



PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KATALIS KARBON AKTIF TERSULFONASI SEBAGAI KATALIS RAMAH LINGKUNGAN PADA PROSES HIDROLISIS BIOMASSA

Rizki Amelia, Harlanto Pandapotan, Purwanto^{*)}

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, 50239, Telp/Fax: (024)7460058

Abstrak

Penelitian tentang teknologi yang dapat mengubah biomassa menjadi ethanol telah dilakukan guna mencari metode terefisien. Metode yang umum digunakan dalam mengubah selulosa menjadi glukosa adalah hidrolisis asam. Namun, proses tersebut masih memiliki beberapa kekurangan, seperti prosesnya masih tergolong mahal, konversi yang masih rendah serta terdapat hasil samping berupa limbah asam. Limbah asam ini dapat mencemari lingkungan, serta proses pemisahan hasil reaksi sedikit lebih sulit. Melihat kondisi tersebut maka dibutuhkan cara lain untuk mengatasi masalah tersebut. Maka perlu dilakukan suatu modifikasi metode hidrolisis yang dapat mengoptimasi produksi glukosa yang didapatkan memiliki yield glukosa yang tinggi, murah dan ramah lingkungan. Metode tersebut yakni dengan proses hidrolisis menggunakan katalis heterogen berupa karbon aktif tersulfonasi. Karbon aktif tersulfonasi ini dibuat dari tempurung kelapa yang telah diaktivasi sebelumnya, kemudian disulfonasi dalam asam sulfat 98% pada variabel proses: temperatur (30, 50, 70°C), normalitas (4, 7, 10 N), dan waktu (2, 4, 6 jam). Hasilnya kemudian dicuci dan dikeringkan. Karakteristik katalis berupa uji struktur morfologi dengan SEM, luas permukaan katalis dengan BET, dan uji gugus fungsi dengan FTIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa uji karakteristik katalis terbaik pada variabel proses 40 °C, 10 N, dan waktu sulfonasi selama 6 jam. Pada uji SEM struktur morfologi katalis karbon aktif lebih terbuka, untuk uji BET didapat luas permukaan sebesar 2219,484 m²/g, untuk uji FTIR keberadaan gugus sulfonat terbaca pada vibrasi bilangan gelombang 1750 cm⁻¹ dan 1379 cm⁻¹.

Kata Kunci: Arang Aktif Tersulfonasi; Hidrolisis Katalitik

Abstract

Research on a variety of technologies that can turn biomass into ethanol is done in order to find most efficient method. A common method used in converting cellulose to glucose is acid hydrolysis. However, the process still has some shortcomings, such as the process is still relatively expensive, the conversion is still low and there is a byproduct of acid waste. These acid wastes can pollute the environment, as well as the reaction proceeds the separation process a little more difficult. Seeing these conditions it needed another way to resolve the issue. There should be a modification of the method of hydrolysis which can optimize the production of glucose were found to have a high glucose yield, cheap and eco-friendly. The method is the hydrolysis process using heterogeneous catalysts such as activated carbon sulfonated sulfonated activated carbon is made from coconut shell that had been activated previously, then sulphonated in 98% sulfuric acid in process variables: temperature (30, 50, 70 °C), normality (4, 7, 10 N), and time (2, 4, 6 hours). And then it is washed and dried. Characteristic morphology of the catalyst in the form of test structures with SEM, BET surface area of the catalyst, and test functional groups by FTIR. The results showed that the best test of a catalyst characteristics on the process variable 40 °C, 10 N, and sulfonation time for 6 hours. In the test SEM morphological structure of activated carbon catalyst is more overt, to test obtained BET surface area of 2219,484 m²/g, and to test the presence of sulphonate group FTIR vibrational wave numbers legible at 1750 cm⁻¹ and 1379 cm⁻¹.

Keywords: Activated Sulfonated Carbon; Catalytic Hydrolysis

^{*)} Penulis Penanggung Jawab (Email : p.purwanto@gmail.com)

1. Pendahuluan

Biomassa merupakan salah satu sumber energi alternatif renewable (dapat diperbarui) yang dipercaya dapat menggantikan sumber energi dari bahan bakar fosil. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, berbagai penelitian tentang teknologi yang dapat mengubah biomassa menjadi etanol dilakukan guna mencari metode terefisien. Selulosa merupakan salah satu biomassa yang dapat diubah menjadi etanol dengan melalui proses hidrolisis yaitu selulosa diubah menjadi glukosa, kemudian glukosa diubah menjadi etanol. Proses pembuatan glukosa dengan cara hidrolisis asam lebih aplikatif karena biaya produksinya rendah dan prosesnya lebih singkat jika dibandingkan reaksi enzimatik. Akan tetapi hidrolisis dengan asam tergolong mahal, konversinya tergolong rendah dan limbah asam tersebut dapat mencemari lingkungan. Oleh sebab itu diperlukan suatu modifikasi metode hidrolisis yang dapat mengoptimasi produksi glukosa yang didapatkan memiliki yield glukosa yang tinggi, murah dan ramah lingkungan, yakni dengan proses hidrolisis menggunakan katalis arang aktif tersulfonasi untuk mengatasi masalah tersebut. Keuntungan menggunakan katalis arang aktif ini adalah pemisahan produk glukosa yang lebih mudah, dan dapat di gunakan kembali sehingga menghemat biaya produksi.

