

PERBANDINGAN EFEKTIFITAS PEMBUATAN GLUKOSA dari KERTAS BEKAS SECARA HIDROLISIS ASAM dan ENZIM

Ahmad M. Fuadi dan Kun Harismah

Dosen Teknik Kimia FT-UMS, Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura

ABSTRAK

Kebutuhan bahan bakar yang terus meningkat serta cadangan minyak bumi yang terbatas merupakan masalah serius yang dihadapi oleh bangsa Indonesia dan dunia pada umumnya. Masalah ini telah memicu eksplorasi bahan-bahan alternative yang bisa digunakan sebagai bahan bakar pengganti bahan bakar minyak. Kertas bekas merupakan salah satu bahan alternative yang bisa diubah menjadi bahan bakar cair. Glukosa hasil hidrolisis kertas bisa difermantasi lebih jauh untuk menghasilkan etanol. Tingginya kadar selulosa di kertas merupakan keuntungan yang besar dalam memanfaatkan kertas bekas menjadi etanol. Penelitian ini mencoba untuk menghidrolisis kertas bekas untuk menjadi glukosa. Hidrolisis dilakukan secara enzimatik dan asam. Sebanyak 5 gram kertas bekas kering dihancurkan kemudian dikukus selama 1 jam kemudian ditambah 100 mL larutan asam sulfat pada berbagai normalitas. Hidrolisis dijalankan pada suhu 90°C, hasil hidrolisis dianalisa pada berbagai waktu. Hidrolisis enzimatik dilakukan dengan menggunakan kertas bekas 5 gram yang dihancurkan terlebih dahulu, kemudian ditambah air 200 mL dan enzyme 0,3 gram. Hidrolisis dilakukan pada suhu 40°C pada berbagai waktu. Hasil penelitian menunjukkan hidrolisis enzimatik bisa mengkonversi kertas bekas menjadi glukosa lebih besar dibanding hidrolisis asam.

Kata kunci: Hidrolisis, kertas bekas, enzimatik, asam

PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan yang sangat vital. Segala aktivitas kita, dari aktivitas di dalam rumah seperti memasak, membaca serta aktivitas di luar rumah semuanya tidak bisa lepas dari energi. Persoalan energi merupakan persoalan setiap individu yang perlu mendapat perhatian serius. Kebutuhan energi yang terus meningkat serta ketersediaan cadangan energi yang terbatas perlu diantisipasi sejak awal. Diperkirakan pada tahun 2025 Indonesia sudah tidak bisa mendapatkan cadangan energi yang cukup. Dengan demikian perlu ditumbuhkan kesadaran pentingnya memanfaatkan energi secara efisien. Disamping itu, pengembangan teknologi serta inovasi untuk membantu mengatasi ketahanan energi perlu digalakkan

termasuk penelitian untuk mencari bahan alternative yang bisa digunakan sebagai pengganti bahan bakar minyak.

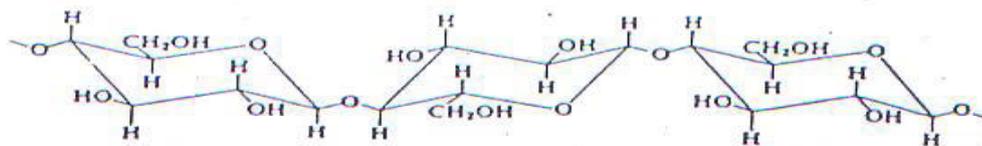
Indonesia merupakan Negara agraris yang sangat subur. Sebagai Negara agraris, Indonesia mempunyai banyak hasil-hasil pertanian, akibatnya banyak pula limbah pertanian yang dihasilkannya. Berkaitan dengan hal tersebut, maka banyak penelitian yang dilakukan untuk mencoba memanfaatkan limbah pertanian menjadi bahan yang mempunyai nilai ekonomi. Pemanfaatan sekam padi sebagai sumber silika untuk pembuatan zeolit sintetis pernah dilakukan^[1]. Hidrolisis bagas untuk menghasilkan glukosa juga pernah dilakukan^[2]. Penyusun utama bagas adalah lgnin dan selulosa, hemiselulosa. Pada pelaksanaannya, bagas harus

