses hidrolisis dengan katalis HCl, sedangkan semakin cepat waktu operasi dan rendah nya temperatur maka persentase TKKS yang terurai akan semakin rendah. Katalis sangat membantu terhadap jalannya proses hidrolisis karena berperan aktif dalam proses hidrolisis dan

menguraikan selulosa yang terkandung pada TKKS menjadi glukosa.

b. Pengaruh Waktu Terhadap TKKS yang Terurai



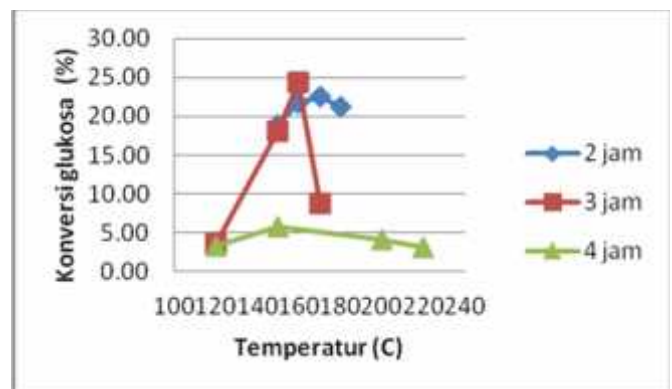
Gambar 3. Grafik Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap TKKS Terurai

Pada Gambar 3 ini menunjukkan perbandingan waktu operasi terhadap persentase TKKS yang terurai, baik itu menjadi gas dan cairan terlarut. Dengan mengambil data variasi temperatur sebesar 150°C, 160°C, 170°C dan 200°C dan massa TKKS sebesar 8 gram. Terlihat pada temperatur 200°C persentase TKKS terurai yang diperoleh semakin besar, sedangkan pada temperatur 150°C, 160°C, 170°C sedikit lebih rendah. Pada grafik persentase TKKS terurai tertinggi berturut-turut pada suhu 150°C, 160°C, 170°C dan 200°C yaitu sebesar 43,65%; 43,87%; 43,70%; 43,75% dengan waktu operasi 4 jam. Ini menunjukkan semakin lama waktu operasi dan temperatur yang tinggi maka persentase TKKS terdegradasi yang dihasilkan dari proses penguraian TKKS akan semakin lebih besar. Hal

ini disebabkan jika waktu bertambah maka kesempatan bertumbukan antara zat-zat yang bereaksi akan semakin besar sehingga semakin lama waktu reaksi akan menyebabkan proses hidrolisis semakin sempurna (Sri, 2013).

Waktu yang lama menyebabkan selulosa dan hemiselulosa lebih mudah terdegradasi menjadi glukosa dan senyawa gula lainnya, kontak antara TKKS dengan asam juga semakin besar sehingga reaksi hidrolisa berjalan lebih sempurna (Dedy, 2012). Penambahan waktu hidrolisis mampu meningkatkan persentase TKKS yang terurai karena dengan adanya penambahan waktu hidrolisis maka terjadinya kontak antara reaktan yang mengakibatkan proses penguraian dari reaktan menjadi produk akan semakin sering terjadi (Mastuti dalam Sarah, 2013).

c. Pengaruh Temperatur Reaksi Terhadap Konversi



Gambar 4. Grafik Pengaruh Temperatur Reaksi Terhadap Konversi

Pada Gambar 19 menunjukkan grafik perbandingan temperatur terhadap nilai konversi. Konversi merupakan perbandingan antara jumlah massa produk yang

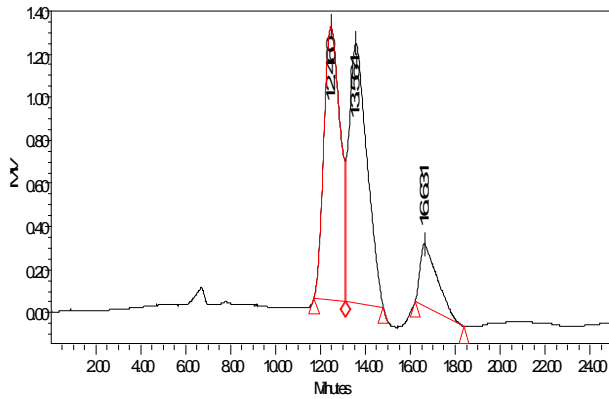
terbentuk secara keseluruhan terhadap jumlah massa reaktan. Kenaikan temperatur reaksi menyebabkan konversi glukosa semakin meningkat. Temperatur yang tinggi akan menghasilkan energi yang lebih besar sehingga dapat mempercepat reaksi terjadi. Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Arrhenius yang menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur maka laju reaksi juga semakin tinggi (Fogler, 1992 dalam Husin, 2004). Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa konversi tertinggi diperoleh pada kondisi waktu operasi 3 jam dan temperatur 160°C yaitu sebesar 24,41%, sedangkan konversi terendah diperoleh pada kondisi waktu 4 jam dan temperatur 220°C yaitu sebesar 3,08%. Ketidaksatbilan nilai konversi pada tiap kondisi operasi disebabkan karena sifat fisik dan kimia katalis tersebut belum stabil sehingga pada beberapa suhu operasi katalis mulai terdeaktivasi (penurunan aktivitas).