Karbon aktif atau arang aktif adalah suatu bahan hasil proses pirolisis arang pada suhu 600-900°C. Karbon aktif adalah bentuk dominan amorf karbon yang memiliki luas permukaannya yang luar biasa besar dan volume pori. Karakteristik ini unik ininterkait dengan sifat serapnya, yang dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi fase cair maupun fase gas. Karbon aktif adalah adsorben yang sangat serbaguna karena ukuran dan distribusi pori-pori di dalam matriks karbon dapat dikontrol untuk memenuhi kebutuhan pasar saat ini (Jüntgen, 1977). Keunggulan arang aktif adalah kapasitas dan daya serapnya yang besar karena struktur pori dan keberadaan gugus fungsional kimiawi di permukaan arang aktif seperti C=O, C₂-, dan C₂H-. Kualitas arang aktif ditunjukkan dengan nilai daya serap Iod di mana berdasarkan ketentuan dari SNI 06-3730-1995 arang aktif dinilai berkualitas bilamana nilai daya serap Iodnya mendekati 750 mg/g. Kualitas dari karbon aktif yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh bahan awal. Meskipun prosedur aktivasi digunakan terutama menentukan sifat kimia dari oksidasi permukaan dan luas permukaan produk yang dihasilkan, struktur pori-pori dan distribusi ukuran pori sebagian besar ditentukan oleh sifat dari bahan awal. Komposisi unsur karbon aktif yang dihasilkan dari bahan awal alam biasanya terdiri dari 85-90% C, 0,5% H, 0,5% N, 5% O, 1% S, dan keseimbangan 5-6% mewakili organik (abu) konstituen (Faust et al., 1983). Setiap bahan dengan karbon tinggi dan kadar abu rendah dapat digunakan sebagai bahan baku material. Bahan baku untuk produksi karbon aktif meliputi sejumlah bahan karbon, terutama kayu, gambut, batubara coklat, batubara bitumen, lignit, batok kelapa, almond kerang, lubang dari persik dan buah-buahan lainnya, residu minyak bumi berbasis, residu pabrik pulp, dan resin pertukaran ion. (Balci, 1992)

Produksi karbon aktif dilakukan dengan dua metode aktivasi yakni aktivasi secara fisik dan kimia. Aktivasi fisik dilakukan dengan pemanasan suhu tinggi (karbonisasi) dengan tujuan untuk mengurangi kandungan volatile bahan sumber untuk mengubahnya menjadi bentuk yang sesuai untuk aktivasi. Selama fase karbonisasi tersebut, kandungan karbon produk mencapai nilai sekitar 80 persen (Balci, 1992). Selama karbonisasi sebagian besar unsur-unsur non-karbon, hidrogen dan oksigen yang pertama kali dikeluarkan dalam bentuk gas oleh dekomposisi pirolitik bahan awal dan atom karbon yang terbebaskan, dikelompokkan ke dalam formasi kristalografit terorganisir yang dikenal sebagai kristal graphite dasar. Produk yang dihasilkan karbonisasi memiliki kapasitas adsorpsi kecil. Diperkirakan, setidaknya untuk karbonisasi pada suhu yang lebih rendah, bagian dari yang terbentuk tetap dalam pori-pori antar kristal dan pada permukaannya. Bahan yang telah dikarbonisasi sebagian dapat diaktifkan dengan pemanasan dalam aliran gas inert, atau pelarut yang sesuai, atau dengan reaksi kimia (misalnya, pemanasan dalam suasana uap sulfur pada suhu yang lebih rendah daripada reaksi dengan karbon berlangsung) (Smisek dan Cerny, 1970; Wigmans, 1985).

Aktivasi karbon aktif secara kimia dilakukan dengan menambahkan zat berupa asam atau basa. Aktivasi dilakukan dengan mereaksikan zat tertentu dengan karbon aktif. Salah satu zat tersebut adalah H₂SO₄, dimana terdapat gugus asam sulfonat -SO₃H. Reaksi tersebut melibatkan penggabungan gugus asam sulfonat, -SO₃H, ke dalam suatu molekul ataupun ion (sulfonasi). Jenis-jenis zat pensulfonasi adalah -SO₃, H₂SO₄, oleum, persenyawaan SO₂, dan senyawa sulfoalkilasi. Sedangkan, zat-zat yang mengalami reaksi sulfonasi antara lain zat alifatik misalnya hidrokarbon jenuh, oleofin, alkohol, selulosa, senyawa aromatis, naphthalena, antraquinone dan lain sebagainya. Zat pensulfonasi yang paling efisien adalah SO₃ karena hanya melibatkan satu reaksi adisi secara langsung. SO₃ yang banyak digunakan adalah SO₃ dalam bentuk hidrat (oleum atau asam sulfat pekat) karena dengan SO₃ hidrat, air akan bertindak murni sebagai pelarut (Ulanira, 2009).

Dalam penelitian ini akan dipelajari mengenai pengaruh konsentrasi H₂SO₄, suhu reaksi sulfonasi, waktu reaksi sulfonasi terhadap struktur morfologi, luas permukaan katalis arang aktif, sehingga akan diketahui kondisi operasi optimum pembuatan katalis arang aktif tersulfonasi.

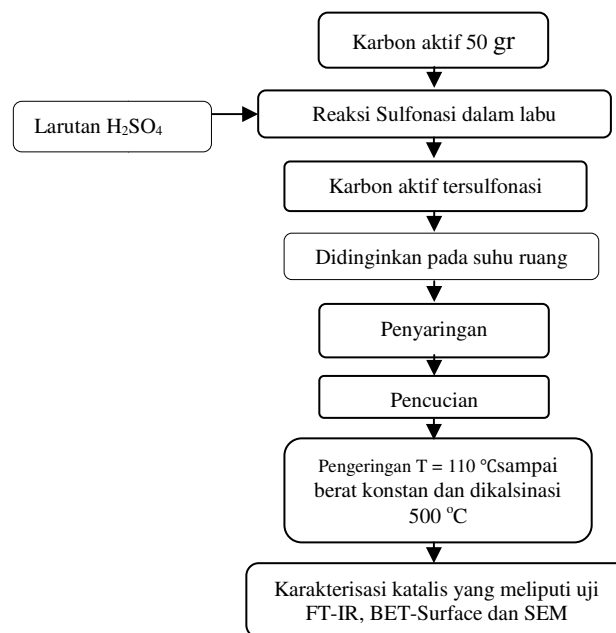
2. Bahan dan Prosedur Penelitian

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan adalah H_2SO_4 teknis dan Karbon aktif

2.2 Prosedur Penelitian

Mula-mula dilakukan proses pengayakan untuk memperoleh ukuran karbon aktif sebesar 0,5 mm. Setelah diperoleh ukuran yang diinginkan, dilakukan penimbangan berat karbon aktif sejumlah 150 gr untuk setiap variabel. Setelah itu proses pembuatan larutan H_2SO_4 dilakukan dengan melarutkan sejumlah H_2SO_4 pekat dengan Aquadest, sehingga diperoleh konsentrasi larutan H_2SO_4 yang diinginkan.



Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan katalis arang aktif tersulfonasi

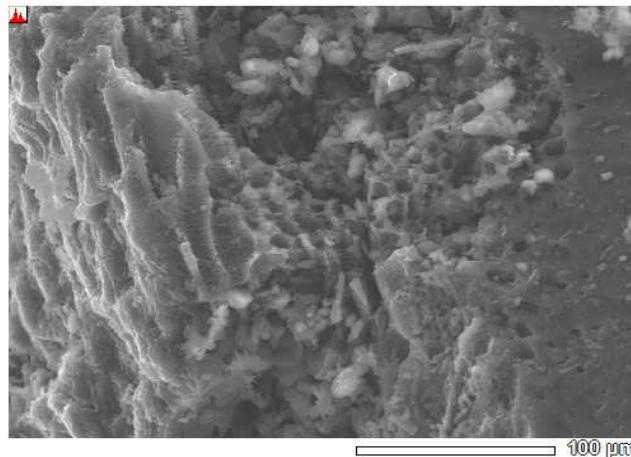
Proses selanjutnya adalah mereaksikan sejumlah berat karbon aktif tersebut ke dalam larutan H_2SO_4 dengan berbagai variabel (suhu reaksi, normalitas larutan H_2SO_4 dan waktu pengadukan) lalu dilakukan pengadukan dengan magnetic stirrer dan heater pada waktu tertentu. Setelah proses reaksi dilakukan, selanjutnya adalah menyaring karbon aktif tersulfonasi tersebut menggunakan kertas saring biasa (whatman) kemudian membasuhnya menggunakan aquadest bersuhu $60^\circ C$. Setelah diperoleh katalis arang aktif tersulfonasi, dilakukan proses pengeringan dalam oven pada suhu $100^\circ C$. Setelah kering, proses kalsinasi dilakukan pada suhu $500^\circ C$ di dalam furnace elektrik. Setelah proses kalsinasi dilakukan, karbon aktif tersulfonasi lalu dikarakterisasi menggunakan alat SEM-EDS, BET Surface, dan FT-IR.

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini akan dipelajari mengenai pengaruh konsentrasi H_2SO_4 , suhu reaksi sulfonasi, waktu reaksi sulfonasi terhadap struktur morfologi, luas permukaan katalis arang aktif, sehingga akan diketahui kondisi operasi optimum pembuatan katalis arang aktif tersulfonasi.

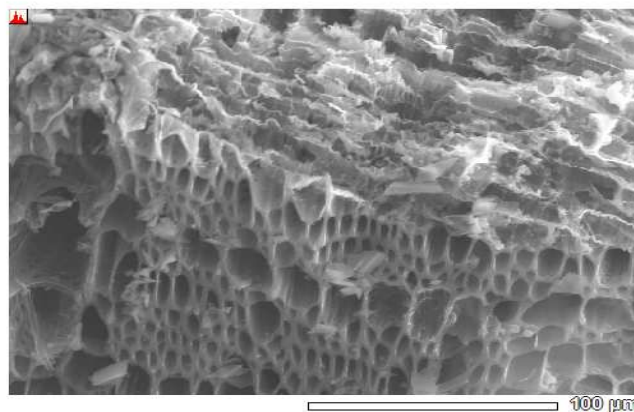
3.1 Uji Karakterisasi Struktur Morfologi dan Luas Permukaan Katalis

Pada penelitian ini dilakukan uji SEM dan BET Surface Area untuk mengetahui struktur morfologi dan seberapa luas permukaan dari serbuk karbon aktif tersulfonasi yang dihasilkan. Uji SEM dan BET Surface Area dilakukan pada semua sampel. Namun pembahasan lebih akan difokuskan pada sampel yang memiliki struktur morfologi yang paling bagus pada konsentrasi H_2SO_4 10 N, waktu pengadukan 6 jam dan suhu sulfonasi $40^\circ C$. Berikut hasil uji SEM dengan perbesaran 500 kali adalah seperti di bawah ini:



Gambar 2. SEM sampel variabel tanpa sulfonasi perbesaran 500 X

Pada gambar SEM di atas menunjukkan bahwa karbon aktif yang belum disulfonasi mempunyai permukaan pori dengan rongga kecil dan rapat. Ukuran rongga yang kecil dan rapat ini, disebabkan oleh proses aktivasi sebelumnya yang kurang lama dan tinggi, sehingga proses pembukaan pori yang belum sempurna. Ukuran pori ini tentunya akan mempengaruhi jumlah H_2SO_4 yang akan terserap.