dikenakan perlakuan awal untuk menghilangkan lignin agar diperoleh selulosa dengan kemurnian yang tinggi, baru dihidrolisis dengan enzim untuk mendapatkan glukosa. Aktifitas penghilangan lignin perlu dilakukan untuk hidrolisis senyawa lignoselulosa pada umumnya. Optimalisasi kinerja enzim α -amilase dan glucoamilase untuk proses sakarifikasi ubi kayu telah dilakukan. Kondisi optimum berkaitan dengan suhu, pH, konsentrasi enzim, maupun substrat. Keaktifan enzim diukur dengan metode Somogyi-Nelson. Pemanfaatan ubi kayu sebagai bahan dasar bioetanol mempunyai efek yang perlu dipikirkan, karena ubi kayu merupakan sumber pati yang juga sangat dibutuhkan manusia, sehingga nilai ekonominya sudah cukup baik.

Penelitian ini akan mencoba memanfaatkan limbah berupa kertas bekas menjadi glukosa yang bisa diproses lebih lanjut menjadi bahan bakar cair, bioetanol. Seperti halnya energy, kebutuhan terhadap kertas juga terus bertambah. Peningkatan konsumsi kertas berarti juga meningkatkan limbah kertas bekas. Penyusun utama kertas adalah selulosa. Berbeda dengan bahan lignoselulosa, kadar selulosa di dalam kertas sudah sangat tinggi. Hal ini disebabkan pada proses pembuatan kertas telah dilakukan proses *pulping* dan *bleaching*, dimana pada kedua proses tersebut terjadi pelepasan lignin.

Selulosa merupakan senyawa organik yang paling banyak terdapat di bumi. Selulosa merupakan homopolisakarida yang terbentuk dari 10.000 hingga 15.000 unit D-glukosa yang dihubungkan melalui ikatan β -1,4 glikosidik sehingga membentuk linier

dan tidak bercabang Diperkirakan sekitar 1011 ton selulosa dibiosintesis tiap tahun dan mencakup 50% dari jumlah karbon tak bebas di bumi. Daun kering mengandung 10-20 % selulosa, kayu mengandung 50% selulosa, dan kapas mengandung 90% selulosa. Selulosa yang ada di kertas bekas bisa dihidrolisis sehingga rantai selulosa akan terputus membentuk monomer-monomernya yaitu glukosa. Selulosa merupakan polimer yang tersusun atas unit-unit anhidroglukopiranososa yang bersambung membentuk rantai molekul. Selulosa bisa dinyatakan sebagai polimer linier glukuan yang berantai panjang terikat satu sama lain terutama dengan ikatan β (1-4) glukosidik. Selulosa bisa dihidrolisis menghasilkan gula. Proses hidrolisis dilakukan secara hidrolisis asam dan hidrolisis enzimatis. Hidrolisis asam menggunakan H_2SO_4 , sedang hidrolisis enzim menggunakan enzim sellulase. Selulosa memiliki struktur linier. Dalam hidrolisis, selulosa diubah menjadi selubiosa dan kemudian menjadi glukosa^[3]. Selulosa bisa dihidrolisis menghasilkan gula^[4]. Proses hidrolisis bisa dibantu dengan cara mekanik, yaitu dengan proses penggilingan. Penggilingan selulosa dapat menaikkan laju degradasi karena menurunkan derajat kristalin dan memperluas permukaan kontak selulosa, lignoselulosa dengan derajat kristalin tinggi lebih sulit untuk didegradasi dibandingkan struktur amorphous. Gambar senyawa selulosa ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rumus bangun senyawa selulosa