Temperatur berpengaruh pada proses hidrolisis karena semakin tinggi temperatur mampu meningkatkan disosiasi air, sehingga dapat meningkatkan konsentrasi ion H^+ . Dengan demikian, proses hidrolisis dipercepat dengan meningkatnya temperatur (Rodiansono, 2013). Meningkatnya temperatur menyebabkan energi aktivasinya bertambah, interaksi molekuler menjadi meningkat. Faktor temperatur berpengaruh juga dalam hal membantu penetrasi lepasnya ikatan selulosa dari TKKS (Rispiandi, 2011). Jumlah glukosa yang dapat diperoleh pada hidrolisis dengan temperatur mengalami

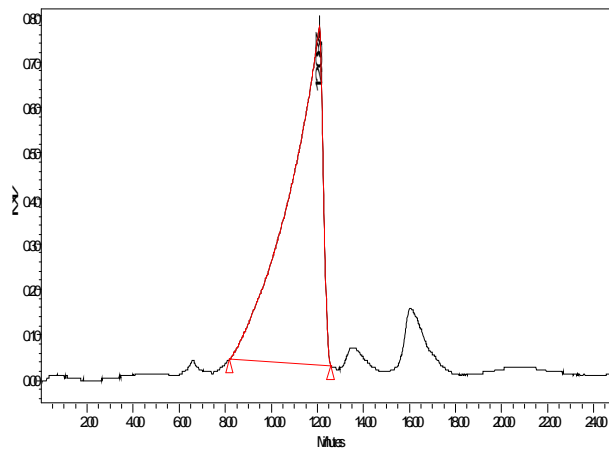
peningkatan sejalan dengan kenaikan temperatur. Sehingga disimpulkan bahwa kondisi temperatur optimum untuk hidrolisis TKKS ini adalah sebesar 160°C. Jadi jika hidrolisis diluar temperatur optimumnya maka akan dihasilkan konversi glukosa yang lebih rendah (Dwira, 2010 dalam Rudy 2011). Secara umum hasil konversi reaksi hidrolisis menggunakan asam cair lebih besar daripada menggunakan katalis padat (arang aktif tersulfonasi). Asam cair memiliki aktivitas molekuler lebih besar daripada katalis padat (Rispiandi, 2011).

Pada waktu tertentu terjadi penurunan kadar glukosa dikarenakan semakin lamanya waktu hidrolisis jumlah substrat (tandan kosong kelapa sawit) akan semakin berkurang karena telah banyak yang terhidrolisis sehingga glukosa yang dihasilkan cenderung menurun atau konstan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Bambang dkk. (2013) yang menghidrolisis jerami padi menjadi glukosa. Penurunan kadar glukosa kemungkinan diakibatkan karena terjadinya pembentukan senyawa lain selain glukosa yang menyebabkan efisiensi produksi glukosa rendah (Rodiah dkk., 2012). Penurunan perolehan gula ini diakibatkan reaksi dekomposisi gula menjadi produk seperti *5-hydroxymethyl furfural* atau asam levulinat (Henry dkk, 2010). Hasil ini juga sesuai dengan pernyataan yang dikemukakan oleh Fuadi dkk (2015) yang menyebutkan bahwa semakin lama waktu pemanasan maka hasil glukosa yang didapat akan semakin rendah.

d. Analisa HPLC (*High Performance Chromatography*)



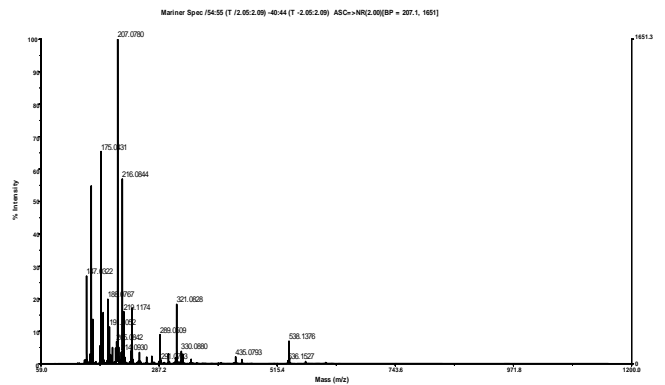
(a)



(b)

3 jam. Sampel glukosa hasil percobaan dibandingkan dengan sampel glukosa standar yang diinjeksikan kedalam HPLC. Pada grafik terbaca bahwa waktu retensi sampel glukosa (12,087) yang diperoleh hampir sama dengan waktu retensi standar (12,460) yang terlihat pada titik puncak (*peak*), tinggi area yang terdeteksi sebesar 733 dan luas area puncak yang didapat sebesar 76772, sehingga kadar glukosa yang didapatkan sebesar 1,49%. Adapun puncak-puncak kecil dalam hasil analisa HPLC tersebut merupakan pengotor yang terdapat didalam sampel.