Gambar 3. SEM sampel variabel 4 (40°C, 10 N, 6 jam) perbesaran 500 X

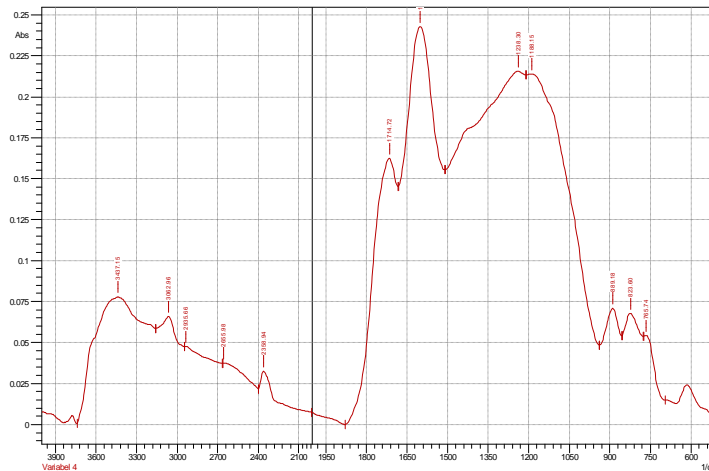
Berdasarkan gambar di atas, dapat disimpulkan pada konsentrasi H_2SO_4 10 N, waktu pengadukan 6 jam dan suhu sulfonasi 40 °C merupakan kondisi operasi dengan hasil katalis karbon aktif tersulfonasi yang memiliki struktur morfologi yang paling baik, kemudian hal ini sesuai dengan hasil luas permukaan pori katalis (BET Surface Area) pada kondisi operasi yang sama diperoleh luas permukaan terbesar yaitu sebesar 2219,484m²/g. Hal ini dimungkinkan karena spesies sulfat yang teradsorpsi di dalam pori katalis memberikan kestabilan struktur katalis. Luas permukaan katalis ini diharapkan berperan dalam interaksi pusat aktif dengan selulosa pada permukaan katalis (Mochida, et.al. 2006).

Dari gambar dapat dilihat bahwa katalis ini memiliki kristalinitas tetragonal tertinggi, sehingga katalis masih dapat menahan spesies sulfat selain itu tampak bentuk morfologi permukaan katalis bersifat *amorf* sehingga peluang terjadinya reaksi makin besar. Bentuk permukaan katalis berpengaruh terhadap interaksi proses reaksi. Kemudian juga terlihat struktur permukaannya lebih terbuka dibandingkan dengan karbon aktif pada variabel-variabel yang lain (terlampir). Struktur morfologi yang lebih terbuka memungkinkan reaktan (selulosa) masuk ke permukaan katalis sehingga diharapkan bisa berinteraksi dengan gugus H^+ yang terikat di permukaan.

3.1.1 Uji Karakterisasi Uji Gugus Fungsional

Aktifitas katalitik tertinggi untuk karbon aktif tersulfonasi dapat dihubungkan dengan struktur morfologi, kuatnya keasaman permukaan dan besarnya pori-pori permukaan katalis. Karbon aktif tersulfonasi memiliki sifat keasaman permukaan yang kuat tidak lain karena mengikat sulfat. Pengujian gugus fungsi ini dilakukan pada semua sampel, namun berikut dibawah ini adalah katalis karbon aktif dengan pada konsentrasi

H₂SO₄ 10 N, waktu pengadukan 6 jam dan suhu sulfonasi 40 °C yang diasumsikan sebagai aktivasi karbon aktif tersulfonasi yang paling baik, diperoleh hasil sebagai berikut :

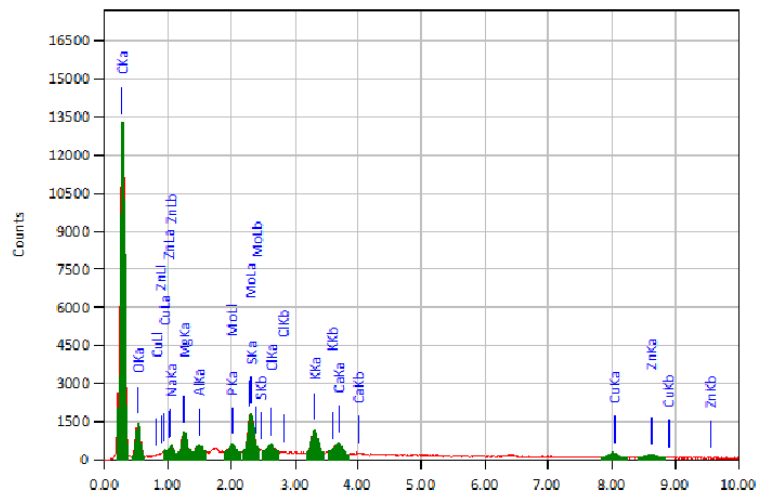


Gambar 4. Hasil Pembacaan FT-IR dengan kondisi operasi 40°C, 10 N H₂SO₄, 6 jam.

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan pita puncak vibrasi pada bilangan gelombang 1750 cm⁻¹ dan bilangan gelombang 1250 cm⁻¹, pada bilangan gelombang tersebut terdeteksi keberadaan gugus sulfonat SO₃H (Rispiandi 2010). Dengan demikian, hasil pembacaan FT-IR menunjukkan bukti bahwa karbon aktif setelah sulfonasi mengandung gugus sulfonat sebagai bagian aktif (active site) dari katalis karbon aktif.

