

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul :

### PREPARASI DAN KARAKTERISASI KATALIS HETEROGEN ARANG AKTIF TERSULFONASI UNTUK PROSES HIDROLISIS SELULOSA MENJADI GLUKOSA

Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menempuh Ujian Pasca Sarjana pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan rasa terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA. dan Dr. Ir. Didi Dwi Anggoro, MEng. , selaku dosen pembimbing yang dengan penuh kesabaran dan pengertian telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya untuk membimbing penulis selama penyusunan tesis ini.

Selain itu penulis juga mengucapkan terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Bambang Pramudono, MS, selaku Ketua Program Magister Pasca Sarjana Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro.
2. Seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Kimia Universitas Diponegoro.
3. Seluruh staf Laboratorium Penelitian Politeknik Negeri Bandung dan staf Laboratorium Penelitian Universitas Padjadjaran.
4. Ayahanda Pia (Alm), Ibunda Rohaeni dan Istri tercinta Mamah Sukmaliah yang telah memberikan dukungan moril dan materil serta membesarkan, merawat, mendoakan dan mendidik hingga penulis bisa menyelesaikan Strata 2 (S2).
5. Rekan-rekan sesama mahasiswa pasca sarjana Teknik Kimia UNDIP Angkatan 2008 yang selalu memberi dukungan kepada penulis.

Akhir kata, penulis mengharapakan tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca umumnya serta menjadi acuan untuk penelitian

selanjutnya. Penulis juga mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun guna kesempurnaan tesis ini.

Bandung, Desember 2010

Penulis

## Abstrak

Teknologi yang sudah digunakan dalam mengubah selulosa menjadi glukosa adalah dengan proses enzimatik dan hidrolisis asam. Kedua teknologi tersebut masih memiliki kendala teknis, yaitu harga enzim yang mahal, proses yang korosif dan menimbulkan limbah, sehingga diperlukan pengembangan teknologi baru salah satu diantaranya yaitu dengan metode katalis heterogen berupa karbon aktif tersulfonasi. Karbon aktif tersulfonasi ini dibuat dari tempurung kelapa yang dikarbonisasi pada temperatur 350°C, selanjutnya direndam dalam asam sulfat 96% pada temperatur 150°C selama 15 jam. Hasilnya kemudian dicuci dan dikeringkan, dilakukan uji karakteristik dan *performance* (kinerja) katalis berupa kapasitas H<sup>+</sup>, ukuran pori katalis dengan BET, uji gugus fungsi dengan FTIR, dan uji struktur morfologi katalis dengan SEM. Kinerja katalis diuji dalam reaktor *autoclave* melalui proses hidrotermal dengan mevariasikan jumlah katalis, dan variasi temperatur. Hasil penelitian menunjukkan untuk uji karakteristik kapasitas H<sup>+</sup> sebesar 2,95 mmol/gr, untuk uji BET ukuran pori 29,6483 m<sup>2</sup>/gr, untuk uji FTIR keberadaan gugus sulfonat terbaca pada vibrasi panjang gelombang 1750 cm<sup>-1</sup> dan 1379 cm<sup>-1</sup>, pada uji SEM struktur morfologi karbon aktif yang lebih terbuka setelah proses sulfonasi. Kinerja katalis konversi tertinggi selulosa menjadi glukosa mencapai 87,2 % pada jumlah alang-alang (sumber selulosa) 2 gr, jumlah katalis 2 gr, dan temperatur 170°C selama 8 jam.

## Abstract

The technology to convert cellulose to glucose usually utilize enzymatic and acid hydrolysis processes. Both processes possess technical limitation namely high cost of enzyme prices, corrosive to equipments and producing of waste. These therefore require alternative or new technology to be developed and one of them uses sulphonated of activated carbon as a heterogeneous catalyst. The sulphonated of activated carbon was prepared from waste of coconut shell which had been carbonized at temperature 350<sup>0</sup>C, followed by immersing process in 96% sulphuric acid at 150<sup>0</sup>C for 15 hours. The product was then washed and dried before it was characterized and tested for catalytic performance. The characterization of solid catalyst consisted of ion exchange capacity, pore size by BET, functional group of sulphonate by FTIR and morphology by SEM. The catalytic performance was tested by using autoclave reactor with variation of catalytic amount and at different temperatures. The results indicated that the ion exchange capacity and surface area were 2.95 mmol/g and 29,6483 m<sup>2</sup>/g respectively. The present of sulphonated groups as a stretching vibration peak were identified by FTIR at wavelength of 1750 cm<sup>-1</sup> and 1379 cm<sup>-1</sup>, whereas morphology of the catalyst measured by SEM indicated more open structure of activated carbon after sulphonation process. The catalyst performance was shown by producing highest conversion of cellulose to glucose of 87% using 2 g of *alang-alang grass* (source of cellulose) and 2 g catalyst of activated carbon at 170<sup>0</sup>C for 8 hours.