Degradasi selulosa secara kimiawi dapat dilakukan melalui proses hidrolisis dengan katalisator asam. Mekanisme reaksi yang terjadi melalui beberapa tahap^[5], yaitu:

- a. Proton dari asam berinteraksi secara cepat dengan ikatan glikosida. Oksigen yang menghubungkan dua molekul glukosa dan membentuk suatu asam konjugat.
- b. Pemotongan ikatan C-O dan pemecahan asam konjugat menjadi cincin ion karbonium.
- c. Penambahan H₂O akan melepaskan molekul glukosa dan proton.

Hidrolisis dengan katalis asam bisa menggunakan asam klorida, asam sulfat ataupun asam nitrat, yang berfungsi sebagai penyedia ion H⁺.

Disamping hidrolisis asam, hidrolisis selulosa bisa juga dilakukan secara enzimatis^[6]. Hidrolisis enzimatis lebih menarik jika dipandang dari penggunaan energi karena dapat dilangsungkan pada temperatur rendah^[7], sedangkan hidrolisis kimiawi memerlukan temperatur tinggi dan menggunakan bahan kimia yang dapat mencemari lingkungan, akan tetapi hidrolisis enzimatis memerlukan waktu lebih lama. Ada beberapa enzim yang bisa digunakan untuk memecah rantai selulosa menjadi monomer-monomer glukosa, diantaranya enzim amylase. Amylase adalah nama bagi semua enzim yang memutuskan ikatan glikosidik beta-1,4 di dalam selulosa dan turunan selulosa lainnya. Selulase termasuk enzim hidrolase karena penguraian selulosa dilakukan secara hidrolisis^[8].

Secara umum, reaksi hidrolisis selulosa bisa ditunjukkan sebagai berikut:



Derajat polimerisasi selulosa ditunjukkan dengan panjangnya rantai

polimer, yaitu n. Peruraian 1 mol selulosa akan menghasilkan n mol glukosa. Berdasarkan persamaan reaksi ini, sebenarnya hidrolisis selulosa bisa dilakukan hanya dengan menggunakan air, tetapi hidrolisis seperti ini memerlukan waktu yang sangat lama. Untuk mempercepat reaksi, perlu ditambah katalisator, yang bisa dilakukan dengan menggunakan asam atau enzim.

METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dicoba untuk membandingkan hasil hidrolisis asam dan hidrolisis enzim. Hidrolisis asam dilakukan pada suhu yang tidak terlalu tinggi, tetapi diawali dengan treatment pelembutan dan pengukusan kertas. Penelitian dilakukan dengan 2 metode, yaitu hidrolisis asam dan hidrolisis enzim. Pelaksanaan penelitian dilakukan di laboratorium Jurusan Teknik Kinia FT-UMS.

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kertas bekas HVS, yang diperoleh dari kertas-kertas bekas di Jurusan Teknik Kimia FT-UMS, sebagai sumber selulosa. Asam yang digunakan adalah asam sulfat, sedang enzim yang digunakan adalah enzim selulase yang diperoleh dari rekanan pengadaan bahan-bahan kimia.

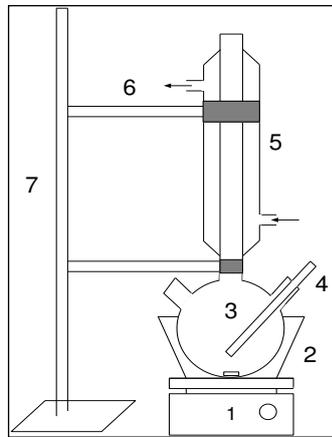
Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini ada 2 macam, yaitu peralatan hidrolisis asam dan peralatan hidrolisis enzimatis. Hidrolisis asam dijalankan pada suhu 90°C. Pada suhu ini, tekanan murni uap air sudah mendekati 1 atm, sehingga akan terjadi banyak penguapan. Untuk mencegah hilangnya cairan karena penguapan, maka peralatan hidrolisis dilengkapi dengan pendingin balik. Peralatan hidrolisis asam ditunjukkan pada Gambar 2.

