

OPTIMASI PEMBUATAN ARANG AKTIF UNTUK DETOKSIFIKASI PADA PROSES FERMENTASI HIDROLISAT KERTAS BEKAS

Ahmad M. Fuadi¹, M Mujiburohman², R Fatoni³, Danastri Ratna Nursinta Dewi⁴

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417
Email: Ahmad.Fuadi@ums.ac.id

Abstrak

Energi sudah menjadi kebutuhan primer dalam kehidupan sehari-hari. Namun karena jumlahnya yang semakin menipis, para ilmuwan mulai mencari sumber energi alternatif. Salahsatunya adalah bahan berbasis selulosa. Kertas HVS bekas merupakan salah satu material yang kandungan selulosanya sangat tinggi dan melimpah, pada tahun 2010 mencapai sekitar 400 juta ton. Sehingga kertas HVS bekas memiliki potensi untuk digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan bioetanol. Hidrolisis selulosa akan menghasilkan glukosa serta bahan-bahan lain seperti furfural. Furfural merupakan salah satu asam karboksilat dan fenol yang bersifat meracuni mikroorganisme pada saat proses fermentasi. Arang aktif dapat digunakan sebagai adsorben yang efektif untuk menghilangkan berbagai kontaminan organik dan anorganik. Arang aktif juga dipengaruhi oleh reagen aktivasi yang digunakan. Dalam penelitian ini digunakan reagen aktivasi KOH dan K₂CO₃ dengan metode pemanasan microwave dan autoclave. Diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasinya reagen aktivasi maka semakin tinggi pula kadar bioetanol yang terbentuk karena luas permukaan arang aktif yang semakin besar. Perolehan bioetanol yang paling tinggi yaitu pada konsentrasi reagen aktivasi 3,5N KOH dan 3,5N K₂CO₃.

Kata kunci: arang aktif; detoksifikasi; aktivasi; KOH; K₂CO₃

Pendahuluan

Energi merupakan salah satu komponen penting dalam pembangunan berkelanjutan, dimana energi dapat mempercepat kemajuan sosial dan meningkatkan produktivitas. Bioetanol merupakan salah satu energi terbarukan yang sedang dikembangkan. Umumnya bioetanol diproduksi dari bahan-bahan bergula atau berpati yang bersumber dari karbohidrat dan bahan pangan. Padahal jika nanti dilakukan konversi secara besar-besaran akan terjadi ketimpangan antara kedua sektor tersebut, sedangkan jumlah energi akan meningkat setiap tahun. Untuk itu penggunaan sumber bahan baku lain perlu dipelajari. Bahan yang mengandung selulosa merupakan salah satu sumber yang potensial untuk dipertimbangkan, karena jumlahnya yang sangat melimpah serta masih banyak yang belum dimanfaatkan secara maksimal untuk diproses menjadi bahan yang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi salah satunya menjadi bioetanol.

Lignoselulosa dapat bersumber dari limbah industri pertanian dan kehutanan, namun adanya lignin akan menghambat proses hidrolisis selulosa yang ada di dalam bahan lignoselulosa tersebut. Kertas bekas merupakan salah satu material yang kandungan selulosa sangat tinggi serta sangat melimpah, hal ini terlihat dari jumlah total produksi kertas di dunia pada tahun 2010 mencapai sekitar 400 juta ton (Ververis et al., 2007). Pada proses hidrolisis bahan berselulosa ini, akan menghasilkan senyawa-senyawa yang bisa menghambat proses fermentasi untuk menghasilkan etanol. Kondisi ini menyebabkan rendahnya produksi etanol dari proses fermentasi hidrolisat dari bahan berbasis selulosa (Narayanawamy et al., 2011).

Untuk menghilangkan inhibitor tersebut berbagai teknik penghilangan dengan materi biologi (mikroba dan enzim) sudah dipelajari, beberapa metode juga sudah dilakukan termasuk menggunakan arang aktif secara komersial (Mussatto and Roberto, 2001; Mussatto and Roberto, 2004). Arang aktif dipercaya dapat digunakan sebagai adsorben yang efektif untuk menghilangkan berbagai kontaminan organik dan anorganik.