## DAFTAR PUSTAKA

Halaman Judul .....	i
Halaman Pengesahan.....	ii
Kata Pengantar .....	iii
Abstrak .....	v
Daftar Isi.....	vii
Daftar Tabel .....	ix
Daftar Gambar .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Pendahuluan .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Selulosa .....	5
2.2 Hemiselulosa .....	6
2.3 Lignin .....	6
2.4 Glukosa .....	7
2.5 Etanol .....	7
2.6 Kandungan Lignoselulosa dan Potensi yang dapat dihasilkan .....	8
2.7 Hidrolisis Asam mengubah Selulosa menjadi Glukosa .....	8
2.8 Peranan Pretreatment Bahan Baku Biomasa Lignoselulosa dalam Proses Hidrolisis dari Selulosa menjadi Glukosa.....	12
2.9 Penggunaan Katalis padat untuk Proses Hidrolisis .....	15
2.10 Peranan Biomasa dalam menghadapi Krisis Energi.....	20
2.11 Reaksi Heterogen .....	24
2.12 Karakterisasi Katalis .....	27
2.13 Nilai Kebaruan Rencana Penelitian .....	29

BAB III METODE PENELITIAN.....	31
3.1 Tahap Studi Literatur .....	31
3.2 Tahap Persiapan .....	31
3.3 Analisa Bahan Alam .....	32
3.4 Tahap Proses Pembuatan Katalis .....	33
3.5 Proses Hidrolisis .....	35
3.6 Analis Produk Glukosa .....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	39
4.1 Analisa Bahan Alam .....	39
4.2 Pembuatan katalis .....	40
4.3 Uji Karakterisasi katalis .....	40
4.4 Uji Kinerja Katalis .....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	55
5.1 Kesimpulan .....	55
5.2 Saran .....	56
BAB VI RINGKASAN .....	57
DAFTAR PUSTAKA .....	58
LAMPIRAN .....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi biomasa.....	8
Tabel 2.2	Perbandingan antara hidrolisis asam dan hidrolisis enzimatik .....	12
Tabel 2.3	Pretreatment lignoselulosa .....	14
Tabel 3.1	Pengaruh jumlah katalis terhadap konversi reaksi .....	35
Tabel 3.2	Pengaruh variasi temperature terhadap konversi reaksi .....	36
Tabel 4.1	Hasil analisa bahan alam .....	39
Tabel 4.2	Pengaruh berat katalis terhadap % yield alang-alang menjadi glukosa .....	48
Tabel 4.3	Pengaruh berat katalis terhadap % konversi selulosa menjadi glukosa .....	49
Tabel 4.4	Pengaruh variasi temperatur terhadap % yield alang-2 menjadi glukosa .....	50
Tabel 4.5	Pengaruh berat katalis terhadap % konversi selulosa menjadi glukosa .....	51

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Gambar 1.1 Rencana Pengembangan Energi di Indonesia .....	2
Gambar 2.1	Struktur Selulosa .....	5
Gambar 2.2	Hemiselulosa .....	6
Gambar 2.3	Lignin .....	6
Gambar 2.4	Glukosa .....	7
Gambar 2.5	Struktur molekul etanol .....	7
Gambar 2.6	Mekanisme proses hidrolisis .....	10
Gambar 2.7	Pretreatment lignoselulosa .....	13
Gambar 2.8	Struktur karbon aktif .....	15
Gambar 2.9	<i>Catalytic conversion of cellulose into glucose</i> .....	16
Gambar 2.10	Pengaruh variasi katalis terhadap % yield .....	17
Gambar 2.11	Preparation gula menjadi katalis padat .....	17
Gambar 2.12	Photograph and SEM carbonized .....	18
Gambar 2.13	Temperatur karbonisasi menentukan bentuk Kristal .....	18
Gambar 2.14	Struktur karbon aktif setelah proses sulfonasi .....	19
Gambar 2.15	Aktive site dalam support karbon aktif.....	19
Gambar 2.16	Krisis ketersediaan energy .....	20
Gambar 2.17	Skema pemanfaatan biomasa .....	21
Gambar 2.18	Tahapan proses selulosa menjadi etanol .....	21
Gambar 2.19	<i>National Biofuel Action Plant (Source : EERE)</i> .....	22
Gambar 2.20	<i>Cyclus carbon to environmental benefits</i> .....	23
Gambar 2.21	Potensi ligoselulosa yang luas .....	24



Gambar 2.22	Mekanisme Reaksi Padatan-Cair .....	26
Gambar 2.23	Reaksi Heterogen .....	27
Gambar 2.24	Metode SEM .....	29
Gambar 3.1	Pengaruh jumlah katalis terhadap % konversi selulosa terhadap Glukosa .....	35
Gambar 3.2	Pengaruh perubahan temperatur terhadap % konversi selulosa menjadi glukosa .....	36
Gambar 4.1	mekanisme pembuatan katalis arang aktif tersulfonasi .....	40
Gambar 4.2	Gambar ilustrasi pusat aktif katalis pada permukaan support .....	41
Gambar 4.3	(a) FTIR arang aktif, (b) FTIR arang aktif tersulfonasi.....	43
Gambar 4.4	FTIR- gabungan arang aktif dengan arang aktif tersulfonasi .....	44
Gambar 4.5	(a) SEM Karbon aktif, (b) SEM Karbon aktif sulfonat perbesaran 1000x .....	45
Gambar 4.6	SEM EDX Karbon aktif perbesaran 250x .....	46
Gambar 4.6	SEM EDX Karbon Aktif Sulfonat perbesaran 250x .....	47
Gambar 4.8	Pengaruh jumlah katalis thd % Yield alang-alang .....	48
Gambar 4.9	Pengaruh jumlah katalis thd % konversi selulosa menjadi Glukosa .....	49
Gambar 4.10	Pengaruh temperatur thd % Yield alang-alang menjadi glukosa ..	50
Gambar 4.11	Pengaruh temperatur thd % konversi selulosa menjadi glukosa...	51
Gambar 4.12	pengaruh variasi konsentrasi asam terhadap konversi reaksi.....	52
Gambar 4.13	pengaruh temperatur terhadap konversi reaksi, asam yang digunakan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,07% .....	53

Gambar 4.14 Perbandingan hasil % Yield, hidrolisis terhadap selulosa murni (a) dgn asam cair 0,01 M  $H_2SO_4$  dan (b) katalis padat AC-SO<sub>3</sub>H ....54