Peralatan hidrolisis enzim terdiri dari pemanas yang dilengkapi dengan pengaduk magnet dan labu erlemeyer. Hidrolisis enzim dijalankan pada suhu

40°C, pada suhu ini, tekanan uap murni air masih cukup rendah, sehingga untuk mencegah terjadinya penguapan,

erlemeyer cukup ditutup sempurna tanpa perlu ada pendingin balik.



Keterangan

- | | |
|------------------------------|--------------------|
| 1, Magnetic stirrer + heater | 5. Pendingin balik |
| 2, Waterbatch | 6. klem |
| 3, Labu leher tiga | 7. Statif |
| 4. Termometer | |

Gambar 2. Rangkaian peralatan hidrolisis asam

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan dengan 2 metode, yaitu hidrolisis asam dan enzim.

a. Hidrolisis asam

Sebelum proses hidrolisis, 5 gram kertas kering dihancurkan dengan menggunakan blender, kemudian dilakukan *treatment* awal dengan cara mengukus selama 1 jam. Kertas yang sudah dikukus, selanjutnya dimasukkan ke dalam labu leher tiga, kemudian ditambah H₂SO₄ 2 N 100 mL lalu dipanaskan pada suhu 90°C pada berbagai waktu dengan menggunakan rangkaian alat sebagaimana Gambar 2. Setelah waktu yang diinginkan tercapai, campuran dipisahkan dengan cara disaring. Filtrate yang ada diuji kadar glukosanya. Pengujian glukosa dilakukan dengan metode Nelson-Somogy.

b. Hidrolisis enzim

Sebanyak 5 gram kertas bekas dihaluskan dengan cara diblender. Kertas yang telah halus dimasukkan dalam erlemeyer dan ditambah air hingga 200 mL. Campuran yang

terbentuk ditambah asam sulfat hingga pH nya menjadi 4, kemudian ditambah enzim amylase 0,3 gram. Erlemeyer dipanaskan hingga mencapai suhu 40°C dengan pemanas yang dilengkapi dengan pengaduk magnetic. Glukosa yang terbentuk dari hasil hidrolisis diuji dengan metode Nelson-Somogy pada berbagai waktu.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian hidrolisis asam dan enzim disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2. mTable 1 menunjukkan hasil hidrolisis asam pada suhu 90°C, dengan normalitas asam sulfat yang digunakan adalah 2 N. Kertas bekas yang digunakan sebanyak 5 gram. Hasil hidrolisis menunjukkan bahwa kertas bekas bisa dihidrolisis untuk menghasilkan glukosa, meskipun hasil glukosa yang diperoleh masih sangat rendah. Rendahnya glukosa yang diperoleh ini disebabkan suhu operasi yang digunakan terlalu rendah untuk proses hidrolisis asam.

Tabel 1. Hidrolisis asam pada suhu 90°C.

Waktu, jam	Glukosa yang dihasilkan, mg
1,0	0,028
1,5	0,038
2,0	0,054
2,5	0,074
3,0	0,084
3,5	0,091
4,0	0,097

Salah satu kelemahan hidrolisis asam adalah membutuhkan energy yang besar, penelitian ini berusaha melakukan treatment awal proses hidrolisis bisa dilakukan pada suhu yang lebih rendah. *Treatment* yang dilakukan diantaranya penggilingan bahan baku dan pebukusan. Penggilingan bahan baku bertujuan untuk menghilangkan struktur kristalin pada selulosa agar lebih mudah dihidrolisis, demikian juga proses pengukusan. Berdasarkan hasil ini, untuk menurunkan kebutuhan energy pada hidrolisis asam tidak cukup hanya dengan penghancuran dan pengukusan awal, masih perlu dicari treatment-treatment yang lain agar hidrolisis bisa dijalankan pada suhu yang rendah.