Berbagai macam pembuatan arang sudah banyak dipelajari dan diproduksi untuk menghasilkan arang aktif dengan kualitas terbaik. Arang dapat diaktivasi dengan cara mencampurkan arang dengan reagent pengaktif tertentu kemudian campuran tersebut di pirolisis. Dalam penelitian ini akan dilakukan metode pemanasan arang aktif dengan menggunakan autoclave dan microwave, sebagai pengganti pirolisis. Selain itu reagen aktivasi juga berpengaruh dalam menentukan kualitas arang tersebut. Seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Hayashi et al (2000) dengan menggunakan berbagai bahan pengaktif kimia. Diperoleh bahwa arang aktif dengan berbagai reagen disajikan dalam Tabel 1 berikut:

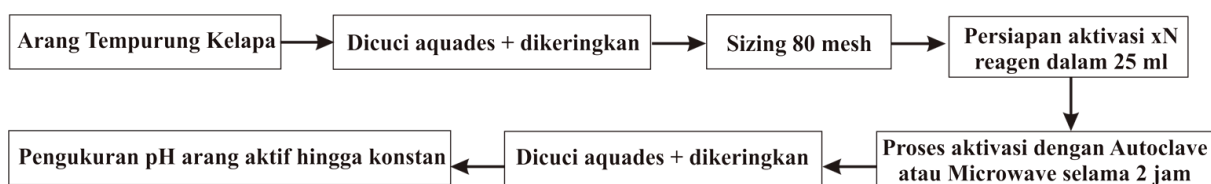
Tabel 1. Hasil *Scanning Brunauer-Emmett-Teller* (BET) pada pengaktifan arang aktif menggunakan berbagai reagen

Bahan Pengaktif Kimia	Hasil SBET (m ² /g)
K ₂ CO ₃	2000
KOH	1400
NaOH	1200
ZnCl ₂	1000
Na ₂ CO ₃	800
H ₃ PO ₄	700

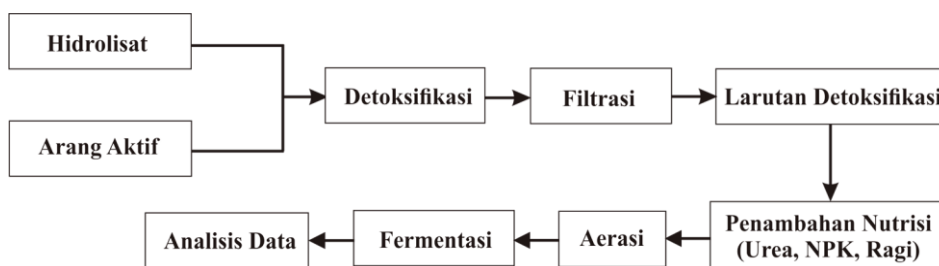
Pada studi yang lain efisiensi bahan pengaktif kimia (misal: K₂CO₃ dan KOH) dalam sintesis biji anggur yang diturunkan karbon aktif (Okman et al., 2014), arang aktif dengan bahan pengaktif K₂CO₃ dan KOH yang paling efektif pada proses karbonisasi dengan keadaan *yield*, SBET, dan volum pori-pori dalam mikro yang sama.

Bahan dan Metode Penelitian

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah kertas HVS bekas, arang tempurung kelapa, HCl 37%, NaOH, K₂CO₃, KOH, fermipan (ragi roti instan), NPK dan urea.



Gambar 1. Diagram alir proses aktivasi arang tempurung kelapa dengan metode *Autoclave* atau *Microwave*



Gambar 2. Diagram alir detoksifikasi arang aktif pada proses fermentasi

Membuat hidrolisat kertas bekas (yang sudah dihaluskan) dengan mencampurkan 5 gram kertas dengan 0,5N HCl dalam 100 mL lalu dilakukan proses hidrolisis dengan *microwave* (yang sudah dimodifikasi) selama 7 jam pada daya 180 watt. Membuat arang aktif dengan menggunakan *autoclave* yaitu mencampurkan arang (yang sudah dihaluskan) sebanyak 30 gram dengan masing-masing reagen K₂CO₃ dan KOH pada konsentrasi 0,4 ; 0,5; 1,25; 2; 3,5 N dalam 25 mL. Memanaskan *autoclave* sampai air mendidih setelah itu memasukkan arang yang akan diaktivasi pada keadaan tertutup dan dilakukan pemanasan selama 2 jam. Dengan cara yang sama, pembuatan arang aktif dengan *microwave* dilakukan pada daya 180 watt selama 2 jam. Untuk menghilangkan kontaminan dan atau abu yang ikut terbawa dalam proses, dilakukan pencucian arang aktif dengan air RO⁻ sehingga pH arang aktif seimbang, lalu dikeringkan pada suhu 30-40°C. Proses detoksifikasi dilakukan dengan mengambil 50 mL hidrolisat lalu diukur pH hidrolisat sampai 4,5–5,5 selanjutnya ditambahkan arang yang sudah diaktivasi lalu didiamkan selama 24 jam. Selanjutnya difiltrasi dan diambil filtratnya lalu ditambahkan ragi sebanyak 1% dari volum hidrolisat yang digunakan. Dilakukan proses fermentasi selama 3 hari.