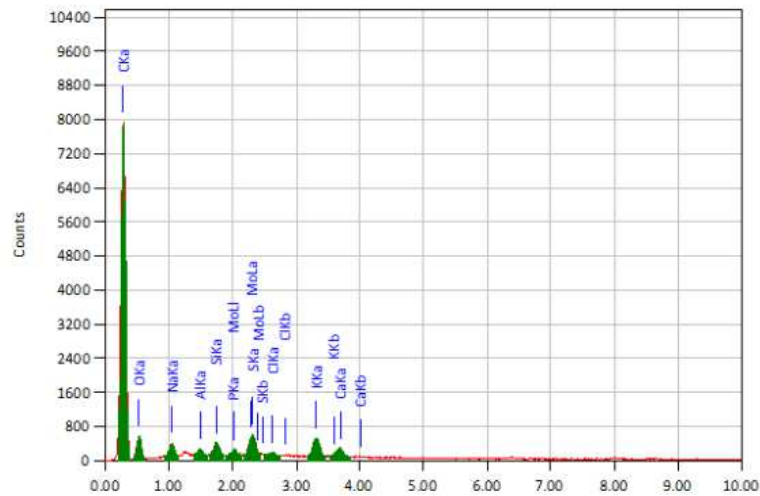
3.1.2 Uji Karakterisasi Kandungan Unsur (% Mass) dengan SEM-EDS

Pengujian dengan EDS digunakan untuk menganalisa secara kuantitatif dari persentase masing – masing elemen pada karbon aktif tersulfonasi. Berikut ini hasil pengujian pada variabel yang dimungkinkan sebagai katalis karbon aktif tersulfonasi yang paling baik.



Gambar 5. Hasil Pembacaan SEM-EDS dengan kondisi operasi 40°C, 10 N H₂SO₄, 6 jam.

Sesuai difraktogram EDS di atas dapat dilihat susunan unsur dari serbuk karbon aktif tersulfonasi yang dihasilkan terdapat unsur-unsur pengotor selain karbon. Pengotor tersebut adalah belerang, silika, aluminium, natrium, seng dan oksigen. Akan tetapi jumlah persentase unsur terbesar pada sampel karbon aktif tersulfonasi tersebut adalah unsur karbon dengan persentasese besar 68,0%. Unsur unsur pengotor tersebut dimungkinkan berasal dari mineral aditif pada proses pembuatan karbon aktif dan juga dari senyawa activatornya.

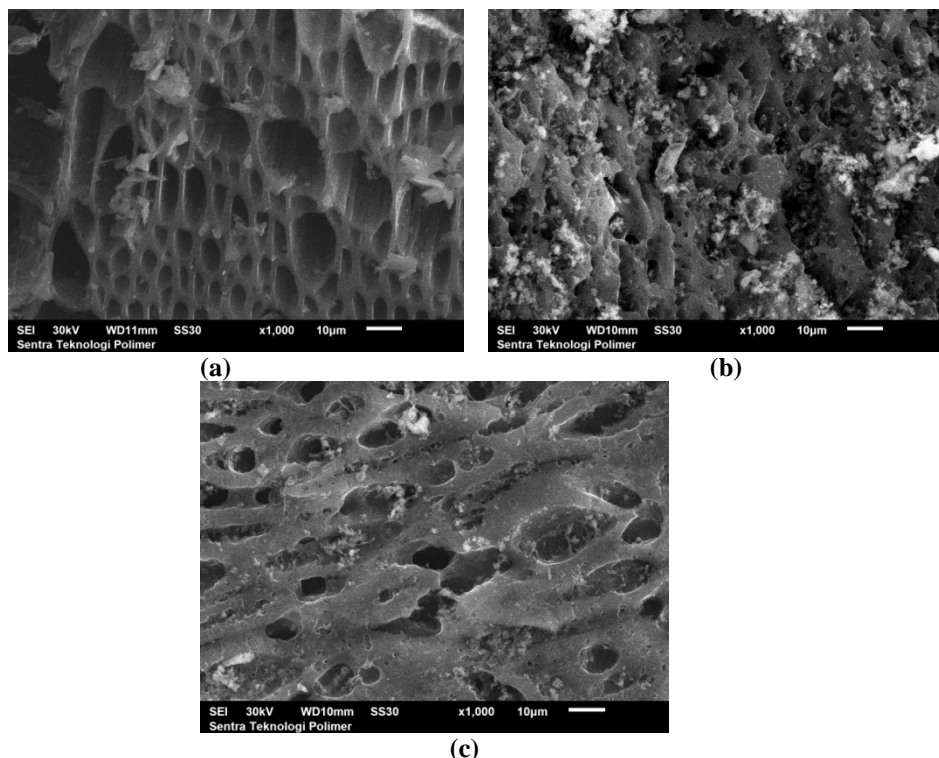


Gambar 6. Hasil pembacaan SEM-EDS karbon aktif tanpa treatment

Dari gambar ditunjukkan bahwa karbon aktif tersulfonasi mengandung kandungan belerang (S) sebesar 0,7%, Unsur S ini merupakan gugus sulfonat yang terikat pada karbon aktif. Hasil ini menguatkan keberadaan gugus sulfonat seperti pada uji kualitatif FT-IR.

3.2 Pengaruh Suhu Sulfonasi, Waktu Sulfonasi, dan Konsentrasi Asam Sulfat Terhadap Karakteristik Katalis

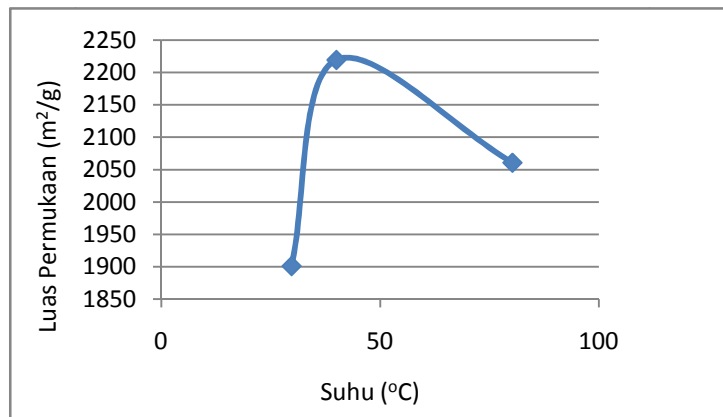
3.2.1 Pengaruh Suhu Sulfonasi



Gambar 7. (a) SEM karbon aktif suhu sulfonasi 40 °C perbesaran 1000x, (b) SEM karbon aktif suhu sulfonasi 30 °C perbesaran 1000x, (c) SEM karbon aktif suhu sulfonasi 80°C perbesaran 1000x

Pada reaksi katalis heterogen terjadi reaksi adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisik, terjadi karena adanya gaya mempunyai jarak jauh tapi lemah dan energi yang dilepaskan jika partikel teradsorpsi secara fisik mempunyai orde besaran yang sama dengan entalpi kondensasi. Adsorpsi ini bersifat reversible, berlangsung pada temperatur rendah, dan molekul teradsorpsi tidak terikat kuat pada permukaan adsorben.