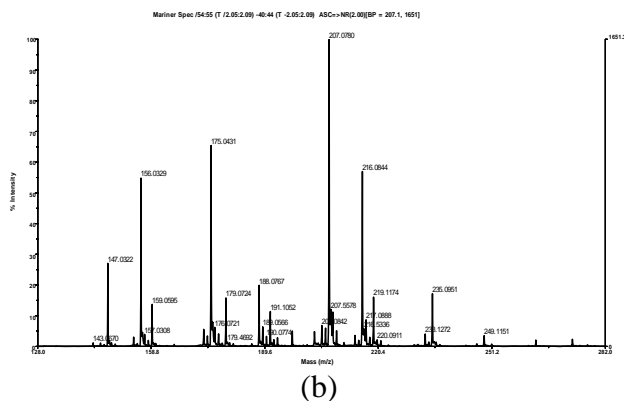
e. Analisa LC-MS (*Liquid Chromatography-Mass Spectrometer*)



(a)

Gambar 5. (a). Kromatogram standar (b). Kromatogram sampel pada HPLC

Gambar 5 menunjukkan kromatogram HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) standar glukosa dengan sampel hasil percobaan hidrolisis. Sampel tersebut merupakan percobaan pada temperatur 160°C dan waktu operasi



Gambar 6. (a) Hasil analisa LC-MS awal (b) Analisa LC-MS diperjelas

Gambar 6 menunjukkan hasil analisa sampel produk menggunakan analisa LC-MS (*Liquid Chromatography-Mass Spectrometer*). LC-MS memadukan daya pemisahan HPLC untuk bahan berat molekul besar dengan kemampuan MS untuk mendeteksi dan mengonfirmasikan identitas molekul secara selektif. Sampel produk yang digunakan yaitu sampel percobaan pada temperatur 160°C dan waktu operasi 3 jam. Sampel produk diinjeksikan kedalam alat LC-MS dan akan ditampilkan hasil berupa grafik pada gambar 22. Sampel yang telah melalui kolom kromatografi, bergerak menuju MS (spektroskopi massa) untuk mengalami ionisasi. Selanjutnya dideteksi secara elektrik menghasilkan spektra massa. Spektra massa merupakan rangkaian puncak-puncak yang berbeda-beda tingginya. Analisis kualitatif dapat dilakukan dengan membandingkan berat molekul yang tertera pada kromatogram dan spektra massa dengan berat molekul asam amino yang diperoleh dari pustaka (Meirinda, 2013). Terlihat data yang diperoleh berupa berat molekul

senyawa-senyawa yang terkandung dalam sampel produk tersebut, intensitas relatif serta luas area *peak*. Berdasarkan data hasil analisa, dengan membandingkan berat molekul glukosa pada umumnya sebesar 180 dan berat molekul glukosa yang terdeteksi pada LC-MS sebesar 180,064879 sehingga dapat dikatakan sampel produk memang terkandung glukosa didalamnya. Selain itu pada grafik senyawa glukosa memiliki intensitas relatif sebesar 1,22% dan luas area nya 134,29.

f. Potensi Pengolahan Produk Hasil Proses Hidrolisis

Dalam proses hidrolisis selain akan menghasilkan produk berupa fasa cairan terbentuk juga padatan dan gas. Padatan nya berupa karbon, padatan karbon ini nantinya dapat diolah kembali untuk digunakan sebagai *Soil Amendment* serta dijadikan *Biochar*. *Soil amendment* merupakan metode untuk perbaikan kondisi tanah yaitu menciptakan kondisi tanah yang baik dan subur. Zat inilah yang nantinya ditambahkan ke tanah untuk meningkatkan kualitas tanah fisik, terutama kemampuannya untuk menyediakan nutrisi bagi tanaman. Dalam penggunaan umum metode ini disertakan juga berbagai pupuk dan bahan non-organik tambahannya.. (www.brainly.co.id)

Biochar dihasilkan dari material karbon dalam proses Karbonisasi Hidrotermal (KHT). *Biochar* digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah, penyerap gas, karbon aktif sebagai penyerap polutan dan

penyimpan energi. *Biochar* juga berguna untuk menahan nutrisi dari pergerakan air tanah. Setelah karbon

menyatu dengan tanah akan bisa meningkatkan pertumbuhan tanaman. (Sarwono, 2015)

4. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan :

- a. Biomassa lignoselulosa merupakan bahan yang mengandung karbohidrat yang berlimpah yaitu berupa selulosa dan hemiselulosa. Bahan ini dapat dikonversi menjadi energi ataupun bahan kimia lainnya, salah satunya glukosa.
- b. Untuk rentang waktu hidrolisis, semakin sedikit waktu operasi yang digunakan, maka kadar

glukosa yang dihasilkan semakin tinggi.