Pada proses hidrolisis selulosa terjadi reaksi pemotongan rantai selulosa sehingga diperoleh glukosa sebagaimana Persamaan reaksi (1)



Glukosa hasil reaksi hidrolisis selanjutnya difermentasi dengan menggunakan ragi fermipan yang sebelumnya dikenakan proses detoksifikasi menggunakan arang aktif. Reaksi fermentasi ditunjukkan pada Persamaan (2) berikut:



Etanol yang diperoleh dihitung melalui perhitungan mol CO₂ yang terbentuk. Dengan mengukur volume gas CO₂ yang terbentuk, bisa diketahui mol CO₂, begitu juga jumlah etanol yang terbentuk dengan konsep stokiometri. Perhitungan mol CO₂ dilakukan dengan menggunakan persamaan gas ideal pada Persamaan (3) yaitu :

$$P.V = n . R . T \quad (3)$$

Dimana ;

P = Tekanan gas ideal , atm

V = Volum gas CO₂, liter

n = mol gas, mol

R = Tetapan gas umum 0,082, L.atm/mol.K

T = Temperatur Lingkungan 303 K

Proses fermentasi dikenakan pada larutan glukosa hasil hidrolisis kertas bekas sebanyak 50 mL. Pada kondisi ini glukosa yang ada didalamnya adalah 2,846 g. Setelah dilakukan detoksifikasi, proses fermentasi dilakukan dengan menambahkan fermipan 1%, atau setara dengan 0,5 g. Proses fermentasi dilakukan selama 3 hari pada kondisi suhu lingkungan. Proses detoksifikasi dilakukan dengan memberikan perlakuan yang berbeda. Detoksifikasi dilakukan dengan menggunakan arang aktif yang diaktivasi menggunakan KOH dan K₂CO₃, pemanasan karbon juga dilakukan dengan 2 metode pemanasan, yaitu dengan menggunakan autoclave dan menggunakan microwave. Konsentrasi reagen bervariasi dengan konsentrasi reagen sebagai berikut: 0; 0,4; 0,5; 1,25 ; 2; dan 3,5 N dalam 25mL.

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian disajikan pada Tabel 2 dan 3 sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil kadar bioetanol yang terbentuk dengan detoksifikasi arang aktif yang diaktivasi dengan metode pemanasan *Autoclave*

Jenis Aktivator	Konsentrasi (N)	Kadar Bioetanol (%)
KOH	0	0,01407
	0,4	0,01438
	0,5	0,01438
	1,25	0,01607
	2	0,01738
	3,5	0,01876
K ₂ CO ₃	0	0,01407
	0,4	0,01403
	0,5	0,01409
	1,25	0,01608
	2	0,01707
	3,5	0,01876

Hasil fermentasi menunjukkan hasil yang tidak terlalu berbeda antara proses detoksifikasi dengan menggunakan KOH dan K₂CO₃. Penelitian dilanjutkan dengan metode pemanasan pada pembuatan arang aktif, yaitu dengan menggunakan microwave. Diharapkan dengan metode ini akan memberikan hasil yang lebih maksimal. Hasil fermentasi menggunakan detoksifikasi dengan arang yang diaktifkan dengan pemanasan microwave ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil kadar bioetanol yang terbentuk dengan detoksifikasi arang aktif yang diaktivasi dengan metode pemanasan *Microwave*

Jenis Aktivator	Konsentrasi (N)	Kadar Bioethanol (%)
KOH	0	0,01407
	0,4	0,01870
	0,5	0,02293
	1,25	0,02486
	2	0,02396
	3,5	0,02489
K ₂ CO ₃	0	0,01407
	0,4	0,00469
	0,5	0,05629
	1,25	0,05691
	2	0,05638
	3,5	0,05738

Dari Tabel 2 dan 3 menunjukkan hasil yang sangat berbeda, meskipun kadar etanol yang diperoleh masih rendah, namun detoksifikasi dengan menggunakan pemanas microwave menunjukkan hasil yang jauh lebih baik. Hal ini disebabkan pemanas microwave bisa memberikan pemanasan yang lebih maksimal, sehingga karbon aktif yang dihasilkan mempunyai kualitas yang lebih baik. Hal ini disebabkan luas permukaan pada karbon aktif mengalami kenaikan sebagaimana hasil penelitian yang dilakukan oleh Hayashi et al (2000). Kualitas karbon aktif yang berbeda akan mempunyai kemampuan menangkap bahan-bahan yang bersifat penghambat pada proses fermentasi yang berbeda pula.