Sedangkan dalam adsorpsi kimia, jika molekul teradsorpsi bereaksi secara kimia dengan permukaan, fenomena ini disebut kemisorpsi. Karena ikatan kimia diputuskan dan dibentuk dalam proses kemisorpsi maka panas adsorpsi mempunyai range nilai yang sama dengan reaksi kimia (mencapai 400 KJ) (Castelan, 1982). Permukaan zat padat dapat mengadsorpsi zat terlarut dari larutannya. Hal ini disebabkan karena adanya pengumpulan molekul-molekul suatu zat pada permukaan zat lain sebagai akibat ketidakseimbangan gaya-gaya pada permukaan tersebut. Biasanya adsorpsi diikuti dengan pengamatan isotherm adsorpsi yaitu hubungan antara banyaknya zat yang teradsorpsi persatuan berat adsorben dengan konsentrasi zat terlarut pada temperatur tertentu atau tetap yang dinyatakan dengan kurva (Oscik,1982).



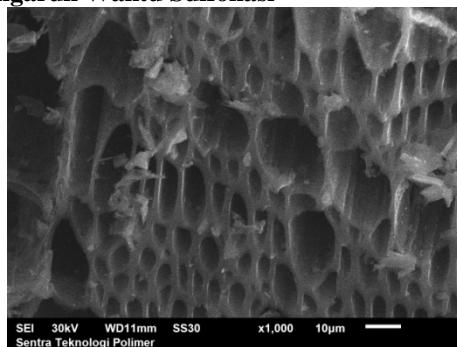
Gambar 8. Grafik hubungan luas permukaan katalisterhadapsuhu sulfonasi

Dari gambar 8 dapat dilihat bahwa peningkatan suhu reaksi berpengaruh nyata terhadap terhadap struktur dan luas permukaan katalis. Namun pengaruh tersebut tidak bersifat linier Hal ini dibuktikan pada suhu 80°C memiliki luas permukaan yang lebih kecil dibandingkan dengan suhu 40 °C. hal ini dimungkinkan karena terjadi penumpukan sulfat pada permukaan katalis, sehingga pori-pori menjadi renggang dan sedikit tertutup, dan sesuai teori yang dijelaskan bahwa pada reaksi adsorpsi fisik dilakukan pada suhu yang relatif rendah. Hasil karakteristik beberapa sampel katalis dapat dilihat di tabel berikut ini :

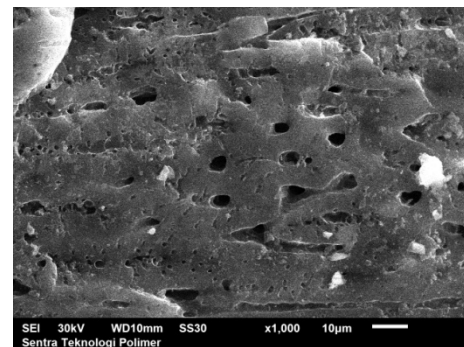
Tabel 1. Pengaruh Suhu Terhadap Karakteristik Katalis

No	Variabel	Morfologi	Gugus Fungsional	Luas Permukaan
1	30°C	tertutup	terdapat SO ₃ H	1901,257 m ² /g
2	40 °C	rapat, terbuka	terdapat SO ₃ H	2219,484 m ² /g
3	80°C	renggang, terbuka	terdapat SO ₃ H	2060,838 m ² /g

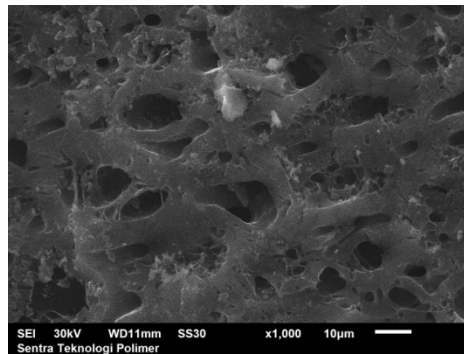
3.2.2 Pengaruh Waktu Sulfonasi



(a)



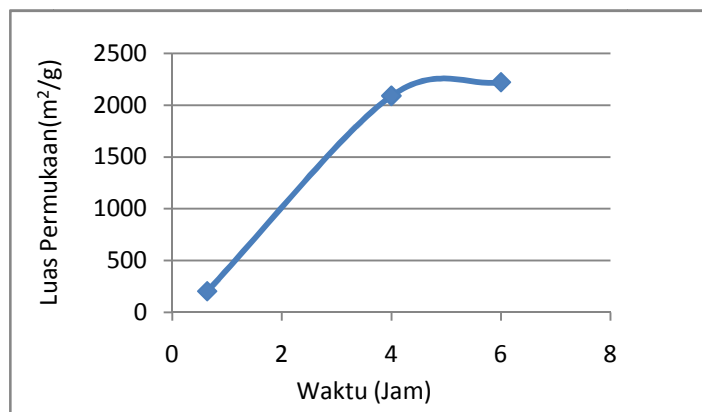
(b)



(c)

Gambar 9. (a) SEM karbon aktif waktu sulfonasi 6 jam perbesaran 1000x, (b) SEM karbon aktif waktu sulfonasi 0,64 jam perbesaran 1000x, (c) SEM karbon aktif waktu sulfonasi 4 jam perbesaran 1000x

Dalam teorinya, waktu untuk mencapai keadaan setimbang pada proses serapan logam oleh adsorben berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam. (Bernasconi, 1995). Waktu kontak merupakan salah satu variabel yang mempengaruhi proses penyerapan yang merupakan lamanya kontak antara adsorben (Karbon Aktif) dengan adsorbat (Sulfat). Dalam suatu proses adsorpsi, proses akan terus berlangsung selama belum terjadi suatu kesetimbangan, sehingga perlu dilakukan percobaan dengan memvariasikan waktu kontak. Pada penelitian ini variasi waktu kontak yang dilakukan mulai dari 2 sampai 6 jam.