- c. Kondisi terbaik atau kondisi optimum pada penelitian ini didapat pada suhu 160°C, waktu 3 jam, massa TKKS 8 gram dengan kadar glukosa sebesar 1,49%.
- d. Konversi glukosa tertinggi didapat sebesar 24,41% pada sampel percobaan 160°C dan waktu operasi 3 jam.
- e. Hasil uji analisa produk menggunakan HPLC dan LC-MS membuktikan bahwa sampel mengandung glukosa.

Daftar Pustaka

- Bambang, D.A., Kodri., Rini Y. 2013. *Pemanfaatan Enzim Selulase dari Trichoderma Reesei dan Aspergillus Niger sebagai Katalisator Hidrolisis Enzimatis Jerami Padi dengan Pretreatment Microwave*. Jurusan Teknik Pertanian Universitas Brawijaya : Malang
- Dedy I., Zainal A. 2012. *Sintesa Gula Dari Sampah Organik Dengan Proses Hidrolisis Menggunakan Katalis Asam*. Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Samarinda : Samarinda
- Fuadi, A.M., Harismah, K., Adi, S. 2015. *Hidrolisis Enzimatis Kertas Bekas Dengan Variasi Pemanasan Awal*. Jurusan Teknik Kimia UMS : Surakarta
- Henry, A.S., Henry, H., Buana, G. 2010. *Optimisasi Proses Hidrolisis Kertas Bekas dengan Menggunakan Metode Hidrolisis Termal*. Jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan : Bandung
- Meirinda Hermiastuti. 2013. *Analisis Kadar Protein dan Identifikasi Asam Amino Pada Ikan Patin (Pangasius djambal)*. Jurusan Kimia Universitas Jember : Jember
- Muthia, Rahma. 2011. *Skripsi : Peningkatan Kualitas Bio-Oil Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Metode fast Pyrolysis Dengan Katalis Zeolit*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia : Depok

- Peni, S.H, Hendrisaan, Croom. 1998. *Kimia Organik I*. ITB Press : Bandung.
- Rachmaniah O., Krishnanta A.W., Ricardo D. 2010. *Acid Hydrolysis Pretreatment of Bagasse-Lignocellulosic Material for Bioethanol Production*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri ITS : Surabaya
- Rodiah, N.S., Sugiyono, Luthfi A. 2012. *Optimasi Waktu Proses Hidrolisis dan Fermentasi Dalam Produksi Bioetanol Dari Limbah Agar (Gracilaria sp.) Industri*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan : Jakarta Pusat
- Sarah, F.A., Bambang, I., Ellya I. 2013. *Kinetika Reaksi Hidrolisis Pati Biji Durian Menjadi Glukosa Dengan Variasi Temperatur dan Waktu*. Jurusan Kimia Universitas Brawijaya : Malang
- Sarwono, R. 2015. *Sintesa Karbon Fungsional Berstruktur Nano Dari Limbah Biomasa Dalam Proses Karbonisasi Hidrotermal*. Pusat Penelitian Kimia LIPI : Serpong
- Sarwono, R., Eka, T., Yosi, A., Hendris, H.K., Trisanti. 2014. *Konversi Selulosa Tandan Kosong Sawit (TKS) Menjadi Etanol*. Pusat Penelitian Kimia LIPI : Serpong
- Sri, I. 2013. *Pengaruh Jenis Katalis Asam Terhadap Studi Kinetika Proses Hidrolisis Pati Dalam Ubi Kayu*. Jurusan Teknik Kimia Universitas Fajar : Makassar
- Rispiandi. 2011. *Preparasi Dan Karakterisasi Katalis Heterogen Arang Aktif Tersulfonasi Untuk Proses Hidrolisis Selulosa Menjadi Glukosa*. Jurusan Teknik Kimia POLBAN : Bandung
- Rodiansono, Baroroh U., Widyastuti N. 2010. *Hidrolisis Lignoselulosa Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Katalis Asam Karboksilat*. Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat : Banjarbaru
- <http://www.brainly.co.id/tugas/15845>
5 (diakses pada tanggal 21 Agustus 2015)