Dari Tabel 2 dan 3 diperoleh bahwa kadar bioetanol tertinggi yang dihasilkan dengan metode pemanasan *microwave* yaitu pada konsentrasi reagen aktivasi 3,5N K₂CO₃ dan 3,5N KOH. Hasil ini lebih baik dibandingkan dengan metode pemanasan dengan autoclave. Pada pemanasan dengan autoclave, hasil yang terbaik diperoleh pada kondisi yang sama dengan pemanasan *microwave*, yaitu pada pada konsentrasi reagen aktivasi 3,5N K₂CO₃ dan 3,5N KOH. Hal ini terjadi karena semakin tinggi konsentrasi reagen aktivasi yang digunakan maka semakin banyak garam yang teradsorpsi pada saat proses aktivasi berlangsung yang menyebabkan pori-pori karbon aktif semakin besar.

Faktor – faktor yang mempengaruhi proses pemanasan pada aktivasi arang adalah:

1. Konsentrasi arang aktif

Semakin tinggi konsentrasi reagen maka semakin tinggi daya serap arang aktif

2. Suhu

Semakin tinggi suhu pada proses pemanasan arang aktif maka semakin tinggi daya serap arang aktif

3. Jenis reagen aktivasi

Jika pengaktifan arang aktif menggunakan metode kimia maka jenis reagen kimia sangat berpengaruh dalam menentukan luas permukaan arang. Pada aktivasi ini, arang dicampur dengan larutan kimia yang berperan sebagai activating agent. Larutan kimia yang dipakai biasanya adalah garam dari logam alkali dan alkali tanah serta zat asam seperti KOH, NaOH, ZnCl₂, H₃PO₄, K₂CO₃, dan H₂SO₄. *Activating agent* akan mengoksidasi arang dan merusak permukaan bagian dalam arang sehingga terbentuk pori dan meningkatkan daya adsorpsi.

KOH dan K₂CO₃ akan bereaksi dengan karbon sehingga akan membentuk pori-pori baru serta menghasilkan karbon dioksida yang berdifusi ke permukaan karbon. Pori-pori yang terbentuk akan menghasilkan karbon aktif. Reaksi kimia yang terjadi pada pembentukan KOH dan K₂CO₃ sebagai berikut (Sudibandriyo, 2008)



Kesimpulan

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari hasil analisa hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada pembuatan arang aktif, metode pemanasan menggunakan *microwave* lebih baik dibandingkan pemanasan menggunakan *autoclave*.
2. Semakin tinggi konsentrasi reagen aktivasi pada proses aktivasi arang aktif maka semakin besar daya adsorbsinya.
3. Kadar bioetanol tertinggi yaitu pada proses detoksifikasi pada konsentersasi untuk reagen aktivasi KOH dan K_2CO_3 pada konsentrasi 3,5N

Ucapan Terima kasih

Para penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah mendukung eksperimental, analisis, dan pelaporan. Ucapan terima kasih khusus ditujukan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI) yang telah memberikan dukungan keuangan.

Daftar Pustaka

- Hayashi, J., Kazehaya, Atsuo., Muroyama, K. dan & Watkinson, A.P., 2000. Preparation of activated carbon from lignin by chemical activation. , 38, pp.1873–1878.
- Mussatto, S.I. & Roberto, I.C. 2001. Hydrolysate Detoxification with Activated Charcoal for Xylitol Production by *Candida Guilliermondii*. *Biotechnology Letters*, Vol. 23, Edisi 20, pp.1681–1684.
- Mussatto, Solange. I and Roberto, I.C. 2004. Alternatives for Detoxification of Diluted-Acid Lignocellulosic Hydrolyzates for Use in Fermentative Processes : A Review. *Bioresource Technology*, Vol. 93, Edisi 9, pp.1-10.
- N. Narayanaswamy, A. Faik, D.J. Goetz, and T. Gu. “Supercritical carbon dioxide pretreatment of corn stover and switchgrass for lignocellulosic ethanol production”. *Bioresource Technology*, vol. 102, pp. 6995-7000.
- Ok man, I. et al. 2014. Activated Carbons From Grape Seeds by Chemical Activation with Potassium Carbonate and Potassium Hydroxide. *Applied Surface Science*, Edisi 5.
- Sudibandriyo, M. 2003. Ph. Dissertation: A Generalized Ono-KondoLattice Model for High Pressure on Carbon Adsorben, Oklahoma : Oklahoma State University.
- Ververis, C., 2007. Cellulose , hemicelluloses , lignin and ash content of some organic materials and their suitability for use as paper pulp supplements. , 98, pp.296–301.