Disamping hidrolisis asam, disini juga dilakukan hidrolisis enzim dengan menggunakan enzim selulase. Proses hidrolisis dijalankan untuk kertas bekas kering 5 gram, dengan enzim sebanyak 5 % dari jumlah kertas bekas yang digunakan. *Treatment* awal berupa penghancuran kertas bekas tanpa ada proses pengukusan. Hasil penelitian ditunjukkan pada Tabel 2.

Hasil hidrolisis enzim pada Tabel 2 menunjukkan bahwa glukosa yang diperoleh jauh lebih banyak dibandingkan glukosa yang diperoleh dari hidrolisis asam. Hal ini disebabkan hidrolisis enzim bisa dijalankan pada suhu yang rendah. Kondisi ini yang merupakan kelebihan hidrolisis enzim dibanding hidrolisis asam.

Tabel 2. Hasil hidrolisis kertas bekas dengan enzim selulase 5 %.

Waktu, jam	Glukosa terbentuk, mg
4	35,06
20	36,56
24	38,88
28	44,61
44	47,73
48	61,41
52	92,66
66	113,55

Kesimpulan dan saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, bisa disimpulkan bahwa:

- a. Kertas bekas bisa dihidrolisis untuk menghasilkan glukosa
- b. Kertas bekas bisa dihidrolisis secara asam ataupun enzim
- c. Pada suhu yang rendah, hidrolisis enzim bisa menghasilkan glukosa yang lebih banyak daripada hidrolisis asam.
- d. Perlu dilakukan upaya-upaya agar hidrolisis asam bisa dilakukan pada suhu yang

rendah dan hidrolisis enzim bisa dilakukan dalam waktu yang lebih singkat.

Ucapan terima kasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada: Majelis DIKTI yang telah mendanai penelitian kami dengan judul: Pembuatan Bioetanol dari Kertas Bekas serta Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) UMS yang telah memfasilitasi hingga disetujuinya proposal kami, sehingga terwujud naskah dari hasil awal penelitian kami.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fuadi, A.M., dkk., 2013, *Pemakaian Microwave untuk Optimasi Pembuatan Zeolit Sintetis dari Abu Sekam Padi*, prosiding seminar Nasional FGDT PTM se Indonesia, Surabaya.
- [2] Maisaroh, 2011, *Hidrolisis Selulosa Bagas dengan Enzim Selulase dari Bekicot (Achatina Fulica) untuk Produksi Etanol dengan Zymomonas Mobilis A3*, Master theses S2 ITS, Surabaya.
- [3] Sarker, Satyajid D, and Lutfun Nahar, 2007, *Chemistry for pharmacy students: general, organic, and natural product chemistry*, John Willey and Sons, Chichester.
- [4] Groggins, P.H., 1985, *Unit Proses in Organic Synthetis*, Fifth edition, Mc Graw Hill, Kogakasha.
- [5] Xiang, Q., Y. Y. Lee, P.O. Pettersson, R.W. Torget (2003), *Heterogeneous Aspects of Acid Hydrolysis of α -Cellulose*, Applied Biochemistry and Biotechnology, Vol. 105-108, 505
- [6] Martins, L.F., D. Kolling, M. Camassola, A.J.P. Dillon, L.P. Ramos, 2008, *Comparison of Penicillium echinulatum and Trichoderma reesei Cellulases in Relation to Their Activity Against Various Cellulosic Substrates*, Bioresource Technology, 99, 1417 dan 1424.
- [7] Sherman, Henry C, 1962, *Chemistry of Food and Nutrition*, 8th Ed., The Macmillan Company, New York.
- [8] Roswiem AP et al. 2002. *Biokimia Umum Jilid 1*. Bogor: Departemen Biokimia-FMIPA Institut Pertanian Bogor.