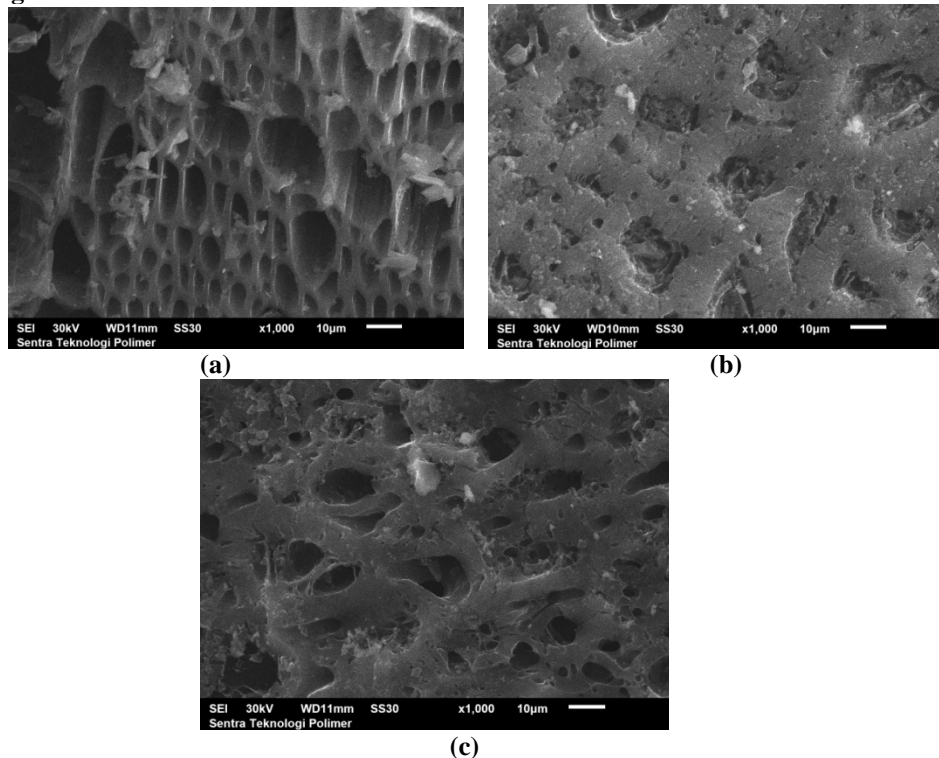
Gambar 10. Grafik hubungan luas permukaan katalis terhadap waktu sulfonasi

Pada gambar 4.9 dapat dilihat bahwa pengaruh waktu berbanding lurus terhadap struktur dan luas permukaan katalis, semakin lama waktu sulfonasi maka semakin besar luas permukaan yang didapatkan. Hal ini dibuktikan pada suhu 6 jam memiliki luas permukaan yang paling tinggi dibandingkan dengan waktu sulfonasi 4 jam dan 0,64 jam. Hal dikarenakan ikatan reaksi yang terjadi lebih lama sehingga pada permukaan katalis terbentuk pori-pori yang lebih terbuka. Hasil karakteristik beberapa sampel katalis dapat dilihat di tabel berikut ini:

Tabel 2. Pengaruh Waktu Terhadap Karakteristik Katalis

No	Variabel	Morfologi	Gugus Fungsional	Luas Permukaan
1	0,64 jam	tertutup	terdapat SO ₃ H	204,2004 m ² /g
2	4 jam	renggang, terbuka	terdapat SO ₃ H	2088,941 m ² /g
3	6 jam	rapat, terbuka	terdapat SO ₃ H	2219,484 m ² /g

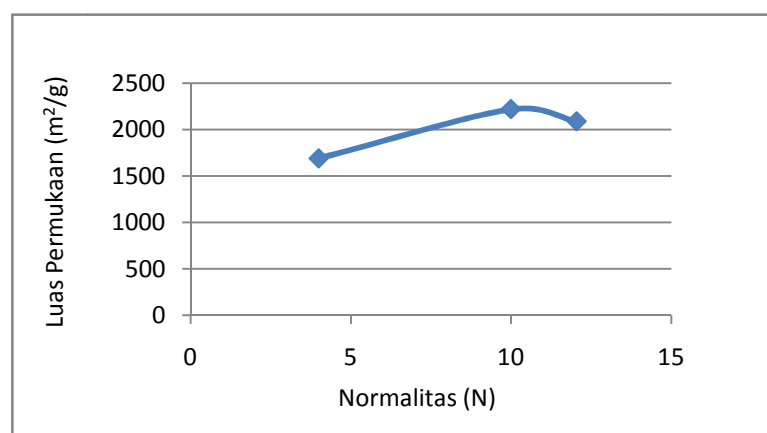
3.2.3 Pengaruh Normalitas Asam Sulfat



Gambar 11. (a) SEM karbon aktif normalitas sulfat 10 N perbesaran 1000x, (b) SEM karbon aktif normalitas sulfat 4 N perbesaran 1000x, (c) SEM karbon aktif normalitas sulfat 12,05 N perbesaran 1000x

Secara umum konsentrasi pereaksi akan mempengaruhi laju reaksi, pengaruh konsentrasi terhadap laju reaksi adalah khas untuk setiap reaksi. Dalam teori kesetimbangan dijelaskan “Jikadalam kesetimbangan,konsentrasi pereaksi ditambah atau diperbesar,maka kesetimbangan akan bergeser ke kanan (zat hasil) sehingga konsentrasi zat hasil bertambah sebaliknya, jika konsentrasi pereaksi di kurangi atau diperkecil,maka kesetimbangan bergeser ke kiri(pereaksi)sehingga konsentrasi pereaksi bertambah”.

Pada sistem kesetimbangan heterogen di dalam larutan,konsentrasi zat cair adalah tetap. Dengan demikian,perubahan konsentrasi zat padat dan zat cair dalam sistem kesetimbangan tidak berpengaruh terhadap pergeseran kesetimbangan namun pada reaksi heterogen ini, semakin tinggi konsentrasi berarti semakin banyak pereaksi yang tertempel pada molekul-molekul dalam setiap satuan luas.



Gambar 12. Grafik hubungan luas permukaan katalisterhadapnormalitas H₂SO₄

Dari gambar 12 dapat dilihat bahwa pengaruh variabel normalitas sulfat tidak berbanding lurus terhadap struktur dan luas permukaan katalis, pada normalitas sulfat sebesar 12,05 N didapatkan luas permukaan yang lebih kecil dibandingkan pada normalitas sulfat 10 N. Namun terjadi perbedaan luas permukaan yang cukup signifikan pada normalitas sulfat sebesar 4 N dibandingkan dengan luas permukaan dengan normalitas sulfat 10



N maupun 12 N. Hal dikarenakan jika reaksi atau kontak sulfat dengan normalitas yang terlalu tinggi terhadap permukaan katalis, hal tersebut akan menyebabkan pori-pori katalis tertutup oleh sulfat *excess*. Sehingga memiliki luas permukaan yang lebih kecil. Hasil karakteristik beberapa sampel katalis dapat dilihat di tabel berikut ini:

Tabel 3. Pengaruh Normalitas Terhadap Karakteristik Katalis

No	Variabel	Morfologi	Gugus Fungsional	Luas Permukaan
1	4 N	tertutup	Terdapat SO ₃ H	1689,534 m ² /g
2	10 N	rapat, terbuka	Terdapat SO ₃ H	2219,484 m ² /g
3	12,05 N	renggang terbuka	Terdapat SO ₃ H	2088,941 m ² /g

4. Kesimpulan

Arang aktif tersulfonasi dapat memenuhi syarat sebagai katalis reaksi heterogen pada hidrolisis biomassa. Uji karakteristik pada kondisi operasi 40°C, 10 N, dan 6 jam dengan uji BET memiliki luas permukaan yang paling besar yaitu 2219,484 m²/g, untuk uji FTIR keberadaan gugus sulfonat terbaca pada vibrasi pada bilangan gelombang 1750 cm⁻¹ dan 1379 cm⁻¹, pada uji SEM struktur morfologi katalis lebih terbuka pada karbon aktif setelah proses sulfonasi karena pengaruh suhu, waktu pengadukan dan normalitas sulfat.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Fakultas Teknik Universitas Diponegoro yang telah mendanai sebagian penelitian ini melalui *Research Grant* tahun 2012/2013.

Daftar Pustaka

- Abdallah, W., 2004. Production and Characterization of Activated Carbon From Sulphonated Styrene Divinylbenzene Copolymer. The Middle East Technical University
- Ambarsari, I., 2003. Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Katalis Pada Proses Pembuatan Surfaktan Dietanolamida Berbasis Asam Lemak dari Minyak Inti Sawit. Institute Pertanian Bogor.
- APCC., 2002. Perkembangan Komoditi Kelapa dan Kerjasama Melalui Asian and Pacific Coconut Community.
- Bailey, A.E., 1950. Industrial Oil and Fat Products. Interscholastic Publishing Inc, New York.
- Bird, T., M.A. Nur., M. Syahri., 1983. Kimia Fisik. Bogor : Bagian Kimia IPB
- Carberry J. J., 1976. Chemical and Catalytic Reaction Engineering. New York: Mc Graw Hill
- Dinata, 2009. Studi Pembuatan Glukosa Dari Tongkol Jagung Secara Enzimatis Dengan Perlakuan Pendahuluan. Institut Teknologi Sepuluh November
- Faust, S. D., Aly, O. M., 1983. Chemistry of Water Treatment. Woburn : Butterworth Pub.
- Hill, C.G., 1977. An Introduction To Chemical Engineering Kinetics And Reactor Design. Canada : John Wiley & Son
- Idrus, R., 2013. Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa. Jurnal Prisma Fisika Vol. 1, No 1. Universitas Tanjungpura Pontianak
- Istadi. 2011. Teknologi Katalis untuk Konversi Energi. Semarang : Graha Ilmu



Mills P. L., 1992. *Multiphase Reaction Engineering For Fine Chemical And Pharmaceuticals*. USA : Du Pont Company

Onda, T.A., 2009. *Hydrolysis of Cellulose Selectively into Glucose Over Sulfonated Activated-Carbon Catalyst Under Hydrothermal Conditions*. *Top Catal* vol.52. Kochi University

Rispiandi. 2010. *Preparasi dan Karakterisasi Katalis Heterogen Arang Aktif Tersulfonasi untuk Proses Hidrolisis Selulosa menjadi Glukosa*. *Jurnal Fluida* Vol.VIII, No.1. Politeknik Negeri Bandung

Stanley, 1989. *Reaction Kinetics for Chemical Engineers*. USA: Butterworth Publisher

Ullmann, 2002. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 6th Edition. WILEY- VCH Publishers